

ENDÜSTRİYEL TESİSLERDEKİ YANICI, PARLAYICI KİMYASAL SIVILARIN  
ATMOSFER PATLAMALARININ (ATEX) TEORİK VE UYGULAMALI OLARAK HESAP  
EDİLEREK ÖNLEMLERİNİN BELİRLENMESİ

Ömer Ahmet USLU

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği Uyarınca  
Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Bülent BÜYÜKKIDAN

Temmuz - 2019

## KABUL VE ONAY SAYFASI

Ömer Ahmet USLU tarafından hazırlanan “ENDÜSTRİYEL TESİSLERDEKİ YANICI, PARLAYICI KİMYASAL SIVILARIN ATMOSFER PATLAMALARININ (ATEX) TEORİK VE UYGULAMALI OLARAK HESAP EDİLEREK ÖNLEMLERİNİN BELİRLENMESİ” adlı tez çalışması, aşağıda belirtilen jürimiz tarafından Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek OYBİRLİĞİ/OY ÇOKLUĞU ile Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü KİMYA Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

18/07/2019

Prof. Dr. Önder UYSAL  
Enstitü Müdürü, Fen Bilimleri Enstitüsü

.....

Prof. Dr. Cengiz YENİKAYA  
Anabilim Dalı Başkanı, Kimya Bölümü

.....

Dr. Öğr. Üyesi Bülent BÜYÜKKIDAN  
Danışman, Kimya Bölümü

.....

### Sınav Komitesi Üyeleri

Prof. Dr. Cengiz YENİKAYA  
Kimya Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

.....

Prof. Dr. Mehmet POYRAZ  
Kimya Bölümü, Afyon Kocatepe Üniversitesi

.....

Dr. Öğr. Üyesi Bülent BÜYÜKKIDAN  
Kimya Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

.....

## ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Bu tezin çalışmasının hazırlanmasında Akademik kurallara uyduğumuzu, bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olduğunu, yapılan bu çalışma kapsamında teze ait olmayan veriler için kaynak gösterildiğini ve kaynaklar dizininde açıkça belirtildiğini, Yüksek Öğretim Kurulunca kullanılmak üzere önerilen ve Kütahya Dumlupınar Üniversitesi tarafından kullanılan İntihal Programı ile tarandığını ve benzerlik oranının %29 çıktığını beyan ederiz. Aykırı bir durum olması durumunda hukuki sonuçlara razı olduğumuzu taahhüt ederiz.

Dr. Öğr. Üyesi Bülent BÜYÜKKIDAN



Ömer Ahmet USLU



**ENDÜSTRİYEL TESİSLERDEKİ YANICI, PARLAYICI KİMYASAL SIVILARIN  
ATMOSFER PATLAMALARININ (ATEX) TEORİK VE UYGULAMALI OLARAK  
HESAP EDİLEREK ÖNLEMLERİNİN BELİRLENMESİ**

Ömer Ahmet USLU

Kimya, Yüksek Lisans Tezi, 2019

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Bülent BÜYÜKKIDAN

**ÖZET**

Ülkemize sürekli istihdam sağlayan öncü sektörlerinden; Metal, Doğalgaz, petrol ve kömür madenleri, gibi birden fazla istihdamın sürekli arttığı sektörlerde çalışanların bilgi düzeyinin değişkenlik göstermesi, alınan önlemlere ve prosedürlere uyulmaması beraberinde birçok ölümlü iş kazası meydana getirmektedir.

İşverenin de yeterli önlemleri almaması sonucunda günlük yapılan çalışmalarda, bakım-onarımlarda (sızıntı şeklindeki gazlar, yanıcı parlayıcı kimyasal buharı veya petrolün buharı gibi nedenlerle) veya yanıcı, parlayıcı kimyasalların kullanıldığı, depolandığı, sınırlandırıldığı tüm proseslerde patlayıcı ortam oluşma ihtimali yüksektir.

Bu çalışmada İş Sağlığı ve Güvenliği kapsamında tüm endüstriyel sektörlerde mevcut şartlarda meydana gelmemiş atmosfer patlaması (ATEX), işletme şartlarının değiştiği ve bozulması ile meydana gelebilecek riskleri göz önüne alınarak uluslararası standartlar kapsamında tehlikeli alan hesapları teorik ve pratik hesaplama yapılarak alınması gereken önlemler belirlenecektir.

Bu amaçla 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, TS EN 60079 standardı, ATEX direktifleri ve uluslararası standartlar çerçevesinde alınması gereken aksiyonların belirlenmesi için 5x5 matris risk değerlendirme metodolojisi ve modelleme programı kullanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** ATEX, Atmosfer patlamaları, Patlayıcı ortam, Patlamadan Korunma Dokümanı

**DETERMINATION OF MEASURES BY THEORITACALLY AND PRACTICALLY  
CALCULATION OF ATMOSPHERE EXPLOSIONS (ATEX) OF THE  
COMBUSTIBLE, INFLAMMABLE CHEMICAL LIQUIDS IN THE INDUSTRIAL  
FACILITIES**

Ömer Ahmet USLU

Chemistry, M.S. Thesis, 2019

Thesis Supervisor: Assist. Prof. Dr. Bülent BUYUKKIDAN

**SUMMARY**

Showing an alteration of knowledge level of the employees, failure to obey the measures and procedures taken are generated several fatal occupational accident in the sectors such as metal, natural gas, petroleum and coal mine from one of the leading sectors that provide continuous employment to our country where multiple employment is increased continuously.

As a result of the failure of the employer to take sufficient measures, it is high probability to occur explosive atmosphere in studies performed daily, repair-maintenance (due to reasons such as leaking gases, combustible, inflammable, chemical vapour or petroleum vapour) all processes where the combustible, inflammable chemicals are used, stored and limited.

In this study, the measures will be determined that should be taken by making hazardous area calculations and practical calculations within the scope of the international standards and by considering the risks which may be occurred with the atmosphere explosion (ATEX) not generated under existing conditions in all sectors and change and deterioration of operating conditions within the occupational health and safety.

For this purpose, 5x5 matrix risk assessment methodology and modelling program have been used in order to determine the actions that should be taken pursuant to Occupational Health and Safety Law numbered 6331, TS EN 60079 standard, ATEX directives and international standards.

**Key words:** ATEX, Atmosphere explosions, Explosive atmospheres, Explosion Protection Document

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmamda bana danışmanlık yapan, yol gösteren, bilgi ve deneyimlerini paylaşan, bana her konuda yardımcı olarak desteğini esirgemeyen Saygıdeğer Hocam Danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Bülent BÜYÜKKIDAN, mesleki tecrübelerini ve desteklerini benden esirgemeyen Sayın Umut AYDIN, Sayın Yusuf ATALAY, Sayın Çağatay ŞAHİN, Sayın Mehmet ÖZTEKİN ve tez çalışması süresi boyunca, hayatımın her evresinde bana destek olan değerli eşim Kübra USLU' ya teşekkürlerimi sunarım.

Ömer Ahmet USLU



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|                                                                                      |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ÖZET .....                                                                           | v    |
| SUMMARY .....                                                                        | vi   |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                                                 | xi   |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                                                              | xii  |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....                                                 | xiii |
| 1. GİRİŞ.....                                                                        | 1    |
| 2. PATLAYICI ORTAMLAR .....                                                          | 2    |
| 2.1. Yangın ve Patlama .....                                                         | 2    |
| 2.2. Patlamanın Etkileri.....                                                        | 2    |
| 2.3. Parlayıcı, Patlayıcı, Yanıcı Gaz, Buhar ve Tozlar .....                         | 3    |
| 2.3.1. Gazlar .....                                                                  | 3    |
| 2.3.2. Sıvılar .....                                                                 | 3    |
| 2.3.3. Katı maddeler, tozlar .....                                                   | 5    |
| 2.4. Ateşleme Kaynakları.....                                                        | 5    |
| 2.4.1. Elektrik ark ve kıvılcımı .....                                               | 5    |
| 2.4.2. Sıcak yüzeyler .....                                                          | 6    |
| 2.4.3. Mekanik sürtünme ile çıkan kıvılcım.....                                      | 6    |
| 2.4.4. Statik elektriklelenme .....                                                  | 6    |
| 2.5. Patlama Bölgeleri.....                                                          | 8    |
| 2.6. Patlamadan Korunma Önlemleri .....                                              | 10   |
| 2.6.1. Birincil (Primer) önlemler .....                                              | 11   |
| 2.6.2. İkincil (Sekonder) önlemler .....                                             | 12   |
| 2.6.3. Üçüncül önlemler .....                                                        | 12   |
| 2.7. Patlama Riskinin Değerlendirilmesi.....                                         | 12   |
| 2.8. İşyerinin Güvenli Hale Getirilmesi .....                                        | 13   |
| 2.8.1. Patlamadan korunma dokümanı.....                                              | 13   |
| 2.8.2. Çalışanların patlayıcı ortam risklerinden korunması için asgari gerekler..... | 14   |
| 3. PATLAMA RİSKİNİN BELİRLENECEĞİ NOKTALAR .....                                     | 16   |
| 3.1. Risk Kontrolünün Yönetimi .....                                                 | 17   |

## İÇİNDEKİLER (devam)

### Sayfa

|                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.2. Kontrol Hiyerarşisi ve Tehlikeli Bölge Tayini .....                                                     | 18 |
| 3.3. Tehlikeli Bölgelerin Tayin Edilmesinde Kullanılacak Eşitlikler ve Açıklamaları .....                    | 20 |
| 3.3.1. Havalandırma eşitlikleri.....                                                                         | 22 |
| 3.3.2. İkinci derece boşalma için önerilen delik kesitleri .....                                             | 24 |
| 3.3.3. Seyreltme derecesinin değerlendirilmesi .....                                                         | 25 |
| 3.3.4. Açık alanlardaki havalandırma hızları .....                                                           | 26 |
| 3.3.5. Tehlikeli bölge kapsamının tahmin edilmesi .....                                                      | 26 |
| 3.3.6. Sıcaklık sınıfı.....                                                                                  | 27 |
| 4. TARİHTE YAŞANAN ATMOSFER PATLAMALARI ÖRNEKLERİ.....                                                       | 29 |
| 4.1. Davutpaşa Patlaması .....                                                                               | 29 |
| 4.2. Gaziantep Alles Kimya Atex Patlaması .....                                                              | 29 |
| 4.3. İstanbul LMA Kimya Reaktör Patlaması .....                                                              | 30 |
| 4.4. Tüpraş İzmir Rafineri Patlaması.....                                                                    | 30 |
| 4.5. Kazalara Neden Olan Kimyasal Maddelerin Sektörlere Göre Dağılımı .....                                  | 32 |
| 5. KAZALARIN YAŞANMAMASI İÇİN ALINMASI GEREKEN KORUYUCU<br>ÖNLEMLER.....                                     | 33 |
| 6. HESAPLAMALARI YAPILACAK KİMYASALLARIN İNCELENMESİ .....                                                   | 35 |
| 6.1. Deneysel Çalışmalar .....                                                                               | 37 |
| 6.2. Teorik Hesaplama Nasıl Yapılır.....                                                                     | 37 |
| 6.3. Materyal ve Metot.....                                                                                  | 39 |
| 6.3.1. Amonyak tankı hesaplama örneği.....                                                                   | 39 |
| 6.3.2. Amonyak tankı risk değerlendirmesi .....                                                              | 45 |
| 6.3.3. Örnek hesaplamalar – LPG tankı .....                                                                  | 46 |
| 6.3.4. LPG tankı risk değerlendirmesi .....                                                                  | 50 |
| 6.3.5. LPG tankının patlaması sonucu oluşabilecek tehlike senaryoları - muhtemel<br>patlamanın şiddeti ..... | 52 |
| 7. SONUÇ VE ÖNERİLER .....                                                                                   | 59 |



**İÇİNDEKİLER (devam)****Sayfa**

KAYNAKLAR DİZİNİ .....60

ÖZGEÇMİŞ



## ŞEKİLLER DİZİNİ

| <u>Şekil</u>                                                  | <u>Sayfa</u> |
|---------------------------------------------------------------|--------------|
| 2.1. Patlama üçgeni. ....                                     | 2            |
| 2.2. Yanıcı sıvıların parlama noktaları. ....                 | 5            |
| 2.3. Tehlikeli (ZONE) bölge gösterimleri. ....                | 9            |
| 2.4. Örnek ZONE çizimi. ....                                  | 10           |
| 2.5. Statik Elektrik Levhası; Antistatik kıyafet örneği. .... | 10           |
| 2.6. Alt ve üst patlama sınırı gösterimi. ....                | 11           |
| 2.7. Örnek ESD' li ayakkabı. ....                             | 15           |
| 3.1. Seyreltme derecesi grafiği ve eşitlikler. ....           | 25           |
| 3.2. Tehlikeli bölge hesaplama grafiği ve eşitlikler. ....    | 27           |
| 4.1. Davutpaşa patlaması. ....                                | 29           |
| 4.2. Alles kimya patlaması. ....                              | 29           |
| 4.3. LMA kimya patlaması. ....                                | 30           |
| 4.4. TÜPRAŞ İzmir rafinerisi. ....                            | 30           |
| 4.5. Patlayan reaktör. ....                                   | 31           |
| 6.1. Amonyak seyrelme derecesi grafiği. ....                  | 42           |
| 6.2. Amonyak tehlikeli bölge hesaplama grafiği. ....          | 43           |
| 6.3. Amonyak tankı havalandırma etkinliği tablosu. ....       | 43           |
| 6.4. Amonyak tankı flanş ZONE gösterimi. ....                 | 44           |
| 6.5. Amonyak tankı altındaki flanşların ZONE gösterimi. ....  | 44           |
| 6.6. Boşalma karakteristiği grafiği. ....                     | 47           |
| 6.7. Tehlikeli yarıçap grafiği. ....                          | 47           |
| 6.8. LPG tankı havalandırma etkinliği tablosu. ....           | 48           |
| 6.9. LPG tankı ZONE gösterimi. ....                           | 48           |
| 6.10. LPG tankı ZONE gösterimi. ....                          | 49           |
| 6.11. ALOHA LPG tankı tehlike senaryosu. ....                 | 52           |
| 6.12. Toksik buhar bulutu tehlikeli bölge. ....               | 54           |
| 6.13. Yanıcı buhar bulutu tehlikeli alan gösterimi. ....      | 54           |
| 6.14. Buhar bulutu patlama bölgesi. ....                      | 55           |
| 6.15. Termal radyasyonun tehlikeli alanı. ....                | 56           |
| 6.16. Termal radyasyon tehlikeli alanı. ....                  | 58           |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

| <b><u>Çizelge</u></b>                                                  | <b><u>Sayfa</u></b> |
|------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 2.1. Önemli gazlar ve özellikleri. ....                                | 3                   |
| 2.2. Yanıcı sınıfların tehlike sınıfları. ....                         | 4                   |
| 2.3. Patlama grupları. ....                                            | 4                   |
| 2.4. Bazı parlayıcı ve yanıcı sıvıların özellikleri. ....              | 4                   |
| 2.5. Tutuşturucu kaynaklar. ....                                       | 7                   |
| 2.6. Elektrik aletleri kategorisi. ....                                | 15                  |
| 2.7. Elektrikli cihaz işaretleri. ....                                 | 15                  |
| 3.1. İhtimal ve şiddet kategorileri. ....                              | 16                  |
| 3.2. Risk matrisi. ....                                                | 17                  |
| 3.3. Risk skoru tanımları. ....                                        | 17                  |
| 3.4. Risk kontrol açıklamaları. ....                                   | 19                  |
| 3.5. Havalandırma ve ZONE tablosu. ....                                | 19                  |
| 3.6. Eşitlik ve açıklamaları. ....                                     | 20                  |
| 3.7. Havalandırma kılavuzu. ....                                       | 22                  |
| 3.8. İkinci derece boşalma için önerilen delik kesitleri tablosu. .... | 24                  |
| 3.9. Havalandırma hızları. ....                                        | 26                  |
| 3.10. Sıcaklık sınıfı. ....                                            | 28                  |
| 4.1. Sektöre göre kaza dağılımları. ....                               | 32                  |
| 5.1. Teknik Önlemler. ....                                             | 33                  |
| 5.2. İşaretleme. ....                                                  | 34                  |
| 5.3. Organizasyonel Önlemler. ....                                     | 34                  |
| 6.1. Yanıcı sıvıların kimyasal özellikleri. ....                       | 35                  |
| 6.2. LPG' nin kimyasal özellikleri. ....                               | 36                  |
| 6.3. Boşalma hızı hesabı. ....                                         | 38                  |
| 6.4. Boşalma karakteristiği hesabı. ....                               | 38                  |
| 6.5. Hesaplama tablosu. ....                                           | 46                  |

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| <b><u>Simgeler</u></b> | <b><u>Açıklama</u></b>                            |
|------------------------|---------------------------------------------------|
| Cd                     | Deşarj katsayısı                                  |
| C <sub>p</sub>         | Sabit basınçtaki özgül ısı                        |
| HCl                    | Hidroklorik Asit                                  |
| NH <sub>3</sub>        | Amonyak                                           |
| Pa                     | Atmosfer basıncı                                  |
| Q <sub>g</sub>         | Parlayıcı gaz kaynağının debisi                   |
| R                      | Gaz sabiti                                        |
| S                      | Sıvının Boşaldığı alandaki açıklığın enine kesiti |
| U <sub>w</sub>         | Sıvı havuz yüzeyindeki rüzgâr hızı                |
| W                      | Sıvının kütlece salınım hızı                      |
| W <sub>e</sub>         | Sıvının buharlaşma hızı                           |
| Ma                     | Gaz veya buharın molekül kütlesi                  |

| <b><u>Kisaltmalar</u></b> | <b><u>Açıklama</u></b>                   |
|---------------------------|------------------------------------------|
| IEC                       | Uluslararası Elektroteknik Komisyonu     |
| ALOHA                     | Areal Locations of Hazardous Atmospheres |
| ATEX                      | Atmosfer Patlamaları                     |
| BLEVE                     | Kaynayan Sıvı – genleşen buhar patlaması |
| İSG                       | İş Sağlığı ve Güvenliği                  |
| LEL                       | Alt Patlama Limiti                       |
| LPG                       | Sıvılaştırılmış Petrol Gazı              |
| ESD                       | Elektrostatik deşarj                     |
| Exproof                   | Alev sızdırmaz                           |
| MTE                       | Minimum Tutuşma Enerjisi                 |
| UEL                       | Üst Patlama Limiti                       |
| ZONE                      | Tehlikeli Bölge                          |
| VH                        | Yüksek seyrelme                          |
| VM                        | Orta seyrelme                            |
| VL                        | Düşük seyrelme                           |

## 1. GİRİŞ

Endüstriyel tesisler, ülkeler için büyük bir kalkınma sağlamakla birlikte gerek yeterli bilginin sağlanamaması gerekse alınabilecek önlemlerin göz ardı edilmesi ile sağladığı faydanın yanında aynı zamanda büyük bir tehlikeyi de arz etmektedir. Kimyasal maddelerin her biri ayrı bir karaktere sahip olup ayrı muamele edilmesi gerekmektedir. Tüm kimyasallar aynı ortamda durmamalı; ortam sıcaklığı-nem-ışık-geçirmediği kimyasal-ambalaj şekilleri gibi koşullara dikkat edilmelidir. Endüstriyel alanlarda atmosfer patlamalarıyla ilgili pek çok yayın bulunabileceği gibi yapılan araştırmalarda belli başlı konular; endüstri, endüstriyel tesis, yanıcı, parlayıcı, atmosfer, atmosfer patlamaları, ilgili hesaplamalar ve bunların önlemleri olarak belirlenmiştir. Kimyasallar kendine has hammaddeler içeren bileşenler olmakla birlikte her kimyasalın karakteri ve bu doğrultuda sergilemiş olduğu davranışlar farklıdır. Bu farklılıklar arasında tezin esas konusu olan parlama noktaları, kimyasalların kütlece ve hacimce alt patlama değerleri, kendiliğinden tutuşma sıcaklıkları ile ilgili bilgilerde bulunmaktadır. Kimya ve dolayısıyla kimyasallar hayatın hemen her noktasında karşımıza çıkmakla birlikte endüstride de önemli bir yer kaplamaktadır. Evlerimizde kullanmakta olduğumuz temizlik malzemelerinden aldığımız besin malzemelerine, tuttuğumuz kapı kolundan giydiğimiz kıyafetlere kadar kimyasallar günlük hayatımızda yer almaktadır.

