

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

**PARLAYICI SIVILARLA ÜRETİM YAPILAN ENDÜSTRİYEL
KİMYA TESİSİNDE REAKTÖRLERDE OLUŞABİLECEK
YANGIN VE PATLAMA RİSKİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Haluk TANDOĞAN

Yangın ve Yangın Güvenliği Anabilim Dalı

TEMMUZ 2023

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

**PARLAYICI SIVILARLA ÜRETİM YAPILAN ENDÜSTRİYEL
KİMYA TESİSİNDE REAKTÖRLERDE OLUŞABİLECEK
YANGIN VE PATLAMA RİSKİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Haluk TANDOĞAN

Yangın ve Yangın Güvenliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Murat TUNA

TEMMUZ 2023

Haluk TANDOĞAN tarafından hazırlanan “Parlayıcı sıvılarla üretim yapılan endüstriyel kimya tesisinde reaktörlerde oluşabilecek yangın ve patlama riskinin değerlendirilmesi ” adlı tez çalışması 11.07.2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yangın ve Yangın Güvenliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Jüri Başkanı :	Prof. Dr. Hüseyin ALTUNDAĞ Sakarya Üniversitesi	
Jüri Üyesi :	Doç.Dr. Murat TUNA (Danışman) Sakarya Üniversitesi	
Jüri Üyesi :	Doç.Dr.Üsame DEMİR Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi	



ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğine ve Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesine uygun olarak hazırlamış olduğum “Parlayıcı sıvılarla üretim yapılan endüstriyel kimya tesisinde reaktörlerde oluşabilecek yangın ve patlama riskinin değerlendirme” başlıklı tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın tüm aşamalarında yukarıda belirtilen yönetmelik ve yönergeye uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, bu tezi başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve 20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince Sakarya Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Enstitü tarafından belirlenmiş ölçütlere uygun rapor alındığını, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun ortaya çıkması halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim.

(...../...../20....).

(imza)

Haluk TANDOĞAN



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Doç. Dr. Murat Tuna'ya teşekkürlerimi sunarım.





İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
TABLO LİSTESİ	xiii
ŞEKİL LİSTESİ	xv
ÖZET	xvii
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Kimyasal Maddeler	3
2.2. Türk Kimya Sanayinin Mevcut Durumu	4
2.3. Kimyasal Maddelerin Sınıflandırılması	5
2.4. Tehlikeli Maddelerin ve Müstahzarların Sınıflandırılması:	5
2.5. Kimyasal Madde İçeren Tesislerdeki Genel Riskler ve Kimyasal Riskler	6
2.5.1. Kimya tesisinde kazaların nedenleri	7
2.5.2. Kimya tesisinde kazaların nedenleri	8
2.5.3. Kimya Sanayinde endüstriyel kazalar	8
3. PATLAMA NEDİR? PATLAMANIN YAPISI	13
3.1. Patlama Nedir?	13
3.2. Patlama Çeşitleri	15
3.3. Endüstriyel Yangın ve Patlamaların Tutuşturma Kaynaklarını ve Oluş Biçimlerini Şu Şekilde Sıralayabiliriz.....	15
3.4. Patlayıcı Ortamlar İçin Alınması Gereken Önlemler	19
3.4.1. Yönetmelik-organizasyonel önlemleri.....	19
3.4.2. Koordinasyon, işbirliği ve denetim.....	19
3.5. Patlama Riski Bulunan Ortamların Zararlı Etkilerini Önleme İle İlgili Proaktif Önlemler.....	20
3.6. Patlamadan Korunma Tedbirleri	22
3.6.1. Ekipmanlar ve koruyucu emniyet sistemlerinin seçiminde uyulacak kriterler	22
4. YANICI SIVI, BUHAR VE GAZ MADDELERİN PATLAMA RİSKİNİN DEĞERLENDİRMESİ	23
4.1. Emniyet Prensipleri	23
4.1.1. Bölge sınıflandırma amaçları	23
4.1.2. Patlama riskinin değerlendirilmesi.....	24
4.1.3. Kişisel yetkinlik	24
4.1.4. Tutuşturucu kaynaklar.....	24
4.1.5. Statik elektrik	24
4.1.6. Kimyasal tankerlerin dolumunda alınması gereken önlemler:	25
4.2. Muhtemel Patlayıcı Ortamda Kullanılan Teçhizat Ve Koruyucu Sistemler ...	26
4.2.1. I. ve II. grup teçhizatlar	26

4.2.2. Teçhizatların yüzey sıcaklıklarına göre sınıflandırılması	27
4.2.3. Teçhizatların ortam (atmosfer) gruplarına göre sınıflandırılması	27
4.2.4. Teçhizatların işaretlenmesi ve etiketlenmesi.....	28
4.3. İşyerinde Patlayıcı Ortam Oluşma İhtimali ve Bu Ortamın Kalıcılığı	29
4.3.1. İşyerinde bulunan tehlikeli yerlerinde kullanılan iş ekipmanlarının tasarımı, işletilmesi, kontrolü ve bakımı iş güvenliği kurallarına uygun olarak yapılmalıdır.	29
4.3.2. İşyerinde bulunan tutuşturucu kaynaklar;	29
4.3.3. İşyerinde patlamanın önlenmesi ve patlamadan korunma için mevcut önlemler;.....	29
4.3.4. Patlayıcı ortam oluşmasını önlemek için alınan önlemler	29
4.3.5. Patlamanın zararlı etkilerini azaltacak önlemler	30
4.3.6. İşyerinde patlayıcı ortam oluşma olasılığı bulunan bölgelerde güvenli çalışma şartlarını sağlamak için yapılanlar;	30
4.3.7. Parlama ve patlama riskinin değerlendirilmesi	30
4.3.8. Risk değerlendirme uygulaması	30
4.3.9. Fine-kinney risk değerlendirme yönteminin uygulanması	30
4.4. Muhtemel Patlayıcı Ortam Oluşturabilecek Tehlikeli Kimyasallar Güvenlik Parametreleri	31
4.5. Patlamadan Korunma Dokümanı Hazırlanmasına İlişkin Esaslar.....	31
4.5.1. Patlamadan korunma dokümanı hazırlanması gereken başlıca tesisler, güncellenmesi ve geçerlilik süresi.....	32
4.6. Patlamadan Korunma Veya Patlamanın Etkilerinin Değerlendirilmesi	33
4.7. Patlamadan Korunma Dokümanın Hazırlanma ve Uygulama Prosedürü	35
4.7.1. Patlamadan korunma dokümanı hazırlama aşamaları	36
4.7.2. Patlamaların önlenmesi ve patlamadan korunma.....	37
4.7.3. Patlama riskinin değerlendirilmesi	37
4.7.4. İşyerinin güvenli hale getirilmesi	38
4.7.5. Patlayıcı ortam oluşabilecek ortamların sınıflandırılması ve işaretlenmesi	38
4.7.6. Patlamadan korunma dokümanın içeriği	39
5. ÖRNEK TESİS HAKKINDA BİLGİ	41
5.1. Reaktörler	41
5.1.1. Muhtemel salım kaynakları	42
5.1.2. Hesaplamalar	42
5.2. Reaktörler Tehlikeli Bölge Sınıfı ve Büyüklüğünün Belirlenmesi	43
5.3. Patlayıcı Ortamın Oluşması Önlenmesi Ve Patlamanın Etkisinin Azaltılması	47
5.3.1. Patlama etkisinin azaltılması için alınacak teknik önlemler	47
5.3.2. Örnek tesis risk değerlendirmesi	49
5.4. Risk Değerlendirme Çalışması ile İlgili Özet Bilgi	59
5.5. Risk Değerlendirme Tablosu Açıklama;	60
5.5.1. Sıcak çalışma izin formu	64
6. SONUÇ VE ÖNERİ	67
KAYNAKLAR.....	71
ÖZGEÇMİŞ	75

KISALTMALAR

- C** : Belli hacim içerisindeki havanın birim zaman içerisinde değişim oranıdır.
- C_a** : Salım faktörü, birimi yoktur skalar bir değerdir ve salım açıklığının karakterini belirler, türbülans ve akışkanlığı dikkate alır.
- f** : Odadaki ortalama X_b arka plan yoğunluğu (konsantrasyonu) yoğunluğunun havalandırma çıkışındaki yoğunluğa bölünmesi ile bulunur.
- g** : Yer çekimi ivmesi
- k** : LFL ile ilgili bir emniyet katsayısı
- LFL** : Alt alevlenme sınırı
- M** : Gaz veya buharın molekül kütlesi
- M** : Gaz veya buharın moleküler kütlesi
- P** : Kap içerisindeki basınç
- P_a** : Atmosferik basınç
- Q₁** : Aletler üzerinden odaya giren havanın akış hızı
- Q₂** : Odadan çıkan parlayıcı hava/gaz karışımı hacimsel hızı $Q_2=Q_1+G_g$
- Q_g** : Kaynaktan çıkan parlayıcı gazın hacimsel akış hızı
- Q_g** : Salım kaynağından sızan gazın hacimsel akış hızı
- R** : Evrensel gaz sabitesi ($R=8, 3143$ [kJ/kmol.K])
- S** : Sıvının boşaldığı açıklığın (deliğin) kesiti
- T** : Akışkanı, gaz veya sıvının mutlak sıcaklığı
- T_a** : Mutlak çevre (ortam) sıcaklığı
- T_a** : Mutlak çevre sıcaklığı
- W** : Sıvının salım miktarı (kütle/zaman)
- W_g** : Gazın salım miktarı
- X_b** : Parlayıcı maddenin denge durumundaki arka plan yoğunluğudur (karışım oranıdır).
- X_{crit}** : Parlayıcı madde konsantrasyonunun istenen/kritik değeridir.
- ρ** : Sıvı yoğunluğu, özgül ağırlık
- ρ_g** : Gaz veya buhar yoğunluğu
- ρ_g** : Gaz veya buharın yoğunluğu



TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1. Dünya genelinde yaşanan bazı büyük endüstriyel kazalar [7].	9
Tablo 3.1. Patlamadan korunma tedbirleri	22
Tablo 4.1. Teçhizatların yüzey sıcaklarına göre sınıflandırma tablosu [18]	27
Tablo 4.2. Teçhizatların atmosfer gruplarına göre sınıflandırılması [19]	27
Tablo 4.3. Tehlikeli Kimyasallar Güvenlik Parametreleri	31
Tablo 4.4. Muhtemel patlayıcı ortam risk analiz aşamaları;	35
Tablo 4.5. PKD hazırlama aşamaları.....	36
Tablo 5.1. Salım kaynakları – Tavsiye edilen açıklık kesitleri	43
Tablo 5.2. Hesaplama Bilgileri.....	46
Tablo 5.3. Gaz veya Buhar Hesaplama Bilgileri	47
Tablo 5.4. Örnek tesis risk değerlendirmesi.....	49
Tablo 5.5. Risk Değerlendirme Tablosu.....	50
Tablo 5.6. Sıcak çalışma izin formu.....	65



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. Ülke gelirleri içerisinde sanayi kollarının dağılımı [25].....	5
Şekil 2.2. Türkiye’de yangın ve patlama yıllık olay etkisi	10
Şekil 2.3. Türkiye’de illere göre yangın ve patlama sayıları (TMMOB Kimya Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Endüstriyel yangın ve patlamalar raporu 2020) [6].	11
Şekil 2.4. Sektörlere göre kaza frekansları [24].....	11
Şekil 3.1. Patlama beşgeni	14
Şekil 3.2. Patlama aralıkları	14
Şekil 3.3. 2020 Yılında yaşanan endüstriyel yangın ve patlamaların tutuşma kaynakları [11].	16
Şekil 3.4. Sektörlere göre yangın ve patlama sayıları.....	17
Şekil 3.5. 2020 yılı yangın ve patlamaların sektörel dağılımı.	18
Şekil 4.1. Topraklama Kontrol Sistemi	25
Şekil 4.2. CE işaretlemesi örneği [23]	28
Şekil 4.3. Teçhizatın patlamaya karşı korunma özel işareti örneği	28
Şekil 4.4. ATEX’ e göre teçhizat etiketleme örneği [20]	29
Şekil 4.5. Risk değerlendirme çalışmalarında cevap aranacak sorular.....	33
Şekil 4.6. İşyerlerinde tehlikeli yerlerin belirlenmesi için izlenecek yönerge	34
Şekil 4.7. Patlayıcı ortamlarda risk değerlendirmesi yapılırken izlenecek yönerge ..	34
Şekil 4.8. Patlayıcı ortam işareti	39
Şekil 5.1. Örnek tesisinin iş akış şeması	41
Şekil 5.2. Reaktör [21]	41
Şekil 5.3. Flanş, vana ve menhol kapağı.....	42
Şekil 5.4. Havalandırma Etkinliği.....	46



PARLAYICI SIVILARLA ÜRETİM YAPILAN ENDÜSTRİYEL KİMYA TESİSİNDE REAKTÖRLERDE OLUŞABİLECEK YANGIN, PATLAMA RİSKİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Bu tez çalışması ile, endüstriyel tesiste reaktörde bulunan parlayıcı sıvılarla üretim yapılan endüstriyel kimya tesisinde reaktörlerde oluşabilecek yangın ve patlama riskinin değerlendirme çalışması yapılmıştır.

Kimyasal hammaddelerin kullanılabilir maddelere çevrilen tesiste patlama ve yangın ile sonuçlanabilecek çok çeşitli tehlike ve risklere maruz kalınmaktadır.

Kimyasal maddelerin tanımları, kimyasal maddelerin tarih boyunca üretilip kullanılması, kimya endüstrisinin gelişimi açısından önemlidir. Çok çeşitli kimyasallar gelişen teknoloji ile birlikte oluşmuştur. Sağlık, güvenlik ve çevre için tehlike oluşturabilecek kimyasallar oluşmuş ve bunlar tehlikeli kimyasallar olarak adlandırılmıştır.

Tehlikeli maddelerin ve müstahzarlarının tanımları çalışanların sağlık ve güvenlik ve çevre için tehlikeleri hakkında bilgiler verilmiştir. Bir kimyasal maddenin sınıfının belirlenmesi ile ilgili olarak tehlikeli maddelerin ve müstahzarlarının sınıflandırılması, ambalajlanması ve etiketlenmesi hakkında yönetmelik hükümlerine bağlı kalınarak tüm endüstriyel faaliyetlerde (üretim, taşıma, depolama, elleçleme v.d.) yönetmeliklerdeki bu sınıflandırmalar dikkate alınmaktadır.

Kimyasal içeren tesisler hem insan sağlığı hem de çevre için birçok risk oluşturabilir. Bu tesislerle ilgili genel riskler:

- Yangın ve patlama tehlikeleri
- Sağlık tehlikeleri
- Çevresel tehlikeler

Spesifik kimyasal riskler, tesiste depolanan, işlenen veya işlenen kimyasalların türüne bağlıdır. Spesifik kimyasal riskleri şu şekilde sıralayabiliriz ;

- Kimyasal dökülmeleri veya sızıntıları,
- Kimyasal reaksiyonlar
- Kimyasal maruziyet
- Kimyasal atık imhası

Kimyasal içeren tesislerin kimyasalların uygun şekilde depolanması, taşınması, etiketlenmesi ve bertaraf edilmesi gibi uygun güvenlik önlemlerini uygulaması ve çalışanları güvenli uygulamalar ve acil durum prosedürleri konusunda eğitmesi önemlidir.

Kimyasal tesislerde birçok potansiyel kaza nedeni vardır ve bunlar tesisin özel yapısına ve ilgili kimyasallara bağlı olarak değişebilir. Kimya tesislerinde meydana gelen kazaların bazı yaygın nedenleri şunlardır.

- İnsan hatası;
- Ekipman arızası
- Elektrik sorunları
- Kimyasal reaksiyonlar
- Doğal afetler
- Sabotaj veya terörizm

Kimyasal tesislerde kazaları önlemek için düzenli ekipman bakımı, çalışan eğitimi ve güvenlik denetimleri gibi sıkı güvenlik protokollerinin uygulanması önemlidir. Potansiyel tehlikeleri belirlemek ve bunları azaltmak için adımlar atmak için risk değerlendirmeleri yapmak da önemlidir.

Kimya tesislerinde kazaların 4 ana nedeni vardır: İnsan hatası, Eğitim eksikliği, imalat hataları, bakım ve kontrollerin yapılmamasıdır.

Kimya sanayinde vuku bulan kazaları incelediğimizde ulusal ve uluslararası düzeyde kazaların yangın ve patlama olaylarına bağlı olarak gerçekleştiğini söyleyebiliriz.

Bir patlama olayının meydana gelebilmesi için;

- Patlayıcı karışım
- Oksijen
- Kıvılcım, ısı-sıcaklık, açık alev veya statik elektrik gibi “Ateşleme Kaynakları”nın aynı anda bulunması gerekmektedir.

Yangın ve patlamalar önlenemez olaylar değildir. Tüm çalışanların yanıcı ve patlayıcı ortam tehlike ve risklerinden korunması için alınması gereken önlemler mevzuatlarda ve yönetmeliklerde belirtilmiştir.

Tehlikeli bölgeler belirlenir ve tehlikeli bölgelerin belirlenmesinden sonra, risk değerlendirme çalışmaları yapılarak tanımlanan tehlike bölgelerine uygun kategorilerde ekipmanlar kullanılması belirlenmelidir.

İşyerinde patlamaların oluşmaması oluşma olasılığına karşı koruyucu tedbirlerin önlemlerin alınması gereklidir.

İşyerinde patlayıcı ortam oluşma ihtimali olan alanlarda güvenli çalışma şartlarını sağlamak için yapılanlar;

- Parlama ve patlama riskinin değerlendirilmesi
- Risk değerlendirme uygulaması

İşyerinde çalışma alanları içerisinde bulunan iş ekipmanlarının kullanılmadan önce tasarlanmalı, belirlenen tehlike alanına uygun olarak seçilmeli, periyodik olarak kontrolü ve bakımı güvenlik kurallarına uygun olarak yapılmalıdır

İşyerinde oluşabilecek, tutuşturucu kaynakların bulunma, statik elektrik oluşma ihtimalleri değerlendirilmelidir.

İşyerinde patlamaların önlenmesi ve bunlardan korunmayı sağlamak amacıyla, teknik ve organizasyona yönelik önlemler alınmalıdır.

Tesisdeki İş sağlığı ve İş güvenliği bölümü iş güvenliği talimatları oluşturmuş ve bu talimatlara uygun çalışılması iç Patlayıcı ortam meydana gelme olan yerler sınıflandırılmıştır:

Tesiste yanıcı ve parlayıcı kimyasallar prosesde kullanılmaktadır. Yapılan çalışma sonucunda tesiste bulunan muhtemel patlayıcı ortam oluşabilecek alanlar belirlenmiştir. Bu alanlar için risk değerlendirme çalışmaları yapılmıştır.

Muhtemel patlayıcı ortamlar da tehlike bölge sınıfları belirlenmiştir. Bu alanlarda uygun grup ve kategori de ATEX sertifikalı exproof teçhizatlar veya ekipmanlar kullanılmalıdır.

Tesiste oluşabilecek muhtemel patlayıcı ortamlar ve muhtemel bir patlama etkisinin büyüklüğü değerlendirilirken, Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik ve TS EN 60079-10-1:2015 standardı 1c maddesi gereği büyük endüstriyel kazalar ve felaket düzeyindeki hatalar veya normal çalışma şartları dışında kalan ve ender rastlanan anormal arızalar değerlendirme dışı tutulmuştur.

Sonuç olarak, örnek tesiste bulunan muhtemel patlayıcı ortamlar değerlendirilerek tehlike bölgeleri sınıflandırılmış ve bu bölgelerde kullanılması gereken teçhizat tipleri, alınması gereken önlemler belirlenerek patlama risk değerlendirmesi yapılmıştır. Risk değerlendirme metodu fine kinney risk değerlendirme metoduna göre yapılmıştır.

Tesis tasarım süreci içerisinde yanıcı parlayıcı kimyasallarla üretim tesislerinde yangın ve patlama riskleri değerlendirilmeli ve değerlendirme sonuçlarına göre tesis dizayn edilmelidir. Yanıcı ve parlayıcı kimyasal maddelerin içerdiği riskleri ele aldığımızda; yangın, patlama, uçucu zararlı gazlar oluşturmaktadır. Bunların çalışan sağlığı ve çalışan güvenliği açısından risk oluşturmaması için tehlike bölgelerinde etkin havalandırma sistemlerinin oluşturulması, çalışanların riskin farkında olmalarını sağlayacak mesleki eğitimlerin verilmesi, exproof ekipmanların tehlike bölgelerine uygun olarak seçilmesi ve kullanılması gereklidir. Statik elektriğe karşı topraklama sistemleri çalışır vaziyette olması sağlanmalıdır. Sürekli kontrol ve gözetim sağlanmalıdır.



EVALUATION OF FIRE, EXPLOSION RISK THAT MAY OCCUR IN REACTORS IN INDUSTRIAL CHEMICAL PLANT MANUFACTURED WITH FLAMMABLE LIQUIDS

SUMMARY

Preparation of Explosion Protection Document was carried out in the facility where flammable and combustible chemicals are found in the reactor at the industrial facility.

Flammable and flammable chemicals are used in the process in the facility. As a result of the work done, the areas where possible explosive atmosphere in the facility can be formed were determined.

Danger zone classes have been identified in potentially explosive atmospheres. ATEX certified exproof equipment or equipment should be used in appropriate areas and categories in these areas.

When evaluating the potentially explosive environments that may occur in the facility and the magnitude of a possible explosion effect, other than major industrial accidents and catastrophic errors or normal working conditions in accordance with the Regulation on Prevention and Mitigation of Major Industrial Accidents and Article 1c of TS EN 60079-10-1: 2015; and rare abnormal malfunctions are excluded.

As a result, hazardous areas are classified by evaluating possible explosive environments in the facility, and the explosion risk assessment is made by determining the types of equipment to be used in these areas and the measures to be taken.

A risk assessment study has been conducted on the fire and explosion risks that may occur in reactors in an industrial chemical plant where production is carried out using flammable liquids. Various hazards and risks that can result in explosions and fires are encountered in the facility where chemical raw materials are converted into usable substances. The definitions of chemical substances, the production and historical use of chemical substances, and the increasing number and variety of chemicals used in the chemical industry with advancing technology are also increasing. The chemical industry is one of the most important sectors in the manufacturing industry. The chemical sector is largely dependent on imports both in terms of raw materials and technology. The petrochemical market in Turkey is one of the fastest-growing markets globally, following China and India. Definitions of hazardous substances and preparations provide information about the dangers to the health, safety, and environment of employees. Classification, packaging, and labeling of hazardous substances and preparations are carried out in compliance with the regulations, and these classifications are taken into account in all industrial activities (production, transportation, storage, handling, etc.).