Çalışmada, endüstriyel tesislerdeki yanıcı, parlayıcı kimyasal sıvıların atmosfer patlamaları (ATEX) ve buna bağlı olarak teorik ve uygulamalı olarak hesap edilerek endüstrideki önlemlerin belirlenmesine dair çalışma yapılacaktır. Belirlenen başlıklar doğrultusunda ilgili araştırmalar yapılmış olup bunlar sunulacaktır ve yapılan araştırmalar doğrultusunda patlayıcı ortam oluşturma ihtimali bulunan boşalma kaynağının hesapları yapılmış gerekli önlemler belirlenmiştir.

Tezde endüstriyel, atmosfer patlamalarıyla ilgili kök nedenlere değinilerek olması muhtemel patlamaların üzerinde durulmuş ve bununla ilgili hesaplamalar doğrultusunda ilgili önlemler belirlenmiştir. Daha önce yaşanan atmosfer patlamaları incelenerek tesislerdeki eksikliklerin, uygunsuzlukların göz önünde bulundurularak bu çalışmanın yapılmasına karar verilmiştir. Bu tez bittiğinde endüstride birçok yanıcı parlayıcı sıvı kimyasallar kullanan işletmeleri alması gerektiği güvenlik önlemlerine yardımcı olması ve olası can kaybı ve tesis kaybının önüne geçilmesi hedeflenmiştir.

Uygulamalı olarak kimya sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın üretim tesisinde yerinde inceleme yaparak, fine - kinney metodu ve ALOHA modelleme programı kullanılarak patlamadan korunma dokümanı hazırlanmıştır.

## 2. PATLAYICI ORTAMLAR

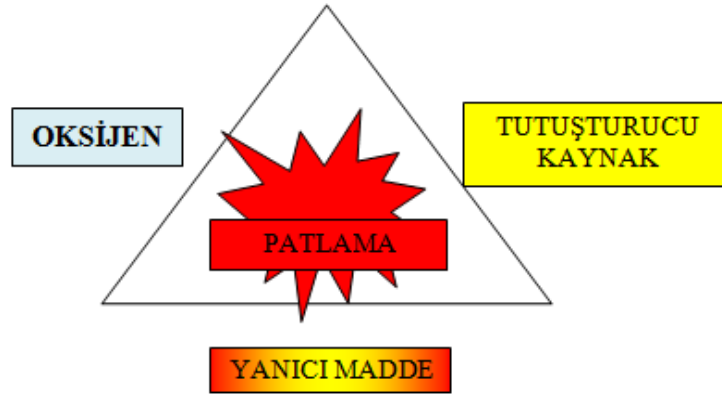
### 2.1. Yangın ve Patlama

Kimyasal maddelerin veya karışımların girdiği reaksiyon sonucu yangının meydana gelme potansiyeli, o maddenin alevlenebilirlik karakteristiği değerlendirilir. Maddenin alevlenebilirlik özelliğini, alt ve üst parlama noktası ve tutuşma sıcaklığı belirler.

Patlayıcı ortamın oluşabilmesi için üç farklı zincirin bir araya gelmesi gerekir. Patlayıcı atmosfer; atmosfer şartlarında parlayan/alevlenebilir kimyasal maddelerin hava ile bir araya gelerek yaptıkları karışımın ateşleme ortamı oluştuğunda yanma sürecinin tüm yanmamış karışımı etkilediği olaydır (Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı [AÇSHB], 2013).

- Patlayıcı ortamı ateşleyecek kıvılcım veya enerji kaynağı.
- Patlayıcı madde
- Hava

Bu üç farklı zincirde biri olmadığında patlama tehlikesi kalmaz. Bu üç zincire patlayıcı ortam üçgeni denir ve aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Patlama üçgeni.

### 2.2. Patlamanın Etkileri

Tesislerde meydana gelebilecek patlamanın başlıca etkileri, basınç dalgaları ve gürültü şiddetidir. Ses ve basınç şiddeti tesislere ciddi şekilde hasar verebilir. Patlamanın şiddeti ile

meydana gelen gazın genleşmesi sonucu oluşan yıkım ölümcül sonuçlara yol açabilmektedir (Eğri, 2013).

## 2.3. Parlayıcı, Patlayıcı, Yanıcı Gaz, Buhar ve Tozlar

### 2.3.1. Gazlar

Patlamanın şiddeti hava ile yanıcı gazın karışım konsantrasyonuna bağlıdır. Patlamanın şiddeti bu orana göre alt ve üst limit olarak sınırlandırılmıştır (Çizelge 2.1).

**Çizelge 2.1.** Önemli gazlar ve özellikleri.

| ÖNEMLİ GAZLAR ve ÖZELLİKLERİ |                                |                  |             |                       |      |                     |                              |
|------------------------------|--------------------------------|------------------|-------------|-----------------------|------|---------------------|------------------------------|
| Gaz                          | Formül                         | Hava ile karışım |             | Saf oksijenle karışım |      | Patlama Isısı<br>°C | Minimum Patlama Enerjisi, mJ |
|                              |                                | LEL              | UEL         | LEL                   | UEL  |                     |                              |
| Metan                        | CH <sub>4</sub>                | 4,3 – 5,1        | 15 - 16,5   | 4,8                   | 60   | 595                 | 280                          |
| Propan                       | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>  | 1,6 - 2,2        | 10,1 - 10,8 | 2,1                   | 60   | 470                 | 250                          |
| Bütan                        | C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> | 1,3 - 1,9        | 9,2 – 10,7  | 1,8                   | 57,6 | 365                 |                              |
| Hexan                        | C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> | 1,1              | 8,2         |                       |      | 265                 |                              |
| Nonan                        | C <sub>9</sub> H <sub>20</sub> | 0,8              | 5,5         |                       |      | 205                 |                              |
| Etilen                       | C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>  | 2,2 – 3          | 32,3 – 33,6 | 3,1                   | 81,5 | 425                 |                              |
| Benzol                       | C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>  | 1,3              | 8,1         |                       |      | 555                 | 200                          |
| Hidrojen                     | H <sub>2</sub>                 | 4,1              | 78          | 4,1                   | 95   | 560                 | 11                           |
| Asetilen                     | C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>  | 1,6              | 79          |                       |      | 305                 | 19                           |

### 2.3.2. Sıvılar

Parlama sıcaklığı; yanıcı bir sıvının tutuşturma kaynağıyla bir araya geldiğinde anlık bir kıvılcım oluşturabilecek gaz veya buharın minimum sıcaklık değeridir. Tutuşma sıcaklığına değinecek olursak; sıvının tutuşma sıcaklığı denilen o sıcaklığa ulaştığı zaman başka bir etkene gerek olmadan kendiliğinden yanma durumudur (Çizelge 2.2 - 2.3 - 2.4).

**Çizelge 2.2.** Yanıcı sınıfların tehlike sınıfları.

| SINIF |           | PARLAMA NOKTASI      |                          | KAYNAMA NOKTASI |            |
|-------|-----------|----------------------|--------------------------|-----------------|------------|
| IA    | parlayıcı | pn < 22,9 °C         | pn < 72 °F               | kn < 37,9 °C    | kn < 99 °F |
| IB    |           | pn < 22,9 °C         | pn < 72 °F               | kn > 37,9 °C    | kn > 99 °F |
| IC    |           | pn > 22,9 °C         | pn < 72 °F               | kn < 37,9 °C    | kn < 99 °F |
| II    | yanıcı    | 37,9 °C < pn < 61 °C | 100,0 °F < pn < 140,0 °F | II              |            |
| IIIA  |           | 61 °C < pn < 94 °C   | 140 °F < pn < 200 °F     | IIIA            |            |
| IIIB  |           | pn > 94 °C           | pn > 200,0 °F            | IIIB            |            |

**Çizelge 2.3.** Patlama grupları.

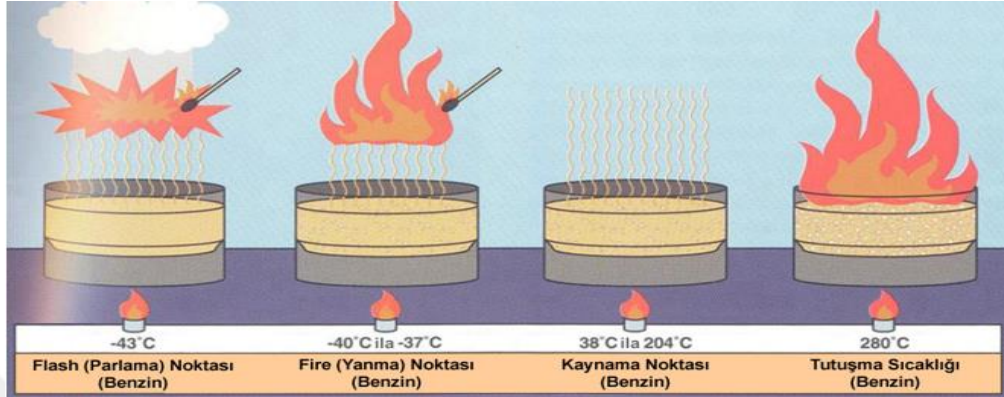
|      |           |                                                           |
|------|-----------|-----------------------------------------------------------|
| IA   | parlayıcı | Etilen oksit, dietil eter                                 |
| IB   |           | Tiner, tolüen                                             |
| IC   |           | Solvent bazlı çimentolar, ksilen                          |
| II   | yanıcı    | Boya tineri, mazot                                        |
| IIIA |           | Fuel oil ve kalorifer yakıtı, evlerde kullanılan yakıtlar |
| IIIB |           | Yağlama yağları ve motor yağları, yemeklik yağlar         |

**Çizelge 2.4.** Bazı parlayıcı ve yanıcı sıvıların özellikleri.

|                            | Parlama noktası |         | Sınıf | Kaynama noktası |         |
|----------------------------|-----------------|---------|-------|-----------------|---------|
|                            | °C              | °F      |       | °C              | °F      |
| Benzin                     | -40             | -46     | II    | 38-204          | 100-400 |
| Diesel yakıt               | > 55            | > 131   | II    |                 |         |
| Gaz yağı                   | > 38            | > 100   | IIIB  | 151-301         | 304-574 |
| Antifiriz                  | 110             | 230     | IIIB  | 149             | 300     |
| Fren sıvısı                | 149             | 300     | IIIB  | 282             | 540     |
| Şase gresi                 | 204             | 400     | IIIB  | > 427           | > 800   |
| Dişli yağı                 | 202             | 395     | IIIB  | > 427           | > 800   |
| Lityum-moil gres           | 193             | 380     | IIIB  | > 427           | > 800   |
| Yağlama yağları            | 149-232         | 300-450 | IIIB  |                 |         |
| Hidrolik direksiyon sıvısı | 177             | 350     | IIIB  | > 288           | > 550   |
| Beyaz gres                 | 241             | 465     | IIIB  | > 427           | > 800   |



Yanıcı sıvılar için parlama, yanma, kaynama ve tutuşma sıcaklıklarının gösterilmiştir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Yanıcı sıvıların parlama noktaları.

### 2.3.3. Katı maddeler, tozlar

Tozlar havadaki oksijen ile ya toz bulutu şeklinde ya da ince bir tabaka halinde karışırlar. Tozlar çoğunlukla ince bir tabaka şeklinde birikirler. Tesisin ısınması ya da dışarıdaki herhangi bir ısı kaynağıyla yanıcı tozun küçük bir bölümünün bile akkor hale gelmesi ile patlama oluşabilir (Sarı, 2011).

Tozların patlayıcı ortam hesapları IEC 60079-20-2 standardına göre analiz edilir.

## 2.4. Ateşleme Kaynakları

Patlayıcı gaz karışımları havadaki oksijen ile birleşip patlayıcı ortam oluşturabilmesi için enerji kaynağına ihtiyaç vardır. Bu enerji kaynakları aşağıda sıralanmıştır.

### 2.4.1. Elektrik ark ve kıvılcımı

Patlayıcı ortamlarda kullanılan elektrikli aletlerde görüldüğü gibi tehlike fazladır dolayısıyla tedbir alınması gerekmektedir.

### 2.4.2. Sıcak yüzeyler

Elektrikli ekipmanların aşırı ısınmalarının yanı sıra mekanik ekipmanların yüzeylerinde ısınmaları meydana gelmekte ve bu da patlama riskini arttırmaktadır. Bu sebeple patlayıcı ortamda kullanılan tüm mekanik, elektrikli ekipmanlara dikkat etmek gerekmektedir.

### 2.4.3. Mekanik sürtünme ile çıkan kıvılcım

Patlayıcı bölgedeki metal-metal sürtünmeler (rüzgârdan çarpışma gibi) meydana gelebilir. Gaz kaçağı meydana gelen vana üstündeki köşebentlerin rüzgârdan birbirlerine sürtmesi kıvılcım çıkartabilir. Kömür madenlerinde, gazın patlama alt limitine gelmemesine dikkat edilir. Taze hava ile patlayıcı gaz dışarı atılmalıdır. Aksi durumda patlama gerçekleşir.

Tüm tesislerde çoğunlukla kullanılan metal el aletleri patlayıcı ortamlarda kıvılcım çıkarması kuvvetle muhtemeldir. Bu riskin önüne geçebilmek adına pirinç malzemeden yapılmış ekipmanlar kullanılmaktadır.

Pirinç bakıra çinko katılarak elde edilen sarı renkteki alaşımların genel ismidir. Standart el aletlerinde olduğu gibi krom, vanadyum yerine bakır, berilyum alaşımı olarak üretilirler. Bu alaşımlar patlayıcı ortamlarda kıvılcım çıkarmaması sebebiyle tercih edilirler. Kıvılcım çıkarmaz el aletleri yapısında bulunan bakır sebebiyle asetilen gazının bulunduğu ortamlarda kesinlikle kullanılmazlar. Asetilen gazının hava ile %2,5 - %81 oranları arasındaki karışımları küçük bir kıvılcımla patlamaya neden olur. Asetilen gazı, bakır ve bakır alaşımlarına karşı da çok hassastır. İçerisinde %65 oranından fazla bakır bulunan alaşımlarla temas ettiği zaman patlayıcı olan bir asetilen - bakır alaşımı oluşur.

### 2.4.4. Statik elektriklenme

Statik elektrik, bir maddenin içerisindeki ya da yüzeyindeki elektrik yüklerinin oransızlığı olarak tanımlanmaktadır. Yük, elektrik akımı ya da elektriksel deşarj tarafından uzağa hareket etmeye başlayacağı zamana kadar aynen kalır. Statik elektrik, elektrik telleri ya da diğer iletkenler boyunca akan ve enerji aktaran elektrik akımının tam aksi olarak adlandırılmaktadır. Tutuşturucu kaynaklar tek bir tabloda incelenerek çözüm yöntemleri belirlenmiştir (Çizelge 2.5).

**Çizelge 2.5.** Tutuşturucu kaynaklar.

| No | Ateşleme Kaynakları                     | Çözüm Yöntemleri                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Elektriksel cihazlar                    | Patlama tehlikesi tespit edilen yerlerdeki elektrikli cihazlar, belirlenen ZONE hesaplamalarındaki alanlar içinde uygun cihaz kategorilerine göre seçilmelidir. Bu düzenlemeye uygun olan ekipmanların listeleri düzenlenmelidir. Uygun kategoride olmayan bu cihazların uygun olanları ile değiştirilmesi gerekmektedir (Türk Standartları Enstitüsü [TSE], 2012). |
| 2  | Sıcak yüzeyler (statik ısı ile patlama) | Belirlenen tehlikeli alanlardaki tespit edilen yanıcı gaz ve sıvıların özelliklerine uygun kategoride cihazlar, T sıcaklık değerlerine uygun elektrikli ve mekanik cihazların bulundurulmasına dikkat edilmelidir.                                                                                                                                                  |
| 3  | Mekanik sürtünmeyle çıkan kıvılcım      | ZONE (Tehlikeli alan) olarak hesap edilmiş olan bölgelerde kullanılan el aletlerinin EX sınıfı uygun el aletlerinden seçilmiş olmasına dikkat edilmelidir.                                                                                                                                                                                                          |
| 4  | Statik elektriklenme                    | Statik elektrik olarak çalışanların üzerlerinde meydana gelecek olan max. 30.000V ‘tur 20-30 mJ lük enerji miktarı tehlikeli alanlarda patlamayı gerçekleştireceği için çalışanlar üzerinde meydana gelen statik elektrik önleme ile ilgili tedbirlere uyulması gerekmektedir.                                                                                      |
| 5  | Açık alev                               | Alt işverenlerin tesiste ateşli işlere başlamadan önce tesis sorumlusu tarafından yazılı onay almaksızın çalışmalarına izin verilmemesi ve bütün izinlerin ise yazılı bir onay belgesine dayandırılması gerekmektedir. İş izin sistemi devreye alınmalı ve kayıtları tutulmalıdır.                                                                                  |
| 6  | Adyabatik basınç, şok dalgası           | Özel olarak adyabatik basınç artışına neden olabilecek prosesler kontrol edilmeli, oluşabilecek riskler değerlendirilmelidir (Türk Standartları Enstitüsü [TSE], 2013a).                                                                                                                                                                                            |
| 7  | Yıldırım düşmesi                        | Mevcut paratonerlerin periyodik olarak yılda bir yetkili mühendislik firmaları tarafından ölçümü yapılmalı ve uygunluk belgesinin alınması gerekmektedir.                                                                                                                                                                                                           |
| 8  | Kaçak elektrik akımları, katodik koruma | Tüm sigorta kutuları ve dağıtım kutularında kaçak akım rölesinin bulunması gerekmektedir.                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 9  | Ultrasonik ses dalgaları                | Ultrasonik ses dalgalarının kullanılması durumunda elektro akustik çevirici tarafından yayılan enerjinin büyük kısmı, katı veya sıvı maddelerce absorbe edilir. Bunun bir sonucu olarak, ultrasonik ses dalgalarına maruz kalan maddeler, bazı durumlarda tutuşmaya sebep olabilecek derecede ısınabilirler (TSE, 2013).                                            |
| 10 | Radyo dalgaları                         | Böyle bir değer aşımının olup olmadığı ölçüm ile kanıtlanması en doğru çözüm olacaktır. Ölçümler akredite bir firma tarafından yapılırsa sınır değerlerin aşılmaması konusunda garanti altına alınabilir.                                                                                                                                                           |

**Çizelge 2.5.** (devam) Tutuşturucu kaynaklar.

| No | Ateşleme Kaynakları                | Çözüm Yöntemleri                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 11 | İyonize radyasyon                  | X-ışın tüpleri gibi malzemeler tarafından üretilen iyonlaştırıcı radyasyon ve radyoaktif maddeler, enerji absorpsiyonunun bir sonucu olarak patlayıcı ortamları (özellikle toz taneciklerini ihtiva eden patlayıcı ortamları) tutuşturabilir.                                                                                         |
| 12 | Elektromanyetik dalgalar           | Tesis bütününde manyetik alan problemleri ölçülmeli ve bu konuda varsa alınabilecek olan tedbirler değerlendirilmelidir. Ölçüm ve tedbirler konusunda, alanında uzman kuruluşlardan destek alınmalıdır. Ölçümler akredite bir firma tarafından yapılırsa sınır değerlerin aşılmaması konusunda garanti altına alınabilir (TSE, 2013). |
| 13 | Ekzotermik reaksiyonlar (ısıveren) | Tüm patlayıcı ortamlarda aşırı ısınan yüzeylerin oluşmamasına dikkat edilmelidir (TSE, 2013).                                                                                                                                                                                                                                         |

## 2.5. Patlama Bölgeleri

Patlayıcı ortamlar, patlayıcı atmosferin süresinin bulunmasına ve frekansına bağlı olarak TS 60079-10-1 standardına göre bölgelere ayrılırlar. Bu bölgeler şekil 2.3 ve Şekil 2.4'te gösterilmiştir (Türk Standartları Enstitüsü [TSE], 2015a).

### Gazlar için;

ZONE 0 : Normal çalışma şartlarında patlayıcı ortam meydana gelen (ihtimali yüksek olan) ve uzun süren yerler ZONE 0 olarak değerlendirilir (>1000 saat/yıl).

ZONE 1 : Normal çalışma şartlarında patlayıcı ortam meydana gelme ihtimali az olan (hiç olmayan), sadece arıza durumlarında ve tesadüfen patlayıcı ortam meydana gelen yerler bu gruba girer (10 saat/yıl ile 1000 saat/yıl arasında).