Chemical-containing facilities can pose many risks to both human health and the environment. General risks associated with these facilities include:

- Fire and explosion hazards
- Health hazards

- Environmental hazards

Specific chemical risks depend on the type of chemicals stored, processed, or handled in the facility, such as:

- Chemical spills or leaks
- Chemical reactions
- Chemical exposure
- Chemical waste disposal

It is important for facilities containing chemicals to implement appropriate safety measures for the proper storage, transportation, labeling, and disposal of chemicals, as well as to train employees in safe practices and emergency procedures.

Chemical facilities have many potential causes of accidents, which can vary depending on the specific structure of the facility and the chemicals involved. Some common causes of accidents in chemical facilities include:

- Human error
- Equipment failure
- Electrical problems
- Chemical reactions
- Natural disasters
- Sabotage or terrorism

To prevent accidents in chemical facilities, it is important to apply strict security protocols such as regular equipment maintenance, employee training, and safety inspections. Conducting risk assessments is also important to identify potential hazards and take steps to mitigate them.

There are four main causes of accidents in chemical facilities: human error, lack of training, manufacturing defects, and failure to perform maintenance and controls.

When we examine accidents in the chemical industry, we can say that they occur mainly due to fire and explosion incidents at both national and international levels.

For an explosion event to occur, the following factors must be present simultaneously:

- Explosive mixture
- Oxygen
- "Ignition Sources" such as sparks, heat-temperature, open flame, or static electricity.

Fires and explosions are not unavoidable events. Measures to protect all employees from flammable and explosive environments and risks are specified in regulations and directives.

After identifying hazardous areas and determining the hazardous zone classification, equipment suitable for the identified hazard zones should be used based on risk assessment studies.

To prevent explosions and ensure protection from them in the workplace, measures should be taken that are suitable for the nature of the operations performed. These measures should adhere to the basic principles and priority order mentioned below.

To ensure safe working conditions in areas where there is a possibility of an explosive atmosphere in the workplace, the following measures are taken:

- Evaluation of the ignition and explosion risks

- Implementation of risk assessment
- Design, operation, control, and maintenance of work equipment within the work areas should be done in accordance with safety regulations.
- Evaluation of the possibilities of the presence of ignition sources and the occurrence of static electricity in the workplace.
- Measures appropriate to the nature of the operations performed should be taken for the prevention of explosions and protection from them.
- The Occupational Health and Safety department in the facility has created safe working instructions, and it is necessary to comply with these instructions.
- Areas where explosive atmospheres may occur in the facility have been classified according to the following criteria:
 1. Flammable and explosive chemicals are used in the process in the facility. As a result of the work conducted, potential areas where explosive atmospheres may occur in the facility have been identified. Risk assessment studies have been conducted for these areas.
 2. Hazardous zone classifications have been determined for potential explosive atmospheres. In these areas, appropriate group and category ATEX certified explosion-proof equipment should be used.
 3. When assessing potential explosive atmospheres and the magnitude of a possible explosion effect in the facility, the Regulation on the Prevention of Major Industrial Accidents and the Reduction of their Consequences and TS EN 60079-10-1:2015 standard, section 1c, exclude assessment of major industrial accidents, catastrophic errors, or rare abnormal failures outside normal operating conditions.

Specific measures should be taken to prevent the formation of explosive atmospheres throughout the workplace. ATEX equipment should be used in processes. Ventilation systems should be available in relevant sections for occupational health and safety (OHS) practices. The entire facility should be protected against lightning risks with lightning rods. Safety data sheets for chemicals should be available.

In conclusion, potential explosive atmospheres in the facility have been evaluated, hazardous zones have been classified, and explosion risk assessments have been conducted by determining the types of equipment required and the precautions to be taken in these areas.

As a result, the danger zones were classified by evaluating the possible explosive environments in the sample facility, and the types of equipment to be used in these zones and the precautions to be taken were determined and an explosion risk assessment was made. The risk assessment method was carried out according to the fine kinney risk assessment method.

During the facility design process, fire and explosion risks in production facilities with flammable and combustible chemicals should be evaluated and the facility should be designed according to the evaluation results. When we consider the risks of flammable and combustible chemicals; It creates fire, explosion, volatile harmful gases. In order for these not to pose a risk in terms of employee health and safety, effective ventilation systems should be established in danger zones, vocational training should be given to ensure that employees are aware of the risk, exproof equipment should be selected and used in accordance with the danger zones. Grounding systems against static electricity should be ensured to be in working condition. Constant control and surveillance should be provided.



1. GİRİŞ

Bu tezin amacı ve kapsamı, dünya üzerinde endüstrinin ve teknolojinin gelişmesi, kimya endüstri sanayinin gelişmesi ile birlikte kimyasal maddelerin ve proseslerin kullanılması, üretim tesislerinde farklı tehlikeler ve risklerin oluşmasına neden olmamakla birlikte yangınlar, iş kazaları ve meslek hastalıklarınızda arttırmaktadır. İş yerlerinde oluşabilecek yangın, iş kazaları ve meslek hastalıklarına karşı her türlü önlem işverenler tarafından alınmak zorundadır. İş yerlerinde insanlar, makineler, kimyasallar, prosesler, prosedürler vs. gibi argümanlar bulunmaktadır. Çalışma alanlarında iş sağlığı ve iş güvenliğinin uygulanması, sistem güvenliğinin en üst seviyeye çıkarılmasıyla mümkündür.

Bir tesisin bütün faaliyetleri tehlike ve risk içerir. Tesisin bütün süreçleri üzerinde, tehlike, tehlike kaynakları ve oluşabilecek riskler belirlenir, risk iyileştirme yolları yapılarak düzenleyici ve önleyici çalışmalar yapılır ve risk minimize edilerek yönetilir.

Risk yönetimi uygulanarak etmenin aşağıdaki hususları sağlaması amaçlanmaktadır.

1. Hedefleri gerçekleştirme ihtimalini artırma,
2. Proaktif yönetimi oluşturma,
3. Tesis genelinde tehlike ve risklerin bulunması önlem alınması
4. Oluşabilecek risklerin belirlenmesi
5. Gerekli mevzuat şartlarına ve uluslararası standart ve uygulamalara uyum sağlama,
6. Ortakların güvenini iyileştirme,
7. Kontrolleri iyileştirme,
8. Operasyon el etkinliği ve verimliliği iyileştirme,
9. İş sağlığı ve iş güvenliği önlemlerine uyum ve geliştirme, çevresel korumayı geliştirme
10. Kayıpları önleme ve kaza denetimini iyileştirme,
11. İş kazaları, çevre kazalarını en aza indirme
12. Kuruluşa ait esnekliği iyileştirme.

Risk tespit yönteminin doğru anlaşılması ve uygulanması, kimyasal madde üretim tesislerinde meydana gelebilecek yangın ve patlama risklerinin kök nedenlerinin belirlenmesi ve bu kapsamda çalışanların oluşması muhtemel yanıcı ve patlayıcı ortamların tehlikelerinden korunmasına yönelik doğru ve uygulanabilir tedbirlerin alınmasına olanak sağlayacaktır.

Gün geçtikçe yeni teknolojiler hayatımıza girmektedir. Teknolojilerle birlikte yeni riskler oluşmaktadır. Riskleri önlemek, Kimya sanayide oluşabilecek riskleri önceden tespit ederek proaktif tedbirler almak gerekli kontrol ve gözlemlerin yapılması önemlidir. Bu da ancak tehlike ve risklerin iyi şekilde analiz edilerek tanıma ve minimize etme yoluyla mümkündür.

Hazırlanmış olduğumuz tezin amacı ve kapsamı ; White spirit ve tolüen gibi yanıcı ve patlayıcı kimyasallar ile üretim yapılan kimya tesislerinin üretim alanlarında bulunan reaktörde, yangın ve patlama risklerinin risk değerlendirme metotları ile değerlendirmesi, tehlike bölgelerinin belirlenmesi ve belirlenen tehlike bölgelerinde kullanılması gereken teçhizat tipleri, alınması gereken önlemler hakkında bilgiler verilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

Örnek tesiste kullanılan kimyasal maddelerin neden olacağı olası riskler kimyasal maddelerin sınıflandırılması ve fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bilinmesiyle mümkündür. Çalışmanın bu bölümünde kimyasal maddelerin sınıflandırılması ve bu sınıflandırmaya göre, kimyasal maddelerin özelliklerinin bilinmesi, proseste kullanıldığında doğabilecek risklerin analizinde en temel parametrelerdendir.

2.1. Kimyasal Maddeler

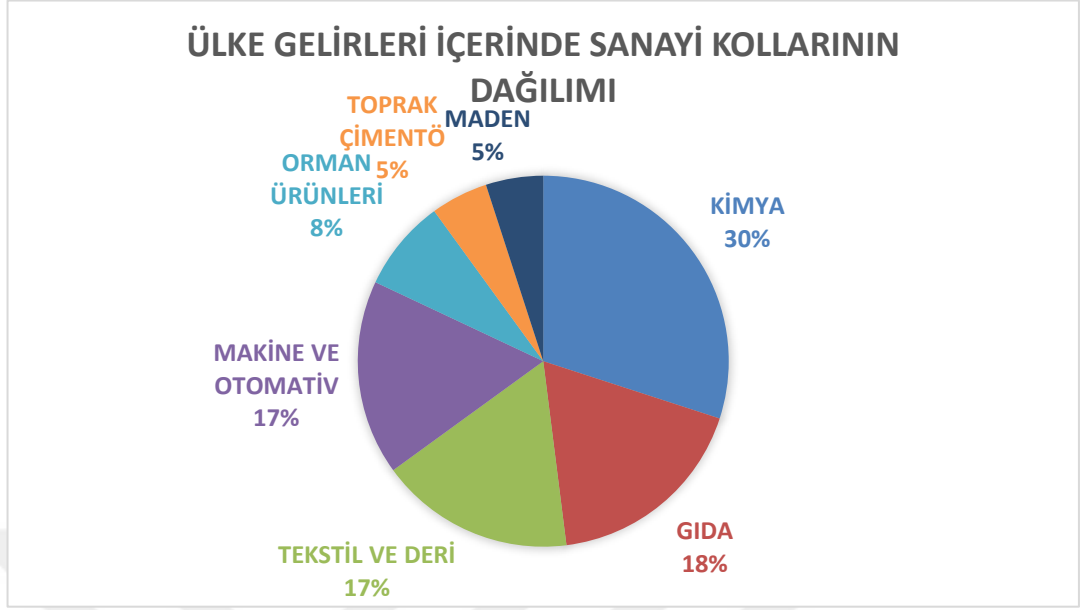
Kimyasal maddeler; doğal halde bulunan yada üretim sonucunda oluşan (atıklarda dahil olmak üzere) katı, sıvı ve gaz halde bulunan element, bileşik ve karışımlara kimyasal madde denir.

Kimyasal maddeler tarih boyunca üretilip kullanılması, kimya endüstrisinin doğuşu sanayi devrimi'nin başında oluşmuştur. İki önemli konu endüstriyel üretim için dönüm noktası olmuştur. Bunlar sülfürik asidin üretimi ve deniz tuzundan alkali üretimidir. Fabrika ve atölye gibi tesis ve proseslerde ilk büyük miktarlarda üretilen kimyasallardan biri sülfürik asittir. Eczacı Joshua Ward 1736 yılında saltpeter, kükürtün okside olması ve suyla birleşmesi sonucunda sülfürik asidin ilk pratik olarak üretimini gerçekleştirmiştir. John Roebuck ve Samuel Garbett, sülfürik asit üretimi için kurşun yoğunlaştırma odalarını kullanan 1749'da Prestonpans'da üretimi geliştiren fabrika kuran ilk şirket olmuştur [1].

Çağımızda sürekli gelişime açık olan teknoloji ile beraber kimya endüstrisinde birbirlerinden çeşitli ve çok sayıda kullanılan kimyasalların sayısının da artışlar gözlemlenmektedir. Kimyasalların başında; çözücüler, asitler, bazlar, zehirli gazlar, boyalar, uçucu kimyasallar, patlayıcılar vs. örnek verilebilir. Gün geçtikçe Kimya sanayinde oluşturulan yeni kimyasalların hangi tehlike ve riskler oluşturduğu üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Güvenlik bilgi formları oluşturulmalı ve kimyasalların üretime alınmadan önce güvenlik bilgi formlarına göre risk değerlendirmesinin yapılarak gerekli tedbirler alınmalıdır.

2.2. Türk Kimya Sanayinin Mevcut Durumu

Kimya sanayi sektörü; üretim ve imalat sanayinin önemli sektörüdür. Sanayisi gelişmiş olan ülkelerde kimya sanayi ülkelerin gelişmişlik derecesini gösterir konumundadır. Kimya sanayi sektörü tarafından üretilen ürünlerin %23'ü doğrudan tüketiciye ulaşırken %77'si ise diğer sektörlerde ara mal veya hammadde olarak kullanılmaktadır. Kimya sanayi sektörü, diğer sektörlerde katkıda bulunmakla birlikte ekonomimize önemli ölçüde katma değer sağlamaktadır. Kimya Sanayi sektörünün en önemli ve öncelikli sorunu hammaddedeki yerli üretimin düşük oluşudur. Türk kimya sanayi sektörü hammadde ve teknoloji olarak büyük ölçüde ithalata bağımlıdır. Türkiye, petrokimya pazarında Çin ve Hindistan'dan sonra dünyanın en hızlı büyüyen piyasasıdır [1]. Plastik sanayi endüstrisi, petrokimya sanayiye bağlı olarak girdisinin %90'ını bu sektörden sağlamaktadır. Türkiye'de plastik hammaddelerinin yerli üretimi düşüktür. Yerli üretimin düşük olması sonucunda Türk Kimya Sanayi sektörü hammadde açısından %87 oranında ithalata bağlı durumdadır. Türkiye içerisinde üretilen hammaddeler Türk kimya sanayinin üretim ihtiyacın yalnızca %13'ünü karşılayacak ölçüdedir. Bu durum Türk sanayi firmalarının Türkiye dışında bulunan firmalarla yarışabilecek rekabet gücünü oldukça düşürmektedir. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Sanayi Analizleri Şubesi tarafından yapılan çalışmalar da özellikle kimyasal ürünler alt sektöründe ara malı ithalatının üretim değerindeki oranının, imalat sanayi ile karşılaştırıldığında oldukça yüksek olduğunu göstermiştir [1]. Ülke gelirleri içerisinde sanayi kollarının 2020 yılı içerisinde kimya sektörü ihracat payının %42.6 sı mineral yakıt ve yağlar, %14, 5 ile ilaç sektörü ve %14, 3 ile plastik sektörüdür [2].



Şekil 2.1. Ülke gelirleri içerisinde sanayi kollarının dağılımı [25].

Şekil 2.1.'de görüldüğü üzere; TÜİK 2002 raporuna göre ülke gelirleri içerisinde; kimya sanayi gelirleri (%30), gıda sanayi gelirleri (%18), tekstil ve deri sanayi gelirleri (%17), makine ve otomatik sanayi gelirleri (%17), orman ürünleri sanayi gelirleri (%8), toprak ve çimento sanayi gelirleri (%5), maden sanayi gelirleri (%5) 'dir.

2.3. Kimyasal Maddelerin Sınıflandırılması

Kimyasal maddeler organik ve inorganik kimyasal maddeler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Organik kimyasal maddeler hidrokarbonlardır. Yapılarına göre aromatik ve alifatik olarak iki sınıfa ayrılmaktadır. İnorganik kimyasallar ise mineral yapıdadır.

Tehlikeli kimyasal madde: Sağlık, güvenlik ve çevre için zararlı olan kimyasal maddeler tehlikeli kimyasal madde olarak adlandırılır [3].

2.4. Tehlikeli Maddelerin ve Müstahzarların Sınıflandırılması:

- Patlayıcı maddeler ve müstahzarlar
- Oksitleyici maddeler ve müstahzarlar
- Çok kolay alevlenir maddeler ve müstahzarlar
- Çok toksik maddeler ve müstahzarlar

- Toksik maddeler ve müstahzarlar
- Zararlı maddeler ve müstahzarlar
- Aşındırıcı maddeler ve müstahzarlar
- Tahriş edici maddeler ve müstahzarlar
- Hassaslaştırıcı maddeler ve müstahzarlar
- Kanserojen maddeler ve müstahzarlar
- Mutajen maddeler ve müstahzarlar
- Üreme sistemine toksik etkisi olan maddeler ve müstahzarlar
- Çevre için tehlikeli maddeler ve müstahzarlar [3].

Söz konusu sınıflandırma malzemelerin kimyasal içeriklerine bağlı olarak değerlendirilmektedir. Bu değerlendirmelerde kimyasal maddenin sınıfının belirlenmesi için Güvenlik Bilgi Formu temel alınmaktadır. Bir kimyasal maddenin sınıfının belirlenmesi ile ilgili olarak Tehlikeli maddelerin ve müstahzarların sınıflandırılması, ambalajlanması ve etiketlenmesi hakkında yönetmelik hükümlerine bağlı kalınarak tüm endüstriyel faaliyetlerde(üretim, taşıma, depolama, elleçleme v.d.) yönetmeliklerdeki bu sınıflandırmalar dikkate alınmaktadır.

2.5. Kimyasal Madde İçeren Tesislerdeki Genel Riskler ve Kimyasal Riskler

Üretim tesisleri, laboratuvarlar ve depolar gibi kimyasal içeren tesisler hem insan sağlığı hem de çevre için birçok risk oluşturabilir. Bu tesislerle ilgili genel riskler şunları içerir:

Yangın ve patlama tehlikeleri: Kimyasallar yanıcı, patlayıcı veya reaktif olabilir ve kimyasalların uygun olmayan şekilde depolanması, taşınması veya karıştırılması yangın veya patlama tehlikelerine neden olabilir.

Sağlık tehlikeleri: Tehlikeli kimyasallara maruz kalmak, solunum sorunları, cilt tahrişi, kanser veya nörolojik hasar gibi akut veya kronik sağlık etkilerine neden olabilir.

Çevresel tehlikeler: Kimyasalların uygun olmayan şekilde atılması veya kazara salınması havanın, toprağın veya suyun kirlenmesine neden olabilir ve yaban hayatı ve ekosistem için bir tehdit oluşturabilir.

Spesifik kimyasal riskler, tesiste depolanan, işlenen veya işlenen kimyasalların türüne bağlıdır. Örneğin, bazı kimyasallar aşındırıcı olabilirken diğerleri toksik, kanserojen veya mutajen olabilir. Tesislerdeki bazı kimyasal risk örnekleri şunları içerir:

Kimyasal dökülmeleri veya sızıntıları: Bu, kimyasalların taşınması, depolanması veya işlenmesi sırasında meydana gelebilir ve çevre kirliliğine ve sağlık risklerine neden olabilir.

Kimyasal reaksiyonlar: Uyumsuz kimyasalların karıştırılması, yangın veya patlama tehlikelerine yol açan zehirli gazlar, ısı veya basınç açığa çıkarabilen kimyasal reaksiyonlara neden olabilir.

Kimyasal maruziyet: Tehlikeli kimyasalların solunması, yutulması veya ciltle teması, küçük tahrişlerden ciddi solunum veya nörolojik hasara kadar değişen sağlık etkilerine yol açabilir.

Kimyasal atık imhası: Kimyasal atıkların uygun olmayan şekilde bertaraf edilmesi çevre kirliliğine neden olabilir ve insan sağlığı için risk oluşturabilir.

Kimyasal içeren tesislerin kimyasalların uygun şekilde depolanması, taşınması, etiketlenmesi ve bertaraf edilmesi gibi uygun güvenlik önlemlerini uygulaması ve çalışanları güvenli uygulamalar ve acil durum prosedürleri konusunda eğitmesi önemlidir. Ekipman ve tesislerin düzenli olarak denetlenmesi, test edilmesi ve bakımı, kimyasal tesislerle ilgili risklerin en aza indirilmesine de yardımcı olabilir.

2.5.1. Kimya tesisinde kazaların nedenleri

Kimyasal tesislerde birçok potansiyel kaza nedeni vardır ve bunlar tesisin özel yapısına ve ilgili kimyasallara bağlı olarak değişebilir. Kimya tesislerinde meydana gelen kazaların bazı yaygın nedenleri şunlardır:

İnsan hatası: İşçiler tarafından yapılan hatalar, kimyasalların yanlış kullanımı veya güvenlik protokollerine uyulmaması gibi kazalara yol açabilir.

Ekipman arızası: Pompalar, vanalar veya depolama tankları gibi ekipmanlar arızalanarak sızıntılara, dökülmelere veya patlamalara neden olabilir.

Elektrik sorunları: Elektrik arızaları veya arızaları, ekipmanın bozulmasına veya yanıcı malzemeleri tutuşturan kıvılcımlar oluşturmaya neden olabilir.

Kimyasal reaksiyonlar: Kazalar, iki veya daha fazla kimyasal birbirine karışıp beklenmedik ve potansiyel olarak tehlikeli bir reaksiyon oluşturduğunda meydana gelebilir.

Doğal afetler: Deprem, kasırga veya sel gibi doğal afetler ekipmana zarar verebilir veya elektrik kesintilerine neden olarak kazalara yol açabilir.

Sabotaj veya terörizm: Kimyasal tesisler, tesise zarar vermek veya tesise zarar vermek isteyen teröristler veya sabotajcılar tarafından hedef alınabilir.

Kimyasal tesislerde kazaları önlemek için düzenli ekipman bakımı, çalışan eğitimi ve güvenlik denetimleri gibi sıkı güvenlik protokollerinin uygulanması önemlidir. Potansiyel tehlikeleri belirlemek ve bunları azaltmak için adımlar atmak için risk değerlendirmeleri yapmak da önemlidir. Ek olarak, kazaların etkisini en aza indirmek ve acil bir durumda hızlı bir şekilde müdahale etmek için acil durum müdahale planlarına sahip olmak çok önemlidir [4].

2.5.2. Kimya tesisinde kazaların nedenleri

Kimya tesislerinde kazaların 4 ana nedeni vardır: İnsan hatası, Eğitim eksikliği, imalat hataları, bakım ve kontrollerin yapılmaması.

Belirtilen 4 ana nedene beşincisi olarak yürürlükteki iş sağlığı ve güvenliği mevzuatının gereğince uygulanmaması ilave edilebilir [5].