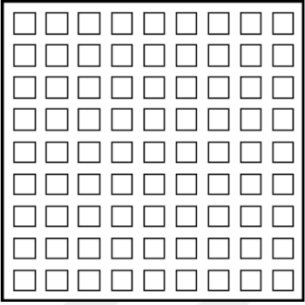
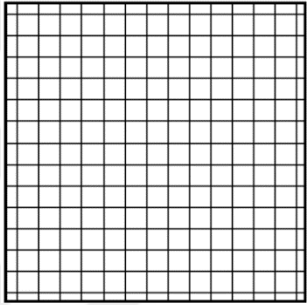
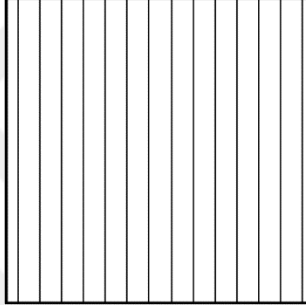
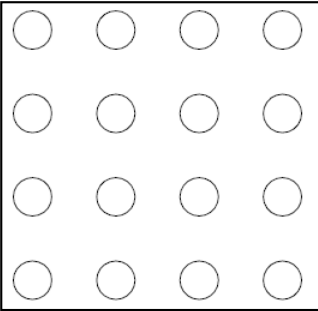
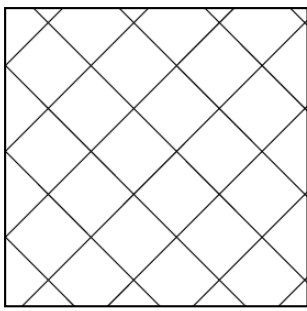
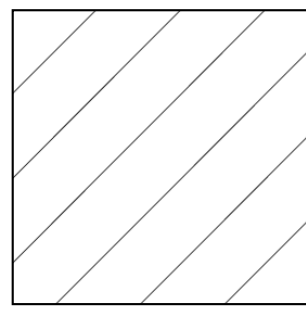
ZONE 2 : Normal çalışma şartlarında patlayıcı ortam meydana gelme ihtimali olmayan arıza, bakım gibi hallerde de patlayıcı ortam meydana gelen yerler ZONE 2 kapsamına girerler (< 10 saat/yıl).

**Tozlar için;**

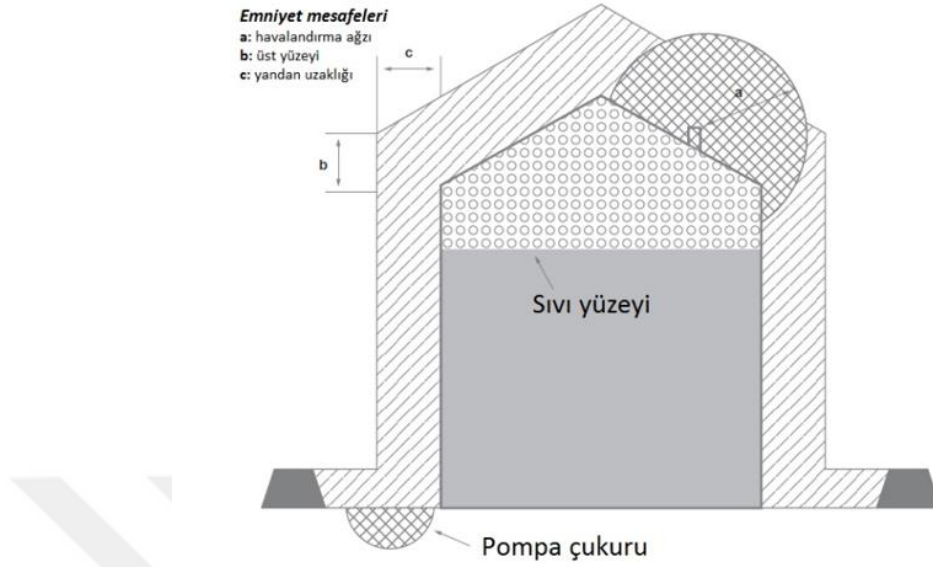
ZONE 20: Normal çalışma şartlarında patlayıcı toz/lif ortamı oluşan, oluşma ihtimali yüksek olan yerler.

ZONE 21: Normal çalışma şartlarında patlayıcı toz/lif ortamı oluşma ihtimali az olan yerler.

ZONE 22: Normal çalışma şartlarında patlayıcı toz/lif ortamı oluşma ihtimali olmayan ancak arıza, bakım gibi durumlarda çok kısa sürme ihtimali olan yerler bu gruba girer.

| ZONE 20                                                                             | ZONE 21                                                                             | ZONE 22                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|   |   |   |
| ZONE 0                                                                              | ZONE 1                                                                              | ZONE 2                                                                                |
|  |  |  |

**Şekil 2.3.** Tehlikeli (ZONE) bölge gösterimleri.



Şekil 2.4. Örnek ZONE çizimi.

## 2.6. Patlamadan Korunma Önlemleri

Parlayıcı, patlayıcı gazlar, sisler veya yanıcı tozların patlayıcı ortam oluşturması durumunda patlama şiddetinin güvenli bir alana yönlendirilmesi, bu mümkün değil ise başka koruyucu önlemlerin alınması gereklidir (Şekil 2.5).



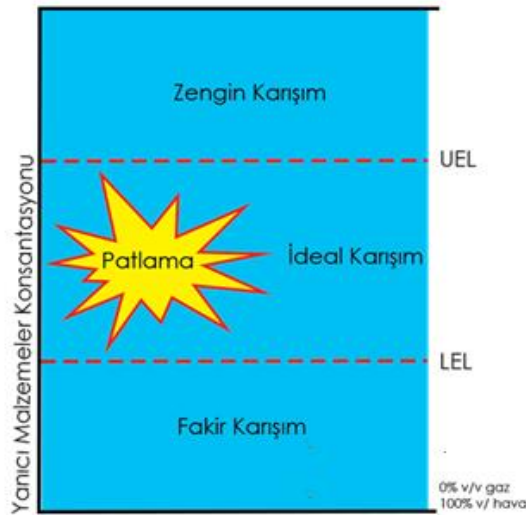
Şekil 2.5. Statik Elektrik Levhası; Antistatik kıyafet örneği.

Patlama tehlikesini minimuma indirmek, muhtemel bir patlamanın önüne geçmek ve etrafa yayılmasını en aza indirebilmek adına; İş ekipmanların kurulumunu, montajını ve bakımını yapacak personellerin standartların gerektirdiği kapsamda eğitilmiş kişilerin yapması son derece önemlidir. Bu konuda verilen eğitimler günümüzde gitgide yaygınlaşmaktadır.

Eğitilmiş kişilerce bakım onarım yapıldığı sürece tesisin, koruyucu sistemlerin ve elektrikli ekipmanların standartlar kapsamında uygunluğunun devam edeceği garanti altına alınmaktadır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 1984).

### 2.6.1. Birincil (Primer) önlemler

Patlamadan korunmak için ilk hedef, patlayıcı ortam oluşmasını önlemektir. Yani LEL-UEL aralığına ortamı getirmemektir. Alt patlama limiti, üst patlama limiti ve ideal karışım Şekil 2.6’da gösterilmiştir. Diğer bir ifade ile, patlama üçgenindeki “A=Yanıcı madde” ve “B=oksijen” ayaklarını bertaraf etmektir. Exproof (alev sızdırmaz) alet kullanımından önce, patlayıcı ortamlarla ilgili olarak yapılması gereken ilk ve en önemli tedbir birincil önlemleri almaktır (Sarı, 2011).



Şekil 2.6. Alt ve üst patlama sınırı gösterimi.

### 2.6.2. İkincil (Sekonder) önlemler

Birincil önlemler alınamıyorsa veya bu önlemlere rağmen patlayıcı ortam LEL – UEL aralığı oluşma ihtimali hala varsa, ikincil önlemler için uygulama başlatılır yani bu ortamlarda alev çıkarmayan özellikte alet veya ekipman seçimi yapılır.

### 2.6.3. Üçüncül önlemler

Patlamanın etkisini sınırlamak

Patlamaya dayanıklı yapı

Söndürme tesisatı

Patlamanın diğer alanlara yayılmasının engellenmesi

Patlamayı bastırma

### 2.7. Patlama Riskinin Değerlendirilmesi

Risk değerlendirmede patlayıcı, parlayıcı gaz, toz veya buharının patlama riski içerdiği belirlenmiş tehlikeler analiz edilerek KINNEY metoduna göre değerlendirilir (European Committee ATEX 137 Directive, 1999).

- Olasılık: Ateşleme kaynağının aktif hale geçme olasılığı,
- Frekans: Ortamda patlama konsantrasyonun da patlayıcı malzemenin bulunma süresi,
- Şiddet: Oluşacak etki, (etraftaki malzeme ve binalar da dikkate alınacak)

Risklerin puanlanmasında aşağıda verilen tablodaki olasılık, frekans ve şiddet değerleri kullanılır.

Tahmini Olasılık Derecelendirmesi: Beklenir, Kesin: Ortamda ateşleme kaynağının mevcut olması durumudur (örneğin açık alev).

Yüksek/oldukça mümkün olması: Ortamda ateşleme kaynağının aktif hale geçme olasılığı çok yüksektir (örneğin alev çıkarmayan özellikte elektrikli aletlerin kullanıldığı yerler).

Olası: Eğer ateşleme kaynağı, bunları kullanan bireylere yada bunların her durumda ayarlanmasına bağlı ise (örneğin fenerle ortama girilmesi, ayarlanmayan ekipmanların birbirine çarparak kıvılcım çıkartması gibi).



Mümkün fakat düşük: Ateşleme kaynağının oluşmasını engellemek için önlem alınmış ancak önlemlerin işlev dışı kalması durumu (örneğin paratonerin çalışmaması sonucu yıldırım düşmesi).

Beklenmez fakat mümkün: Eğer kontrol tedbirleri operatöre bağlı olmayan tedbirleri içeriyor, ancak uzaklaştırılabilirse (örnek topraklamaların yapılması).

Beklenmez: Belirli bir denetim ya da bakım sistemi ile veya eğitim sağlanarak ve düzenli olarak tekrar edilerek ateşleme kaynaklarının kontrol altında bulundurulduğu durumlar (örneğin alev sızdırmaz ekipman kullanılması, ekipmanların periyodik olarak yetkin kişilerce kontrol edilmesi).

## **2.8. İşyerinin Güvenli Hale Getirilmesi**

Kanunun 5 inci maddesinde yer alan risklerden korunma ilkelerine ve yönetmeliğin 5 inci maddesinde belirtilen hususlara uygun olarak çalışanların sağlık ve güvenliğini korumak için işveren:

a) Çalışanların ve diğer kişilerin sağlık ve güvenliği için tehlike arz eden patlayıcı ortam oluşma ihtimali olan yerlerde güvenli çalışma şartlarını sağlar,

b) Yapılan risk değerlendirmesi sonucuna göre, çalışanların sağlık ve güvenliği için tehlike arz eden patlayıcı ortam oluşma ihtimali bulunan yerlerde, çalışma süresince uygun teknik önlemleri alarak, bu kısımların gözetim altında tutulmasını sağlar (Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı [AÇSHB], 2012).

### **2.8.1. Patlamadan korunma dokümanı**

İşveren, ikinci fıkrada belirtilen hususların yer aldığı Patlamadan Korunma Dokümanını hazırlar.

(2) Patlamadan Korunma Dokümanında;

a) Patlama riskinin belirlendiği ve değerlendirildiği hususu,

b) Bu Yönetmelikte belirlenen yükümlülüklerin yerine getirilmesi için alınacak önlemler,

c) Çalışma yerleri ve uyarı cihazları da dâhil olmak üzere iş ekipmanının tasarımı, işletilmesi, kontrolü ve bakımının güvenlik kurallarına uygun olarak sağlandığı bilgilerini içerir.

(3) Patlamadan korunma dokümanı, işin başlamasından önce hazırlanır ve işyerinde, iş ekipmanında veya iş organizasyonunda önemli değişiklik, genişleme veya tadilat yapıldığı hallerde yeniden gözden geçirilerek güncellenir.

(4) İşveren, yürürlükteki mevzuata göre hazırladığı patlama riskini de içeren risk değerlendirmesini, dokümanları ve benzeri diğer raporları birlikte ele alabilir.

### **2.8.2. Çalışanların patlayıcı ortam risklerinden korunması için asgari gerekler**

Çalışanların Eğitimi: Patlayıcı, patlayıcı ortam oluşması muhtemel yerlerdeki çalışan personellere, patlamadan korunma, güvenli çalışmalar konusunda eğitimler verilmelidir.

Kullanılacak İş Ayakkabılarının Özellikleri: İş ayakkabılarının iletken olduğunu söyleyebilmek için TS EN ISO 20345'e uygun olduğunu görmek yeterlidir. İş Ayakkabılarının anti statik özelliği var diyebilmek için EN 61340-4-3 'a uygun imal edilmiş olması yeterlidir. Bir iş ayakkabısının petrol şirketinde giyilebilecek kadar iyi statik elektriği iletebilmesi için taban elektrik direnci en çok EN 61340-5-1 'e göre  $R < 3.5 \times 10^7$  ohm (35 megaohm) olması gerekir (Şekil 2.7).

Antistatik özellikler derece derecedir.

- Bir ayakkabıya statik elektriği iletebilir (iletken) diyebilmek için taban elektrik direnci  $10^5 \leq \text{ohm} < 10^9$  ohm (100 kiloohm ile 1 Gigaohm) arasında olması ISO 20345 için yeterlidir.
- Bir ayakkabıya antistatik diyebilmek için  $10^5 \leq \text{ohm} < 10^9$  ohm (100 kilo ohm ile 100 megaohm) arasında olması gerekir. EN 61340-4-3
- Ancak ESD özelliği olan iş ayakkabıları çok daha iyi iletken olmaları gerektiği için EN 61340-5-1 'e göre  $R < 3.5 \times 10^7$  ohm (35 megaohm) olması gerekir.



**Şekil 2.7.** Örnek ESD' li ayakkabı.

Patlayıcı Ortamlarda Kullanılacak Ekipmanların Seçimi: İşverenler, patlayıcı ortamlarda kullanılacak teçhizat, aksamalar ve koruyucu sistemleri emniyet cihazları, kumanda cihazları ve ayarlama donanımları standartlara uygun olacaktır (Çizelge 2.6, 2.7).

- Tehlikeli bölgelere uygun elektrikli aletlerin kategorileri

**Çizelge 2.6.** Elektrik aletleri kategorisi.

| Cihazlar             | Ortamı için uygundur   | ZONE (bölge) |
|----------------------|------------------------|--------------|
| EX II 1D             | Toz / Hava karışımları | 20           |
| EX II 1D veya 2D     | Toz / Hava karışımları | 21           |
| EX II 1D; 2D veya 3D | Toz / Hava karışımları | 22           |

- Ekipmanlarda Bulundurulması Gerekli Dokümantasyon

**Çizelge 2.7.** Elektrikli cihaz işaretleri.

| Cihaz Kategorisi | ZONE Uygunluk | Cihaz İşareti                | Gerekli Dokümantasyon                                                                                                      |
|------------------|---------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1D               | 20,21,22      | CE <sub>9999</sub> Ex II 1 D | Tip İncelemesi belgesi (Notified Body firma numarası, CE Deklarasyon Belgesi, Kullanma kılavuzu)                           |
| 2D               | 21,22         | CE <sub>9999</sub> Ex II 2 D | Elektrikli Cihazlar için: Tip İncelemesi belgesi (Notified Body firma numarası, CE Deklarasyon Belgesi, Kullanma kılavuzu) |
| 2D               | 21,22         | CEEx II 2 D                  | Mekanik cihazlar için: CE Deklarasyon Belgesi, Kullanma kılavuzu                                                           |
| 3D               | 22            | CEEx II 3 D                  | CE Deklarasyon Belgesi, Kullanma kılavuzu                                                                                  |

### 3. PATLAMA RİSKİNİN BELİRLENECEĞİ NOKTALAR

İşletme içerisinde gerçekleşen tüm prosesler tek tek analiz edilerek patlama, patlama (ATEX) oluşturabilecek olanlar belirlenir ve işletme içerisinde kullanılan kimyasallar doğrultusunda ZONE (Bölge) sınıflandırmasında olabilecek çalışma noktaları belirlenmiş ve listelenmiş olur. Risk Değerlendirmesindeki ikinci adımda 5 x 5 L matrisi şeklinde uygulanmış olup derecelendirme esasları aşağıdaki belirtilmiştir (İnce, 2012).  $RİSK = (Zararın ortaya çıkma ihtimali) \times (Zararın etkisi)$  şeklinde tanımlanmaktadır (Çizelge 3.1 - 3.2 - 3.3).

**Çizelge 3.1.** İhtimal ve şiddet kategorileri.

| Skor | Olasılık - İhtimal                                             | Açıklama                                          | Skor | Şiddeti                                                                                        | Açıklama  |
|------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 5    | Çok sıklıkla (haftada bir, her gün) normal çalışma şartlarında | Çok Yüksek Olasılık / <b>ZONE 20-0</b>            | 5    | Birden çok ölümlü, ölümlü veya sürekli iş göremezlik                                           | Çok Ciddi |
| 4    | Sıklıkla (ayda bir)                                            | Yüksek Olasılık / <b>ZONE 21-1 veya ZONE 20-0</b> | 4    | Yaralanma, meslek hastalığı, büyük maddi                                                       | Ciddi     |
| 3    | Az (yılda birkaç kez)                                          | Orta Dereceli Olasılık / <b>ZONE 21-1</b>         | 3    | İstirahat gerektiren yaralanmalar, maddi hasar ve çevreye zarar                                | Orta      |
| 2    | Çok az (yılda bir kez) sadece anormal durumlarda.              | Küçük Olasılık / <b>ZONE 22-2 veya ZONE 21-1</b>  | 2    | İlk yardım gerektiren küçük yaralanmalar, tamiratlı maddi hasar ve temizlenebilir çevre zararı | Hafif     |
| 1    | Hemen hemen hiç                                                | Çok Küçük Olasılık / <b>ZONE 22-2</b>             | 1    | Hasar ya da yaralanmaya neden olmayan kaza, iş saati kaybı olmayan                             | Çok Hafif |

Çizelge 3.2. Risk matrisi.

| RİSK MATRİSİ |                    | ZARAR VERME ETKİ DERECEŚİ |              |                    |              |                          |
|--------------|--------------------|---------------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------------|
|              |                    | ÇOK HAFİF<br>(1)          | HAFİF<br>(2) | ORTA DERECE<br>(3) | CİDDİ<br>(4) | ÇOK CİDDİ<br>(5)         |
| İhtimal      | ÇOK KÜÇÜK<br>(1)   | DÜŞÜK<br>1                | DÜŞÜK<br>2   | DÜŞÜK<br>3         | DÜŞÜK<br>4   | DÜŞÜK<br>5               |
|              | KÜÇÜK<br>(2)       | DÜŞÜK<br>2                | DÜŞÜK<br>4   | DÜŞÜK<br>6         | ORTA<br>8    | ORTA<br>10               |
|              | ORTA DERECE<br>(3) | DÜŞÜK<br>3                | DÜŞÜK<br>6   | ORTA<br>9          | ORTA<br>12   | YÜKSEK<br>15             |
|              | YÜKSEK<br>(4)      | DÜŞÜK<br>4                | ORTA<br>8    | ORTA<br>12         | YÜKSEK<br>16 | YÜKSEK<br>20             |
|              | ÇOK YÜKSEK<br>(5)  | DÜŞÜK<br>5                | ORTA<br>10   | YÜKSEK<br>15       | YÜKSEK<br>20 | TOLERE<br>EDİLEMEZ<br>25 |

Çizelge 3.3. Risk skoru tanımları.

| TANIM                                                      | PUAN        | ÖNERİLEN ÇÖZÜM TAKVİMİ                                        |
|------------------------------------------------------------|-------------|---------------------------------------------------------------|
| Katlanılabilir Risk Bölgesi<br>(Artık Riski kapsamaktadır) | 1-2-3-4-5-6 | 3. KADEME: Katlanılabilir seviye                              |
| Tedbir Alınması Gerekli Risk Bölgesi                       | 8-9-10-12   | 2. KADEME: 1. KADEMEDEN sonraki 3 ay (Toplam 4 ay) içerisinde |
| Acil Tedbir Alınması Gerekli Risk Bölgesi                  | 15-16-20    | 1. KADEME: Rapor tarihinden itibaren ilk 1 ay içerisinde      |
| Kesinlikle Tolere Edilemez Risk                            | 25          | Acilen çalışma yapılmalı, faaliyetler durdurulmalıdır.        |

### 3.1. Risk Kontrolünün Yönetimi

Risk değerlendirme çalışmaları tehlikeleri ortadan kaldırmaya yönelik olmalıdır. Eğer var olan tehlikelerin kaynağında yok etmek mümkün değilse, risk şiddetinin indirgenmesi için çeşitli hesaplamalar ve aksiyonlar önermektedir.