2.5.3. Kimya Sanayinde endüstriyel kazalar

Kimya sanayinde vuku bulan kazaları incelediğimizde ulusal ve uluslararası düzeyde kazaların yangın ve patlama olaylarına bağlı olarak gerçekleştiğini görmekteyiz. Aşağıdaki tabloda dünya genelinde gerçekleşen büyük ölçekli bazı yangın ve patlama kazaları görülmektedir.(Tablo 2.1.). TMMOB Kimya Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi'nin yayınladığı rapora göre 2020 yılında Türkiye'de 493 endüstriyel yangın ve patlama meydana gelmiştir. Bunların 441'i endüstriyel yangın, 52 tanesi ise endüstriyel patlama olarak tanımlanmıştır. Bu yangın ve patlamalarda toplam 29 işçi vefat etmiş ve 239 işçide yaralanmıştır. Meydana gelen yangın ve patlamaların sektörlere göre ayrımı yapıldığında %14'ü metal, %18'i tekstil, %23'ü ağaç, kağıt, mobilya, %10'u kauçuk, plastik ve %13'ü gıda sektörlerinde faaliyet gösteren endüstriyel tesislerde meydana geldiği görülmektedir. Ülkemizde illere göre 2018,

2019 ve 2020 yılları arasında yangın ve patlama yıllık olay etkisi ve 2020 yılı içerisinde illere göre yangın ve patlama yüzde sayıları grafikte verilmiştir. (TMMOB Kimya Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Endüstriyel yangın ve patlamalar raporu 2020) Çalışma ve sosyal güvenlik bakanlığı Çalışma ve sosyal güvenlik eğitim ve araştırma merkezi endüstriyel kazaların Faaliyet gösteren sektörler göre frekansları; kimya sanayi, taşıma ve depolama, imalat sanayi, petrokimya, metal işlenmesi, enerji üretimi, temini ve dağıtımı; su, atık su, atık yönetimi, tarım, madencilik ve diğer sektörler olmak üzere on başlıkta toplanmıştır [6].

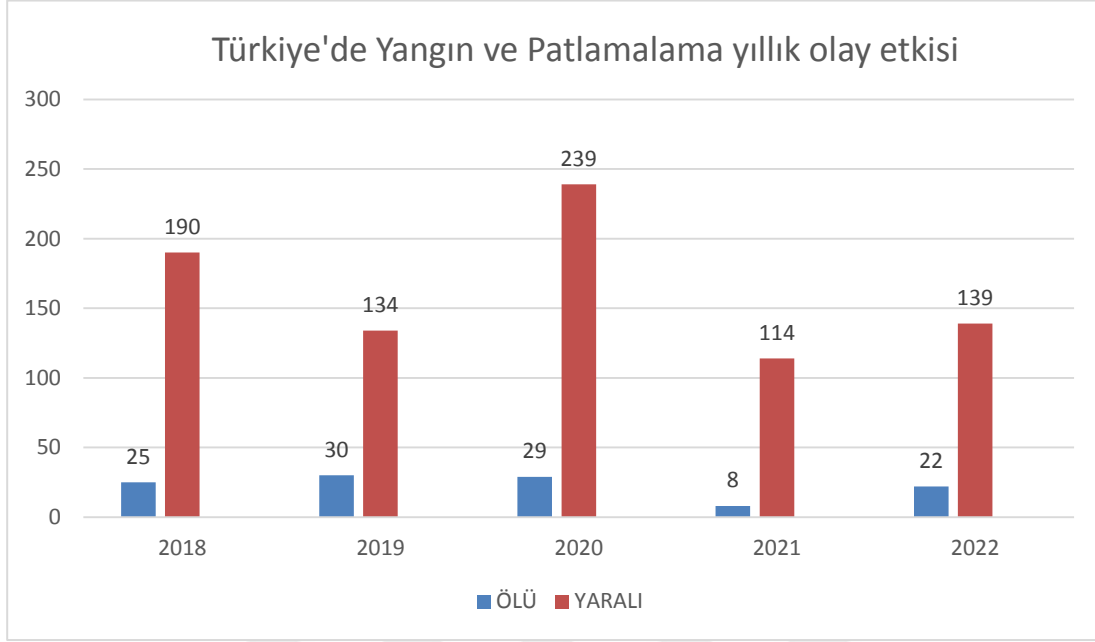
Dünya genelinde yaşanan bazı büyük endüstriyel kazalar Tablo 2.1.de belirtilmiştir.

Tablo 2.1. Dünya genelinde yaşanan bazı büyük endüstriyel kazalar [7].

Yıl	Yer/Ülke	Endüstri/Kimyasal	Olay	Ölü/Yaralı Sayısı
1947	Texas City/ABD	Kimya/Amonyum Nitrat	Patlama	532/3000
1948	Ludigshafen/Almanya	Kimya/dimetil eter	Patlama	245/2500
1972	Rio de Janerio/Brezilya	Bütan	Patlama	37/53
1974	Flisborough/ABD	Siklohekzan	Patlama	28/76
1976	Seveso/İtalya	TCDD	Zehirli madde yayılımı	?/300
1978	Santa Cruz/Meksika	Propilen	Yangın	52/88
1978	Los Afaque/İspanya	Karayolu/Propilen	Yangın ve Patlama	216/400
1981	Potosi/Meksika	Demiryolu/Klor	Zehirli madde	29/1000
1984	Cubato/Brezilya	Boru hattı /Mazot	Patlama ve Yangın	508/31
1984	Bhopal	MIC	Zehirli madde yayılımı	3887/500000
1989	Nizhnevartovsk/Rusya	LPG	Patlama	462/290
1989	Pasadena/Texas	Petrokimya	Patlama	23/130
1990	Maharastra/Hindistan	Petrokimya	Patlama	35/200

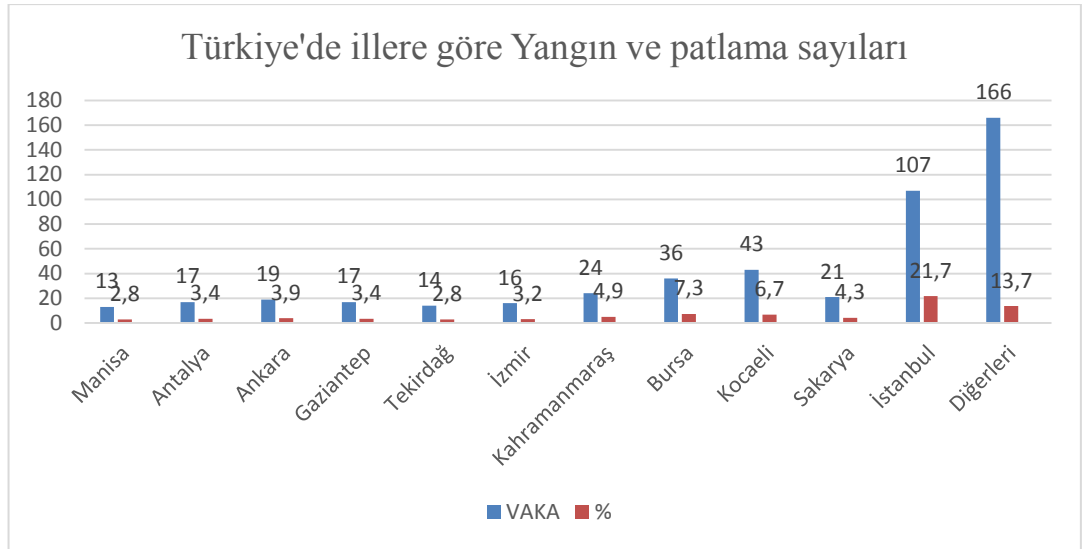
Tablo 2.1.'de görüldüğü üzere; Dünya genelinde bazı endüstriyel kazalar tablo bilgilerine göre ;1947-1990 arasında Kimya emdüstresinin gelişmiş ve gelişmekte olan bazı ülkelerde meydana gelen yangın, patlama ve zehirli gaz yayılımı sonucunda ölü ve yaralı kişilerin bilgileri yer almaktadır [7]. Endüstri tesislerinin gelişmesi ve parlayıcı, patlayıcı maddelerin üretiminin artış göstermesine rağmen ölü ve yaralı sayısının çok değişmediği görülmektedir. Tablo 2.1.'de yer almaktadır. Büyük endüstriyel kazalara örnek olarak verilmektedir.İtalya'nın Seveso kasabasında 1976

yılında yaşanan endüstriyel kazanadan sonra büyük endüstriyel kazaların önlemesi için önlemler başlatılmıştır.



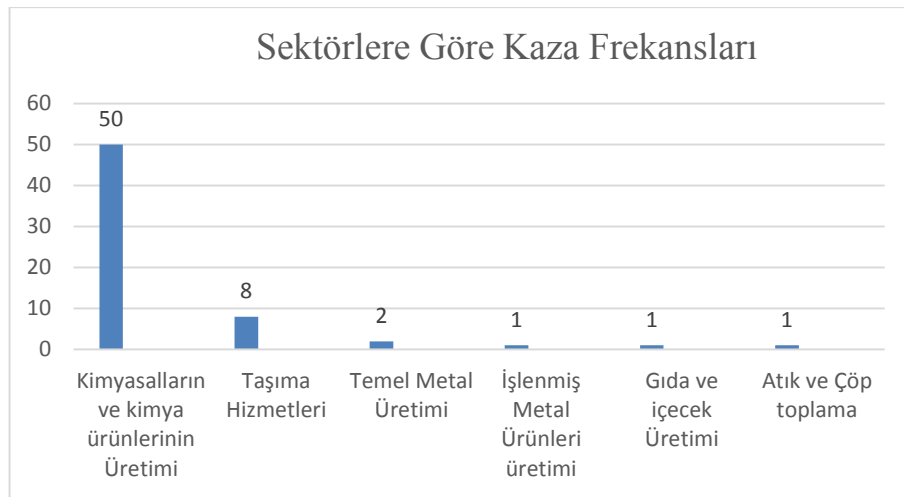
Şekil 2.2. Türkiye’de yangın ve patlama yıllık olay etkisi

Şekil 2.2.’de görüldüğü üzere 2020 yılı TMMOB Kimya Mühendisleri Odası tarafından hazırlanan rapor verilerine göre hazırlanan Türkiye’de yangın ve patlama yıllık olay etkisi tablosuna göre; 2018 yılında 25 işçi vefat etmiş, 190 işçi yaralanmıştır. 2019 yılında 30 işçi vefat etmiş 134 iş yaralanmıştır. 2020 yılında ve patlamalarda toplam 29 işçi vefat etmiş ve 239 işçide yaralanmıştır. 2021 yılı 8 işçi vefat etmiş, 114 işçi yaralanmıştır. 2022 yılı 22 işçi vefat etmiş, 139 işçi yaralanmıştır [6]. Şekil 2.2.’de görülmektedir.



Şekil 2.3. Türkiye’de illere göre yangın ve patlama sayıları

Şekil 2.3.’te görüldüğü üzere 2020 yılı TMMOB Kimya Mühendisleri Odası tarafından hazırlanan rapor verilerine göre; Hazırlanan Türkiye’de yangın ve patlama sayıları En çok yangın ve patlama vakasının sanayinin yoğun olduğu bölgelerde yaşandığı görülmektedir. Yangın ve patlama sayılarına baktığımızda Manisa ilinde 13 olay, Antalya ilinde 17 olay, Ankara ilinde 19 olay, Gaziantep ilinde 17 olay, Tekirdağ ilinde 14 olay, İzmir ilinde 16 olay, Kahramanmaraş ilinde 24 olay, Bursa ilinde 36 olay, Kocaeli ilinde 43 olay, Sakarya ilinde 21 olay, İstanbul ilinde 107 olay ve 166 olay da diğer iller olmak üzere yangın ve patlama sayıları bilgisi mevcuttur [6].



Şekil 2.4. Sektörlere göre kaza frekansları [24].

Şekil 2.4.’te Sektörlere göre kaza frekansları görülmektedir. Laboratuvar güvenliği kullanılan kimyasalların etki değerlendirmesi ve vaka analizi raporu sektörlere göre kaza frekansları tablosuna göre; kaza frekansı en yüksek olan sektör sırasıyla,

kimyasalların ve kimya ürünlerinin üretimi, taşıma hizmetleri, temel metal üretimi, işlenmiş metal üretimi, gıda ve içecek üretimi, atık çöp toplama üretimi olarak sıralanmıştır [24].



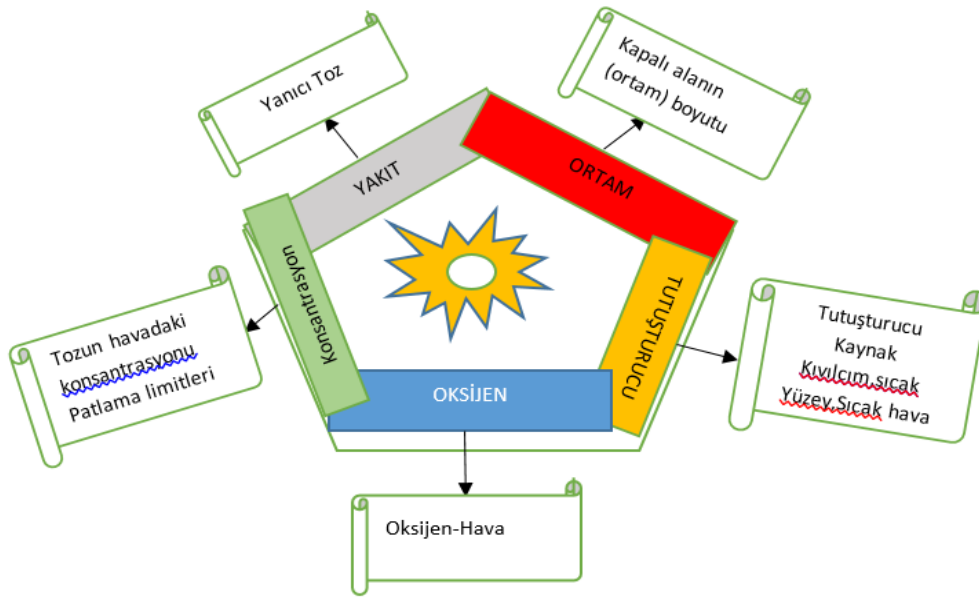
3. PATLAMA NEDİR? PATLAMANIN YAPISI

3.1. Patlama Nedir?

Alevlenebilir maddelerin, karışımlarının oksijenle bir aktivasyon enerjisi sağlayan tutuşturucu varlığında reaksiyonu sonucu maddenin çok hızlı ve kontrol edilemeyen bir enerjiyi açığa çıkarması sonucu oluşan kimyasal ve fiziksel etkilerle patlama olayı meydana gelir. Bu maddeler fiziksel olarak gaz halinde, sis, buhar veya toz şeklinde olabilir. Oluşan bu patlamalar sonucunda patlamanın olduğu alanda büyük basınç artışı meydana gelir. Temelde bir yanma tepkimesi olan patlama olayı sonucunda ortama zehirleyici, boğucu vb. zararlı gazların yayılımı vuku bulabilir. Patlayıcı maddelerin birçoğunda; C ve H atomlarının yanabilmesi için gereken oksijenin kendi molekül yapısında bulunmasından dolayı meydana gelen yanma reaksiyonu zincirleme bir şekilde ve çok kısa bir zaman içinde tamamlanır.

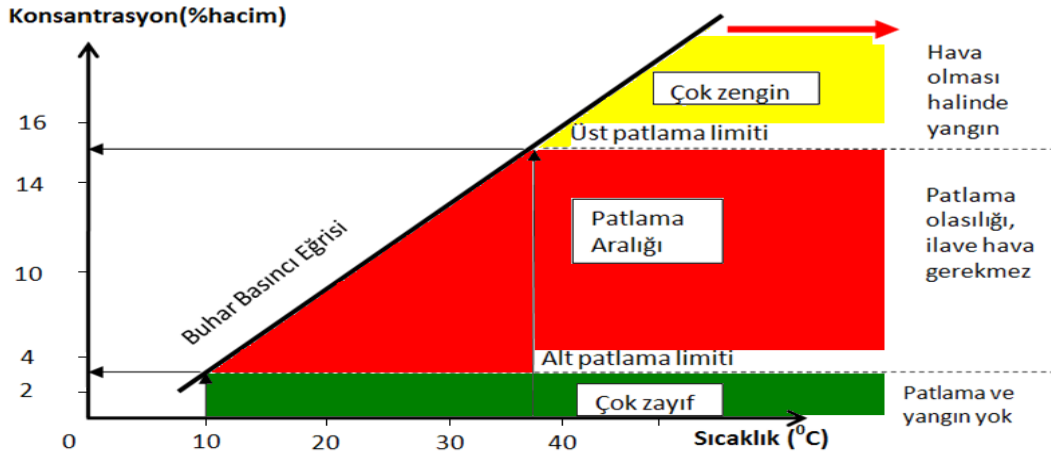
Diğer taraftan açığa çıkan yüksek miktardaki enerji ortamdaki maddelerin genişlemesine neden olur ve bu genişleme sonucunda fiziksel bir etki dalgası ile basınç artışı meydana gelir. Bu basınç artışı özellikle kapalı sistemlerde meydana geldiğinde, oluşan basınçlı gazlar sistem dışına çıkma eğilimi gösterdiklerinden dolayı sistemi oluşturan ekipmanların üzerinde zarar verici etkilerin oluşumuna neden olurlar. Bu durum sonucunda sistemdeki en zayıf noktadan çıkma eğilimi göstererek çevreye hem kütle hem de enerji olarak yayılırlar. Bu yayılım etkisi şok dalgaları olarak tanımlanır.

Bir patlama olayı; yanıcı maddenin havadaki konsantrasyonuna, hava (oksijen) miktarına, tutuşturucu kaynağa, kapalı veya açık alanın boyutuna ve benzeri faktörlere bağlı olarak beş ana unsurun meydana getirmesi ile mümkündür (Şekil 3.1.) [8].



Şekil 3.1. Patlama beşgeni

Şekil 3.1. patlama beşgeni; yanıcı maddenin havadaki konsantrasyonuna, hava (oksijen) miktarına, tutuşturucu kaynağa, kapalı veya açık alanın boyutuna ve benzeri faktörlere bağlı olarak beş ana unsurun meydana getirmesi ile mümkündür [8].



Şekil 3.2. Patlama aralıkları

Şekil 3.2.'de patlama aralıkları görülmektedir. Patlama aralığı, sıcaklık ve konsantrasyondan etkilenmektedir.

- Bu grafiğe göre, bir patlama olayının meydana gelebilmesi için; Patlayıcı karışım, oksijen, kıvılcım ısı-sıcaklık, açık alev veya statik elektrik gibi “Ateşleme Kaynakları”nın aynı anda bulunması gerekmektedir.

3.2. Patlama Çeşitleri

Kimyasal patlama: Homojen Patlama: Reaksiyon bölgesi ayrılmaz,

1. Termal patlama, kendiliğinden ısınarak endo termik olarak oluşur.
2. Fotokimyasal patlama, ışıkla oluşur.
 - Heterojen Patlama: Reaksiyon bölgesi hareketlidir.
1. Deflegrasyon, Patlayıcı karışımın ses hızının altında kimyasal reaksiyonla yayılmasıdır.
 - Detonasyon ; Yüksek enerjili karışım, birleşim vs.kapalı bir hacimde patlaması ile birlikte evreye şok dalgaları oluşmasıdır [9].

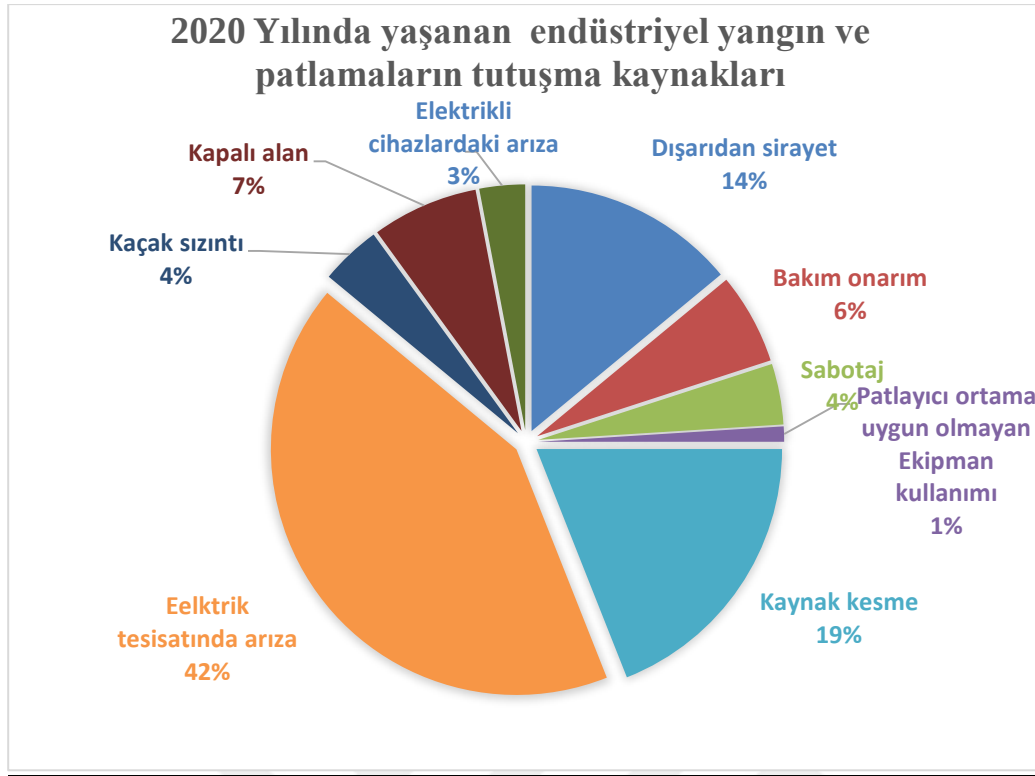
Fiziksel patlama: BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion): Sıvının kaynaması noktası üzerinde bir sıcaklıkta ve basınçta hızla kapalı kabın patlaması ile oluşur.Kaynayan sıvı genleşen buhar patlamasıdır [10].