### 3.2. Kontrol Hiyerarşisi ve Tehlikeli Bölge Tayini

Aşağıda uygulanan kontrol hiyerarşisi sistematığı örnekler ile açıklanmıştır (Çizelge 3.4).

a) Ortadan kaldırma: Tehlike ortadan kaldırılmalıdır. Örneğin, elle taşıma tehlikesine istinaden mekanik kaldırma araçlarının uygulamaya alınması.

b) Yerine koyma: Tehlikeli malzemenin yerine daha az tehlikeli bir malzemenin düşünülmesi veya sistem enerjisinin azaltılması (örneğin kuvveti, amperi, basıncı, sıcaklığı vb. düşürme).

c) Mühendislik kontrolleri: Havalandırma sisteminin dereceleriyle ve ilgili kimyasal maddenin boşalma türüne göre tehlikeli bölge tayini yapılır (Çizelge 3.5).

d) Yön işaretleri, uyarılar ve/veya yönetim kontrolleri: Güvenlik işaretleri, uyarı işaretleri ve uyarı lambaları, tehlikeli bölgelerin işaretlenmesi, alarmlar, ışıklı işaretler, yaya yürüme yolları, güvenlik prosedürleri, aygıt incelemeleri, erişim kontrolü, çalışma güvenlik sistemleri, fişleme ve çalışma izni vb.

e) Kişisel koruyucu donanımlar: Koruyucu gözlükler, solunum aygıtları, eldivenler, kulak tamponları, yüz siperleri, emniyet kemerleri ve halatları.

f) Eğitim: İşe başlayacak kişiler çalışmaya başlamadan önce, yapılacak işe uygun eğitimler verilmelidir.

g) Kontrol: Belirlenen kurallara uyulup uyulmadığının izlenmesi gerekir.

Hiyerarşik hususlar uygulanırken, nispi maliyetler, risk azaltıcı faydalar ve mevcut seçeneklerin güvenilirliği göz önünde bulundurulmuştur.

**Çizelge 3.4.** Risk kontrol açıklamaları.

| RİSK KONTROL YÖNTEMİ AÇIKLAMA |                          |
|-------------------------------|--------------------------|
| 1                             | Kaynağında Yok Etme      |
| 2                             | İkame                    |
| 3                             | Mühendislik Önlemleri    |
| 4                             | İdari Önlemler           |
| 5                             | Kişisel Koruyucu Donanım |
| 6                             | Eğitim                   |
| 7                             | Kontrol                  |

**Çizelge 3.5.** Havalandırma ve ZONE tablosu.

| Boşalma<br>Derecesi                     | Havalandırma Etkinliği                  |                                         |                                      |                   |                         |                         |                                   |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
|                                         | Yüksek Seyreltme-VH                     |                                         |                                      | Orta Seyreltme-VM |                         | Düşük Seyreltme-VL      |                                   |
|                                         | Güvenilirlik Derecesi                   |                                         |                                      |                   |                         |                         |                                   |
|                                         | İyi                                     | Orta                                    | Kötü                                 | İyi               | Orta                    | Kötü                    | İyi, Orta veya Kötü               |
| Sürekli                                 | Tehlikesiz<br>(Bölge 0 Ne) <sup>a</sup> | Bölge 2<br>(Bölge 0 Ne) <sup>a</sup>    | Bölge 1<br>(Bölge 0 Ne) <sup>a</sup> | Bölge 0           | Bölge 0<br>+<br>Bölge 2 | Bölge 0<br>+<br>Bölge 1 | Bölge 0                           |
| Ana /<br>Birinci<br>derece              | Tehlikesiz<br>(Bölge 1 Ne) <sup>a</sup> | Bölge 2<br>(Bölge 1 Ne)                 | Bölge 2<br>(Bölge 1 Ne) <sup>a</sup> | Bölge 1           | Bölge 1<br>+<br>Bölge 2 | Bölge 1<br>+<br>Bölge 2 | Bölge 0 +<br>Bölge 1 <sup>c</sup> |
| Tali /<br>İkinci<br>derece <sup>b</sup> | Tehlikesiz<br>(Bölge 2 Ne) <sup>a</sup> | Tehlikesiz<br>(Bölge 2 Ne) <sup>a</sup> | Bölge 2                              | Bölge 2           | Bölge 2                 | Bölge 2                 | Bölge 0 +<br>Bölge 1 <sup>c</sup> |

Not : “+” etrafında anlamına gelmektedir.

**a:** Bölge 0 NE, Bölge 1 NE ve Bölge 2 NE normal şartlarda ihmal edilebilir yayılma sınırına sahip teorik bölgeleri gösterir.

**b:** Tali boşalma tarafından oluşturulan Bölge 2 alanı ana veya sürekli boşalma derecelerine atfedilebilecek alanı aşabilir. Bu durumda daha büyük olan mesafe kullanılmalıdır.

**c:** Eğer pratikte havalandırma çok zayıf ve yayılma sürekli gaz ortamı oluşacak şekilde ise (havalandırma yok durumuna yaklaşık ise) Bölge 0 kullanılır.

### 3.3. Tehlikeli Bölgelerin Tayin Edilmesinde Kullanılacak Eşitlikler ve Açıklamaları

Kimyasalların fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre standartlarda belirtilen eşitlikler kullanılarak tehlikeli alan mesafesi ve kalıcılık süreleri tayin edilir (Çizelge 3.6).

**Çizelge 3.6.** Eşitlik ve açıklamaları.

| Z  | Eşitlik Açıklaması                                                             | Eşitlik 60079-10-1 / 2009                                                                                                                                                                         | Eşitlik 60079-10-1 / 2015                         |
|----|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 1  | P <sub>c</sub> , Kritik basınç                                                 | $P_c = P_o \times \left( \frac{\gamma + 1}{2} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}}$                                                                                                                |                                                   |
| 2  | Gazın boşalma hızı (sonic)<br>P > P <sub>c</sub> ise                           | $\frac{dG}{dt} = S_x \sqrt{\gamma \frac{M}{RT} \times \left( \frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma + 1}{2(\gamma - 1)}}$                                                                     |                                                   |
| 3  | Gazın boşalma hızı (Subsonic)<br>P < P <sub>c</sub> ise                        | $\frac{dG}{dt} = C_d S_x P_x \sqrt{\frac{M}{RT} \times \frac{2\gamma}{\gamma - 1} \left[ 1 - \left( \frac{P_o}{P} \right)^{(\gamma - 1)/\gamma} \right] \left( \frac{P_o}{P} \right)^{1/\gamma}}$ |                                                   |
| 4  | W, Sıvıların boşalma hızı                                                      | $\frac{dG}{dt} \max = S \sqrt{2\rho\Delta p}$                                                                                                                                                     | $\frac{dG}{dt} \max = C_d S \sqrt{2\rho\Delta p}$ |
| 5  | W <sub>e</sub> , Sıvının buharlaşma hızı,<br>(kg/sn)                           | $W_e = \frac{6,55 \times 10^{-3} \times u_w^{0,78} \times A_p \times p v \times M^{0,667}}{R \times T}$                                                                                           |                                                   |
| 6  | Q <sub>g</sub> , Sıvının hacimsel olarak boşalma hızı,<br>(m <sup>3</sup> /sn) | $Q_g \approx \frac{6,55 \times u_w^{0,78} \times A_p \times p v \times T a}{10^5 \times M^{0,333} \times T}$                                                                                      |                                                   |
| 7  | Δp, basınç farkı:                                                              | $\Delta p = \rho g \Delta h$                                                                                                                                                                      |                                                   |
| 8  | γ, adyabatik genişleme                                                         | $\gamma = \frac{M c_p}{M c_p - R}$                                                                                                                                                                |                                                   |
| 9  | (dV/dt), Asgari volumetrik temiz hava<br>akış hızı                             | $\left( \frac{dV}{dt} \right)_{min} = \frac{(dG/dt)_{max}}{k \times LEL} \times \frac{T}{293}$                                                                                                    |                                                   |
| 10 | t, Ortamda kalıcılık süresi                                                    | $t = \frac{-f}{C} \ln \frac{LEL v \times k}{X_o}$                                                                                                                                                 |                                                   |



**Çizelge 3.6.** (devam) Eşitlikler ve açıklamaları.

|    |                                                                   |                                                                                           |
|----|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 11 | Vz, Kuramsal hacim                                                | $V_z = f \times V_k = \frac{f \times (dV/dt)_{min}}{C}$                                   |
| 12 | VS, boşalma hızı                                                  | $V_s = \sqrt{\gamma \frac{RT}{M}}$                                                        |
| 13 | V <sub>0</sub> , Açıklıktan boşalan gazın hızı                    | $V_0 = \frac{dG/dt}{\rho_0 S}$ $Q_g = \frac{W_g}{\rho_g} \text{ (m}^3/\text{sn)}$         |
| 14 | $\rho_0$ , Genleşmiş gazın yoğunluğu                              | $\rho_0 = \rho \left( \frac{P_0}{P} \right)^{\frac{1}{\gamma}}$                           |
| 15 | $\rho$ , Kabın içindeki gazın yoğunluğu                           | $\rho = \frac{pM}{RT}$                                                                    |
| 16 | RC, Boşalma karakteristiği                                        | $\frac{\dot{W}_g}{\rho_g \times k \times LFL}$                                            |
| 17 | X <sub>b</sub> ;Arka plan konsantrasyonu                          | $X_b = \frac{f \times Q_g}{Q_g + Q_1} = \frac{f \times Q_g}{Q_2}$<br>$Q_2 = C \times V_0$ |
| 18 | Qa: Rüzgar hızına bağlı yayılan debi (m <sup>3</sup> /sn)         | $Q_a = Cd \times Ae \times u_w \times \sqrt{\frac{\Delta Cp}{2}}$                         |
| 19 | A <sub>e</sub> : Alt üst havalandırmanın etkisi (m <sup>2</sup> ) | $A_e = \sqrt{\frac{2 \times A_1^2 \times A_2^2}{A_1^2 + A_2^2}} \dots$                    |
| 20 | Qa: Baca etkisine bağlı debi                                      | $Q_a = Cd \times Ae \times \sqrt{\frac{\Delta T}{(T_{in} + T_{out})}} \times g \times H$  |
| 21 | Qa: Basınç farkına bağlı debi                                     | $Q_a = Cd \times Ae \times \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho_a}}$                               |

### 3.3.1. Havalandırma eşitlikleri

Havalandırma hesapları yapılırken kullanılan eşitliklerin sembolleri ve açıklamaları çizelge 3.7’ de gösterilmiştir.

**Çizelge 3.7.** Havalandırma kılavuzu.

| Sembol       | Açıklama (sıvı)                                                                           | Birimi    |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| $A_p$        | Havuz yüzey alanı                                                                         | $m^2$     |
| $C_d$        | Deşarj katsayısı (Boşalma şekli düzenli ise 0,75 , düzensiz ise 0,5 alınır)               | $m^2$     |
| $\gamma$     | Adyabatik genişlemeye ait politropik genişleme                                            | Birimsiz  |
| $M$          | Gaz veya buharın molekül kütlesi                                                          | $kg/kmol$ |
| $p$          | Kap içindeki basınç                                                                       | Pa        |
| $p_a$        | Atmosfer basıncı                                                                          | 101325 Pa |
| $\Delta p$   | Sızıntı yapan açıklık üzerindeki basınç farkı                                             | Pa        |
| $p_c$        | Kritik basınç                                                                             | Pa        |
| $p_v$        | Sıvının T sıcaklığındaki buhar basıncı                                                    | kPa       |
| $Q_g$        | Parlayıcı gaz kaynağının debisi                                                           | $m^3/sn$  |
| $\rho_g$     | Gaz veya buhar karışımının yoğunluğu                                                      | $kg/m^3$  |
| $S$          | Sıvının Boşaldığı alandaki açıklığın enine kesiti                                         | $m^2$     |
| $T_a$        | Mutlak ortam sıcaklığı                                                                    | K         |
| $W$          | Sıvının kütlece salınım hızı                                                              | $kg/s$    |
| $W_g$        | Yanıcı maddenin kütle salınım hızı (yanıcı maddenin sadece toplam kütlesi düşünülmelidir) | $kg/s$    |
| $Z$          | Sıkıştırılabilirlik faktörü                                                               | Birimsiz  |
| $A_1$        | Alt havalandırma açıklığı                                                                 | $m^2$     |
| $A_2$        | Üst havalandırma açıklığı                                                                 | $m^2$     |
| $A_e$        | Alt ve Üst havalandırmanın etksi                                                          | $m^2$     |
| $C$          | Havalandırma değişim sayısı                                                               | $s^{-1}$  |
| $\Delta C_p$ | Binanın karakteristik basınç katsayısı                                                    | Birimsiz  |

Çizelge 3.7. (devam) Havalandırma kılavuzu.

| Sembol B1     | Açıklama (sıvı)                                                                             | Birimi    |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| f             | Kalite faktörü                                                                              | Birimsiz  |
| k             | Alt patlama limitinin emniyet faktörü                                                       | Birimsiz  |
| $p_a$         | Atmosfer basıncı                                                                            | 101325 Pa |
| $\Delta p$    | Rüzgâr ve sıcaklık etkisinden dolayı basınç farkı                                           | Pa        |
| $Q_a$         | Havanın debisi                                                                              | $m^3/sn$  |
| $Q_1$         | Açıklıklardan odaya giren havanın debisi                                                    | $m^3/sn$  |
| $Q_g$         | Parlayıcı gaz kaynağının debisi                                                             | $m^3/sn$  |
| $Q_2=Q_1+Q_g$ | Odadan çıkan hava/gaz karışımının debisi                                                    | $m^3/sn$  |
| $T_a$         | Mutlak ortam sıcaklığı                                                                      | K         |
| $u_w$         | Belirtilen referans yüksekliğindeki havalandırma hızı                                       | $m/sn$    |
| $V_0$         | Hacim (oda veya bina)                                                                       | $m^3$     |
| $W_g$         | Yanıcı maddenin kütleli salınım hızı (yanıcı maddenin sadece toplam kütlesi düşünülmelidir) | $kg/s$    |
| $X_b$         | Oda veya binadaki hacimsel konsantrasyon                                                    | vol/vol   |

### 3.3.2. İkinci derece boşalma için önerilen delik kesitleri

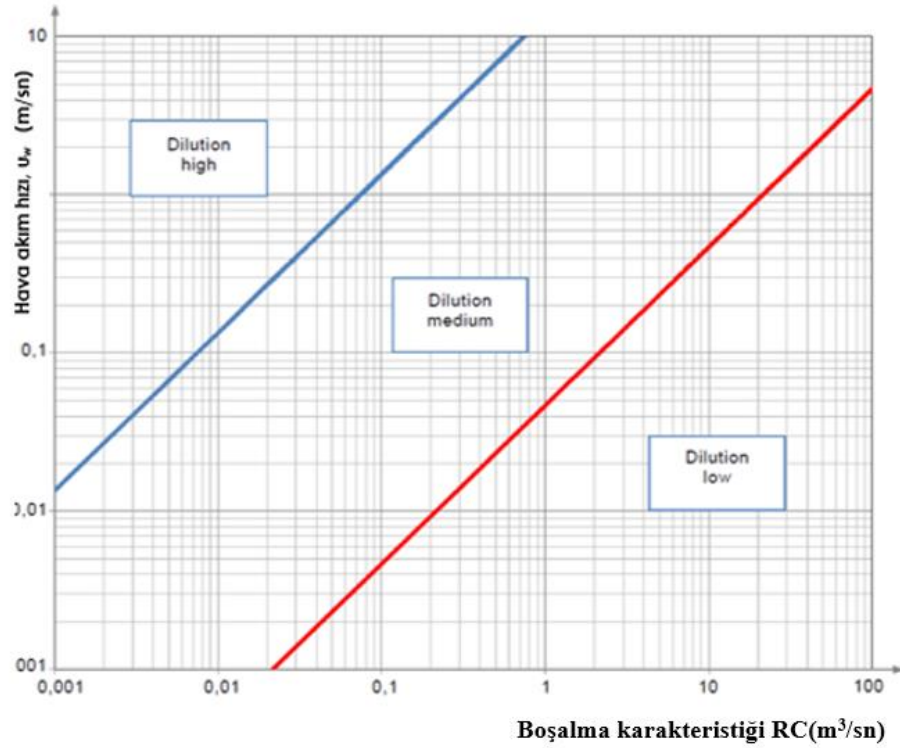
İlgili standartlarda boşalma kaynaklarının kaçak kesitleri maddenin türüne, maddenin açığa çıkma açıklığının genişleyip genişlemediğine göre verilmiştir (Çizelge 3.8).

**Çizelge 3.8.** İkinci derece boşalma için önerilen delik kesitleri tablosu.

| Maddenin türü                                                        | Madde                                                                                                                                                                                       | Kaçak Kesitleri                                                   |                                                                 |                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                      |                                                                                                                                                                                             | Maddenin açığa çıkma açıklığı genişlemiyorsa S (mm <sup>2</sup> ) | Maddenin açığa çıkma açıklığı genişliyorsa S (mm <sup>2</sup> ) | Maddenin açığa çıkma açıklığı genişliyor ve ciddi bir hasara uğruyorsa (patlama/yarılma vb.) S (mm <sup>2</sup> )      |
| Sabit paçaların sızdırmazlık elemanları                              | Sıkıştırılmış fiber conta veya benzeri ile flanşlar                                                                                                                                         | ≥ 0,025'ten 0,25'e kadar                                          | > 0,25'ten 2,5'e kadar                                          | İki cıvata arasındaki açıklık x conta kalınlığı ≥ 1 mm                                                                 |
|                                                                      | Helezonik sargılı conta veya benzeri ile flanşlar                                                                                                                                           | 0,025                                                             | 0,25                                                            | İki cıvata arasındaki açıklık x conta kalınlığı ≥ 0,5 mm                                                               |
|                                                                      | Halka tipi birleşik bağlantılar                                                                                                                                                             | 0,1                                                               | 0,25                                                            | 0,5                                                                                                                    |
|                                                                      | 50 mm' ye kadar küçük delik bağlantıları <sup>a</sup>                                                                                                                                       | ≥ 0,025'ten 0,1'e kadar                                           | > 0,1'den 0,25'e kadar                                          | 1                                                                                                                      |
| Düşük hızdaki hareketli parçaların üzerinde sızdırmazlık elemanları  | Vana gövde keçeleri                                                                                                                                                                         | 0,25                                                              | 2,5                                                             | Ekipman imalatçı verilerine göre belirlenecek ama 2,5 mm <sup>2</sup> den az olmamalıdır. <sup>d</sup>                 |
|                                                                      | Basınç tahliye vanaları <sup>b</sup>                                                                                                                                                        | 0,1 X (delik bölümü)                                              | NA                                                              | NA                                                                                                                     |
| Yüksek hızdaki hareketli parçalar üzerindeki sızdırmazlık elemanları | Pompa ve kompresörler                                                                                                                                                                       | -                                                                 | ≥ 1'den 5'e kadar                                               | Ekipman imalatçı verilerine göre ve/veya proses sistemi ayarlarına göre 5 mm <sup>2</sup> den az olmamalıdır (d ve e). |
| a                                                                    | Enine delikli kesit bağlantıları, dişli bağlantılar, sıkıştırılmış bağlantılar (örneğin; metalik sıkıştırma parçaları) ve küçük çaplı boru üzerindeki ek yerleri                            |                                                                   |                                                                 |                                                                                                                        |
| b                                                                    | Bu madde vanadaki arıza nedeniyle oluşabilecek sızıntıları ve tam açıklıkları ifade etmez. Daha büyük delikli kesitler için özel uygulamalar gerektirir.                                    |                                                                   |                                                                 |                                                                                                                        |
| c                                                                    | Pistonlu kompresörler-çerçeve kompresör ve Silindirler genellikle kaçak öğeler değildir ama bu sızıntılar proses sistemindeki boru bağlantıları ve piston kolu keçeleridir.                 |                                                                   |                                                                 |                                                                                                                        |
| d                                                                    | Ekipman imalatçı - üretici verileri prosesin olası arızasını değerlendirmek için gereklidir (örneğin sızdırmaz cihazlar ile ilgili ayrıntıları içeren bir çizim).                           |                                                                   |                                                                 |                                                                                                                        |
| e                                                                    | Proses sistemi ayarları – bazı durumlarda (örneğin bir ön çalışma), yanıcı madde en çok kabul edilen salınım oranını tanımlamak için ekipman imalatçısının operasyonel analizi gerekebilir. |                                                                   |                                                                 |                                                                                                                        |

### 3.3.3. Seyreltme derecesinin değerlendirilmesi

Standartlarda verilen eşitliklerden havalandırma hızı ve boşalma karakteristiği ilgili grafikte yerine konularak kimyasal maddenin seyreltme derecesi belirlenir (Şekil 3.1).



$$RC = \frac{W_g}{\rho_g \times k \times LFL} \left( \frac{m^3}{s} \right) : \text{Boşalma karakteristiği, (m}^3/\text{sn)}$$

$$\rho_g = \frac{p_a \times MA}{R \times T_a} : \text{Buhar/Gaz'ın yoğunluğu, (kg/m}^3\text{)}$$

k : Alt patlama limitinin emniyet faktörü (0,5 ile 1 arasında)

Şekil 3.1. Seyreltme derecesi grafiği ve eşitlikler.

### 3.3.4. Açık alanlardaki havalandırma hızları

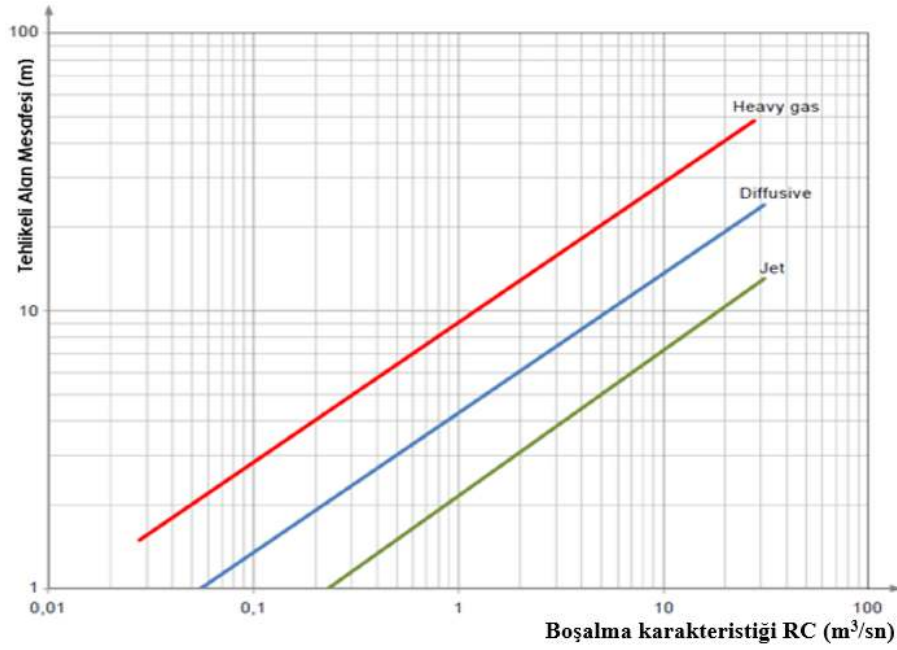
Havalandırma hızı tespiti kimyasal maddenin karakteristik özelliklerine ve bölgenin açık ve kapalı olmasına göre değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.9).

**Çizelge 3.9.** Havalandırma hızları.

| Açık alan türleri                                                                                                                                                                                       | Engelsiz alanlar |                         |        | Engelli alanlar |                         |        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------|--------|-----------------|-------------------------|--------|
| Yükseklikten zemin seviyesine                                                                                                                                                                           | ≤ 2 m            | ≥ 2m' den 5 m' ye kadar | > 5m   | ≤ 2 m           | ≥ 2m' den 5 m' ye kadar | > 5m   |
| Havadan hafif gaz / buhar salınımlarını seyreltmek için tahmin edilen havalandırma hızları                                                                                                              | 0,5 m/sn         | 1 m/sn                  | 2 m/sn | 0,5 m/sn        | 0,5 m/sn                | 1 m/sn |
| Havadan ağır gaz / buhar salınımlarını seyreltmek için tahmin edilen havalandırma hızları                                                                                                               | 0,3 m/sn         | 0,6 m/sn                | 1 m/sn | 0,15 m/sn       | 0,3 m/sn                | 1 m/sn |
| Herhangi bir yükseklikte tahmin edilen sıvı havuzu buharlaşma oranını havalandırma hızları                                                                                                              | > 0,25 m/sn      |                         |        | > 0,1 m/sn      |                         |        |
| Kapalı alanlar için değerlendirmeler normalde minimum 0,05 m/sn hava hızına dayandırılmalıdır. Farklı değerler özel durumlarda kabul edilebilir (örneğin; hava giriş çıkış yerlerine yakın noktalarda). |                  |                         |        |                 |                         |        |

### 3.3.5. Tehlikeli bölge kapsamının tahmin edilmesi

Standartlarda verilen eşitliklerden boşalma karakteristiği ve kimyasalın yayılma tipi verileri kullanılarak tehlikeli alan mesafesi belirlenir (Şekil 3.2).



$$RC = \frac{W_g}{\rho_g \times k \times LFL} \left( \frac{m^3}{s} \right) : \text{Boşalma karakteristiği, (m}^3/\text{sn)}$$

$$\rho_g = \frac{p_a \times MA}{R \times T_a} : \text{Buhar/Gaz'ın yoğunluğu, (kg/m}^3\text{)}$$

k : Alt patlama limitinin emniyet faktörü (0,5 ile 1 arasında)

**Şekil 3.2.** Tehlikeli bölge hesaplama grafiği ve eşitlikler.

### 3.3.6. Sıcaklık sınıfı

Patlayıcı ortamlarda kullanılan elektriksel ekipmanların maksimum yüzey sıcaklık sınıfları çizelge 3.10' da gösterilmiştir (European Committee ATEX 95 Directive, 1994).

**Çizelge 3.10.** Sıcaklık sınıfı.

| Maksimum yüzey sıcaklığı °C | Patlayıcı ortamın sıcaklığı | Isı grubu | Isı derecesi °C |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------|-----------------|
| 450                         | > 450                       | T1        | 450             |
| 300                         | > 300 < 450                 | T2        | 300             |
|                             |                             |           | 280             |
|                             |                             |           | 260             |
|                             |                             |           | 230             |
|                             |                             |           | 215             |
| 200                         | > 200 < 300                 | T3        | 200             |
|                             |                             |           | 180             |
|                             |                             |           | 165             |
|                             |                             |           | 160             |
| 135                         | > 135 < 200                 | T4        | 135             |
| 120                         |                             |           | 120             |
| 100                         | > 100 < 135                 | T5        | 100             |
| 85                          | > 85 < 100                  | T6        | 85              |



## 4. TARİHTE YAŞANAN ATMOSFER PATLAMALARI ÖRNEKLERİ

### 4.1. Davutpaşa Patlaması

Sanayide meydana gelen, ölüm ve yaralanmalara sebebiyet veren en önemli iş kazaları patlamalardır. Bunlardan bazıları şekil 4.1- 4.3’ te gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Davutpaşa patlaması.

### 4.2. Gaziantep Alles Kimya Atex Patlaması



Şekil 4.2. Alles kimya patlaması.

#### 4.3. İstanbul LMA Kimya Reaktör Patlaması



Şekil 4.3. LMA kimya patlaması.

#### 4.4. Tüpraş İzmir Rafinerisi Patlaması

TÜPRAŞ İzmir rafinerisinde 11 Ekim 2017 günü meydana gelen patlamada 4 işçi hayatını kaybetti (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. TÜPRAŞ İzmir rafinerisi.

#### TÜPRAŞ İzmir Rafinerisinde Yaşanan Patlamanın Detayları;

Yapılan kaza araştırmasında 1,5 yıldır bakım da olan petrol tankındaki tıpların kazadan bir gün önce açıldığı tespit edildi. Tank içerisinde nafta (petrol ürünü) sızarak, tank içerisinde gaz birikmiştir. Ateşli iş izni olmadan ve gaz ölçümü yapılmadan çalışmaya yapılarak patlama meydana gelmiştir (Şekil 4.5).

Bu tarz tesislerde patlama riski çok yüksek olduğu halde taşeron firmanın iş izni almadan çalışmaya başlaması, çalışma yapılan alanda patlayıcı gaz ölçümü yapılmaması, olası patlayıcı ortamda kıvılcım çıkaran ekipmanların kullanılması ve asıl işveren tarafından denetimlerin yapılmaması sonucu 4 kişinin hayatını kaybettiği patlama meydana gelmiştir.



**Şekil 4.5.** Patlayan reaktör.

#### 4.5. Kazalara Neden Olan Kimyasal Maddelerin Sektörlere Göre Dağılımı

Son yıllarda kazalara neden olan yanıcı, parlayıcı, patlayıcı kimyasalların sektörlere göre kaza dağılımları çizelge 4.1’ de verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Sektöre göre kaza dağılımları.

|                                | LPG       | HAM<br>PETROL&NAFTA | HCl       | DOĞALGAZ  | CL <sub>2</sub> | NH <sub>3</sub> | SOLVENT   |
|--------------------------------|-----------|---------------------|-----------|-----------|-----------------|-----------------|-----------|
| Genel Kimyasal Madde Üretimi   | 8         | 2                   | 9         | 1         | 7               | 1               | 5         |
| Petrokimya                     | 14        | 20                  | 0         | 3         | 0               | 1               | 0         |
| Toptan ve Perakende Satış      | 7         | 4                   | 0         | 0         | 1               | 0               | 3         |
| Metal Arıtma ve İşleme         | 4         | 0                   | 1         | 2         | 1               | 0               | 0         |
| Plastik Üretimi                | 3         | 0                   | 1         | 0         | 0               | 0               | 0         |
| Zirai ve Tıbbi İlaçlar Üretimi | 0         | 0                   | 2         | 0         | 0               | 0               | 0         |
| Enerji Üretim ve Depolama      | 1         | 0                   | 1         | 7         | 0               | 0               | 0         |
| Yiyecek-İçecek                 | 0         | 0                   | 1         | 0         | 0               | 5               | 2         |
| Tarım                          | 0         | 0                   | 0         | 0         | 0               | 3               | 0         |
| Atık İşleme                    | 1         | 0                   | 0         | 0         | 1               | 0               | 0         |
| Fuar-Eğlence                   | 1         | 0                   | 0         | 0         | 3               | 2               | 0         |
| Elektronik                     | 0         | 0                   | 1         | 0         | 0               | 0               | 0         |
| İnşaat                         | 1         | 0                   | 1         | 0         | 0               | 0               | 0         |
| <b>TOPLAM</b>                  | <b>40</b> | <b>26</b>           | <b>17</b> | <b>13</b> | <b>13</b>       | <b>12</b>       | <b>10</b> |

## 5. KAZALARIN YAŞANMAMASI İÇİN ALINMASI GEREKEN KORUYUCU ÖNLEMLER

İşletmede kaza yaşanması muhtemel noktalarda belirlenen soru listesinin doldurulması ve dokümanite edilmesi önemlidir (Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı [AÇSHB], 2013), (Çizelge 5.1 - 5.3).

**Çizelge 5.1.** Teknik Önlemler.

| <b>Patlayıcı ortamın oluşmasının önlenmesi</b>                                      | <b>Evet</b> | <b>Hayır</b> | <b>Açıklayınız</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|--------------------|
| Havalandırma sistemi var mı?                                                        |             |              |                    |
| Yanıcı sıvı, gaz veya toz yayılımı önlenbiliyor mu?                                 |             |              |                    |
| Yanıcı sıvı, gaz veya toz birikimi önlenbiliyor mu?                                 |             |              |                    |
| Kimyasallar uygun koşullarda depolanıyor mu?                                        |             |              |                    |
| <b>Patlayıcı ortamın tutuşmasının önlenmesi</b>                                     | <b>Evet</b> | <b>Hayır</b> | <b>Açıklayınız</b> |
| Sıcak yüzeylere karşı önlem alındı mı?                                              |             |              |                    |
| Alev ve sıcak gazlara karşı önlem alındı mı?                                        |             |              |                    |
| Mekanik kıvılcımlara karşı önlem alındı mı?                                         |             |              |                    |
| Yıldırımın etkilerine karşı önlem alındı mı?                                        |             |              |                    |
| Elektrik kaynaklı tutuşmalara karşı önlem alındı mı?                                |             |              |                    |
| Statik elektriğe karşı önlem alındı mı?                                             |             |              |                    |
| Elektrikli ekipman tasarımı ve kurulumu uygun mu?                                   |             |              |                    |
| Elektriksiz ekipman tasarımı ve kurulumu uygun mu?                                  |             |              |                    |
| <b>Patlamanın etkisini azaltmaya yönelik önlemler</b>                               | <b>Evet</b> | <b>Hayır</b> | <b>Açıklayınız</b> |
| Tasarım ve inşa patlama basıncı ve darbelerine dayanıklı mı?                        |             |              |                    |
| Patlamayı bastırmaya yönelik önlem alındı mı?                                       |             |              |                    |
| Patlamanın yönlendirilmesi veya basıncın tahliyesi için gerekli önlemler alındı mı? |             |              |                    |
| Patlama basıncını hafifletmeye yönelik önlemler alındı mı?                          |             |              |                    |
| Alevlerin transferi ve patlamanın yayılmamasına yönelik önlemler alındı mı?         |             |              |                    |
| Bunların dışında alınan önlem varsa açıklayınız.                                    |             |              |                    |

**Çizelge 5.2. İşaretleme.**

Ekli liste nihai sonuçları sorguladığından bu rapor gerekleri yerine getirildikten sonra doldurulacaktır (Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı [AÇSHB], 2013).

| <b>“Güvenlik ve Sağlık İşaretleri Yönetmeliği” ne göre gerekli yerlere;</b> | <b>Evet</b> | <b>Hayır</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|
| Yasaklayıcı işaretler yerleştirilmiş mi?                                    |             |              |
| Emredici işaretler yerleştirilmiş mi?                                       |             |              |
| Uyarı işaretleri yerleştirilmiş mi?                                         |             |              |
| Acil çıkış ve ilkyardım işaretleri yerleştirilmiş mi?                       |             |              |
| Yangınla mücadele işaretleri yerleştirilmiş mi?                             |             |              |

**Çizelge 5.3. Organizasyonel Önlemler.**

Ekli listedeki maddeler tamamlandıktan sonra doldurulmalıdır.

| <b>ÇALIŞANLARINE ĖİTİMİ</b>                                                         | <b>Eğitim Alt Başlıkları</b>               |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Genel İSG eğitimi                                                                   |                                            |
| İşe yönelik eğitim                                                                  |                                            |
| Özel görevi bulunanların eğitimi                                                    |                                            |
| Bakım, onarım, temizlik, tadilat, vb. durumlara yönelik eğitim                      |                                            |
| <b>YAZILITALİMATLAR</b>                                                             | <b>İçerik</b>                              |
| İş talimatları                                                                      |                                            |
| Kaçış, acil durum ve kurtarma konularında talimatlar                                |                                            |
| Özel durumlara yönelik talimatlar (Ateşli çalışma izni, Kapalı alanda çalışma izni) |                                            |
| <b>BİLGİLENDİRME</b>                                                                | <b>Bilgilendirilecek Kişiler / Konular</b> |
| Kaçış, acil durum ve kurtarma konularında bilgilendirme                             |                                            |
| Alt işverenlerin bilgilendirilmesi                                                  |                                            |
| Çalışma alanında geçici süreli bulunacaklara yönelik bilgilendirme                  |                                            |



LPG, Sıvılaştırılmış Petrol Gazının kimyasal özellikleri çizelge 6.2’ de verilmiştir.

**Çizelge 6.2.** LPG’ nin kimyasal özellikleri.

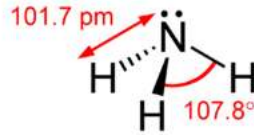
| ÖZELLİKLER                  | BİRİM              | PROPAN                        | BÜTAN                          | LPG                                                                  |
|-----------------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Kapalı Kimyasal Formülü     |                    | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> | C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> | %30C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> +%70 C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> |
| Molekül Ağırlığı            | gr/mol             | 44,09                         | 58,12                          | 53,91                                                                |
| <b>LİKİT HALİNDE</b>        |                    |                               |                                |                                                                      |
| Normal Kaynama Noktası      | °C                 | -42                           | -0,5                           | -13                                                                  |
| Normal Erime Noktası        | °C                 | -190                          | -138                           | -154                                                                 |
| Normal Parlama Noktası      | °C                 | -105                          | -60                            | -74                                                                  |
| Normal Donma Noktası        | °C                 | -188                          | -138                           | -153                                                                 |
| Özgül Kütle (15°C’de)       | kg/lt              | 0,508                         | 0,584                          | 0,560                                                                |
| <b>GAZ HALİNDE</b>          |                    |                               |                                |                                                                      |
| Özgül Kütle (15°C’de)       | kg/Nm <sup>3</sup> | 2,019                         | 2,703                          | 2,28                                                                 |
| Alev Sıcaklığı (Havada)     | °C                 | 1,98                          | 2,008                          | 2,000                                                                |
| Alev Sıcaklığı (Oksijen)    | °C                 | 2,850                         | 2,800                          | 2,815                                                                |
| Gaz/Sıvı Hacim Oranı        |                    | 272                           | 238                            | 248                                                                  |
| <b>DİĞER ÖZELLİKLER</b>     |                    |                               |                                |                                                                      |
| Patlama Limitleri %         | alt limit          | 2,15                          | 1,55                           | 1,96                                                                 |
| Patlama Limitleri %         | üst limit          | 9,6                           | 8,5                            | 9                                                                    |
| Tutuşma Sıcaklığı (Havada)  | °C                 | 510                           | 430                            | 454                                                                  |
| Tutuşma Sıcaklığı (Oksijen) | °C                 | 490                           | 400                            | 427                                                                  |

**Amonyak**, formülü NH<sub>3</sub> olan; azot atomu ve hidrojen atomundan oluşan renksiz, keskin ve hoş olmayan kokuya sahip bir gaz (oda koşullarında) bileşigidir. OH<sup>-</sup> iyonu içermediği halde suda zayıf baz özelliği gösterir.



Amonyak, kovalent bağı (ametal + ametal) bir bileşiktir. Molekülleri polar olduğundan su içinde yüksek oranda çözünür. Amonyak molekülleri kendi aralarında olduğu gibi su molekülleri ile de zayıf hidrojen bağı oluşturur. Bu da çözünürlüğe etki eder.

- Yaptığı bileşikte,  $sp^3$  hibritleşmesi yapmıştır.



- Bağ yapmamış bir çift elektronu olduğundan molekül şekli üçgen piramittir, bu yüzden polar bir moleküldür.
- Gazlaşma gizli ısısı çok yüksektir, bu nedenle sanayi tesislerinde soğutucu madde olarak da kullanılır.

Bu çalışmaya konu olan amonyak çözeltisiyle ilgili fiziksel ve kimyasal bilgiler aşağıdaki gibidir.

- Görünüm: Gaz
- Kaynama Noktası: - 33,4 °C
- Donma Noktası: - 77,73 °C
- Alevlenme Sıcaklığı: 630 °C
- Üst Patlama Sınırı: %33,6 - Hacimce
- Alt Patlama Sınırı: %15 - Hacimce

### 6.1. Deneysel Çalışmalar

Bu başlıkta IEC tarafından hazırlanan TSE tarafından Türkçeye çevrilen standart kapsamında patlayıcı ortamlarda hesaplamaların nasıl yapıldığı teorik olarak anlatılmıştır.

### 6.2. Teorik Hesaplama Nasıl Yapılır

Standartta gösterilen eşitlik kullanılarak kimyasal maddenin olası sızıntı sonucu kaçak kesitinden meydana gelecek boşalma hızı hesaplanır (Çizelge 6.3).