3.3. Endüstriyel Yangın ve Patlamaların Tutuşturma Kaynaklarını ve Oluş Biçimlerini Şu Şekilde Sıralayabiliriz

- Açık Alev ; Sıcak çalışmalar (kaynak, kesme vs.),
- Bakım onarım çalışmaları, Aşırı malzemelerin ısınması,
- Tesis dışı oluşabilecek yangınlardan dolayı tesise sirayet edilmesi,
- Makine ve iş ekipmanlarından kıvılcım sonucu yangın oluşması.,
- Elektrikli iş ekipmanları, elektrik tesisatlarında oluşabilecek arıza, kaçak, kıvılcım sonucu yangın oluşması.
- Yanıcı parlayıcı kimyasal bulunan tank, boru vs.kaçak-sızıntı oluşması.
- Tesisin yeterince paratonel koruma alanı içerisinde olmaması ve tesis üzerine yıldırım düşmesi.
- Kasıtlı olarak yangın, patlama sabotaj oluşturulması.
- Yanıcı ve parlayıcı kimyasal alan içerisinde sigara içilmesi

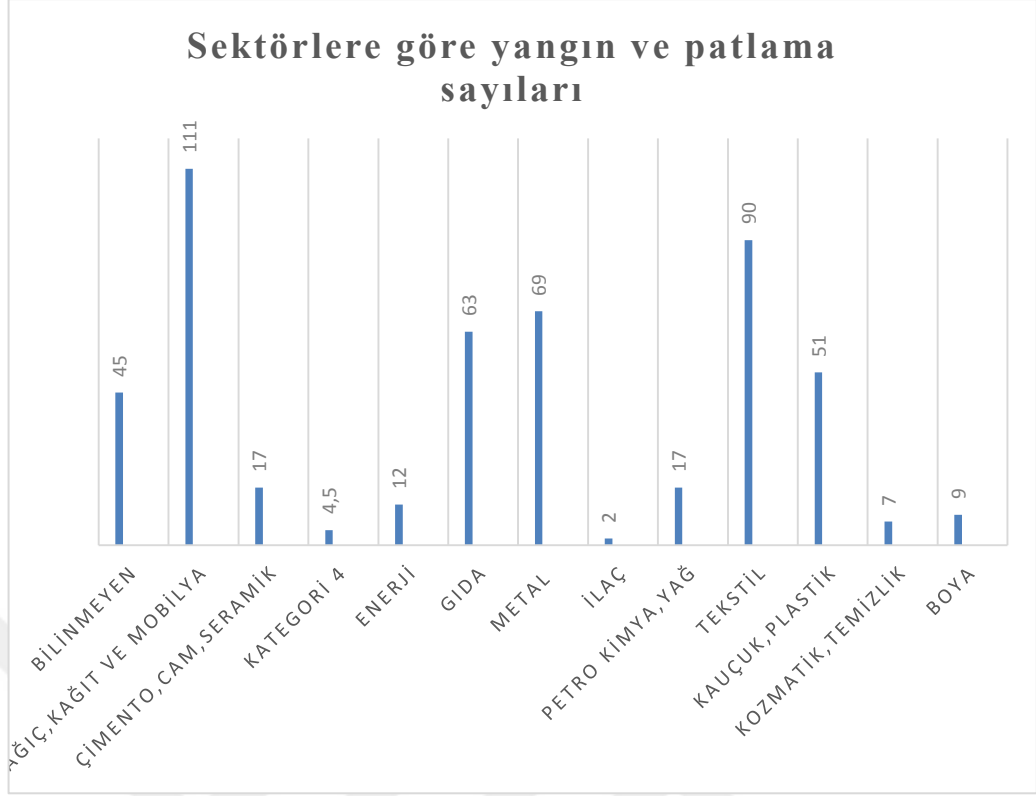
İstemsiz kimyasalların tepkimeye girerek yanma ve patlama reaksiyonları oluşturması [11].

Kazaların kök nedenleri incelendiğinde; kazaların % 44'ünün bakım kaynaklı olduğu tespit edilmiştir [6].



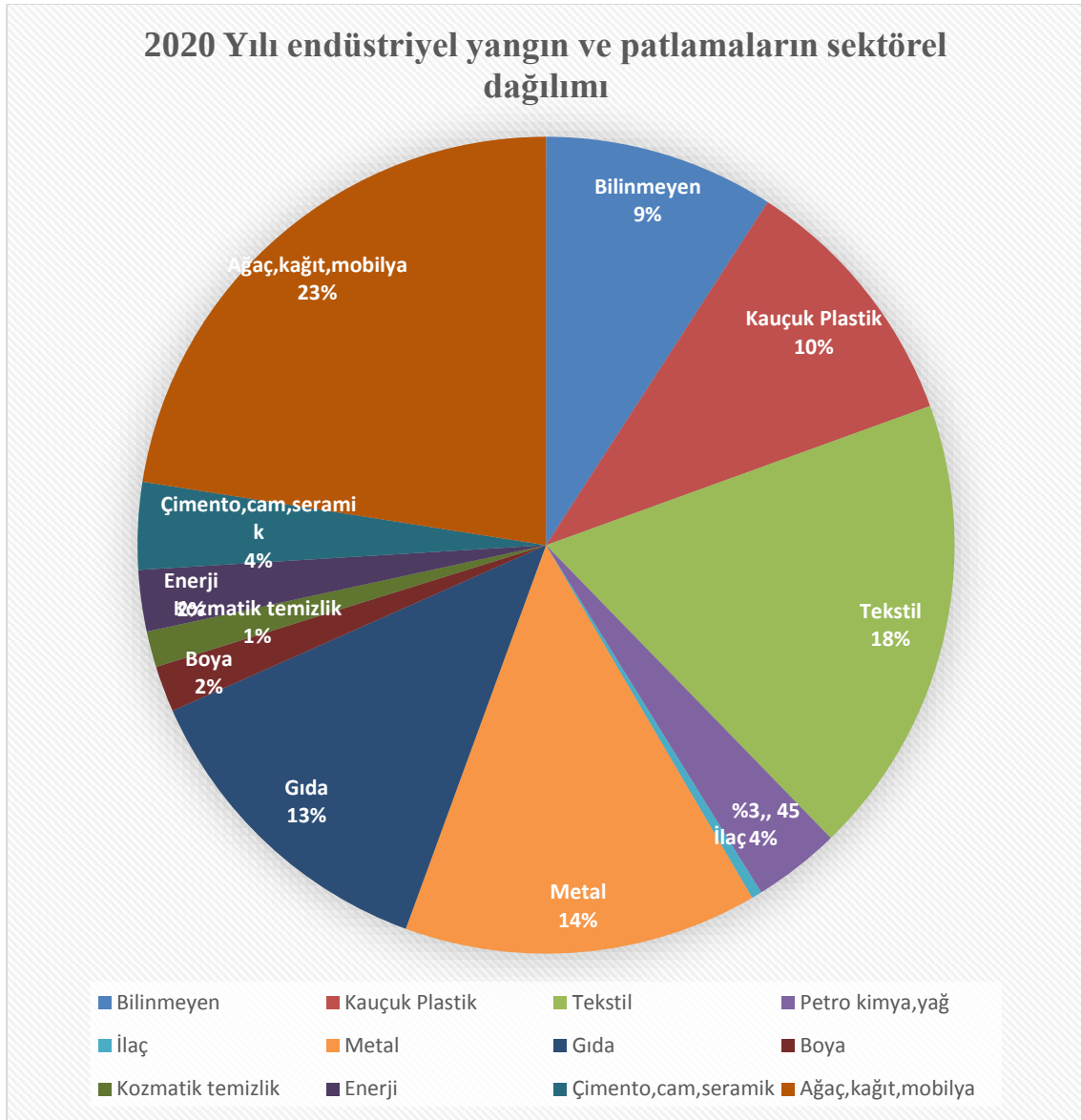
Şekil 3.3. 2020 Yılında yaşanan endüstriyel yangın ve patlamaların tutuşma kaynakları [11].

Şekil 3.3.'te görüldüğü üzere, 2020 yılı TMMOB Kimya Mühendisleri Odası tarafından hazırlanan rapor verilerine göre; Ülkemizde yaşanan yangın ve patlamaların tutuşma kaynaklarını şu şekilde sıralayabiliriz; Elektrikli kaynaklar (%3), Kapalı alan-sınırlı alanlar (% 7), Kaçak ve sızıntılar (%4), Elektrik tesisatında arıza (%42), Sıcak çalışmalar (Kaynak-kesme) (%19), Patlayıcı ortama uygun olmayan ekipman kullanımı (%1), Sabotaj(%4), Bakım –onarım (%6), Dışarıdan Sirayet (%14)



Şekil 3.4. Sektörlere göre yangın ve patlama sayıları.

Şekil 3.4’te görüldüğü üzere 2020 yılı TMMOB Kimya Mühendisleri Odası tarafından hazırlanan rapor verilerine göre; Endüstriyel yangın ve patlamaların Sektörlere göre sayıları grafikte verilmiştir [11];Grafığe göre 2020 yıllarında yaşanan endüstriyel yangın ve patlama vakalarının sektörel bazda incelediğimizde ;Ağaç, kağıt ve mobilya 111 adet, çimento, cam ve seramik 17 adet, enerji 12 adet, gıda 63 adet, metal 69 adet, ilaç 2adet, petro kimya, yağ 17 adet, tekstil 90adet, kauçuk, plastik 51 adet, kozmetik, temizlik 7 adet, boya 9 adet ve bilinmeyen de 45 adettir.



Şekil 3.5. 2020 yılı yangın ve patlamaların sektörel dağılımı.

Şekil 3.5.'te görüldüğü üzere 2020 yılı TMMOB Kimya Mühendisleri Odası tarafından hazırlanan rapor verilerine göre; yangın ve patlamaların sektörlere göre dağılımları grafik'te verilmiştir [11]. Endüstriyel yangın ve patlamaların sektörel dağılımına bakıldığında; metal(%14), tekstil (%18), ağaç, kağıt, mobilya (%23), kauçuk ve plastik (%10), gıda (%13), petro kimya, yağ (%3, 45), ilaç (%4), boya (%2), kozmetik ve temizlik (%1), enerji (%2), çimento, cam (%4) endüstriyel yangın ve patlamaların yaklaşık %9 'unun ise, sektörü tespit edilememiştir.

3.4. Patlayıcı Ortamlar İçin Alınması Gereken Önlemler

Yangın ve patlamalar önlenemez olaylar değildir. Tüm Çalışanların yanıcı ve patlayıcı ortam tehlike ve risklerinden korunması için alınması gereken önlemler mevzuatlarda ve yönetmeliklerde belirtilmiştir. İlgili mevzuat ve yönetmeliklerin tesis ortamında açısından değerlendirildiğinde iki temel alanda gerekli önlemlerin alınması gerekir. Bunlar yönetsel-organizasyonel önlemler ve patlama riski bulunan ortamların zararlı etkilerini önleme ile ilgili proaktif önlemler olarak tanımlanabilir [12].

3.4.1. Yönetsel-organizasyonel önlemleri

Çalışanların etkin eğitimi: İşyerinde patlayıcı ortam oluşması muhtemel yerlerde görev yapan tüm çalışanlara, patlamadan korunma konusunda mevzuatlara ve teknik gelişmelere uygun hazırlanan eğitim içeriklerine sahip oluşturulmuş eğitimler tecrübeli yetkin eğitmenlerce ve proaktif yaklaşımı hedefleyen kapsamlı bir eğitim organizasyonu gerçekleştirilmeli ve ihtiyaç duyulan aralıklarla yenileme eğitimleri yapılmalıdır.

- Patlama konusunda tehlikeli yerlerde ve İSG açısından risk teşkil eden ve patlamayı tetikleyecek tüm çalışma yerlerinde yapılacak çalışmalarda, işverenin talimatlarına uygun yapılmalıdır.
- Çalışma izinlerinin verileceği işlerin yapılmasında ve başka çalışma alanlarını etkileyerek tehlike oluşturabilecek diğer işlerin yapılmaya başlanmasından önce tüm riskleri ortadan kaldırmak için, yazılı çalışma izin sistemi eksiksiz uygulanmalıdır.
- Çalışma izinlerinin verileceği tehlikeli işlerle ilgili, bu konuda yetkili, çalışma alanları konusunda tecrübesi bulunan kişi tarafından işi yapacak çalışanlara, iş yapılacak yerdeki sorumlu çalışanların tümüne tehlikeli işler yapılmadan önce yazılı olarak eğitim verilmeli gerekli kontrol ve önlemler alındıktan sonra çalışma izni konusunda çalışmanın yapılması sağlanmalıdır.

3.4.2. Koordinasyon, işbirliği ve denetim

Tüm birimler arasında çok etkili koordinasyon ve işbirliği sağlanmalıdır. Tüm birimler denetlenmeli denetleme sonucu görülen aksaklıkları önlemek için hiç vakit kaybetmeden aksiyon alınmalıdır.

3.5. Patlama Riski Bulunan Ortamların Zararlı Etkilerini Önleme İle İlgili Proaktif Önlemler

- Doğası gereği patlama özelliği bulunan alevlenebilir gazlar ve alevlenebilir sıvıların üzerindeki buharların, pulverize hale gelmiş gazların maddenin yapısına göre spesifik konsantrasyonlarda patlama sınırına gelmesini engellemek benzer şekilde çoğunlukla organik yapıdaki doğal ve sentetik yapıdaki maddelerin tozları (Un, şeker, nişasta, kahve, baharat, selüloz gibi bitkisel kökenli tozlar, kömür tozu gibi maden kaynaklı tozlar, esterlerin metaller ile yaptığı tuzların çok ince partiküle sahip tozları, petrol türevli plastiklerin tozları ve organik maddelere oranla daha az sayıdaki metal tozları) ve bazı oksijenle reaksiyona girme özelliği yüksek olan metal tozlarının ortamda birikmeleri, yayılmaları, kapalı alanlarda patlayıcı atmosfer oluşturmalarının önlenmesi için kaynağında azaltma ve mühendislik önlemleri alınmalıdır.
- Yukarıda belirtilen patlayıcı ortam riski bulunan maddelerin ortamda karışım halinde bulunması durumunda her bir maddenin patlama limitleri belirlenir. Bu maddelerin patlayıcı ortamda en yüksek riske sahip olan maddeye göre koruyucu önlemler alınmalı ve alınacak bu önlemlerin diğer maddeler üzerinde güvenlik açığı oluşturup oluşturmayacağı irdelenmeli ihtimal var ise önlemler tekrar gözden geçirilerek bütünleşik bir önlemler uygulanmalıdır.
- Patlayıcı maddelerin her bir madde için spesifik olan belirli bir partikül boyutuna ulaşması yanında, ortama yayılması, belirli bir kapalı alanda yoğunlaşması, oksijen gibi tutuşturucu kaynak gibi patlama beşgenindeki bu dört parametrenin yanında patlamanın gerçekleşmesine neden olan aktivasyon enerjisi sağlayan açık alev kaynağı, kıvılcım veya statik elektrik kaynaklarına karşı patlayıcı ortamın oluşmaması için gerekli statik elektrik, kıvılcım ve alev kaynaklarının oluşmasını engellemek için tesiste çalışan tüm çalışanların işletmeye girişte statik elektrik deşarj edecek levhaların bulundurulması, ayrıca personelin iş kıyafetleri ile kullandıkları kişisel koruyucu donanımların antistatik özellikte olması sağlanmalıdır.
- Tesiste kullanılacak tüm yapı elemanları, proses ekipmanları, bağlantı elemanları ve koruyucu sistemlerin, tesis içerisinde elleçlemede kullanılan forklift, vinç vb. gibi iş ekipmanlarının ve benzer şekilde patlama riski teşkil

edecek tüm ekipmanların tasarım, montajı, inşası, bakım onarımı esnasında oluşabilecek tüm risklerin önlenmesi için gerekli tüm önlemler alınmalıdır.

- Çalışma ortamında gerekli görülmesi halinde çalışılan patlayıcı maddelerin patlama şartlarının limit değerlere gelmeden güvenli önlem alınmasını sağlanmalıdır.
- Patlama riski bulunan ortamlarda bir tehlikeli durumun oluşması durumunda tüm çalışanların riskli alandan ivedi bir şekilde hızlı olarak zarar görmeden toplanma bölgesine ulaşmasını sağlamak teorik eğitimler verilmeli, tatbikatlar yapılmalı ve her an işler hale getirilmelidir.
- Patlayıcı ortamların oluşmaması veya etkisinin azaltılması için yapılan risk değerlendirmesi sonucunda gerekli görülmesi durumunda ;
 1. Sürekli enerji kaynaklarının herhangi bir durumda devre dışı kalması durumunda proses ekipmanlarının, güvenlik ekipmanlarının ve sistemin sorunsuz işlemesi için gerekli yedek enerji kaynakları çalışır durumda olmalı ve sistemin sorunsuz olarak çalışmasını mümkün hale getirilmelidir.
 2. İşletmede patlayıcı maddelerle reaksiyonun gerçekleştirildiği ortamlarda proses şartlarının otomatik olarak takip edilirken meydana gelecek olumsuz proses şartlarındaki sapmanın meydana geldiği ekipmandaki arıza ilişkili olan diğer otomatik ekipmanlara ve güvenlik sistemlerini tehlikeye atmayacak şekilde el ile müdahale edilmesi sağlanmalı. Bu el ile müdahale işlemi sadece yetkili kişiler ve bakımıcılar tarafından gerçekleştirilmelidir..
 3. Sistem herhangi bir sebeple acil olarak durdurulması halinde, sistemdeki birikmiş enerjinin en kısa sürede ve güvenlik riski oluşturmayacak şekilde deşarj edilmeli ve Sistem izole edilmelidir [13].

3.6. Patlamadan Korunma Tedbirleri

Tablo 3.1. Patlamadan korunma tedbirleri

1. Öncelikli	2.Öncelikli
a-Tehlikeli patlama atmosferi oluşumun engellenmesi	a-Tutuşmanın önlenmesi
b-Patlayıcı karışım oluşabilecek maddelerin engellenmesi	b-Etkili tutuşma kaynaklarının belirlenmesi
c-Konsantrasyonun patlama sınırları dışında tutulması	c-Tehlikeli bölgelerdeki (Bölge kuşak-lar) korunma tedbirleri
d-İntertizasyon	
3.Öncelikli	
a-Patlama etkisinin sınırlandırılması	
b-Basınca dayanıklı yapı inşa edilmesi	
d-Patlamayı kontrol altında tutma	

Patlamadan korunma tedbirleri tabloda gösterilmiştir. Öncelik sırasına göre patlamadan korunma tedbirleri alınmalıdır.

3.6.1. Ekipmanlar ve koruyucu emniyet sistemlerinin seçiminde uyulacak kriterler

İşletmede patlama riski oluşturabilecek tüm cihaz ve ekipmanlar ve koruyucu emniyet sistemleri, Muhtemel Patlayıcı Ortamda Kullanılan Teçhizat ve Koruyucu Sistemlerle İlgili Yönetmelikte (94/9/AT) yer alan kategorilere göre belirlenir. Partikül boyutuna sahip patlayıcı özelliğe sahip tozların bulunduğu ortamlarda aşağıda kaynak olarak belirtilen mevzuatın bölgelere göre öngördüğü ekipmanlar kullanılması zorunludur [14].

4. YANICI SIVI, BUHAR VE GAZ MADDELERİN PATLAMA RİSKİNİN DEĞERLENDİRMESİ

4.1. Emniyet Prensipleri

Parlayıcı madde bulunduran, depolanan veya işlenen prosesler, işletmeler, tesisler içerisinde herhangi bir nedenle parlayıcı maddeler sızdırmayacak ve sızdığına da çok fazla bir alana yayılmayacak şekilde, tasarlanmış ve tesis edilmiş olmalıdır. Gerekli bakımlar ve kontroller yapılmalıdır. Parlayıcı madde salınım frekansı, sızma bölge mesafeleri ve olasılıklarının düşürülmesi için gerekli tasarım, düzenlemeler yapılmalıdır. Bakım çalışmalarında belirlenen zone bölgelerine göre yapılmalıdır.

Parlayıcı sıvı sızma ve Patlayıcı gaz ortamı olan ve olma ihtimali olan durumlarda aşağıdaki önlemler alınır:

- Sızma kaynağı etrafında yayılan veya yayılma olasılığı olan patlayıcı ortamın devre dışı edilmeli veya:
- Salım kaynağı devre dışı edilemiyor ise bu civardaki ateşleme kaynağı elimine edilmelidir.

Belirtilen önlemler alınamıyor ise, koruyucu önlemler, proses ekipmanları veya yeni sistem ve yöntemler seçilerek patlayıcı ortam oluşma tehlikesi önlenmelidir.

4.1.1. Bölge sınıflandırma amaçları

Tehlikeli bölge sınıflandırması, patlayıcı ortam oluşma olasılığı bulunan alanlarda bulunan iş ekipmanlarının emniyetli şekilde çalışmasını sağlamak için oluşturulan metoddur.. Patlayıcı ortam için risk değerlendirilme çalışması da denilebilir. Bu değerlendirmede (risk analizinde) patlayıcı ortamı oluşturan gazın patlama özellikleri, gaz grupları, ortam koşulları ve sıcaklık sınıfları da dikkate alınmaktadır. Saha sınıflandırmanın (tehlikeli bölge belirlemenin) iki ana hedefi vardır, birincisi tehlikeli bölge (Bölge (Kuşak)) tiplerinin, ikincisi de Bölge (Kuşak) mesafesinin belirlenmesidir.

Yanıcı, parlayıcı madde işlem yapılan proses, işletmelerde patlayıcı ortam oluşmasını önlemek her zaman mümkün olmayabilir. Kullanılan İş ekipmanlarının ateşleme

kaynağı oluşturmasını da önlemek çoğu durumlarda olası olmayabilir. Patlama riski oluşma olasılığı yüksek olan yerlerde patlama kaynağı oluşturma ihtimali az olan güvenilir iş ekipmanları kullanılmalıdır. Patlayıcı ortama karşı koruyucu iş ekipmanları ve aletler kullanılması işletme, proses, tesisler vs.buna göre tasarlanmalıdır.

4.1.2. Patlama riskinin değerlendirilmesi

Tehlikeli bölgelelerin belirlenmesinden sonra, risk değerleri yapılarak tanımlanan tehlike bölgelerine uygun katagorilerde ekipmanlar kullanılması belirlenmelidir.

Bazı yerler ve hallerde ihmal edilebilir çok küçük boyutta, tehlikeli bölgeler ve bu gibi yerleri tehlikesiz, temiz bölge olarak değerlendirme ile karşılaşılabilir. Bu gibi bölgelerin patlama durumunda sonuçları ve etkisi az olduğundan dolayı ihmal edilebilir düzeyde olabilir [15].

4.1.3. Kişisel yetkinlik

Tehlikeli bölge mesafe ve sınıflamasını yapan kişi, tesiste kullanılan yanıcı ve parlayıcı kimyasal maddelerin SDS özelliklerine göre patlayıcı ortamın oluşabilme ihtimali ile ilgili önemini gaz ve buhar yayılmaları ile ilgili hesaplamaları çok iyi bilmeli ve tesiste kullanılan techizat hakkında bilgi sahibi olmalıdır.Tehlikeli bölge sınıflamaları hakkında bilgi sahibi olmalıdır. Uygun görülen hallerde ve aralıklarla çalışanlar eğitilmeli ve bilgilendirilmelidir [13].