**Çizelge 6.3.** Boşalma hızı hesabı.

| Eşitlik                           | Değişken   | Birim             | Açıklama                            |
|-----------------------------------|------------|-------------------|-------------------------------------|
| $W = C_d S \sqrt{2\rho \Delta P}$ | W          | kg/sn             | Boşalma hızı                        |
|                                   | $C_d$      | -                 | Boşalma katsayısı                   |
|                                   | S          | m <sup>2</sup>    | Boşalma açıklığı kesit alanı        |
|                                   | $\rho$     | kg/m <sup>3</sup> | Sıvı yoğunluğu                      |
|                                   | $\Delta P$ | Pa                | Boşalma bölgesi iç/dış basınç farkı |

Kaçak kesitinden saniyede meydana gelecek boşalma hesaplandıktan sonra kimyasal maddenin boşalma karakteristiği hesaplanır (Çizelge 6.4).

**Çizelge 6.4.** Boşalma karakteristiği hesabı.

| Eşitlik                                   | Değişken | Birim             | Açıklama               |
|-------------------------------------------|----------|-------------------|------------------------|
| $RC = \frac{W}{\rho \times k \times LEL}$ | RC       | kg/sn             | Boşalma karakteristiği |
|                                           | W        | kg/sn             | Boşalma hızı           |
|                                           | $\rho$   | kg/m <sup>3</sup> | Sıvı yoğunluğu         |
|                                           | k        | -                 | Güvenlik katsayısı     |
|                                           | LEL      | hacim/hacim       | Alt patlama limiti     |

- Hava Akış Hızı Hesabı tank giriş çıkış flanşları çevresindeki rüzgârın asgari hızı havalandırma etkinliği tablosundan seçilir.
- Boşalma karakteristiği ve havalandırma hızı tablosundan seyrelme derecesi tayin edilir.
- Havalandırmanın etkinliği tablosundan bölge tayini yapılır.

### 6.3. Materyal ve Metot

Bu bölümde standart kapsamında belirlenen eşitlikler tarafından endüstride birçok firmanın kullandığı kimyasal prosesler örneklenerek patlayıcı ortamların tehlikeli belgeleri, mesafeleri, modelleme programları (ALOHA) tarafından olası patlama neticesinde patlamanın yayılma alanları ve gösterdikleri karakteristik özellikler anlatılmıştır.

Hesapları yapılan bölgelerde 5x5 matris risk değerlendirme metodolojisi kullanılarak risk skoru neticesinde alınması gereken önlemler belirlenmiştir.

#### 6.3.1. Amonyak tankı hesaplama örneği

Senaryo; Bir işletmede prosesi direk besleyen, içinde basınç ihtiva eden bir amonyak dolu tankı düşünülerek, tankın flanşlarından, sızıntı oluşması ihtimaline karşı karşı oluşacak patlayıcı ortam hesaplamalarının yapılmasıdır.

• **Amonyak Tankı (Pompa Hattındaki Flanşlar)**

Yayılma Özellikleri

Kaynak

Kaynak konumu

ATEX tipi

Kaynak türü

Yanıcı Madde

Molekül Kütlesi (kg/kmol)

Boşalma Kaynağı

Alt patlayıcılık sınırı (kg/m<sup>3</sup>)

Alt patlayıcılık sınırı (%)

Boşalma Derecesi

Emniyet Faktörü

Kabın iç basıncı (Pa)

Kabın dışındaki basınç (Pa)

Evrensel gaz sabiti, (J/kmol.K)

Boşalma Karakteristiği (m<sup>3</sup>/sn)

Deşarj Katsayısı

Sıvıların boşalma oranı, (kg/sn)

Sıcaklık, (°C)

Sıcaklık, (K)

Yoğunluk

Genleşen gazın yoğunluğu (m<sup>3</sup>/sn)

Kaçak yüzey alanı, (mm<sup>2</sup>)

Subsonik şartlarda zone yarıçapı, (m)

Açık Hava Havalandırma Sürati (m/sn)

Kalıcılık süresi, (saat)

Kalıcılık süresi, (dakika)

Yanıcı maddenin başlangıç yoğunluğu, (%)

Değerlendirme

Seyrelme Derecesinin Değerlendirilmesi

Havalandırmanın Kullanılabilirlik Derecesi

Zone

Ekipman

Amonyak Hattı

Flanşlar

Açık Alan

Gaz

Kapalı sistem

Amonyak Sıvı

M 17

Flanş Kaçağı (Tali)

LFL<sub>m</sub> 0,1061

LFL<sub>v</sub> 15 (0,15)

Tali

k 0,50

P<sub>a</sub> 300000

P<sub>o</sub> 101325

R 8314

RC 24,64

C<sub>d</sub> 0,75

(W=W<sub>g</sub>) 1,222

T 40

T 313

ρ 0,903

ρ<sub>g</sub> 0,661

S 70 mm<sup>2</sup>

r 14

U<sub>w</sub>= U<sub>r</sub> 0,5

t 0,0320

t 1,92

X<sub>o</sub> 100

**Düşük Seyrelme**

**Orta**

**Bölge 1**

**Kategori 2**

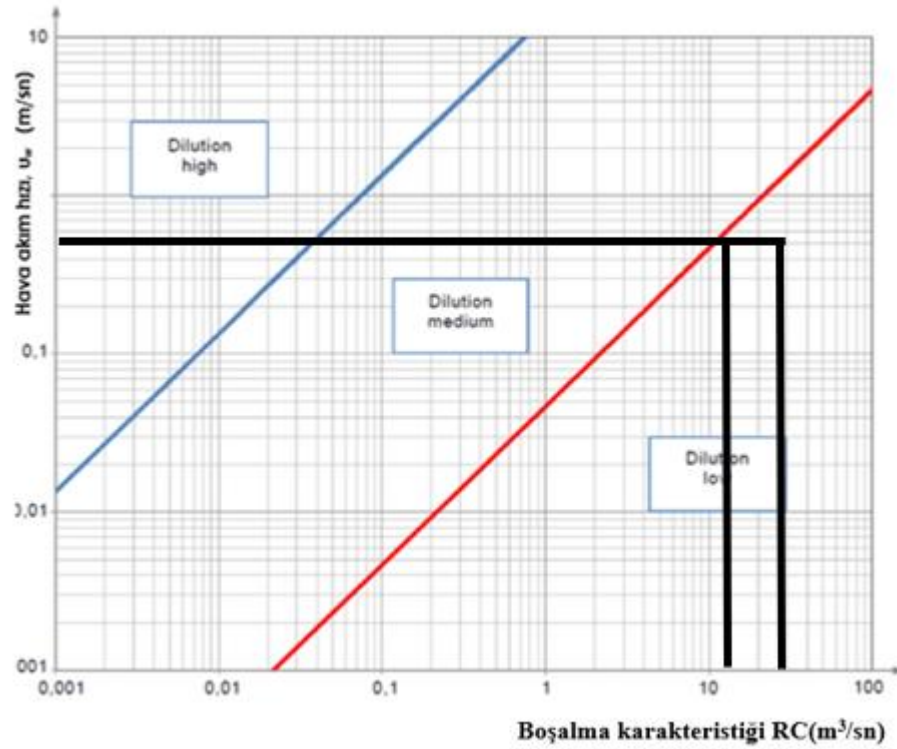
• **Amonyak Tankı (Tank Altındaki Flanşlar)**

Yayılma Özellikleri

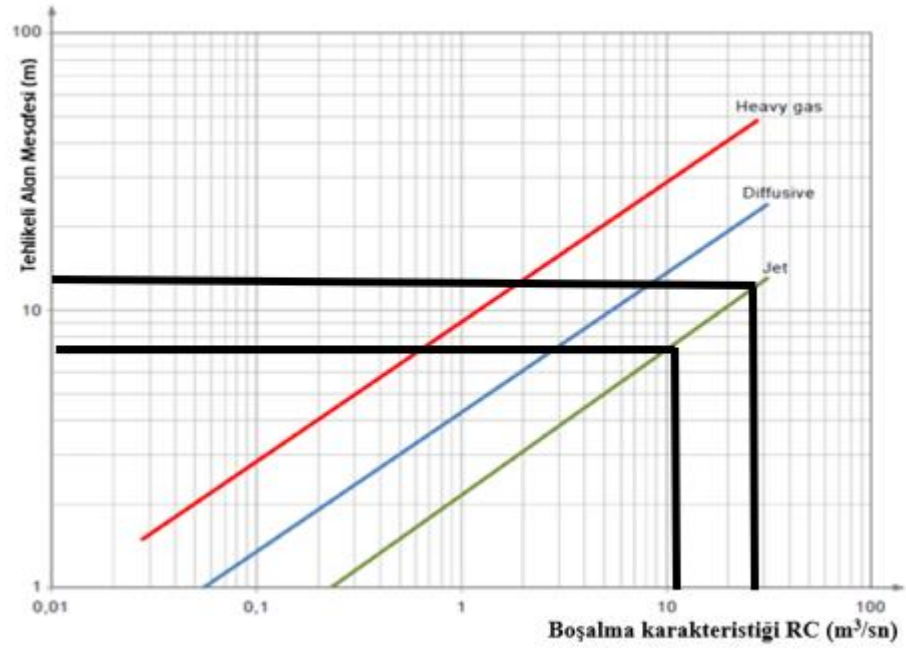
|                                                     |                              |                        |
|-----------------------------------------------------|------------------------------|------------------------|
| Kaynak                                              |                              | Amonyak Hattı Flanşlar |
| Kaynak konumu                                       |                              | Açık Alan              |
| ATEX tipi                                           |                              | Gaz                    |
| Kaynak türü                                         |                              | Kapalı sistem          |
| Yanıcı Madde                                        |                              | Amonyak Sıvı           |
| Boşalma Kaynağı                                     |                              | Flanş Kaçağı (Tali)    |
| Sızıntı yapan yerdeki basınç farkı (Pa)             | $\Delta p = \rho g \Delta h$ | 53096                  |
| Alt patlayıcılık sınırı ( $\text{kg/m}^3$ )         | $LFL_m$                      | 0,1061                 |
| Alt patlayıcılık sınırı (%)                         | $LFL_v$                      | 15 (0,15)              |
| Boşalma Derecesi                                    |                              | Tali                   |
| Emniyet Faktörü                                     | k                            | 0,50                   |
| Kabın iç basıncı (Pa)                               | $P_a$                        | 300000                 |
| Kabın dışındaki basınç (Pa)                         | $P_o$                        | 101325                 |
| Evrensel gaz sabiti, ( $\text{J/kmol.K}$ )          | R                            | 8314                   |
| Boşalma Karakteristiği ( $\text{m}^3/\text{sn}$ )   | RC                           | 10,36                  |
| Deşarj Katsayısı                                    | $C_d$                        | 0,75                   |
| Sıvıların boşalma oranı, ( $\text{kg/sn}$ )         | $(W=W_g)$                    | 0,514                  |
| Sıcaklık, ( $^{\circ}\text{C}$ )                    | T                            | 40                     |
| Sıcaklık, (K)                                       | T                            | 313                    |
| Yoğunluk                                            | $\rho$                       | 0,903                  |
| Genleşen gazın yoğunluğu ( $\text{m}^3/\text{sn}$ ) | $\rho_g$                     | 0,661                  |
| Kaçak yüzey alanı, ( $\text{mm}^2$ )                | S                            | 70 $\text{mm}^2$       |
| Subsonik şartlarda zone yarıçapı, (m)               | r                            | 7                      |
| Açık Hava Havalandırma Sürati ( $\text{m/sn}$ )     | $U_w = U_r$                  | 0,5                    |
| Kalıcılık süresi, (saat)                            | t                            | 0,0320                 |
| Kalıcılık süresi, (dakika)                          | t                            | 1,92                   |
| Yanıcı maddenin başlangıç yoğunluğu, (%)            | $X_o$                        | 100                    |
| Değerlendirme                                       |                              | <b>Düşük Seyrelme</b>  |
| Seyrelme Derecesinin Değerlendirilmesi              |                              | <b>Orta</b>            |
| Havalandırmanın Kullanılabilirlik Derecesi          |                              | <b>Bölge 1</b>         |
| Zone                                                |                              | <b>Kategori 2</b>      |
| Ekipman                                             |                              |                        |

### Sonuç:

- Amonyak tankı pompa hattındaki flanşların seyrelme derecesi, Tablodan “Düşük Seyrelme” (Dilution Low), bölge yarıçapı **14** metre tespit edilmiştir. Havalandırmanın etkinliği tablosundan da **Bölge 1** bulunur. Boşalma noktasının (flanşlar) **14** metre etrafı **Bölge 1** olarak belirlenmiştir (Şekil 6.1 - 6.4).
- Amonyak tank altındaki flanşların seyrelme derecesi, Tablodan “Düşük Seyrelme” (Dilution Low), bölge yarıçapı **7** metre tespit edilmiştir. Havalandırmanın etkinliği tablosundan da **Bölge 1** bulunur. Boşalma noktasının 7 metre etrafı **Bölge 1** olarak belirlenmiştir (Şekil 6.1 - 6.3, 6.5).



Şekil 6.1. Amonyak seyrelme derecesi grafiği.



Şekil 6.2. Amonyak tehlikeli bölge hesaplama grafiği.

| Boşalma Derecesi                  | Havalandırma Etkinliği                  |                                         |                                      |                   |                         |                         |                                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
|                                   | Yüksek Seyreltme-VH                     |                                         |                                      | Orta Seyreltme-VM |                         |                         | Düşük Seyreltme-VL                |
|                                   | Güvenilirlik Derecesi                   |                                         |                                      |                   |                         |                         |                                   |
|                                   | İyi                                     | Orta                                    | Kötü                                 | İyi               | Orta                    | Kötü                    | İyi, Orta veya Kötü               |
| Sürekli                           | Tehlikesiz<br>(Bölge 0 Ne) <sup>a</sup> | Bölge 2<br>(Bölge 0 Ne) <sup>a</sup>    | Bölge 1<br>(Bölge 0 Ne) <sup>a</sup> | Bölge 0           | Bölge 0<br>+<br>Bölge 2 | Bölge 0<br>+<br>Bölge 1 | Bölge 0                           |
| Ana / Birinci derece              | Tehlikesiz<br>(Bölge 1 Ne) <sup>a</sup> | Bölge 2<br>(Bölge 1 Ne)                 | Bölge 2<br>(Bölge 1 Ne) <sup>a</sup> | Bölge 1           | Bölge 1<br>+<br>Bölge 2 | Bölge 1<br>+<br>Bölge 2 | Bölge 0 +<br>Bölge 1 <sup>c</sup> |
| Tali / İkinci derece <sup>b</sup> | Tehlikesiz<br>(Bölge 2 Ne) <sup>a</sup> | Tehlikesiz<br>(Bölge 2 Ne) <sup>a</sup> | Bölge 2                              | Bölge 2           | Bölge 2                 | Bölge 2                 | Bölge 0 +<br>Bölge 1 <sup>c</sup> |

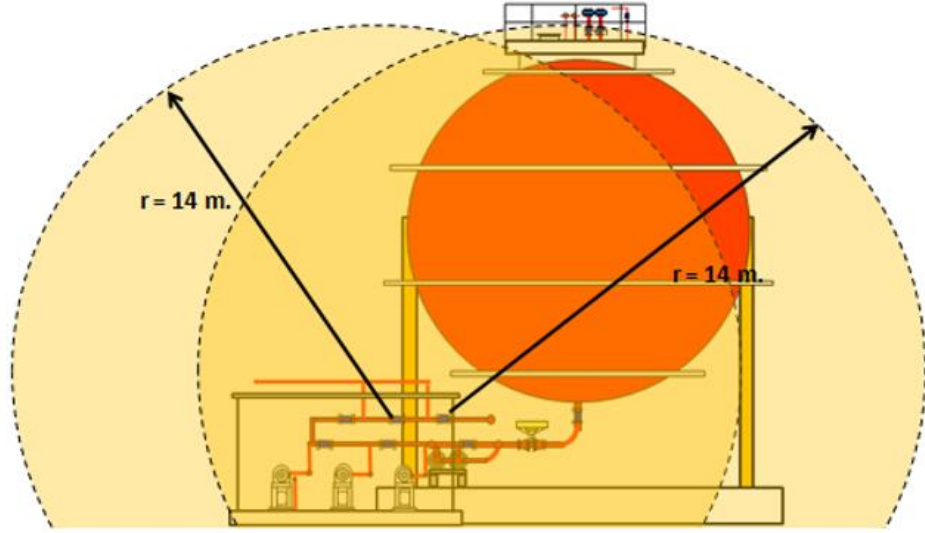
Not : “+” etrafında anlamına gelmektedir.

a: Bölge 0 NE, Bölge 1 NE ve Bölge 2 NE normal şartlarda ihmal edilebilir yayılma sınırına sahip teorik bölgeleri gösterir.

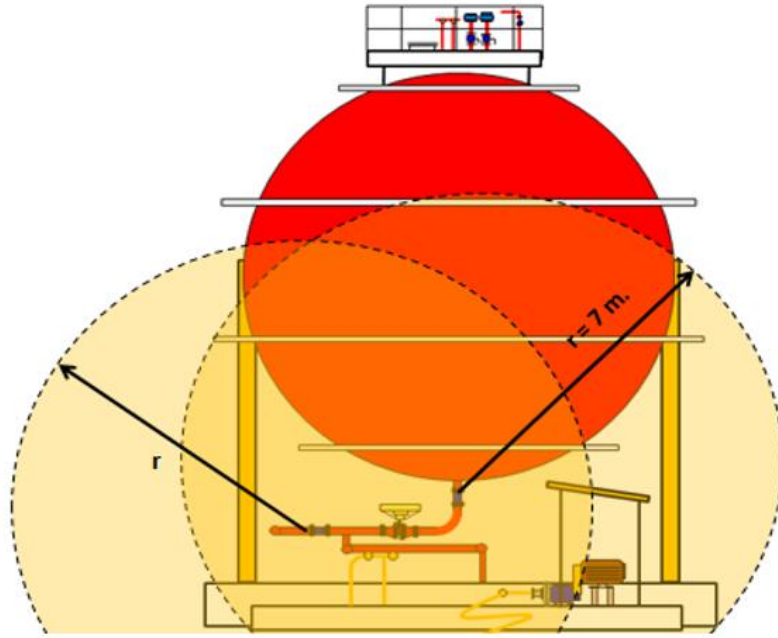
b: Tali boşalma tarafından oluşturulan Bölge 2 alanı ana veya sürekli boşalma derecelerine atfedilebilecek olanı aşabilir. Bu durumda daha büyük olan mesafe kullanılmalıdır.

c: Eğer pratikte havalandırma çok zayıf ve yayılma sürekli gaz ortamı oluşacak şekilde ise (havalandırma yok durumuna yaklaşık ise) Bölge 0 kullanılır.

Şekil 6.3. Amonyak tankı havalandırma etkinliği tablosu.



Şekil 6.4. Amonyak tankı flanş ZONE gösterimi.



Şekil 6.5. Amonyak tankı altındaki flanşların ZONE gösterimi.