4.1.4. Tutuşturucu kaynaklar

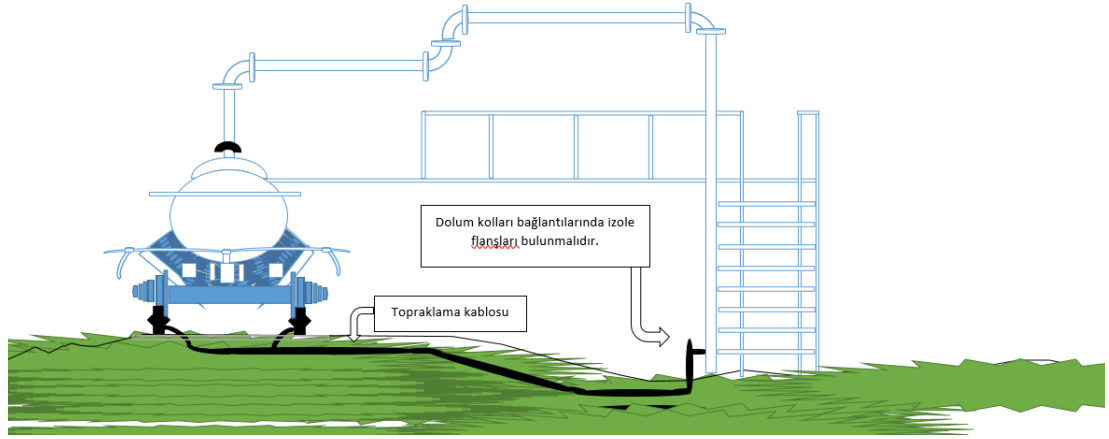
Muhtemel patlayıcı ortamda bulunan tutuşturucu kaynaklar gerekli düzeltici, önleyici, sınırlayıcı ve kontrol tedbirlerinin alınabilmesi için çok önemlidir.

4.1.5. Statik elektrik

Statik elektrik, iki farklı maddenin birbiri ile sürtünmesi, hat-boru vs.içerisinden sıvı kimyasalların geçmesi gibi durumlarda oluşan elektrik yükleridir.Araçların dolumunda önceliği bulunan konulardan biridir. Topraklama bağlantısı, araçlar dolum-boşaltım yapılmadan önce yapılmalıdır. Topraklama bağlantısı araçları statik yük oluşmasını ve birikmesini önleyerek kıvılcım oluşması önlenir [16].

1. Topraklama Kontrol Sistemi

Topraklama bağlantısı yapılmadan araç dolum ve boşaltıma izin verilmez.



Şekil 4.1. Topraklama Kontrol Sistemi

Statik Elektrik Tehlikesine Sebep olan Dolum Aktiviteleri:

2. Dolum ve boşaltım sırasında statik elektrik sıçrama
3. Statik elektrik oluşmasını önleyici iş ekipmanlarının kullanılmaması
4. Anti statik giysi ve kişisel koruyucuların kullanılmaması

4.1.6. Kimyasal tankerlerin dolumunda alınması gereken önlemler:

1. Statik elektrik oluşmasını önlemek için topraklama sistem bağlantılarını yapın.
2. Hızlı dolum yapmayın.
3. Kimyasal maddelerin buharlarından etkilenmemek için sadece dolum yapılan bölmenin kapağını açın.
4. Bölme içerisine dolum hortumunda pislik, kirlilik var ise dolum yapmayın.
5. Dolum hortumunun tabana kadar uzandığından emin olun.
6. Dolum hortumu dolum sırasında oluşan yüklerin boşalması için belirli bir süre beklenmelidir.
7. Gerekli uygun ve anti statik kişisel koruyucular kullanın.
8. Uygun yangın söndürücüleri hazır bulundurun.

Aşırı Dolum;

Kimyasal sıvı dolumu sırasında seviyenin ölçüleceği sensör bulundurulmalıdır. Sensör alarm verdiğinde dolumu ve pompa sistemi durduracak sistem bulundurulmalıdır. Tümiş ekipmanları kıvılcım çıkarmayan belirlenen tehlike sınıfına

uygun ekipmanlar olmalıdır. Tüm bağlantılar ve flanş atlama civataları topraklanmalıdır.

Aşırı dolumu önlemek için:

- Seviyenin yüksek olduğunu bildiren sensör alarmları olmalıdır.
- Seviyenin yüksek olduğunu bildiren sensör alarmları otomatik kapatma sistemine bağlanmalıdır.
- Kimyasal sıvının miktarını ölçen kıvılcım çıkarmayan, statik elektrik oluşturmeyen ölçüm cihazları kullanın.

2. Drive-away

Kimyasal taşıyan araçların dolum ve boşaltımı sırasında hortumun, borunun bağlı iken aracın hareket etmesi, hortumun kıvrılması, yarılması, sızıntı oluşturmaması sağlık, güvenlik ve çevre için tehlikelere ve hasarlara yol açar.

Tanker hareket etmesinin önlenmesi için aşağıdaki önlemlerin alınması gereklidir :

- Aracın önüne duba, bariyer vs. sağlanmalıdır.
- Aracın tekerleklerin altına hareket etmesini önlemek için takoz koyulmalıdır.
- Aracın dolumu tamamlanmadan ve bağlantılar ayrılmadan araç çalıştırılmamalıdır.
- Yangın riskine karşı uygun yangın söndürücü cihazlar bulundurulmalıdır.
- Dolum başlangıcı ve sonlandırılmasına kadar eğitim almış gözlemci eşliğinde süreç tamamlanmalıdır [17].

4.2. Muhtemel Patlayıcı Ortamda Kullanılan Teçhizat Ve Koruyucu Sistemler

4.2.1. I. ve II. grup teçhizatlar

- I. Grup teçhizat

Grizu gazı veya yanıcı tozların bulunduğu madenlerin tehlike ve risk oluşturabilecek yeraltı ve yerüstü tesislerinde kullanılan teçhizatlardır.

- II. Grup teçhizat:

Patlayıcı ortam oluşması muhtemel tehlike bölgelerinde kullanılacak teçhizatlar için geçerli olanlardır [14].

4.2.2. Teçhizatların yüzey sıcaklıklarına göre sınıflandırılması

Teçhizatlar kullanılacakları muhtemel patlayıcı ortamdaki tehlikeli kimyasalın parametrelerine ve ortamın bölge sınıfına göre sıcaklık sınıflarına ayrılmaktadır. Sıcaklık sınıfları Amerikan ve Avrupa görüşüne göre Tablo 4.1.'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Teçhizatların yüzey sıcaklıklarına göre sınıflandırma tablosu [18]

IEC / CENELEC (AVRUPA STANDARDI)	NEC / CEC 500 (AMERİKAN STANDARDI)	MAXİMUM YÜZEY SICAKLIKLARI
T1	T1	450°C (842°F)
T2	T2	300°C (572°F)
	T2A	280°C (536°F)
	T2B	260°C (500°F)
	T2C	230°C (446°F)
	T2D	215°C (419°F)
T3	T3	200°C (392°F)
	T3A	180°C (356°F)
	T3B	165°C (329°F)
	T3C	160°C (320°F)
T4	T4	135°C (275°F)
	T4A	120°C (248°F)
T5	T5	100°C (212°F)
T6	T6	85°C (185°F)

Tablo 4.1.'de Avrupa ve Amerikan standartına göre exproof teçhizatların yüzey sıcaklıkları bilgisi verilmiştir.

4.2.3. Teçhizatların ortam (atmosfer) gruplarına göre sınıflandırılması

Teçhizatların muhtemel patlayıcı ortamlarda baz alınan gaz ve toz gruplarına göre sınıflandırması Tablo 4.2.'de verilmiştir.

Tablo 4.2. Teçhizatların atmosfer gruplarına göre sınıflandırılması [19]

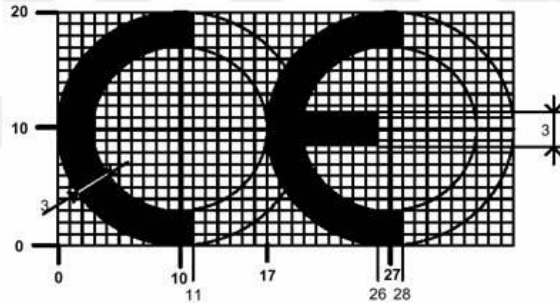
MADDE	ATEX IECEX	KUZEY AMERİKA		
	GRUP	SINIF	NEC/CEC GRUP SİSTEMİ	NEC/CEC ZONE SİSTEMİ
METAN	1	—	Grizulu Ocak	
PROPAN	2A	1	GRUP D	2A
ETİLEN	2B		GRUP C	2B
HİDROJEN	2C		GRUP B	2C
ASETİLEN	2C		GRUP A	2C
UÇUCU LİFLİ TOZLAR	3A	3	—	3A
TAHİL TOZLARI	3B	2	GRUP G	3B
KÖMÜR TOZLARI	3B		GRUP F	3B

METAL TOZLARI	3C		GRUP E	3C
---------------	----	--	--------	----

Tablo 4.2.'de exproof teçhizatların atmosfer gruplarına göre sınıflandırılmaları mevcuttur.

4.2.4. Teçhizatların işaretlenmesi ve etiketlenmesi

- Muhtemel patlayıcı ortamlarda kullanılacak olan tüm teçhizat ve koruyucu sistemlerde aşağıdaki bilgiler bulunmalıdır.
 1. İmalatçının adı ve adresi,
 2. /CE işareti
 3. Seri veya tip işaretlemesi,
 4. Varsa, seri numarası,
 5. İmal yılı,
 6. Teçhizat grup ve kategorisinin simgesi ardından patlamaya karşı korunma özel işareti



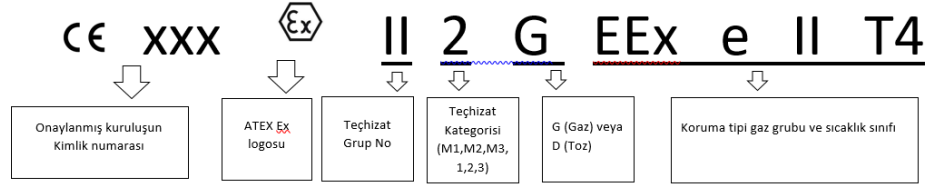
Şekil 4.2. CE işaretlemesi örneği [23]



Şekil 4.3. Teçhizatın patlamaya karşı korunma özel işareti örneği

1. Etiketleme örnekleri
 - ATEX teçhizat etiketleme örneği

Kullanılan teçhizatların etiketleri aşağıdaki örneğe uygun olmalıdır:



Şekil 4.4. ATEX’ e göre teçhizat etiketleme örneği [20]

4.3. İşyerinde Patlayıcı Ortam Oluşma İhtimali ve Bu Ortamın Kalıcılığı

4.3.1. İşyerinde bulunan tehlikeli yerlerinde kullanılan iş ekipmanlarının tasarımı, işletilmesi, kontrolü ve bakımı iş güvenliği kurallarına uygun olarak yapılmalıdır.

İşyerinde kullanılan tüm ekipmanın 25/4/2013 tarihli ve 28628 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliğine uygunluğu sağlanmalıdır.

4.3.2. İşyerinde bulunan tutuşturucu kaynaklar;

İşyerinde oluşabilecek, tutuşturucu kaynakların bulunma, statik elektrik oluşma ihtimalleri değerlendirilmelidir.

4.3.3. İşyerinde patlamanın önlenmesi ve patlamadan korunma için mevcut önlemler;

İşyerinde patlamaların oluşmaması için önlemler almak, bunlardan korunmayı sağlamak amacıyla yapılan çalışmalara uygun olan teknik ve organizasyona yönelik önlemler alınmalıdır. Bu önlemler alınırken aşağıda belirtilen temel ilkelere ve verilen öncelik sırasına uyulmalıdır.

4.3.4. Patlayıcı ortam oluşmasını önlemek için alınan önlemler

İşyeri genelinden patlayıcı ortamların oluşmasını önlemek için alınmış spesifik önlemler bulunmalıdır. Proseslerde ATEX ekipman kullanılmalıdır. İSG çalışmalarına yönelik ilgili bazı bölümlerde havalandırma sistemleri mevcut olmalıdır. Yıldırım riskine karşı tüm tesis paratoner ile korunmalıdır. Kimyasalların güvenlik bilgi formları mevcut olmalıdır.

4.3.5. Patlamanın zararlı etkilerini azaltacak önlemler

İşletmede tüm personelin sağlık ve güvenliklerini sağlamak için patlayıcı ortamların önlenmesi ve etkilerinin azaltılması ile ilgili tüm önlemler belirlenmeli ve eksiksiz uygulanmalıdır.

4.3.6. İşyerinde patlayıcı ortam oluşma olasılığı bulunan bölgelerde güvenli çalışma şartlarını sağlamak için yapılanlar;

İSG bölümü güvenli çalışma talimatları oluşturmuş ve bu talimatlara uygun çalışılması için tüm bölümlere tebliğlerde bulunmuştur.

4.3.7. Parlama ve patlama riskinin değerlendirilmesi

Bu bölümde; işyerinde, parlama ve patlama riskine karşı 29.12.2012 tarihli ve 28512 numaralı Resmî Gazete’ de yayınlanan İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliğine uygun olarak risk değerlendirmesi yapılacaktır.

4.3.8. Risk değerlendirme uygulaması

Risklerin derecelendirilmesi için tüm dünya da kullanılan ve güvenilir bir risk analiz türü olan Fine-Kinney risk analiz metodu kullanılmıştır.

4.3.9. Fine-kinney risk değerlendirme yönteminin uygulanması

- Risk Gerçekleşme Olasılığı

İşyerinde gerçekleştirilen faaliyetlere ilişkin, analizlerde belirlenen risklerin mevcut yapı ve olanaklar dahilinde gerçekleşme olasılığını belirtir.

Gerçekleşme olasılığı, o riskin bertarafı için belirlenen tedbirlerin yerine getirilmesinden sonra tekrar değerlendirilmeli ve ilave tedbirlere ihtiyaç olup olmadığı, riskin kabul edilebilir düzeye düşürülüp düşürülmediği kontrol edilmelidir.

- İşyerinde Patlayıcı Ortam oluşma İhtimali ve Kalıcılık Süresinin Hesaplanması

Tesisdeki muhtemel patlayıcı ortamların hesaplamasında sıvı, gaz, buhar veya sisler için TSE EN 60079-10-1 standardında hesaplama yöntemleri kullanılacaktır.

4.4. Muhtemel Patlayıcı Ortam Oluşturabilecek Tehlikeli Kimyasallar Güvenlik Parametreleri

Tablo 4.3. Tehlikeli Kimyasallar Güvenlik Parametreleri

Yanıcı madde	:	White spirit
CAS No	:	64742-80-9
Bileşim	:	Karışım
Yoğunluk (kg/m ³)	:	790
Mol kütlesi (kg/kmol)	:	150
Gazın havaya görebağıl Yoğunluğu	:	4, 50
Adiyabati k genleşme nin politropik indeksi	:	1, 10
Parlama Noktası 0_C	:	38
Tutuşma Sıcaklığı 0_C	:	240
Kaynama Noktası 0_C	:	140
Uçuculuk 20 0_C 'taki buhar basıncı kPa	:	0, 60
LFL %vol	:	0, 6
Yanıcı madde	:	Toluen
CAS No	:	108-88-3
Bileşim	:	$C_6H_5CH_3$
Yoğunluk (kg/m ³)	:	866
Mol kütlesi (kg/kmol)	:	92, 14
Gazın havaya görebağıl Yoğunluğu	:	3, 18
Adiyabati k genleşme nin politropik indeksi	:	1, 10
Sabit basınçta özgül ısı -C _{pj} /kgK	:	1, 842E+03
Parlama Noktası 0_C	:	4
Tutuşma Sıcaklığı 0_C	:	480
Kaynama Noktası 0_C	:	111
Uçuculuk 20 0_C 'taki buhar basıncı kPa	:	1, 830
LFL %vol	:	1, 1

4.5. Patlamadan Korunma Dokümanı Hazırlanmasına İlişkin Esaslar

- Amaç

Patlamadan Korunma Dokümanının hazırlandığı tesislerde amaç, çalışanların işyerinde parlayıcı ve patlayıcı maddelerden kaynaklanan potansiyel patlayıcı ortamların tehlikelerinin herhangi bir olumsuz durumda ortaya çıkması muhtemel sağlık, fiziksel ve çevre risklerinin maddi ve manevi zararlı etkilerden korumak için alınması gereken proaktif önlemlere ilişkin mevcut durumun yapılacak olan kalitatif ve kantitatif risk analizleri ile değerlendirilerek işyerinde oluşabilecek muhtemel bir patlamanın önlenmesi veya etkilerinin azaltılması için tehlikeli yerlerin tespit edilerek ilgili mevzuat, ulusal veya uluslararası standartlar ve kaynaklar rehberliğinde düzeltici, önleyici ve kontrol tedbirlerinin belirlenmesi ve bu aksiyonlar ile ilgili tüm personele

oluşturulan etkin eğitimlerle ileri düzeyde bilinç ve farkındalık kazandırmak ve sürdürülebilirliğini sağlamaktır.

- Kapsam

Bu doküman ilgili tesiste bulunan muhtemel patlayıcı ortam oluşturabilecek parlayıcı ve patlayıcı maddeleri, yayılma kaynakları, bulundukları tehlikeli yerleri, işyeri bölümü, iş ekipmanları, teçhizat, tesis ve prosesleri ve havalandırma, ortam gibi çevresel faktörleri kapsamaktadır.

- Dayanak

Bu Patlamadan Korunma Dökümanı;

1. 30.04.2013 tarih ve 28633 sayılı Resmî Gazete 'de yayımlanan Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmeliğe dayanılarak,
2. 30.06.2016 tarih ve 29758 sayılı Resmî Gazete 'de yayımlanan Muhtemel Patlayıcı Ortamda Kullanılan Teçhizat ve Koruyucu Sistemler ile İlgili Yönetmeliğe dayanılarak,
3. 19.12.2007 tarih ve 26735 sayılı Resmî Gazete 'de yayımlanan Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmeliğe dayanılarak,
4. 99/92/EC-ATEX 137 sayılı AB Direktifi, EN 60079-10-1, EN 60079-10-2 ve CEI 31-35 standartları
5. Büyük endüstriyel kazaların önlenmesi ve etkilerinin azaltılması hakkında yönetmelik (Resmî gazete tarihi 02.03.2019 resmî gazete sayısı 30702)
6. Maddelerin ve karışımların sınıflandırılması, etiketlenmesi ve ambalajlanması hakkında yönetmelik (SEA) R.G.11/12/2013-28848
7. Zararlı maddeler ve karışımlara ilişkin güvenlik bilgi formları hakkında yönetmelik R.G.13/12/2014-29204
8. İlgili ulusal veya uluslararası standartlar ve kaynaklar rehber alınarak,
9. Hazırlanmıştır.

4.5.1. Patlamadan korunma dokümanı hazırlanması gereken başlıca tesisler, güncellenmesi ve geçerlilik süresi

Patlamadan Korunma Dokümanı; patlama riskinin olduğu, Petrol Rafinerileri, Sıvılaştırılmış Gaz Dolum ve Dağıtım Tesisleri, Akaryakıt Stok Alanları ve

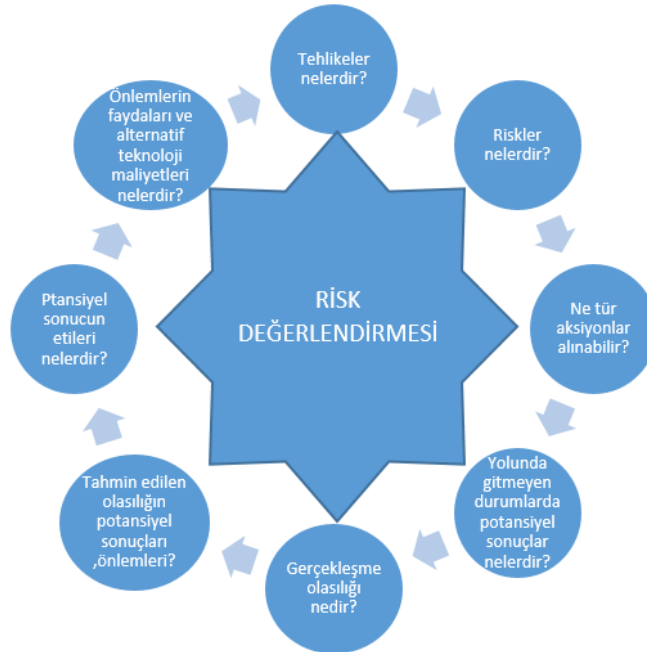
İstasyonları, Benzin Tankları ve Pompaları, Gemiler, Tankerler, Feribotlar, Tahıl Siloları, Boya Fabrikaları, Kimya Endüstrisi, Şeker Endüstrisi, İlaç Sanayi, Un Değirmenleri, Deri İmalathaneleri, Trafo Merkezleri, Fırın ve Elektrostatik Boya Yapan İşyerleri, Kömür Tesisleri vb. gibi tesislerde hazırlanması gerekmektedir.

Patlamadan korunma dokümanı, tesis kurulmadan önce hazırlanır ve tesis tasarımı dökümana göre hazırlanmalıdır. Tesis, işyerinde yapılacak değişiklik veya iş organizasyonunda meydana gelecek önemli bir değişiklik, genişleme, sıkışma veya tadilatın görüldüğü durumlarda yeniden gözden geçirilerek mevcut duruma göre güncellenir.