### 6.3.2. Amonyak tankı risk değerlendirmesi

|                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                   |               |                                   |                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------|-----------------------------------|----------------|
| <b>Yanıcı Maddenin Adı:</b>                                                                                                                                                                                                                                                             | AMONYAK           |               | <b>Tehlikeli Alan Yarıçapı:</b>   | 7 m + 14 m     |
| <b>Ekipman Seçimi</b>                                                                                                                                                                                                                                                                   | EX II 2G T1 IIA   |               | <b>Tehlikeli Bölge Kategorisi</b> | Bölge 1        |
| <b>Boşalma kaynağı:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                 | Flanşlardan kaçak |               | <b>Etkilenecek Kişiler:</b>       | Tüm çalışanlar |
| <b>Risk Değerlendirme Matrisi</b>                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>İhtimal</b>    | <b>Şiddet</b> | <b>Skor</b>                       |                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 3                 | 4             | 12                                |                |
| <b>ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER</b>                                                                                                                                                                                                                                                        |                   |               |                                   |                |
| Çalışanların iş ayakkabıları mutlaka ESD sertifikalı olmalıdır. İş kıyafetleri anti statik olmalı ve belgelendirilmiş olmalıdır.                                                                                                                                                        |                   |               |                                   |                |
| Seyyar ekipman kullanım kuralları ile ilgili talimat hazırlanmalı ve ilgili yere asılmalıdır.                                                                                                                                                                                           |                   |               |                                   |                |
| Ex-proof cihazların montajını yapan kişiler IEC 60079-14 Kapsamında eğitim almış kişiler olmalıdır.                                                                                                                                                                                     |                   |               |                                   |                |
| Ex-proof cihazların tamir ve büyük bakımlarını yapan kişiler IEC 60079-19 Kapsamında eğitim almış kişiler olmalıdır.                                                                                                                                                                    |                   |               |                                   |                |
| Ex-proof cihazlar yılda 1 defa IEC 60079-17 Kapsamında gözle, detaylı muayeneye tabi tutulmalıdır.                                                                                                                                                                                      |                   |               |                                   |                |
| Çalışanlara patlamadan korunma dokümanı konusunda eğitimler verilmelidir.                                                                                                                                                                                                               |                   |               |                                   |                |
| Topraklama yapılan alanların eş potansiyel topraklaması olduğu, ancak raporlarda her noktadan ölçüm alınmadığı tespit edildi. Topraklama raporlarında mutlaka her nokta ayrı ayrı ölçülmelidir. Topraklama raporlarında ne tür elektrik topraklaması olduğu net olarak belirtilmelidir. |                   |               |                                   |                |
| Güvenli Çalışma Talimatları hazırlanarak ilgili yerlere asılmalıdır. Çalışanlara görev tanımları tebliğ edilmelidir.                                                                                                                                                                    |                   |               |                                   |                |
| CE BELGELİ ATEX 'e göre bölge hesaplamaları dikkate alınarak amonyak tankı 14 metre etrafında uygun seçilmiş elektrikli cihazlar kullanılmalıdır.                                                                                                                                       |                   |               |                                   |                |

### 6.3.3. Örnek hesaplamalar – LPG tankı

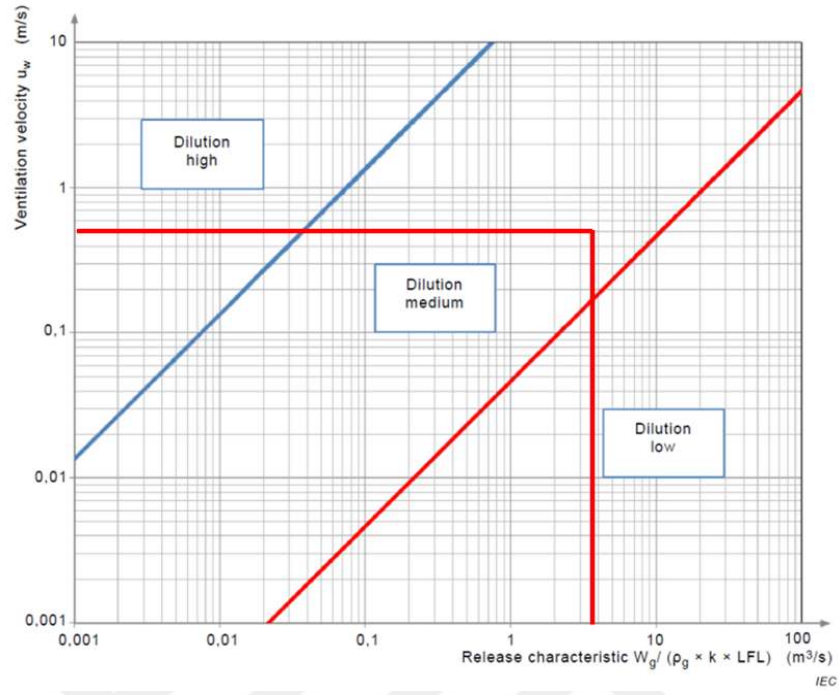
**Senaryo;** LPG Tankı Vanaları LPG tankı giriş çıkış vanaları arıza durumlarında kaçak yaparak patlayıcı ortam oluşturabilir. Tank giriş çıkış vanalarında LPG sıvı biçimdedir. Bu vanaların kaçacağından kaynaklanabilecek tehlikeli bölgenin özellikleri belirlenmiştir (Çizelge 6.5).

**Çizelge 6.5.** Hesaplama tablosu.

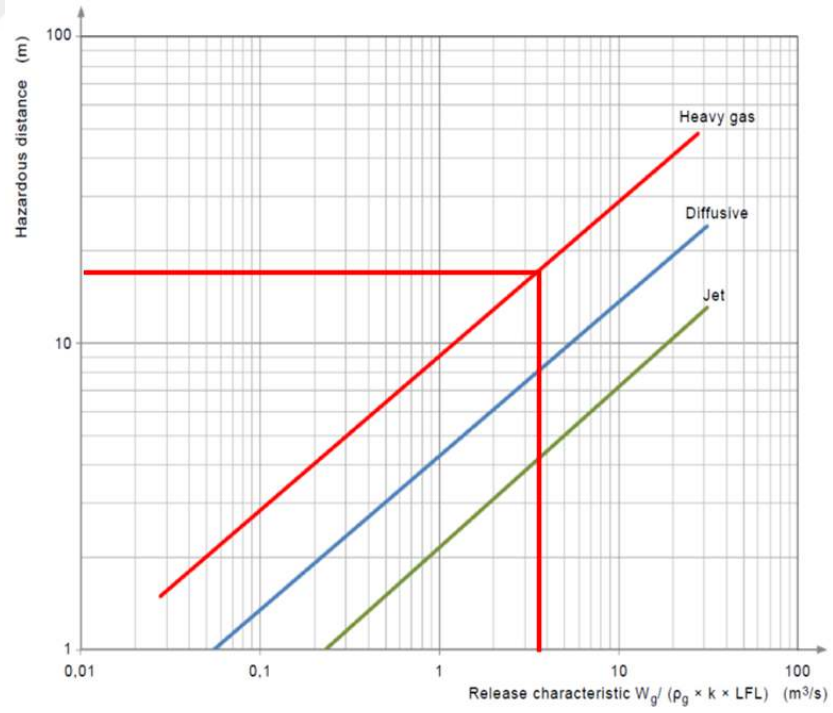
| Veriler                                 | Birim             | Değer      | Sonik/Subsonik değerlendirme       |
|-----------------------------------------|-------------------|------------|------------------------------------|
| Molekül kütlesi - MA                    | kg/kmol           | 53,9000000 | Sonik                              |
| Kaçak yüzey alanı - S                   | m <sup>2</sup>    | 0,0001000  | Wg-Sonik şartlarda boşalma hızı    |
| Alt yanıcılık sınırı - LEL <sub>m</sub> | kg/m <sup>3</sup> | -          | 0,082370138                        |
| Alt yanıcılık sınırı - LEL <sub>v</sub> | %                 | 2,0000     | Wg-Subsonik şartlarda boşalma hızı |
| Emniyet faktörü (LEL'in) - k            | (0,5-1)           | 0,5000     | 0,103764                           |
| Evrensel gaz sabiti - R                 | (J/kmol.K)        | 8314,0000  | RC-Sonik Boşalma Karakteristiği    |
| Kabın iç basıncı - P                    | Pa                | 600000,00  | 3,926692                           |
| Dış atmosfer basıncı - Pa               | Pa                | 101325     | RC-Subsonik Boşalma Karakteristiği |
| Genleşen gazın yoğunluğu - ρ            | kg/m <sup>3</sup> | 2,0977     | 4,946578                           |
| Sıcaklık - Ta                           | C                 | 40,00      | Seyrelme Derecesi                  |
| Dış ortam sıcaklığı - Ta                | K                 | 313,15     | Orta Seyrelme                      |
| Boşalma ağız katsayısı - Cd             | -                 | 0,75       | Subsonik şartlarda zon yarıçapı    |
| Hava Akım Hızı - U <sub>w</sub>         | m/sn              | 0,50       | 10,8                               |

### Sonuç:

Seyrelme Derecesi, Tablodan “Orta Seyrelme” (Dilution Medium) bulunur. Tablodan bölge yarıçapı **10,8 metre** olduğu tayin edilmiştir. Havalandırmanın etkinliği tablosundan da **Bölge 2** bulunur. Boşalma noktasının (flanşlar) **10,8 metre** etrafı Bölge 2 olarak belirlenmiştir (Şekil 6.6 - 6.10).



Şekil 6.6. Boşalma karakteristiği grafiği.



Şekil 6.7. Tehlikeli yarıçap grafiği.

| Boşalma Derecesi                  | Havalandırma Etkinliği               |                                      |                                   |                   |                   |                   |                                |
|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------|
|                                   | Yüksek Seyreltme-VH                  |                                      |                                   | Orta Seyreltme-VM |                   |                   | Düşük Seyreltme-VL             |
|                                   | Güvenilirlik Derecesi                |                                      |                                   |                   |                   |                   |                                |
|                                   | İyi                                  | Orta                                 | Kötü                              | İyi               | Orta              | Kötü              | İyi, Orta veya Kötü            |
| Sürekli                           | Tehlikesiz (Bölge 0 Ne) <sup>a</sup> | Bölge 2 (Bölge 0 Ne) <sup>a</sup>    | Bölge 1 (Bölge 0 Ne) <sup>a</sup> | Bölge 0           | Bölge 0 + Bölge 2 | Bölge 0 + Bölge 1 | Bölge 0                        |
| Ana / Birinci derece              | Tehlikesiz (Bölge 1 Ne) <sup>a</sup> | Bölge 2 (Bölge 1 Ne)                 | Bölge 2 (Bölge 1 Ne) <sup>a</sup> | Bölge 1           | Bölge 1 + Bölge 2 | Bölge 1 + Bölge 2 | Bölge 0 + Bölge 1 <sup>c</sup> |
| Tali / İkinci derece <sup>b</sup> | Tehlikesiz (Bölge 2 Ne) <sup>a</sup> | Tehlikesiz (Bölge 2 Ne) <sup>a</sup> | Bölge 2                           | Bölge 2           | Bölge 2           | Bölge 2           | Bölge 0 + Bölge 1 <sup>c</sup> |

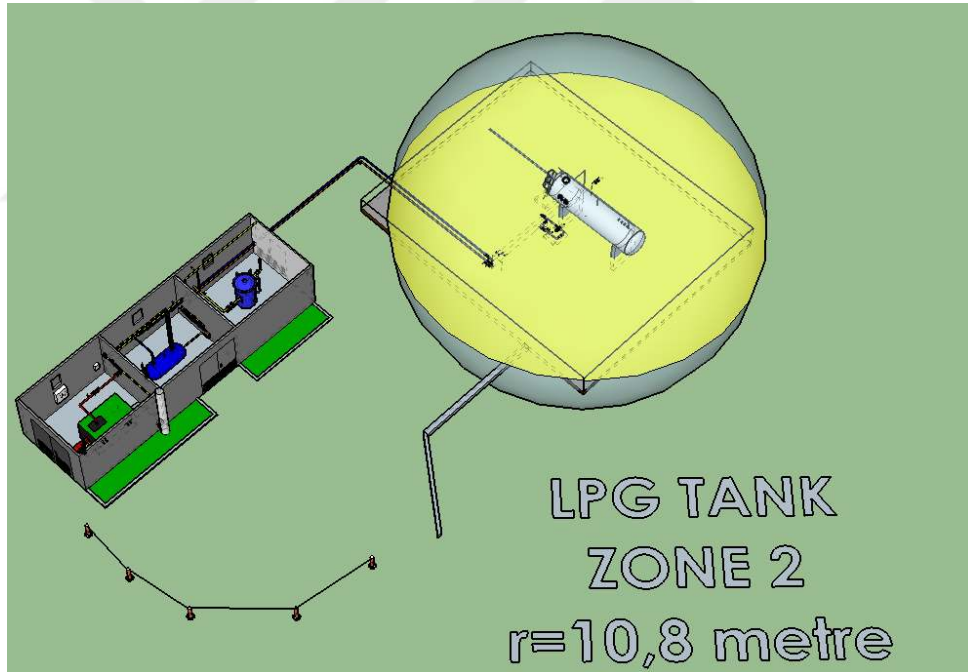
Not : "+" etrafında anlamına gelmektedir.

**a:** Bölge 0 NE, Bölge 1 NE ve Bölge 2 NE normal şartlarda ihmal edilebilir yayılma sınırına sahip teorik bölgeleri gösterir.

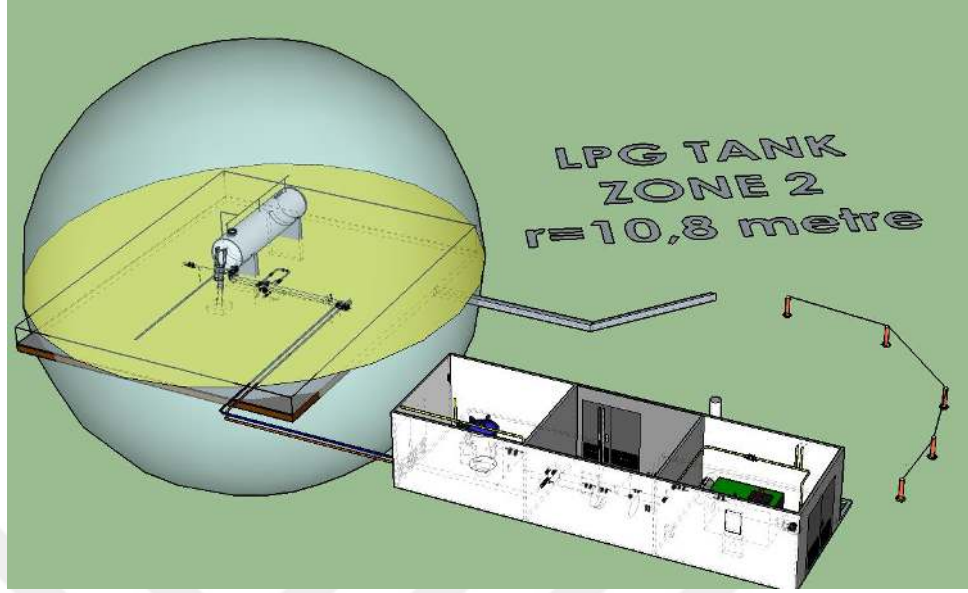
**b:** Tali boşalma tarafından oluşturulan Bölge 2 alanı ana veya sürekli boşalma derecelerine atfedilebilecek alanı aşabilir. Bu durumda daha büyük olan mesafe kullanılmalıdır.

**c:** Eğer pratikte havalandırma çok zayıf ve yayılma sürekli gaz ortamı oluşacak şekilde ise (havalandırma yok durumuna yaklaşık ise) Bölge 0 kullanılır.

Şekil 6.8. LPG tankı havalandırma etkinliği tablosu.



Şekil 6.9. LPG tankı ZONE gösterimi.



**Şekil 6.10.** LPG tankı ZONE gösterimi.

### 6.3.4. LPG tankı risk değerlendirmesi

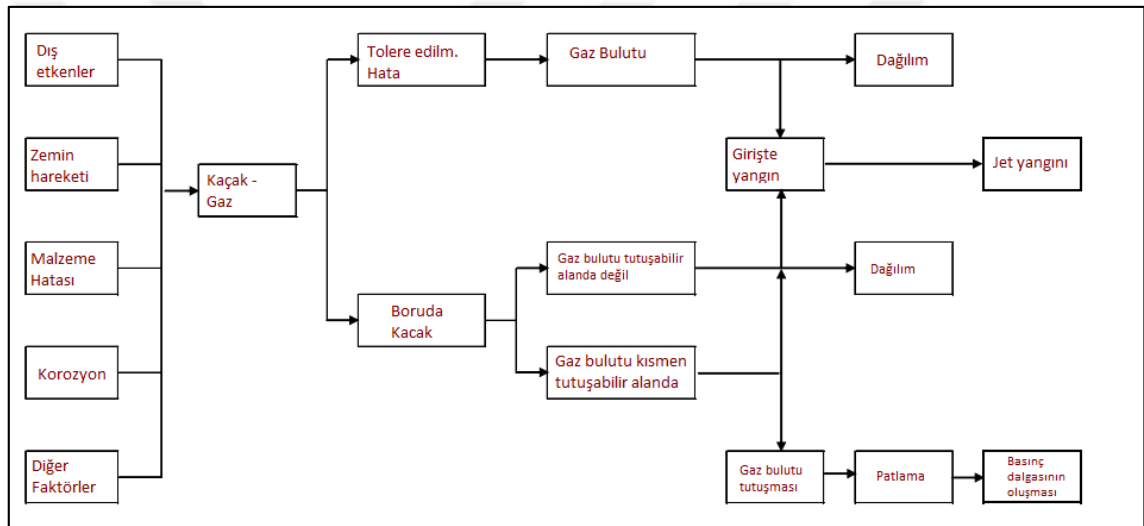
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                   |                                   |                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------|
| <b>Yanıcı Maddenin Adı:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | LPG                               | <b>Tehlikeli Alan Yarıçapı:</b>   | 10,8 metre        |
| <b>Ekipman Seçimi</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | EX II 3G IIB T2                   | <b>Tehlikeli Bölge Kategorisi</b> | Bölge 2           |
| <b>Boşalma kaynağı:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Flanşlardan kaçak meydana gelmesi | <b>Etkilenecek Kişiler:</b>       | Tüm çalışanlar    |
| <b>Risk Değerlendirme Matrisi</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>İhtimal</b><br>3               | <b>Şiddet</b><br>4                | <b>Skor</b><br>12 |
| <b>ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                   |                                   |                   |
| Standartlara göre yapılan hesapta tehlikeli bölge dolum esnasında ve flanşlardan kaçak meydana gelmesi durumunda 10,8 metre'lik alan tehlikeli bölge olarak hesap edilmiştir. Bu alan içinde kullanılacak ekipmanların EX II 3G IIB T2 özellikte kıvılcım çıkarmayan malzemeler olması gerekmektedir. Bu alan içinde depolama yapılmasının yasaklanması gerekmektedir. |                                   |                                   |                   |
| LPG istasyonunda alev sızdırmaz özellikte gaz alarm dedektörü kullanılması gerekmektedir.                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                   |                                   |                   |
| Borular üzerinde tahribatsız muayene yapılarak korozyon boyutları hakkında fikir edinilmeye çalışılması gereklidir. Korozyon ölçümleri aynı zamanda tüm tesisin bakım periyotlarının belirlenmesi bakımından önemli olan bir deneydir.                                                                                                                                 |                                   |                                   |                   |
| Tehlikeli alan içerisinde çalışma yapacak personellerin elbiseleri %100 pamuklu yani ESD li olması gereklidir. İş Ayakkabıları da ESD özelliği ( $< 3,5 \times 10^7$ ohm) taşımalıdır.                                                                                                                                                                                 |                                   |                                   |                   |
|                                                                                                                                                                                                  |                                   |                                   |                   |
| LPG sisteminin Paratoner koruma alanında olup olmadığı tespit edilmiş olması gereklidir.                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                   |                                   |                   |
| Bu ortamda kullanılan tüm elektrikli cihazların kullanım, bakım ve onarım talimatları oluşturulmalı ve ilgili alanda bulundurulmalıdır                                                                                                                                                                                                                                 |                                   |                                   |                   |
| Tehlikeli alan içerisinde kıvılcım çıkartabilecek hiç bir çalışma yapılmamalıdır.                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                   |                                   |                   |
| Patlayıcı ortam "EX" işareti bu alana asılmalıdır.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                   |                                   |                   |
| Çalışana acil durumlarda yapması gerekenler öğretilmelidir (Yangın, parlama, patlama).                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                   |                                   |                   |
| Gaz dedektörleri kullanım ömürleri olarak 3 ay ila 5 yıl arasında değişmektedir. Dedektörlerin ömürleri takip edilmeli ve süresi dolmuşsa değiştirilmelidir. Ekipmanların ömür hesabı yapılarak önleyici bakımları (tozlanma ve nem'e maruz kalma durumlarından dolayı) periyodik olarak kullanma kılavuzunu da dikkate alarak yapılmalıdır.                           |                                   |                                   |                   |
| Tehlikeli alanın etrafın herhangi bir çalışma yapılacaksa 'çalışma izni sistemi' uygulanmalı ve çalışan kişiler belirli periyotlarla denetlenmelidir.                                                                                                                                                                                                                  |                                   |                                   |                   |
| Topraklama ölçümleri yıllık periyotlar ile yapılmalı ve ölçülen değerler statik elektrik için $10^6$ Ohm'un altında (Tanka bağlı tüm ekipmanlar $10^6$ Ohm'un altında statik elektrik direnci olması gerekir) olmalıdır. İlgili ölçüm raporları yıllık olarak düzenlenmeli ilgili dosyasında saklanması gereklidir.                                                    |                                   |                                   |                   |
| Manometrelerin sınır basınç değerleri kırmızı ile işaretlenmesi gereklidir.                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                   |                                   |                   |

|                                                                                                                                                                                                 |                                   |        |                            |                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------|----------------------------|----------------|
| Yanıcı Maddenin Adı:                                                                                                                                                                            | LPG                               |        | Tehlikeli Alan Yarıçapı:   | 10,8 metre     |
| Ekipman Seçimi                                                                                                                                                                                  | EX II 3G IIB T2                   |        | Tehlikeli Bölge Kategorisi | Bölge 2        |
| Boşalma kaynağı:                                                                                                                                                                                | Flanşlardan kaçak meydana gelmesi |        | Etkilenecek Kişiler:       | Tüm çalışanlar |
| Risk Değerlendirme Matrisi                                                                                                                                                                      | İhtimal                           | Şiddet | Skor                       |                |
|                                                                                                                                                                                                 | 3                                 | 4      | 12                         |                |
| ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER                                                                                                                                                                       |                                   |        |                            |                |
| Çalışma izni sistemi uygulanmalıdır. Özellikle bu alanda yapılacak bakım tadilat ve ateşli işler için izin sistemi mutlaka uygulanmalıdır.                                                      |                                   |        |                            |                |
| Çalışanlara acil durumlarda yapması gerekenler öğretilmelidir.                                                                                                                                  |                                   |        |                            |                |
| Çalışma talimatı hazırlanmalı ve çalışma alanına asılmalıdır.                                                                                                                                   |                                   |        |                            |                |
| %75 ‘lik Bütan minimum ateşleme enerjisi 0.25 mJ olduğunu hesaba katarsak 1m/s ‘den daha yüksek hızlarda dolum yapılmaması gereklidir.                                                          |                                   |        |                            |                |
| Dolum yapacak tankın AT-EX şartlarına uygun olduğu sertifikası temin edilmeli ve tankın periyodik korozyon kontrolleri ile et kalınlığı kontrol edilmelidir.                                    |                                   |        |                            |                |
| Yer üstünde açıkta olan borular üzerine sıvı akış yönleri ok işaretleri ile işaretlenmelidir (Türk Standartları Enstitüsü [TSE], 2013b).                                                        |                                   |        |                            |                |
| Bu alanda sadece Ex-proof özelliğe sahip el aleti ve iş ekipmanları dışında başka aletle çalışılmamalıdır. Bakım ekibine bu özelliklere sahip el aletleri alınmalıdır.                          |                                   |        |                            |                |
| Patlayıcı Ortam (ZONE) içerisinde kullanılacak/kullanılan bütün elektrikli ekipmanlar alev sızdırmayan özellikte (EX II 3G IIC T6) olması gerekir (Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2016). |                                   |        |                            |                |

### 6.3.5. LPG tankının patlaması sonucu oluşabilecek tehlike senaryoları - muhtemel patlamanın şiddeti

ALOHA' dan (tehlikeli bölge modelleme programı) alınan veriler değerlendirilirken çok rüzgâr hızlarına, rüzgârın yönleri ve eğimli arazilerin bulunduğu durumlarda ve özellikle sızıntı kaynağına çok yakın durumlardaki düzensizliklere karşı dikkatli olunmalıdır. ALOHA programı parçacıkları, kimyasal madde reaksiyonlarını ve arazi faktörleri etkilerini hesaba katmaz.

Yangın esnasında tank etrafında nasıl risk oluştuğu, yayılan termal radyasyon seviyesi belirlenmiş (Şekil 6.11 - 6.14).



Şekil 6.11. ALOHA LPG tankı tehlike senaryosu.



➤ **LPG Tankından veya flanşlardan meydana gelecek olası sızıntı durumunda yanıcı sıvı buharının atmosfere yayılmasının modellenmesi;**

**Tank ile ilgili bilgiler;**

Lokasyon: Gebze / Kocaeli

Tarih: 15.01.2019

Alt patlama limiti: 16000 ppm

Üst patlama limiti: 84000 ppm

Kaynama noktası: -1.1 Santigrat derece

Buhar basıncı: 1 atmosferden büyük

Rüzgar: 4 m/s (Açık alan)

Hava sıcaklığı: 8 Santigrat derece

Tank çapı: 2,49 metre

Tank hacmi: 5000 L

Tank uzunluğu: 10,3 metre

Tankın içindeki kimyasal kütle 22,286 kilogram

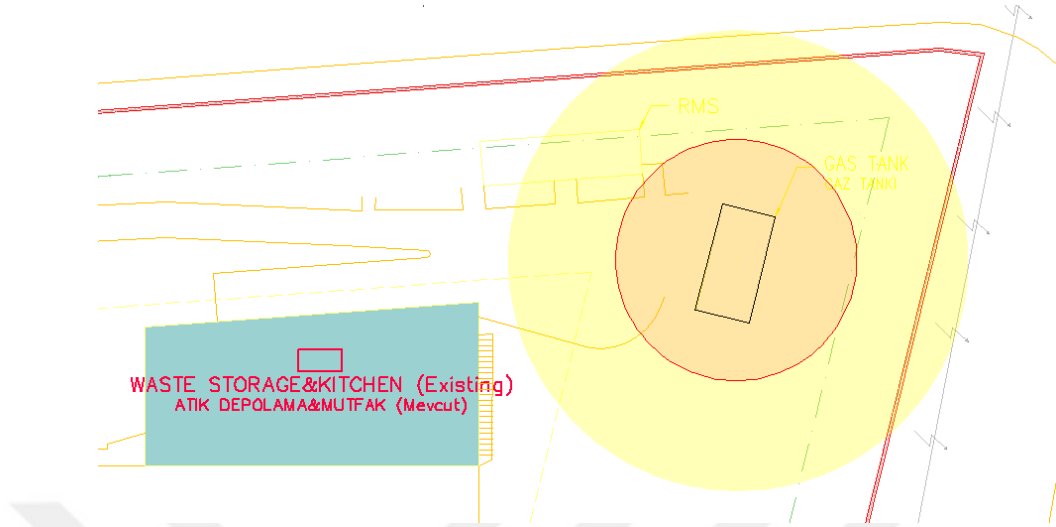
Tank hacmi: %80 dolu

1. Toksik buhar bulutu tehlikeli alanı,

Kırmızı: 11 metre - (53000 ppm = AEGL-3 (60 dk.))

Turuncu: 11 metre - (17000 ppm = AEGL-2 (60 dk.))

Sarı: 21 metre - (5500 ppm = AEGL-1 (60 dk.))

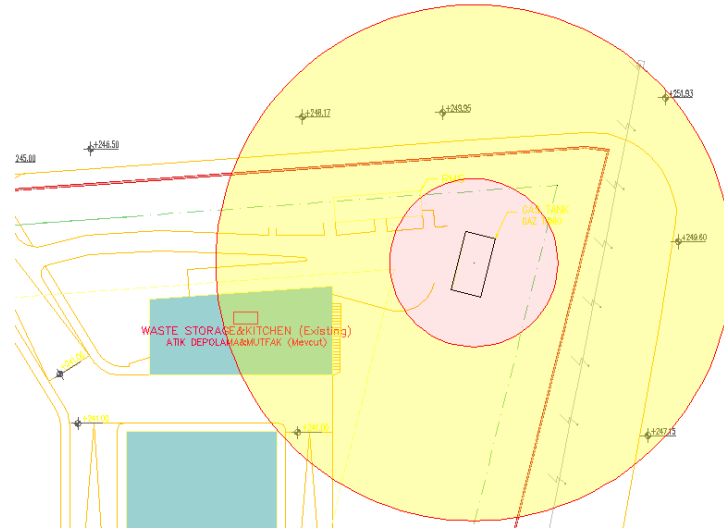


**Şekil 6.12.** Toksik buhar bulutu tehlikeli bölge.

2. Yanıcı buhar bulutu tehlikeli alanı,

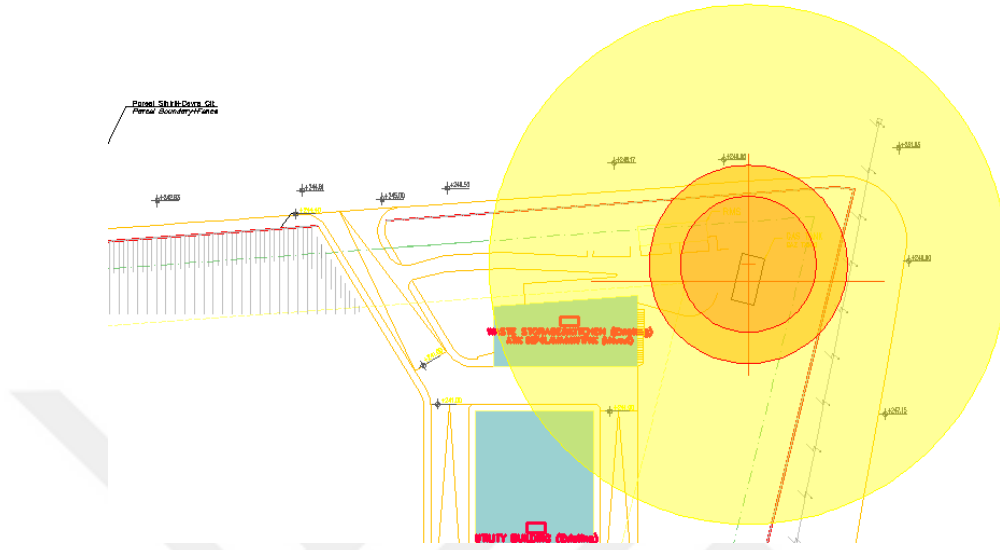
Kırmızı: 14 metre (9600 ppm = % 60 LEL = Alev cebi)

Sarı: 43 metre (1600 ppm = % 10)



**Şekil 6.13.** Yanıcı buhar bulutu tehlikeli alan gösterimi.

### 3. Buhar bulutunun patlama alanı,



Şekil 6.14. Buhar bulutu patlama bölgesi.

#### Sonuç/Yorum:

Kırmızı Alan: 0,5 bardan daha büyük (yapıların yıkılması),  $r = 55$  metre

Turuncu Alan: 0,2 bardan daha büyük (ciddi yaralanma olasılığı,  $r = 20$  metre

Sarı Alan: 2,5 bardan daha büyük (camların parçalanması),  $r = 15$  metre

- **LPG Tankından veya flanşlardan meydana gelecek olası sızıntı durumunda yanıcı sıvı buharının jet yangının gibi yanmasının modellenmesi;**

#### Tank ile ilgili bilgiler;

Lokasyon: Gebze / Kocaeli

Tarih: 15.01.2019

Alt patlama limiti: 16000 ppm

Üst patlama limiti: 84000 ppm

Kaynama noktası: -1.1 Santigrat derece

Buhar basıncı: 1 atmosferden büyük

Rüzgar: 4 m/s (Açık alan)

Hava sıcaklığı: 8 Santigrat derece

Tank çapı: 2,49 metre

Tank hacmi: 5000 L

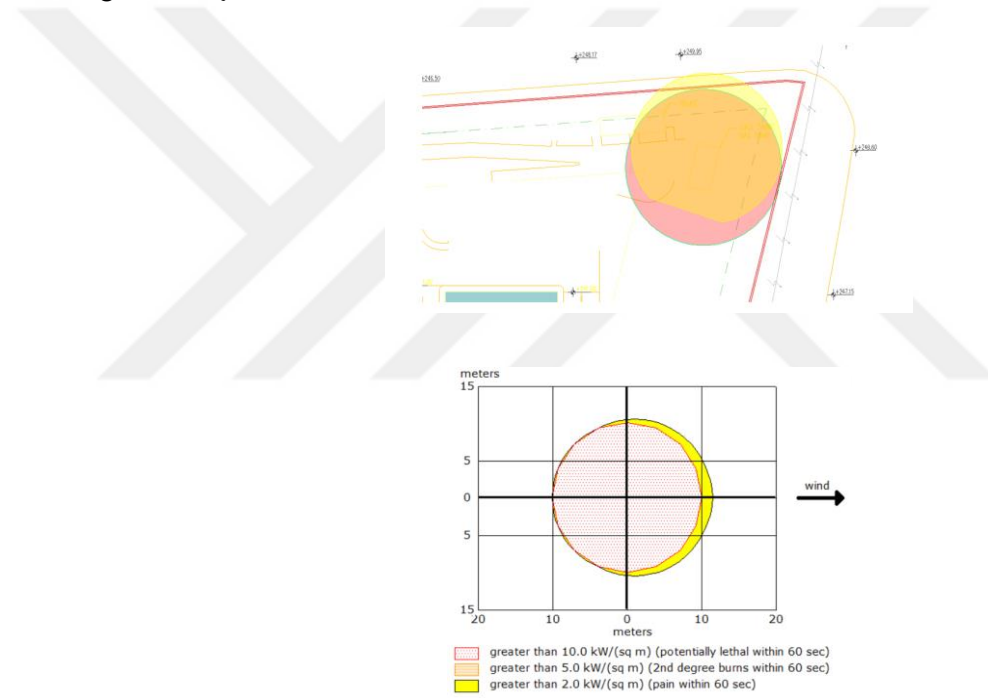
Tank uzunluğu: 10,3 metre

Tankın içindeki kimyasal kütle 22,286 kilogram

Tank hacmi: %80 dolu

- **Termal radyasyonun tehlikeli alanı,**

Olası bir jet yangınında LPG tankının oluşturacağı termal radyasyon alan grafiği şekil 6.15'te gösterilmiştir.



**Şekil 6.15.** Termal radyasyonun tehlikeli alanı.

**Sonuç/Yorum:** Jet fire yangınlarında 10 m lik bir alanda bulunan çalışanların ölüm riski olduğu görülmüştür.

- **Tankın alev topu gibi patlaması durumundaki tehlikeli alan modellemesi;**

**Tank ile ilgili bilgiler;**

Lokasyon: Gebze / Kocaeli

Tarih: 15.01.2019

Alt patlama limiti: 16000 ppm

Üst patlama limiti: 84000 ppm

Kaynama noktası: -1.1 Santigrat derece

Buhar basıncı: 1 atmosferden büyük

Rüzgar: 4 m/s (Açık alan)

Hava sıcaklığı: 8 Santigrat derece

Tank çapı: 2,49 metre

Tank hacmi: 5000 L

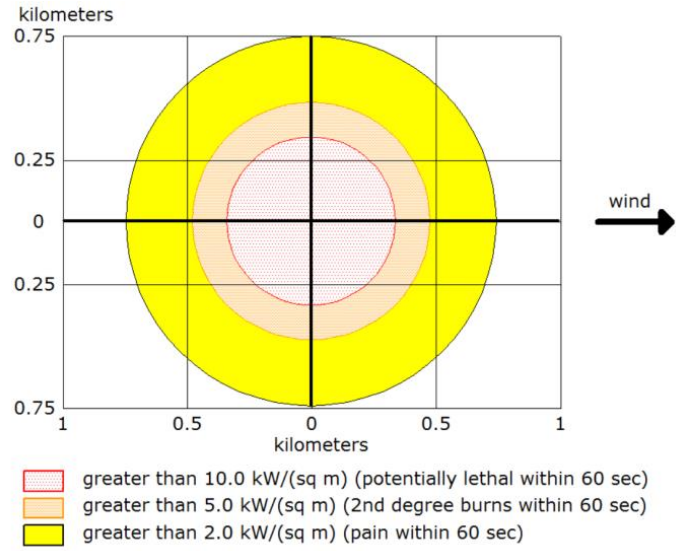
Tank uzunluğu: 10,3 metre

Tankın içindeki kimyasal kütle 22,286 kilogram

Tank hacmi: %80 dolu

- **Termal radyasyonun tehlikeli alanı,**

Olası bir BLEVE yangınında LPG tankının oluşturacağı termal radyasyon alanı gösterilmiştir (Şekil 6.16).



**Şekil 6.16.** Termal radyasyon tehlikeli alanı.

**Sonuç/Yorum:**

50 m<sup>3</sup> lük LPG tankının kaçak oluşumu ve jet yangını sonrasında herhangi bir müdahale yapılamaması durumunda beklenen BLEVE patlaması neticesinde, 300 m' lik bir alanda ölümcül bölge meydana gelebileceği hesaplanmıştır.

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmadan TSE EN 60079-10-1 standardı kapsamında patlayıcı ortamların teorik ve pratik hesaplamaları yapılarak alınması gereken önlemler belirlenmiştir.

Endüstriyel tesislerde parlayıcı patlayıcı ortamlarda alınan tedbirlerin yeterli olmadığı gözlemlenmiştir. Donanımlı kişiler tarafından patlama riskinin değerlendirilmesi için patlamadan korunma dokümanları ilgili yasa, yönetmelik ve standartlar kapsamında hazırlanarak raporda belirtilen önlemlerin alınması gerekir.

Parlayıcı sıvı buharı ATEX patlamaları endüstride çok sık yaşanan ve ciddi ölümlü iş kazalarına sebep olan patlamalardır. Gerek üretimde ve gerekse depolamada kullanılacak elektrikli ve kıvılcım çıkarması muhtemel ekipmanların alev sızdırmayan özellikte olmasına özen gösterilmelidir.

Hazırlanan raporlarda gerekli güvenlik önlemlerinin alınması neticesinde tehlikeli bölgelerde kullanılacak elektrikli ekipmanların alev sızdırmaz özellikte olmasına gerek kalmayacak veya maliyeti düşük alev sızdırmayan özellikteki ekipmanların kullanılması yeterli olacaktır. Aksi durumlarda tehlikeli bölgelerde kullanılan ekipman maliyetleri yüksek olması sebebiyle ciddi maliyetler oluşturacaktır.

Endüstride kullanılan tüm yanıcı, parlayıcı patlayıcı kimyasallar için belirlenen güvenlik önlemlerine uyulması, çalışan personellere düzenli periyotlarla 'Patlayıcı Ortamlarda Güvenli Çalışma' eğitimlerinin verilmesi gerekir.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

Aile, Ç. (2012). 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu. Ankara.

Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı. (2013). Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik.

Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı. (2013). Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik.

Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2016). Muhtemel Patlayıcı Ortamda Kullanılan Teçhizat ve Koruyucu Sistemler ile İlgili Yönetmelik.

Eğri, N. (2013). Patlayıcı Ortamlarda İş Güvenliği.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (1984). Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği.

European Committee. (1994). ATEX 95 Directive Equipment and Protective Systems intended for use in potentially explosive atmospheres. Brussels.

European Committee. (1999). ATEX 137 Directive Minimum Requirements for Improving the Safety and Hhealth Protection of Workers Potentially at Risk from Explosive Atmospheres. Brussels.

İnce, A. (2012). Patlayıcı Atmosferlerin (Atex) Davranışları. [http://www.abdurrahmanince.net/?islem=atex\\_patlamalari](http://www.abdurrahmanince.net/?islem=atex_patlamalari) adresinden alındı

Sarı, M. (2011). Exproof, Patlayıcı Ortamlarda Kullanılan Elektrik Aygıtları ve Patlayıcı Ortamlar Hakkında Genel Bilgi. Ankara.

Türk Standartları Enstitüsü. (2012). Elektrikli cihazlar - Patlayıcı ortamlarda kullanılan - 60079 - Bölüm 20-1: Gaz ve buhar sınıflandırması için malzeme karakteristikleri - Deney metotları ve veriler. Ankara.

Türk Standartları Enstitüsü. (2013a). Patlayıcı ortamlar - Patlamayı önleme ve korunma - TS EN 1127 Bölüm 1: Temel kavramlar ve metodoloji. Ankara.

Türk Standartları Enstitüsü. (2013b). TS 12820 Akaryakıt istasyonları - Emniyet gerekleri. Kocaeli.

Türk Standartları Enstitüsü. (2015). Patlayıcı ortamlar- 60079 - Bölüm 10-1: Alanların sınıflandırılması - Patlayıcı gaz ortamları. Ankara, Türkiye



## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : USLU, Ömer Ahmet  
Uyruğu : T.C.  
Medeni hali : Evli  
Doğum tarihi ve yeri : 10.10.1990 Kartal/İSTANBUL  
e-mail : omerahmetuslu@gmail.com

### Eğitim Bilgileri

| Derece               | Eğitim Birimi                   | Mezuniyet Tarihi |
|----------------------|---------------------------------|------------------|
| Lisans<br>(Kimyager) | Kütahya Dumlupınar Üniversitesi | 2016             |
| Lise                 | Kartal Lisesi                   | 2007             |

### İş Deneyimi

| Yıl       | Yer                                  | Görev               |
|-----------|--------------------------------------|---------------------|
| 2017-2019 | Kroman Çelik San.ve A.Ş.             | İş güvenliği Uzmanı |
| 2014-2017 | Frekans İş Sağlığı ve Güvenliği Hiz. | İş güvenliği Uzmanı |

### Yabancı Dil

İngilizce