4.6. Patlamadan Korunma Veya Patlamanın Etkilerinin Değerlendirilmesi

- Risk Değerlendirme

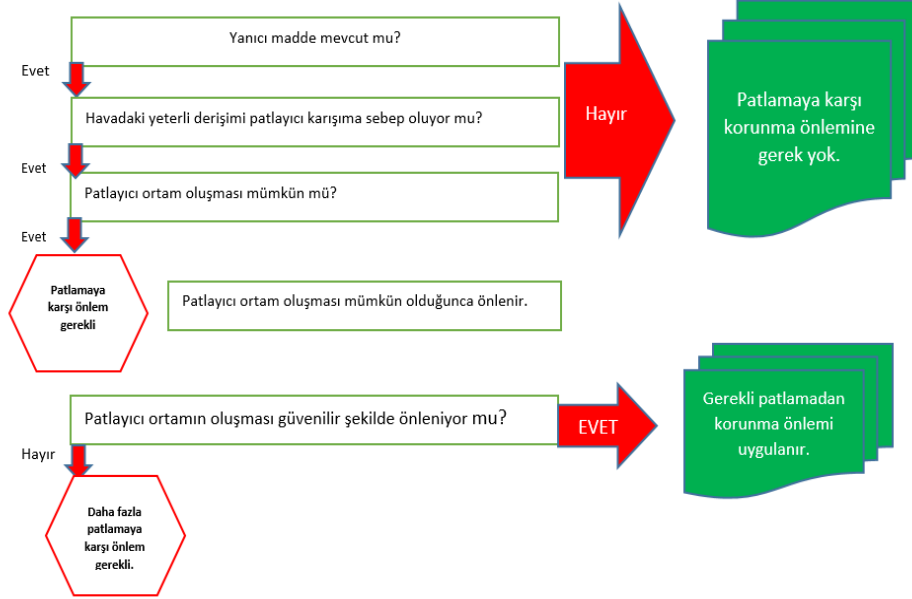
Patlayıcı ortam risk değerlendirme çalışmaları;



Şekil 4.5. Risk değerlendirme çalışmalarında cevap aranacak sorular

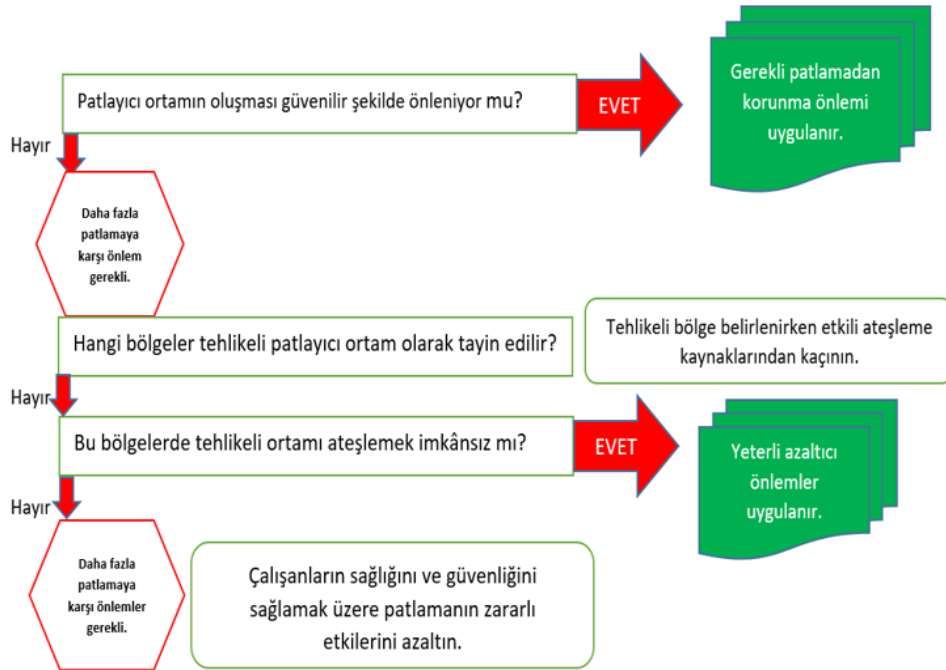
- Risk değerlendirmesine başlamadan hemen önce riskle karşı karşıya kalabilecek çalışanlara risk içerisinde bulunma süresi, tipi, sıklığı, insan faktörü, güvenlik önlemlerinin güvenilirliği ve alınan güvenlik önlemlerinin yetersiz olabilme olasılığı göz önünde bulundurulmalıdır.

- Risk değerlendirmesi yapılan tesisteki tehlikeli yerler belirlenmelidir. Tehlikeli yerler belirlenirken Şekil 4.5.'de ki yönergeler uygulanmalıdır.



Şekil 4.6. İşyerlerinde tehlikeli yerlerin belirlenmesi için izlenecek yönerge

- Muhtemel patlayıcı ortam risk değerlendirmesi yapılırken Şekil 4.6. de ki yönergeler dikkate alınır.



Şekil 4.7. Patlayıcı ortamlarda risk değerlendirmesi yapılırken izlenecek yönerge

Patlayıcı ortam risk analizi yapılırken Şekil 4.7.'de ki yönergeler izlenir.

Tablo 4.4. Muhtemel patlayıcı ortam risk analiz aşamaları;

1. Patlama oluşma tehlikelerinin belirlenmesi ve patlayıcı bir ortamın oluşma ve salım derecesinin ihtimalinin tayini
2. Tutuşma oluşma tehlikelerinin belirlenmesi ve potansiyel tutuşma kaynaklarının oluşma ihtimalinin tayini
3. Tutuşma oluşma durumunda patlamanın muhtemel etkilerinin tahmin edilmesi
4. Tehlike bölgelerinin belirlenerek, söz konusu proseslerde uygun teknik ve organizasyonel önlemlerin tespit edilmesi
5. Patlama sonucu oluşabilecek risk etkilerinin azaltılmasına yönelik tedbirlerin göz önünde bulundurulması
6. Patlamadan korunma için düzeltici-önleyici ve kontrol tedbirlerinin belirlenmesi

4.7. Patlamadan Korunma Dokümanının Hazırlanma ve Uygulama Prosedürü

- İlgili Standartlar ve Kaynaklar

PKD; Aşağıda adı verilen ulusal veya uluslararası standartlar ve kaynaklar rehberliğinde hazırlanacaktır. Önemli standart ve kaynaklar;

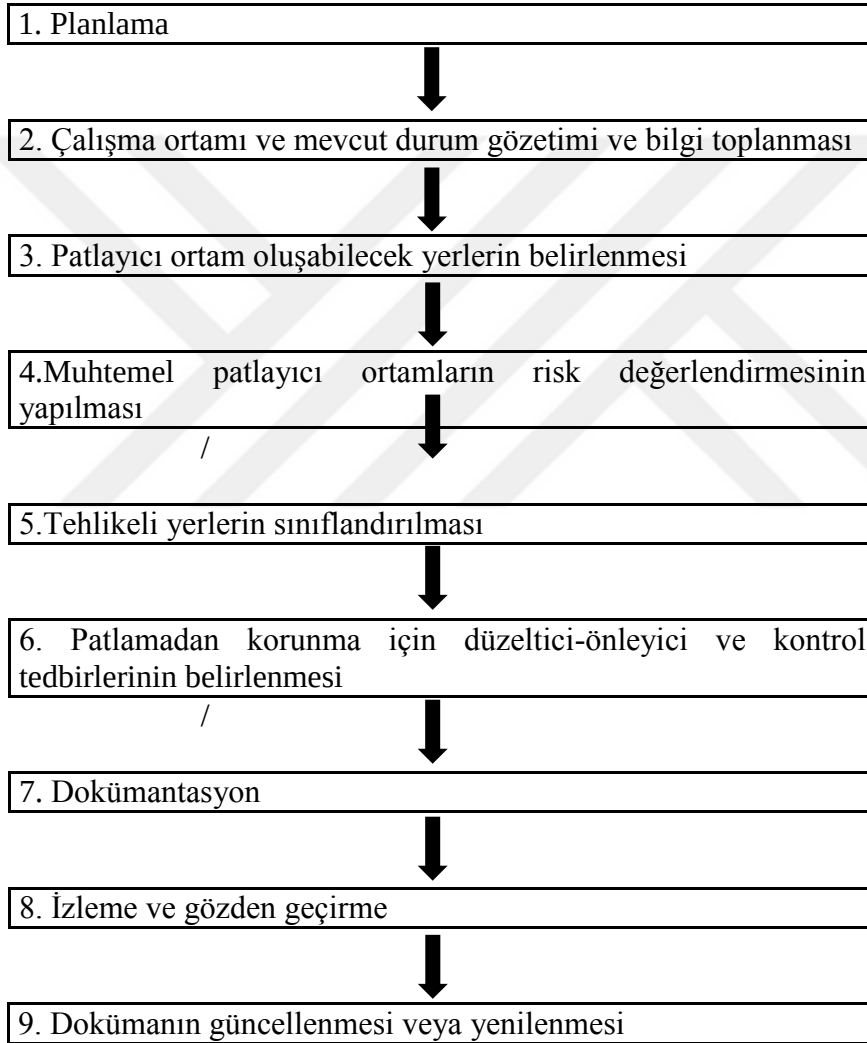
1. TS EN 60079-10-1:2015: Patlayıcı ortamlar- Bölüm 10-1: Tehlikeli bölgelerin sınıflandırılması-Patlayıcı gaz atmosferler
2. TS EN 60079-20-1: Patlayıcı gaz ortamları için elektriksel cihazlar - Bölüm 20-1: Gaz ve buhar sınıflandırması için malzeme özellikleri
3. TS EN 60079-10-2: Tehlikeli bölgelerin sınıflandırılması-Yanıcı toz atmosferler
4. TS EN 60079-14/AC: Elektrikli cihazlar - Patlayıcı ortamlarda kullanılan - Bölüm 14: Elektriksel tesislerin tasarımı, seçimi ve monte edilmesi
5. NFPA 30 : Alevlenir ve Patlayıcı Sıvılar Kodları
6. NFPA 59A: Sıvılaştırılmış Doğal Gazın Üretimi, Depolanması, Yükleme ve Boşaltılması Standardı
7. NFPA 484: Yanabilir Metaller, Metal Tozları
8. NFPA 497: Alevlenir Sıvılar, Gazlar veya Buharların Tehlikelerinin Kimyasal Proseslerdeki Elektrikli Ekipmanlarla Çalışmasının ve Yerleştirilmesinin Değerlendirilmesi ve Sınıflandırılması

9. NFPA 499: Yanabilir Tozların Tehlikelerinin Kimyasal Proseslerdeki Elektrikli Ekipmanlarla Çalışmasının ve Yerleştirilmesinin Değerlendirilmesi ve Sınıflandırılması
10. NFPA 652: Yanıcı Tozların Esasları Standardı

4.7.1. Patlamadan korunma dokümanı hazırlama aşamaları

PKD hazırlama Süreçleri Tablo 4.5. de verilmiştir.

Tablo 4.5. PKD hazırlama aşamaları



- PKD hazırlanmasına ilgili tüm işyerleri için kuruluş gerçekleşmeden plan aşamasında ya da kuruluş safhasından olmak üzere patlama tehlikelerini tanımlama, riskleri tayin etme ve çözümleme, risk kontrol tedbirlerinin kararlaştırılması, tehlikeli bölgelerin belirlenmesi ve işaretlenmesi, belgelenmesi, yapılan çalışmaların güncel duruma getirilmesi ve gerektiğinde restorasyon süreci izlenerek gerçekleştirilir. Tasarım ve kuruluş aşamasında

yapılmadıysa tesisin gerçekleştirdiği faaliyet ve prosese göre aynı kriterlere göre PKD hazırlanır.

- Çalışanlar için PKD hazırlığı yapılırken, çalışanlara ihtiyaç duyulan her safhada çalışmalara katılımı sağlanarak görüşleri alınmalıdır.

4.7.2. Patlamaların önlenmesi ve patlamadan korunma

- Patlamaların önlenmesi ve bu gibi durumlardan korunmayı sağlamak amacıyla, yapılan çalışmaların tabiatına uygun olarak teknik ve organizasyona yönelik tedbirler alınır. Bu tedbirler alınırken aşağıda sıralanan temel ilkelere ve öncelik sırasına uyulması gerekir;
 1. Patlayıcı ortam oluşması önlenir,
 2. Yapılan işlemlerin tabiatı gereği patlayıcı ortam oluşması önlenir mümkün değilse patlayıcı ortamın tutuşması önlenir,
 3. Olası patlamanın çalışanlara sağlık ve güvenlik yönünden verebileceği zararlı etkileri azaltacak önlemler alınır.
- A maddesinde ifade edilen önlemler, gerekmesi halinde patlamanın yayılmasını önlemek amacıyla alınan önlemler alınır. Önlemler sistemli olarak ve işyerinde yapılan proses değişikliklerinden sonra güncellenir.

4.7.3. Patlama riskinin değerlendirilmesi

- Risk Değerlendirme Yönetmeliğine göre düzenlenen risk değerlendirmesi çalışmaları yapılırken, patlayıcı ortamlara özgü risklerin analiz edilip değerlendirme yapıldığında aşağıdaki belirtilen hususlar da dikkate alınır:
 1. Patlayıcı ortamın olma olasılığı ve meydana gelen bu ortamın sürmesi,
 2. Statik elektriğinde olduğu tutuşmayı sağlayacak kaynakların bulunması,
 3. Çalışma alanlarında mevcut olan tesislerin ve kullanılan maddelerin muhtemel karşılıklı etkileşimleri,
 4. Meydana gelebilecek patlamanın oluşturabileceği etkisinin büyüklüğü.
- Muhtemel patlayıcı ortamların etkileri tespit edilip hesaplamalar yapılırken aşağıdaki belirtilen hususlar dikkate alınır.
 1. Salım kaynakları
 2. Patlayıcı ortamın bölgelendirilmesi (Kuşaklandırılması)
 3. Tehlikeli bölgelerin (Bölge (Kuşak)) yatay ve dikey uzunlukları

- Parlama veya patlama riski değerlendirme aşamasında patlama meydana gelebilecek ortamlara değerlendirilir.

4.7.4. İşyerinin güvenli hale getirilmesi

- İşyerinde tüm çalışanların iş sağlığı ve iş güvenliğini koruma amacıyla işyerinde aşağıdaki hususlara dikkat edilir:
 1. Çalışanların ve ortamda bulunan diğer çalışanların iş sağlığını ve güvenliğini sağlamak maksadıyla tehlike oluşabilen patlayıcı ortam olabilme olasılığı bulunan alanlarda güvenli çalışma şartları sağlanır,
 2. İlgili Yönetmeliğe uygun olarak oluşturulan risk değerlendirmesine göre, çalışma alanında bulunan tüm çalışan, ziyaretçi, tedarikçi vs. iş sağlığı ve güvenliği için tehlike oluşturabilecek patlayıcı ortam meydana gelme olasılığı olan alanlarda, çalışma süreçlerine göre koruyucu teknik önlemleri alınarak, bu kısımlar gözetim altında tutulur.

4.7.5. Patlayıcı ortam oluşabilecek ortamların sınıflandırılması ve işaretlenmesi

- Patlayıcı ortam meydana gelme olan yerler aşağıdaki kriterlere uygun olarak sınıflandırılır:
 1. Bölge 0: Patlayıcı ortamın sürekli olarak veya uzun süreli ya da sık sık olduğu yerler.
 2. Bölge 1: Patlayıcı ortamın normal çalışma koşullarında ara sıra meydana gelme ihtimali olan yerler.
 3. Bölge 2: Patlayıcı ortam oluşturma olasılığı olmayan yerler ya da böyle bir olasılık olsa bile patlayıcı ortamın çok kısa bir süre için kalıcı olduğu yerler.
 4. Bölge 20: Havada bulut halinde bulunan tutuşabilir tozların, sürekli olarak veya uzun süreli ya da sık sık patlayıcı ortam oluşturabileceği yerler.
 5. Bölge 21: Havada bulut halinde bulunan tutuşabilir tozların ara sıra patlayıcı ortam oluşturabileceği yerler.
 6. Bölge 22: Havada bulut halinde bulunan tutuşabilir tozların patlayıcı ortam oluşturma olasılığı bulunmayan ancak böyle bir olasılığı olsa bile bunun yalnızca çok kısa bir süre için geçerli olduğu yerler.
- Tehlike bölgelerine göre seçilecek ekipmanlar;
 1. Bölge (zone) 0 veya Bölge 20’de Kategori 1 tipine göre ekipman,

2. Bölge (zone) 1 veya Bölge 21’de Kategori 1 veya 2 tipine göre ekipman man,
3. Bölge (zone) 2 veya Bölge 22’de Kategori 1, 2 veya 3 tipine göre ekipman.
4. Yığın, tortu veya film tabakası halinde tutuşabilen tozların olduğu alanlar, patlayıcı ortam meydana getirebilir.
5. Çalışanlara zarar verebilecek miktarda patlayıcı ortam meydana gelebilecek yerlerin girişine Şekil 4.8.’ de verilen işaretler yerleştirilir.
6. Patlayıcı ortam meydana getirebilecek alanlar için ikaz işareti;



Şekil 4.8. Patlayıcı ortam işareti

4.7.6. Patlamadan korunma dokümanının içeriği

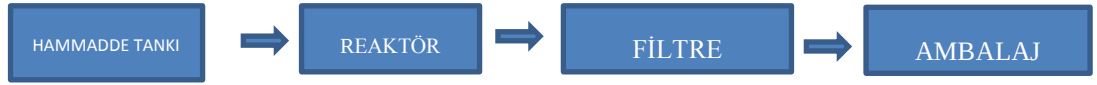
Patlama korunma dokümanının içerisinde aşağıdaki hususlara yer verilir:

- Patlama risklerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi hususu,
- Muhtemel patlayıcı ortamların oluşmasını veya patlamanın etkilerinin azaltılması
- için alınması gerekli önlemler,
- Tehlikeli bölgelerin sınıflandırma sonuçları,
- Çalışma alanları ve uyarı cihazlarının da dahil olduğu tüm iş ekipmanlarının tasarımları, kontrolleri, işletilmeleri, ve bakımlarının yapıldığının sağlandığı hususları içermelidir [13].



5. ÖRNEK TESİS HAKKINDA BİLGİ

Endüstriyel Kimya tesisinde parlayıcı kimyasallar ile reaktörlerde üretim yapılmaktadır. Reaktör içerisinde parlayıcı White spirit, toluen ve diğer kimyasallar ile birlikte reaksiyon sonucu ürün oluşmakta ve oluşan ürün(ler) filtreden geçirilerek ambalajlama yapılmaktadır. Tesisin şematik gösterimi Şekil'5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.1. Örnek tesisinin iş akış şeması

5.1. Reaktörler

Reaktör; İçerisinde hammaddeler yardımıyla kimyasal reaksiyonlar sonucunda kimyasal ürünlerin elde edildiği genellikle redüktör, motor ve emniyet ekipmanlarının bulunduğu karıştırıcıdır. Reaktör çevresinde tehlikeli bölge sınıfı ve büyüklüğünün belirlenmesi bu bölümde reaktör tehlike bölge sınıflandırması ve büyüklüğünün belirlenmesi ile yapılacaktır.

Hesaplamalara başlarken tehlikeli kimyasalın hangi fazda olduğu önemlidir. Örnek tesis üretim proseslerinde kullanılan tüm tehlikeli kimyasal maddeler sıvı fazdadır.

Sıvı fazda ki tehlikeli kimyasalın tehlike bölgesi ve büyüklüğü hesaplanırken sıvının ortama salınımı ile bu sıvının salındığı ortamda buharlaşması sonucu muhtemel patlayıcı ortam derişimine gelme kriterleri değerlendirilmelidir.



Şekil 5.2. Reaktör [21]

TSE EN 60079:10-1:2015 standartları salınım biçimine göre, tolüen sıvı fazdadır ve örnek tesis atmosferik basınç ile çalışmaktadır.

Toluenin muhtemel bir salım kaynağından; buharlaşarak ağır gaz şekliyle yayıldığı varsayılarak hesaplamalar yapılmalıdır.

5.1.1. Muhtemel salım kaynakları

Üretim tesisindeki depolama tankları, reaktör ve bağlantılarının yer aldığı proses incelendiğinde en muhtemel salım kaynakları bağlantı elemanları olan flanşlar, vanalar olarak değerlendirilmelidir. Proseste çok sayıda flanş ve vana bulunmaktadır. Flanş ve vanalar birbirine çok benzediğinden davranışlarının da aynı olacağı varsayılabilir.



Şekil 5.3. Flanş, vana ve menhol kapağı

Her bölümde üçer vana ve flanş noktasından muhtemel salım olacağı hesaplanacak ve bu tüm tesisata uygulanacaktır. Tank çatısında ki nefeslik açıklığı ayrı olarak değerlendirilecektir.

Tüm bağlantı elemanları birbirine çok yakın olduğundan zone bölgeleri de birbirinin içinde kalacağından her bir enstrümanın hesabının ayrı ayrı yapılmasına gerek kalmamaktadır. Salım kaynakları normal çalışma koşullarında arıza vermesi ve sızdırması beklenmediği için ikincil derece salım kaynaklarıdır. Toplam ikincil salım, toplam birincil salım ile birlikte en büyük münferit ikincil salımdır. Bu sebepten tüm salım yapabilecek enstrümanların hesaplanmasına gerek yoktur.

5.1.2. Hesaplamalar

Hesaplamalarda örnek tesisde aynı atmosferik koşullar mevcuttur. İçerdiği kimyasal madde tipine göre o kimyasal maddelerin karakteristik özellikleri hesaplamalarda kullanılacaktır. Bu bölümde toluenin kimyasal karakteristik özelliklerini kullanacağız.

Tablo 5.1. salınım kaynakları – tavsiye edilen açıklık kesitleri aşağıda tabloda belirtmiştir.

Tablo 5.1. Salım kaynakları – Tavsiye edilen açıklık kesitleri

Bölüm	Ayrıntı	Salım (kaçak, sızma) kaynağı hakkında düşünceler ve ihtimaller.		
		Açıklık sabit kalır genişlemez	Açıklık aşınabilir genişleyebilir.	Açıklık patlayıp tehlikeli olabilir.
		S, [mm ²]	S, [mm ²]	S, [mm ²]
Sabit parçalardaki conta elemanı	Sıkıştırılmış lift veya benzeri conta FLANŞLAR	≥ 0, 025 den 0, 25 kadar	≥ 0, 25 den 2, 5 kadar	İki vida arası bölüm x conta kalınlığı genellikle ≥1mm
	Spiral sarımlı veya benzeri conta FLANŞLAR	0, 025	0, 25	İki vida adası bölüm x conta kalınlığı genellikle ≥0, 5mm
	Halka (ring) şeklindeki birleşme bağlantıları	0, 1	0, 25	0, 5
	Küçük delik bağlantıları, 50 mm'ye kadar (a)	≥ 0, 025 den 0, 1'e kadar	≥ 0, 1 den 0, 25'e kadar	1, 0
Yavaş hareketli parçalar üzerindeki contalama elemanları	Vana sistem paketleri (Valve system packings)	0, 25	2, 5	İmalatçı verilerine göre belirlenmeli, fakat 2, 5 mm ² ' den aşağı alınmamalıdır. (d)
	Basınç tahliye vanaları (pressure relief valve) (b)	0, 1x ağız kesiti 0, 1x orifice section	NA	NA
Yüksek devirli parçalar üzerindeki contalama elemanları,	Pompa ve kompresörler (c)	yok NA =not available	≥ 1 den 5'e kadar	İmalatçı verilerine ve/ veya proses ünitesinin konumuna göre belirlenmeli fakat 5 mm ² 'den aşağı alınmamalıdır (d, e)

5.2. Reaktörler Tehlikeli Bölge Sınıfı ve Büyüklüğünün Belirlenmesi

Reaktörler içerisinde yüksek miktarda çözücü olarak white sipirit ve toluen kullanılmaktadır. Kullanılan her iki çözücünde tehlikeli kimyasallar sınıfına girmektedir. Her iki çözücünün karakteristik özellik ve davranışları, muhtemel patlayıcı ortam oluşturma açısından değerlendirildiğinde White spirit ve toluene göre parlama noktası referans alındığında daha az tehlikeli olduğu düşünülebilir. Bu

sebepten örnek tesiste bulunan reaktörlerde kimyasal özellikler ve davranışlar açısından güvenli alanda kalma ilkesine dayanılarak muhtemel patlayıcı ortam oluşturmaya en yakın değerlere sahip olan toluen üzerinde durulacaktır. Reaktör içeriğinde bulunan diğer hammaddelerin patlayıcı ortama katkısının olmadığı varsayılarak reaktörün tehlike bölge sınıfı ve büyüklüğünü aşağıda verilen formüllere dayalı hesaplamaları yapılır.

- Sıvılarda salım miktarı hesabı;

Sıvı salımlarında salım miktarı aşağıdaki Formül ile hesaplanmaktadır.

$$W = C_d.S. \sqrt{2. \rho. \Delta p} \quad (\text{kg/s})$$

Burada;

W	Sıvı salım hızı (kütle/zaman, kg/sn)
C _d	Salım Faktörü C _d ≤ 1
S	Sıvının salındığı açıklığın kesiti (Yüzey alanı, m ²)
ρ	Yoğunluk (kg/m ³)
Δp	Sızıntının olduğu açıklık ile basınç farkı (Pa)

- Gazın Yoğunluğu hesabı;

Gazın yoğunluğu hesabı aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$P_g = \frac{P_a M}{R T_a} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \quad (5.1)$$

Burada;

P _a	Atmosferik Basınç (101, 325 Pa)
P _g	Kap içindeki basınç
M	Gazın moleküler kütlesi (kg/Kmol)
T _a	Kabın içindeki sıcaklık (K)
R	Evrensel gaz sabiti (8, 3143 kJ/molK)

- Gaz ve buharın salım miktarı hesabı

$$Q_g = \frac{W_g}{P_g} (\text{m}^3/\text{s}) \quad (5.2)$$

Burada;

Q_g Kaynaktan çıkan parlayıcı gazın hacimsel akış hızı (m^3/sn)

W_g Salım Miktarı (kg/sn)

ρ_g Gaz Yoğunluğu (kg/m^3)

- X_b arka plan konsantrasyonunu hesaplıyoruz.

$$X_b = \frac{FXQ_g}{Q_g+Q_1} = \frac{FXQ_g}{Q_2}(vol/vol) \quad (5.3)$$

$X_{cr}=0, 25.LFL(vol)$

X_{crit} Kritik konsantrasyon

F Odadaki ortalama arka plan derişiminin havalandırma açıklığı seviyesindeki derişim değerine bölümü

Q_1 Aletler üzerinden odaya giren havanın akış hızı

Q_g Salım kaynağından sızan gazın hacimsel akış hızı

Q_2 Odadan çıkan parlayıcı hava/gaz karışımı hacimsel hızı

LFL Alt alevlenme sınırı

- Salınım Karakteristiği

Salım karakteristiği=- $W_g/(p_g \times k \times LFL)$ m^3/s

W_g Gazın salım miktarıGazın salım miktarı

ρ_g Gaz veya buhar yoğunluğu

LFL Alt alevlenme sınırı

Havalandırma etkinliği							
Salım derecesi	Yüksek seyrelme			Orta seyrelme			Düşük seyrelme
	Havalandırmanın emre amadeliği						
	İyi	Vasat	Kötü	İyi	Vasat	Kötü	İyi, vasat veya kötü
Sürekli	Tehlikeli değil (Bölge 0 NE)*	Bölge 2 (Bölge 0 NE)*	Bölge 1 (Bölge 0 NE)*	Bölge 0	Bölge 0 + Bölge 2	Bölge 0 + Bölge 1	Bölge 0
Birincil	Tehlikeli değil (Bölge 1 NE)*	Bölge 2 (Bölge 1 NE)*	Bölge 2 (Bölge 1 NE)*	Bölge 1	Bölge 1 + Bölge 2	Bölge 1 + Bölge 2	Bölge 1 veya Bölge 0c
İkincil*	Tehlikeli değil (Bölge 2 NE)*	Tehlikeli değil (Bölge 2 NE)*	Bölge 2	Bölge 2	Bölge 2	Bölge 2	Bölge 1 ve hatta Bölge 0c

Şekil 5.4. Havalandırma Etkinliği

Havalandırma etkinliğine göre tehlike bölgesi Bölge 2 olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 5.2. Hesaplama Bilgileri

Tanım	Simge	Birim	Kimyasal
Kimyasal madde	-	-	Toluen
Kimyasal maddenin fiziksel hali	-	-	L
Salım kaynağı yeri	-	-	Reaktör
Salım kaynağı adı	-	-	vana+ flanş+ menhol kapağı
Değerlendirilen alanın tipi	-	-	Bina içi
Salım derecesi	-	-	S
Tahliye katsayısı	C_d	-	0, 75
Sabit basınçta özgül ısı	C_p	J/kg K	1842
Gaz veya buharın mol kütlesi	M	kg/kmol	92, 14
Kap içindeki basınç	P	Pa	143.790
Sızıntının meydana geldiği açıklıktaki basınç farkı	Δp	Pa	143.790
Atmosfer basıncı	P_a	Pa	101.313
Kritik basınç	P_c	Pa	173.280
T sıcaklığındaki sıvının buhar basıncı	P_v	kPa	1, 830
Evrensel gaz sabiti (8.314 J/kmol K)	R	J/kmol K	8314
Sıvı yoğunluğu	ρ	kg/m ³	866
Gaz veya buhar yoğunluğu	ρ_g	kg/m ³	3, 71
Gazın havaya göre bağıl yoğunluğu	$\rho_{bağıl}$	-	3, 18
Maddenin salım yaptığı açıklığın (açıklık) kesiti	S	m ²	2, 50E-07
Akışkan, gaz veya sıvının mutlak sıcaklığı	T	K	303
Mutlak ortam sıcaklığı	T_a	K	303
Salım kaynağı sayısı	N	adet	3
Sıvı salım oranı	W	kg/s	0, 0030

Tablo 5.2. (Devamı) Hesaplama Bilgileri

Sıvı buharlaşma oranı	E_r	%	10
Gazın kütle salım oranı	W_g	kg/s	0,0009
Sıkıştırılabilirlik faktörü	Z	-	2
Odadaki hava değişim sıklığı	C	s^{-1}	0,011
Odadaki ortalama arka plan derişiminin (X_b) havalandırma açıklığı seviyesindeki derişim değerine bölümü	f	-	3
Yerçekimi ivmesi (9,81 m/s^2)	g	m/s^2	9,81
Güvenlik faktörü katsayısı (LFL ile ilgili)	k	-	0,60
Alt alevlenebilirlik sınırı	LFL	vol/vol	0,011
Salım karakteristiği	-	m^3/s	0,036
Kritik konsantrasyon	X_{crit}	vol/vol	0,0028

Tablo 5.3. Gaz veya Buhar Hesaplama Bilgileri

Kimyasal madde	Toluen
Maddenin fiziksel hali	L
Salım kaynağı yeri	Reaktör
Salım kaynağı adı	vana sızdırmazlık elemanı (vana+flaş+menhol kapağı)
Salım derecesi	S
Açıklık kesiti- S (m^2)	2,50E-07
P (Pa)	143.790
P_c (Pa)	173.280
Gazın hız durumu	Gaz ses hızı altında yayılır
Salım kaynağı sayısı -N (adet)	3
W_g (kg/s)	0,0009
Q_g (m^3/s)	2,40E-04
Salım karakteristiği (m^3/s)	0,036
Değerlendirilen alanın tipi	Bina içi
Arkaplan derişimi durumu (X_b)	0,00003
X_{crit}	0,003
Seyreltme derecesi	Y
Emre amadelik	K
Bölge tipi	2
Gaz yayılım tipi	Ağır gaz
Tehlikeli alan bölge büyüklüğü	Men hol kapağı, Vana ve flaş gibi sızdırmazlık elemanlarının bulunduğu enstrümanlarda yatay ve düşeyde 1,8 m dir.

5.3. Patlayıcı Ortamın Oluşması Önlenmesi Ve Patlamanın Etkisinin Azaltılması

5.3.1. Patlama etkisinin azaltılması için alınacak teknik önlemler

1. Patlamayı bastırma (manhole kapağı)
2. Patlamanın izolasyonu, geri dönüşü engelleyici proses ekipmanları
 - Vana

- Ayırıcı, ekipmanlar arası yeterli mesafeli
- Alev kapanları
- Patlamanın tahliyesi için toplama tanklarının dizaynı
- Patlama basıncının azaltılması,
- Söndürme bariyerleri
- Patlama Diskleri
- Güvenli tasarım (patlamaya dayanıklı yapı),
- Patlama basınç şok dirençli tasarım,
- Basınç azaltımında sürekli yanma için alev tutucular
- Parlama önleyicileri,
- İnfilak tutuşturucuları,
- Vakum altında çalışma
- Sızıntı kaçak tespiti (gaz alarm tesisatı)
- Reaktör, Hat, flanş atlamaları topraklamaları [22].

5.3.2. Örnek tesis risk değerlendirmesi

Tablo 5.4. Örnek tesis risk değerlendirmesi

OLASILIK DEĞERİ TABLOSU		ŞİDDET DEĞER TABLOSU		FREKANS DEĞERİ TABLOSU	
OLASILIK DEĞERİ	OLASILIK (Zararın gerçekleşme olasılığı)	ŞİDDET DEĞERİ	ŞİDDET (İnsan ve/veya çevre üzerine yaratacağı tahmini zarar)	FREKANS DEĞERİ	FREKANS (Tehlikeye zaman içinde maruz kalma tekrarı)
10	Beklenir, kesin	100	Birden fazla ölümlü kaza/Çevresel felaket	10	Hemen hemen sürekli (bir saatte birkaç defa)
6	Yüksek, oldukça mümkün	40	Öldürücü kaza/ Ciddi çevresel zarar	6	Sık (günde bir veya birkaç defa)
3	Olası	15	Kalıcı hasar/ Yaralanma, iş kaybı/ Çevresel engel oluşturma, yakın çevreden şikayet	3	Ara sıra (haftada bir veya birkaç defa)
1	Mümkün fakat düşük	7	Önemli hasar/ Yaralanma, dış ilk yardım ihtiyacı/ Arazi sınırları dışında çevresel zarar	2	Sık değil (ayda bir veya birkaç defa)
0,5	Beklenmez fakat mümkün	3	Küçük hasar/ Yaralanma, dahili ilk yardım/ Arazi içinde sınırlı çevresel zarar	1	Seyrek (yılda birkaç defa)
0,2	Beklenmez	1	Ucuz atlatma/ Çevresel zarar yok	0,5	Çok seyrek (yılda bir veya daha seyrek)

Tablo 5.5. Risk Değerlendirme Tablosu

RİSK DERECELENDİRME TABLOSU	
RİSK DEĞERİ	RİSK DEĞERLENDİRME SONUCU
$R > 400$	TOLERANS GÖSTERİLEMEZ RİSK (Çok yüksek risk) (Hemen gerekli önlemler alınmalı veya işin durdurulması, tesisin, binanın kapatılması vb. düşünülmelidir)
$200 < R \leq 400$	ESASLI RİSK (Yüksek risk) (Kısa dönemde iyileştirilmelidir "birkaç ay içerisinde")
$70 < R \leq 200$	ÖNEMLİ RİSK (Uzun dönemde iyileştirilmelidir "yıl içerisinde")
$20 < R \leq 70$	OLASI RİSK (Kesin risk) (Gözetim altında uygulanmalıdır)
$R \leq 20$	ÖNEMSİZ RİSK (Kabul edilebilir) (Önlem öncelikli değildir)

Tablo 5.5. (Devamı) Risk Değerlendirme Tablosu

TEHLİKELERE GÖRE MEVCUT DURUM TESPİT TABLOSU								YAPILACAK/GERÇEKLEŞTİRİLEN DÜZELTİCİ/ ÖNLEYİCİ FAALİYET TESPİT TABLOSU						
SIRA NO	BÖLÜM	FAALİYET	TEHLİKE KAYNAĞI	TEHLİKELER	RİSKLER	KİMLER ETKİLENE BİLİR	Önleyici Kontrol Tedbirleri	SORUMLU BÖLÜM / Kişi	AÇIKLAMA	O	Ş	F	R	RİSKİN TANIMI
										OLASILIK	ŞİDDET	FREKANS	RİSK DEĞERİ	
1	Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlar	Elektrik kullanımı	Exproof olmayan elektrik panoları	Elektrik panolarının exproof özelliğine sahip olmaması	Elektrik panolarında olabilecek herhangi bir ark sonucu yangın ve patlama	Çalışanlar	Muhtemel patlayıcı ortamlarda bulunan elektrik panoları exproof özellikte olmalıdır.Tesisde otomatik söndürme sistemi kullanılmalıdır.Mevzuat gereği yangın tüp,ve dolapları uygun alanlara konulmalıdır.Acil durum ekipleri mevcut olmalıdır. Periyodik eğitim ve tatbikatlar yapılmalıdır.	İşveren	Mevcut durumun devamlılığını sağlamak üzere denetim, gözetim, kontroller eksiksiz yapılmaya devam edilmelidir.	0,5	40	0,5	10	Kabul edilebilir risk

Tablo 5.5. (Devamı) Risk Değerlendirme Tablosu

2	Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlar	Elektrik kullanımı	Exproof olmayan elektrik tesisatı ekipmanları (buat, şalter, anahtar, lokal kontrol üniteleri, terminal kutuları, motor-pompa kontrol kutuları, prizler)	Elektrik tesisatına bağlı ekipmanların exproof özelliğine sahip olmaması	Elektrik tesisatına bağlı ekipmanlarda olabilecek herhangi bir ark sonucu yangın ve patlama	Çalışanlar	Muhtemel patlayıcı ortamlarda bulunan elektrik panoları exproof özellikte olmalıdır. Tesisde otomatik söndürme sistemi kullanılmalıdır. Mevzuat gereği yangın tüp, ve dolapları uygun alanlara konulmalıdır. Acil durum ekipleri mevcut olmalıdır. Periyodik eğitim ve tatbikatlar yapılmalıdır.	İşveren	Mevcut durumun devamlılığını sağlamak üzere denetim, gözetim, kontroller eksiksiz yapılmaya devam edilmelidir.	1	40	1	40	Kesin risk
3	Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlar	Çalışma ortamı aydınlatılması	Çalışma ortamının uygunsuz veya yetersiz aydınlatılması	Aydınlatma ekipmanlarının tehlikeli bölgeye uygun ekipman veya teçhizat olmaması	Aydınlatmanın tutuşturucu kaynak olması sonucu patlama nedeniyle ölüm	Çalışanlar	Tehlikeli bölgelerin çoğunluğunda exproof özelliğine sahip aydınlatma araç ve teçhizat bulunmalıdır. Periyodik olarak aydınlatma kontrolleri yapılmalıdır. Tehlikeli bölgelerde (muhtemel patlayıcı ortamlar) tehlike bölgesine (zone) uygun exproof aydınlatma araç ve teçhizatlarının kontrollerinin konulması ve gözetimlerinin devamlılığı sağlanmalıdır.	İşveren	Mevcut durumun devamlılığını sağlamak üzere denetim, gözetim, kontroller eksiksiz yapılmaya devam edilmelidir.	0,5	40	1	20	Kabul edilebilir risk

Tablo 5.5. (Devamı) Risk Değerlendirme Tablosu

4	Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlar	Muhtemel patlayıcı ortamda bulunan proses enstrüman ve ekipmanın çalışması	Korozyon	Muhtemel patlayıcı ortamlarda kullanılan ekipman, teçhizat veya enstrümanların korozyona uğraması	korozyondan dolayı ekipman, teçhizat veya enstrümanın görevini doğru şekilde yapamaması, exproof olan teçhizatların exproof özelliğini kaybetmesi sonucu	Çalışanlar	Muhtemel patlayıcı ortamlarda korozyona uğramış exproof teçhizatlar olmamalıdır.Exproof tesisatlar periyodik olarak genel kontrolleri yapılmalıdır.	İşveren	Mevcut durumun devamlılığını sağlamak üzere denetim, gözetim, kontroller eksiksiz yapılmaya devam edilmelidir.	0,5	40	1	20	Kabul edilebilir risk
5	Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlar	Elektrik kullanımı	Kontrolleri yapılmamış elektrik tesisatı ve ekleri	Elektrik tesisatının düzenli kontrol edilmemesi	Elektrik tesisatında oluşabilecek ark sonucu yangın veya patlama	Çalışanlar	Elektrik ve topraklama tesisatı Periyodik olarak yetkili kişiler tarafından kontrol edilip raporlama yapılmalıdır.	İşveren	Elektrik ve topraklama tesisatının periyodik bakım ve kontrolleri yetkili bir elektrik mühendisi, elektrik teknikeri veya yüksek teknikeri tarafından yılda bir kez yaptırılmasının ve raporlanarak kayıt altına alınmasına , aksaklıkların varsa derhal giderilmesine devam edilmelidir.	0,5	40	1	20	Kabul edilebilir risk
6	Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlar	Elektrik kullanımı	Uygunsuz elektrik tesisatı ve ekleri	Ortamda açık hatlar ve uygun olmayan tesisat olması	Elektrikli ekipmanlarla yapılan çalışmalarda oluşabilecek ark sonucu yangın veya patlama	Çalışanlar	Elektrikli ekipmanlar Periyodik olarak yetkili kişiler tarafından kontrol edilmelidir.	İşveren	Mevcut durumun devamlılığını sağlamak üzere denetim, gözetim, kontroller eksiksiz yapılmaya devam edilmelidir.	0,5	40	0,5	10	Kabul edilebilir risk

Tablo 5.5. (Devamı) Risk Değerlendirme Tablosu

7	Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlar	Elektrik kullanımı	Kapağı açık olan elektrik panosu	Pano kapaklarının açık olması	Elektrik panosuna sorumlu olmayan kişiler tarafından müdahale edilmesi sonucu yangın veya patlama	Çalışanlar	Fabrika genelindeki tüm elektrik panoları kilitlidir ve elektrik atölye yönetici ,sorumluları,yetkili elektrikçiler tarafından kontrol edilmektedir.	İşveren	Mevcut durumun devamlılığını sağlamak üzere denetim, gözetim, kontroller eksiksiz yapılmaya devam edilmektedir.	0,5	40	1	20	Kabul edilebilir risk
8	Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlar	Muhtemel patlayıcı ortamlarda çalışılması	Statik elektrik	Statik elektriğin çalışanlar üzerinde birikmesi	Statik elektriğin tutuşturucu kaynak olması sonucu patlama nedeniyle çoklu ölüm	Çalışanlar	Muhtemel patlayıcı ortamların girişinde statik elektriğe karşı topraklama levhası bulunmalıdır,ayrıca dolum noktalarında topraklama penseleri bulunmalıdır ve bunların yıllık periyodik kontrolleri vardır.	İşveren	Mevcut durumun devamlılığını sağlamak üzere denetim, gözetim, kontroller eksiksiz yapılmaya devam edilmektedir.	0,5	100	0,5	25	Kesin risk
9	Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlar	KKD ve iş kıyafeti kullanımı	Bakımı yapılmamış ve patlayıcı ortama uygun olmayan KKD ve iş kıyafeti	Kişisel koruyucu donanımların eksik bakımı veya eski donanımların kullanılması veya patlayıcı ortama uygun olmayan iş elbisesi ile çalışılması	Statik elektrik atlaması sonucu patlama nedeniyle ölüm	Çalışanlar	Çalışanlara antistatik iş ayakkabısı,anti statik tulum vs.KKD ler verilmelidir.	İşveren	Mevcut durumun devamlılığını sağlamak üzere denetim, gözetim, kontroller eksiksiz yapılmaya devam edilmektedir.	0,5	40	1	20	Kabul edilebilir risk

Tablo 5.5. (Devamı) Risk Değerlendirme Tablosu

10	Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlar	Ziyaretçilerin kabul edilmesi	Tehlikeli bölgelere izinsiz giren ziyaretçiler	Ziyaretçilerin tehlikeli bölgeleri izinsiz girmesi	İşletmeye izinsiz girilmesi sebebiyle iş kazası sonucu ölüm	Ziyaretçiler	Tüm tesis enelinde ziyaretçi gerekli kontroller yapılarak, eğitimler verilerek ve uygun KKD ler teslim edilerek nezaretçi eşliğinde tesis içerisine alınmalıdır.	İşveren	Mevcut durumun devamlılığını sağlamak üzere denetim, gözetim, kontroller eksiksiz yapılmaya devam edilmelidir.	0,5	40	3	60	Kesin risk
11	Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlar	Muhtemel patlayıcı ortamlarda çalışılması	Yıldırım	Hava hareketlerinden dolayı yıldırım düşmesi	Yıldırım düşmesi sonucu tesiste patlama nedeniyle çoklu ölüm	Çalışanlar	Tesis genelini koruyacak şekilde kapsama alanı olan yıldırımdan korunma sistemi bulunmalıdır.	İşveren	Mevcut durumun devamlılığını sağlamak üzere denetim, gözetim, kontroller eksiksiz yapılmaya devam edilmelidir.	0,5	100	0,5	25	Kesin risk
12	Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlar	Periyodik kontroller (Kaldırma iş ekipmanları)	Periyodik kontrolleri yapılmamış kaldırma iş ekipmanları	Kaldırma İş Ekipmanlarının en az yılda bir periyodik kontrollerinin yapılmaması	Ekipmandan kaynaklı patlama sonucu Ölüm	Çalışanlar	Tüm kaldırma araçlarının periyodik kontrolleri yapılmalıdır.	İşveren	Mevcut durumun devamlılığını sağlamak üzere denetim, gözetim, kontroller eksiksiz yapılmaya devam edilmelidir.	0,5	40	1	20	Kabul edilebilir risk
13	Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlar	Kaldırma iş ekipmanlarının kullanımı (Forklift, transpalet, caraskal)	Exproof özelliğe sahip olmayan kaldırma iş ekipmanları	Tehlikeli bölgelerde exproof özelliğe sahip olmayan kaldırma araçlarının kullanılması	Ekipmandan kaynaklı patlama sonucu Ölüm	Çalışanlar	Tehlikeli bölgelerde exproof özelliğe sahip olmayan kaldırma araçları kullanılmamalıdır.	İşveren	Mevcut durumun devamlılığını sağlamak üzere denetim, gözetim, kontroller eksiksiz yapılmaya devam edilmelidir.	0,5	40	0,5	10	Kabul edilebilir risk

Tablo 5.5. (Devamı) Risk Değerlendirme Tablosu

14	Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlar	Parlayıcı sıvıların ile tankerden tanklara boşaltım yapılması	Kimyasal Tanker, Kimyasal Depolama tankı	Tankerden boşalım sırasında sızma oluşması, tanktan taşma yaşanması	yangın sonucu yaralanma, ölüm	Çalışanlar	Çalışanların Mesleki eğitimleri bulunmalıdır. Periyodik eğitimleri senelik olarak yapılmalıdır. Çalışanlara tehlikeli kimyasallar ile güvenli çalışma eğitimleri verilmelidir. Anti statik, tulum, iş ayakkabısı vs. KKD ler verilmelidir. Tanker boşaltım alanlarında talimat, uygun YSC, Topraklama pensesi, kıvılcım çıkarmayan pompalarla tankerden tanka boşaltma yapılmalıdır. Tankların çevresinde en büyük tank hacmini kapsayacak tank havuzları bulunmalıdır. Eğitim almış , seviyet görevlileri tarafından tankerden tanka boşaltma yapılmalıdır. Tankerler boşaltma sırasında takip formları doldurulmalıdır. Tankerler ADR'ye uygun ve şoförlerin SRC 5 belgeleri bulunmalıdır. Depolama tankları çevresi otomatik söndürme sistemi bulunmalıdır. LEL dedektörleri ve uygun havalandırması ve emiş stemleri bulunmalıdır, otomatik seviye durdurma sistemleri olmalıdır. Mevzuat gereği yangın tüp, ve dolapları uygun alanlara bulunmalıdır. Acil durum ekipleri bulunmalıdır. Periyodik eğitim ve tatbikatlar yapılmalıdır.	İşveren	Mevcut durumun devamlılığını sağlamak üzere denetim, gözetim, kontroller eksiksiz yapılmaya devam edilmelidir.	0,5	40	0,5	10	Kabul edilebilir risk
15	Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlar	Parlayıcı sıvılar ile üretim yapılması	Reaktör, Karıştırıcı, Tank vs.	Reaksiyon sırasında ürünlerin reaktör, karıştırıcı vs. içerisine alınması	yangın sonucu yaralanma, ölüm	Çalışanlar	Çalışanların Mesleki eğitimleri bulunmalıdır. Periyodik eğitimleri senelik olarak yapılmalıdır. Çalışanlara tehlikeli kimyasallar ile güvenli çalışma eğitimleri verilmelidir. Anti statik, tulum, iş ayakkabısı vs. KKD ler verilmelidir. Üretim reçetelerine göre bölüm sorumlularının gözetiminde üretim yapılmalıdır. Tesiste otomatik söndürme sistemi bulunmalıdır. Mevzuat gereği yangın tüp, ve dolapları uygun alanlara konulmalıdır. Acil durum ekipleri bulunmalıdır. Periyodik eğitim ve tatbikatlar yapılmalıdır.	İşveren	Mevcut durumun devamlılığını sağlamak üzere denetim, gözetim, kontroller eksiksiz yapılmaya devam edilmelidir.	0,5	40	0,5	10	Kabul edilebilir risk

Tablo 5.5. (Devamı) Risk Değerlendirme Tablosu

16	Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlar	Parlayıcı sıvılar ile üretim dolum yapılması	Reaktör,Karıştırıcı,tank	Dolum sırasında statik elektrik oluşması	yangın sonucu yaralanma, ölüm	Çalışanlar	Çalışanların Mesleki eğitimleri bulunmalıdır.Periyodik eğitimleri senelik olarak yapılmalıdır.Çalışanlara tehlikeli kimyasallar ile güvenli çalışma eğitimleri verilmelidir.Anti statik,tulum,iş ayakkabısı vs.KKD ler verilmelidir.Üretim reçetelerine göre bölüm sorumlularının gözetiminde üretimler yapılmalıdır.Tüm tesis,reaktör civarı topraklamaları mevcut olmalı ve ölçümler yapılmalıdır.Tüm saha,korkuluklar topraklanmış ve periyodik ölçümler yapılmalıdır.Dolum sahasında topraklama sistemi bulunmalıdır.	İşveren	Mevcut durumun devamlılığını sağlamak üzere denetim, gözetim, kontroller eksiksiz yapılmaya devam edilmelidir.	0,5	40	0,5	10	Kabul edilebilir risk
17	Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlar	Parlayıcı sıvıların ,depolama yapılması	IBC,Varil,Bidon vs.depolanması	Uygunsuz depolama	yangın sonucu ölüm	Çalışanlar	Çalışanların Mesleki eğitimleri bulunmalıdır.Periyodik eğitimleri senelik olarak yapılmalıdır.Çalışanlara tehlikeli kimyasallar ile güvenli çalışma eğitimleri verilmelidir.Anti statik,tulum,iş ayakkabısı vs.KKD ler verilmelidir.Depolarda Depolama matrisleri bulunmalıdır.Depolama matrisine uygun depolama yapılmalıdır. depo sahasında otomatik söndürme sistemi cebri havalandırma ve doğal havalandırma sistemi bulunmalıdır.Mevzuat gereği yangın tüp,ve dolapları uygun alanlara konulmalıdır.Acil durum ekipleri bulunmalıdır. Periyodik eğitim ve tatbikatlar yapılmalıdır.	İşveren	Mevcut durumun devamlılığını sağlamak üzere denetim, gözetim, kontroller eksiksiz yapılmaya devam edilmelidir.	0,5	40	0,5	10	Kabul edilebilir risk
18	Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlar	Acil durum	Muhtemel patlayıcı ortam oluşturacak olan kolay alevlenir sıvı veya gaz sızıntısı	Çalışma ortamında kolay alevlenir sıvı veya gaz sızıntısı olması	Patlama sonucu toplu ölüm	Çalışanlar	Kimyasal Sızıntı ile ilgili acil durum planı ve kimyasala müdahale Ekipleri oluşturulmalıdır.Sızıntı emici Absorbanlar bulunmalıdır.Acil durum ekiplerinin içerisinde Kimyasala müdahale ekipleri bulunmalıdır.Periyodik olarak Eğitim ve Tatbikatlar yapılmalıdır.	İşveren	Mevcut durumun devamlılığını sağlamak üzere denetim, gözetim, kontroller eksiksiz yapılmaya devam edilmelidir.	0,5	100	0,5	25	Kesin risk

Tablo 5.5. (Devamı) Risk Değerlendirme Tablosu

19	Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlar	Sigara içilmesi	Sigara	Çalışanlar, taşeron işçiler veya ziyaretçiler tarafından sigara içilmesi	Patlama sonucu ölüm	Çalışanlar	Tüm tesis genelinde sigara içilmesi yasak olmalıdır.Sağlık ve güvenlik uyarı işaretlemeleri bulunmalıdır.Çalışanlara,ziyaretçilere,taşeronlara bilgilendirme eğitimleri yapılmalıdır.	İşveren	Mevcut durumun devamlılığını sağlamak üzere denetim, gözetim, kontroller eksiksiz yapılmaya devam edilmelidir.	0,5	40	0,5	10	Kabul edilebilir risk
20	Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlar	Yasaklayıcı ve uyarıcı işaretlemelerinin asılması	Güvenlik uyarılarını öngöremeyen çalışan	Tehlikeli bölgelere yasaklayıcı, uyarıcı veya emredici işaret levhalarının asılmamış	Patlama sonucu ölüm	Çalışanlar	Muhtemel patlayıcı ortamların girişine EX uyarı işaret leri bulunmalıdır.Cep telefonları için tesis girişlerinde kutular mevcut olmalıdır.Cep telefonu ile üretim sahasına girilmemelidir.	İşveren	Mevcut durumun devamlılığını sağlamak üzere denetim, gözetim, kontroller eksiksiz yapılmaya devam edilmelidir.	0,5	40	0,5	10	Kabul edilebilir risk
21	Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlar	Bakım onarım çalışmaları	Bakım onarım çalışmaları sırasında ateşli çalışmalar yapılması	Bakım onarım çalışmaları sırasında kıvılcım çıkartılması,ateşli çalışma yapılması	Yangın,Patlama sonucu yaralanma, ölüm	Çalışanlar	Bakım onarım çalışması yapan çalışanlar ; Mesleki yeterlilik ,Ex proof eğitimine sahip olmalıdır.Periyodik olarak iş güvenliği,güvenli bakım onarım çalışmaları,tehlikeli kimyasallar,çalışma izinleri vs,konularında eğitimler düzenlenmelidir.Çalışma izinleri İSG birimi ve ilgili bölümler ile birlikte; İşletme tamamen durdurularak gerekli temizlik,havalandırma,kilitleme-etiketleme,gerekli gaz ölçümleri ve gerekli tüm önlemler alındığında iş güvenliği uzmanının,bölüm sorumluların gözetiminde izin formları doldurularak izinler verilmelidir.Ateşli çalışma haricinde kıvılcım çıkartmayan bakım elemanları ile bakımlar yapılmalıdır.	İşveren	Mevcut durumun devamlılığını sağlamak üzere denetim, gözetim, kontroller eksiksiz yapılmaya devam edilmelidir.	0,5	40	1	20	Kabul edilebilir risk

5.4. Risk Değerlendirme Çalışması ile İlgili Özet Bilgi

Parlayıcı sıvılarla üretim yapılan endüstriyel kimya tesisinde reaktörlerde oluşabilecek yangın ve patlama riskinin değerlendirme çalışmasında;

Fine kinney metodu kullanılarak örnek yapılan risk değerlendirme çalışmasında, tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlarda yapılacak olan faaliyetlerde; elektrik kullanımı, proses enstrümanları ve çalışmaları, ziyaretçilerin kabul edilmesi, parlayıcı sıvılarla üretim yapılması, parlayıcı sıvıların depolanması acil durumlar, bakım onarım çalışmalarına yönelik olarak değerlendirilmelerde bulunulmuştur. Yangın ve patlama riskine karşı tehlike kaynakları tespit edilmiş olup oluşabilecek tehlike ve riskler değerlendirilmiş ve önleyici kontrol tedbirleri belirlenmiştir.

Yanıcı ve parlayıcı kimyasalların üretim tesisinde risk değerlendirmede belirlenen önem sırasına göre (proses, teçhizat, ekipman, kimyasallar vb.), muhtemel patlayıcı ortam oluşturabilecek tehlikeli yerler, tehlike bölgeleri uyarı levhaları ile belirlenmeli ve gerekli çalışma ortamı gözetimleri yapılmalıdır.

Yanıcı ve parlayıcı kimyasalların üretim tesisinde, çalışanların mesleki eğitimlerin bulunması, tesis içerisinde bakım çalışmalarının özel izin ve önlemler alınarak tüm çalışma alanı gözetilerek yapılması, tüm metal yüzeylerin topraklanması, statik elektriğe karşı anti statik giysi ve koruyucuların kullanılması, havalandırma sistemlerinin yeterli olması ve çalışanların cep telefonlarının tehlike bölgeleri içerisinde kullanılmaması ile ilgili değerlendirmeler risk değerlendirme çalışmasında değerlendirilmiştir.

Yanıcı ve parlayıcı kimyasalların üretim tesisinde tehlike bölgelerinde kullanılacak teçhizatlar ile ilgili değerlendirmeler yapılarak kullanılması gerekli teçhizat kategorileri belirlenmiştir.

Risk değerlendirme çalışmasının genel amacı yanıcı ve parlayıcı kimyasallar ile üretim yapılan tesislerde dikkat edilmesi gereken tehlike kaynaklarının ve tehlikelerin belirlenerek bu tehlikelerin oluşturduğu riskleri değerlendirmek ve iş sağlığı ve iş güvenliği önlemleri alınarak yangın, patlama, zehirli gaz yayılımı vs. acil durumların oluşmasını önlemektir.

5.5. Risk Değerlendirme Tablosu Açıklama

- 1- Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlar da exproof olmayan elektrik panolarının kullanımı sonucu elektrik panolarında olabilecek ark, kıvılcım vs. tehlikesi ile birlikte yangın ve patlama riski mevcuttur. Riske karşı alınması gerekli önlemler; muhtemel patlayıcı ortamlarda bulunan elektrik panoları exproof özellikle olmalıdır. Tesisde yangın tehlikesine karşı otomatik söndürme sistemi bulunmalıdır. Mevzuat gereği yangın tüp, ve dolapları uygun alanlara bulundurulmalıdır. Acil durum ekipleri kurulmalı ve yangın eğitim ve talimatları yapılmalıdır. Saha kontrol ve denetlemeler yapılmalıdır.
- 2- Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlar da exproof olmayan elektrik tesisatı ekipmanları (buat, şalter, anahtar, lokal kontrol üniteleri, terminal kutuları, motor-pompa kontrol kutuları, prizler) elektrik tesisatına bağlı ekipmanlarda olabilecek ark, kıvılcım vs. tehlikesi ile birlikte yangın ve patlama riski mevcuttur. Riske karşı alınması gerekli önlemler; muhtemel patlayıcı ortamlarda bulunan elektrik tesisatları ekipmanları exproof özellikle olmalıdır. Tesisde otomatik söndürme sistemi mevcuttur. Mevzuat gereği yangın tüp, ve dolapları uygun alanlara konulmalıdır. Acil durum ekipleri kurulmalı ve yangın eğitim ve talimatları yapılmalıdır. Saha kontrol ve denetlemeler yapılmalıdır.
- 3- Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlar da aydınlatma ekipmanlarının tehlikeli bölgeye uygun ekipman veya teçhizat olmaması tehlikesi ile birlikte yangın ve patlama oluşmasına karşın; aydınlatmanın tutuşturucu kaynak olması sonucu patlama nedeniyle ölüm yaşanması riski mevcuttur. Riske karşı alınması gerekli önlemler; Tehlikeli bölgelerin çoğunluğunda exproof özelliğine sahip aydınlatma araç ve teçhizat bulunmalıdır. Periyodik olarak aydınlatma kontrolleri yapılmalıdır. Tehlikeli bölgelerde (muhtemel patlayıcı ortamlar) tehlike bölgesine (zone) uygun exproof aydınlatma araç ve teçhizatlarının kontrollerinin konulması ve gözetimlerinin devamlılığı sağlanmalıdır. Saha kontrol ve denetlemeler yapılmalıdır.
- 4- Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlar da kullanılan ekipman, teçhizat veya enstrümanların korozyona uğramasından dolayı ekipman, teçhizat veya enstrümanın görevini doğru şekilde yapamaması, exproof olan teçhizatların exproof özelliğini kaybetmesi tehlikesi ile birlikte patlama nedeniyle ölüm

yaşanması riski mevcuttur.Riske karşı alınması gerekli önlem ; muhtemel patlayıcı ortamlarda korozyona uğramış exproof teçhizatlar mevcut değildir.Exproof tesisatlar periyodik olarak genel kontrolleri yapılmalıdır. Denetim, gözetim, kontroller eksiksiz yapılmalıdır.

- 5- Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlar da elektrik tesisatının düzenli kontrol edilmemesi ve elektrik tesisatında oluşabilecek ark tehlikesi ile birlikte yangın veya patlama riski oluşmasıdır.Riske karşı alınması gerekli önlemler; elektrik ve topraklama tesisatının periyodik bakım ve kontrolleri yetkili bir elektrik mühendisi, elektrik teknikeri veya yüksek teknikeri tarafından yılda bir kez yaptırılması ve raporlanarak kayıt altına alınması, aksaklıkların varsa derhal giderilmesi gereklidir.
- 6- Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlarda açık buatlar ve uygun olmayan tesisat sonucunda elektrikli ekipmanlarla yapılan çalışmalarda oluşabilecek ark kıvılcım oluşması tehlikesi ile birlikte yangın veya patlama meydana gelme riski bulunmaktadır.Riske karşı elektrikli ekipmanlar periyodik olarak yetkili kişiler tarafından kontrol edilmektedir. Denetim, gözetim, kontroller eksiksiz yapılmalıdır.
- 7- Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlarda pano kapaklarının açık olması ve elektrik panosuna sorumlu olmayan kişiler tarafından müdahale edilmesi tehlikesi ile birlikte yangın veya patlama riski bulunmaktadır.Riske karşı alınması gerekli önlem tüm elektrik panoları kilitli olmalı ve elektrik atölye yönetici, sorumluları, yetkili elektrikçiler tarafından kontrol edilmelidir.Denetim, gözetim, kontroller eksiksiz yapılmalıdır.
- 8- Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlarda statik elektriğin çalışanlar üzerinde birikmesi statik elektriğin tutuşturucu kaynak olması tehlikesi ile birlikte patlama nedeniyle çoklu ölüm olma riski bulunmaktadır.Riske karşı alınması gerekli önlemler ;
Muhtemel patlayıcı ortamların girişinde statik elektriğe karşı topraklama levhası bulundurulmalıdır ayrıca dolum noktalarında topraklama penseleri bulunmalıdır ve bunların yıllık periyodik kontrolleri yapılmalıdır.
- 9- Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlarda kişisel koruyucu donanımların eksik bakımı veya eski donanımların kullanılması veya patlayıcı ortama uygun olmayan iş elbisesi ile çalışılması tehlikesi ile birlikte statik elektrik atlaması sonucu patlama nedeniyle ölüm riski oluşmasıdır. Riske karşı alınması gerekli

önlemler ;Çalışanlara antistatik iş ayakkabısı, anti statik tulum vs.KKD ler verilmelidir ve denetim, gözetim, kontroller eksiksiz yapılmalıdır.

- 10- Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlarda ziyaretçilerin tehlikeli bölgeleri izinsiz girmesi tehlikesi ile birlikte işletmeye izinsiz girilmesi sebebiyle iş kazası sonucu ölüm riskine karşı alınması gerekli önlemler ; Tüm tesis enelinde ziyaretçi gerekli kontroller yapılmalıdır, eğitimler verilerek ve uygun KKD ler teslim edilmelidir.Nezaretçi eşliğinde tesis içerisine alınmalıdır. Tesis geneli kameralarla izlenmelidir.
- 11- Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlarda hava hareketlerinden dolayı yıldırım düşmesi yıldırım düşmesi tehlikesi ile birlikte tesiste patlama çoklu ölüm riskine karşı alınması gerekli önlemler; tesis genelini koruyacak şekilde kapsama alanı olan yıldırımdan korunma sistemi yapılmalıdır.
- 12- Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlarda periyodik kontrolleri yapılmamış kaldırma iş ekipmanları tehlikesi ile birlikte ekipmandan kaynaklı patlama sonucu ölüm riskine karşı alınması gerekli önlemler;Tüm kaldırma araçlarının periyodik 3 aylık kontrolleri yapılmalıdır ve takip edilmelidir. Periyodik kontrolü yapılmamış kaldırma aracı bulundurulmamalıdır.
- 13- Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlarda tehlikeli bölgelerde exproof özelliğe sahip olmayan kaldırma araçlarının kullanılması tehlikesi ile birlikte ekipmandan kaynaklı patlama sonucu ölüm riskine karşı alınması gerekli önlemler; Tehlikeli bölgelerde exproof özelliğe sahip olmayan kaldırma araçları kullanılmamalıdır.
- 14- Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlarda tankerden boşalım sırasında sızma oluşması, tanktan taşma yaşanması tehlikesi ile birlikte yangın sonucu yaralanma, ölüm riskine karşı alınması gerekli önlemler; Çalışanlar mesleki eğitim almalıdır.Periyodik eğitimleri senelik olarak yapılmalıdır.Çalışanlara tehlikeli kimyasallar ile güvenli çalışma eğitimleri verilmelidir.Anti statik, tulum, iş ayakkabısı vs.KKD ler verilmelidir.Tanker boşaltım alanlarında talimat, uygun YSC, Topraklama pensesi, kıvılcım çıkarmayan pompalarla tankerden tanka boşaltma yapılmalıdır.Tankların çevresinde en büyük tank hacmini kapsayacak tank havuzları olmalıdır.Eğitim almış, sevkiyat görevlileri tarafından tankerden tanka boşaltma yapılmalıdır..Tankerler ADR'ye uygun ve şöförlerin SRC 5 belgeleri bulunmalıdır. Depolama tankları çevresi otomatik söndürme sistemi bulunmalıdır.LEL cihazı ve uygun havalandırması ve emiş

stemleri bulundurulmalıdır.Otomatik seviye durdurma sistemleri bulundurulmalıdır.Mevzuat gereği yangın t p, ve dolapları uygun alanlara konulmalıdır. Acil durum ekipleri kurulmalı ve yangın eēitim ve talimatları yapılmalıdır. Saha kontrol ve denetlemeler yapılmalıdır.

15- Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlarda uygunsuz depolama tehlikesi ile birlikte yangın sonucu ölüm riskine karŗı alınması gerekli önlemler;  alıŗankar mesleki eēitim almalıdır.Periyodik eēitimleri senelik olarak yapılmalıdır. alıŗanlara tehlikeli kimyasallar ile güvenli  alıŗma eēitimleri verilmelidir.Anti sitatik, tulum, iŗ ayakkabısı vs.KKD verilmelidir.Depolarda Depolama matrisleri bulundurulmalıdır.Depolama matriksine uygun depolama yapılmalıdır. Depo sahasında otomatik söndürme sistemi cebri havalandırma ve doēal havalandırma sistemi bulunması saēlanmalıdır.

16- Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlarda  alıŗma ortamında kolay alevlenir sıvı veya gaz sızıntısı olması tehlikesi ile birlikte patlama sonucu toplu ölüm riskine karŗı alınması gerekli  nlemler; Kimyasal Sızıntı ile ilgili acil durum planı ve kimyasala müdahale Ekipleri oluŗturulmalıdır.Sızıntı emici Absorbanlar bulunmalıdır. Eēitim ve Tatbikatlar yapılmalıdır.

17- Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlarda Reaksiyon sırasında ürünlerin reaktör, karıŗtırıcı vs.içerisine alınması tehlikesi ile birlikte yangın sonucu yaralanma, ölüm riskine karŗı alınması gerekli önlemler;  alıŗanlar mesleki eēitim almalıdır.Periyodik eēitimleri senelik olarak yapılmalıdır. alıŗanlara tehlikeli kimyasallar ile güvenli  alıŗma eēitimleri verilmelidir.Anti sitatik, tulum, iŗ ayakkabısı verilmelidir.üretim reçetelerine göre bölüm sorumlularının gözetiminde üretimler yapılmalıdır.Tesisde otomatik söndürme sistemi bulundurulmalıdır.Mevzuat gereēi yangın t p, ve dolapları uygun alanlara konulmalıdır.

18- Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlarda dolum sırasında statik elektrik oluŗması tehlikesi ile birlikte yangın sonucu yaralanma, ölüm riskine karŗı alınması gerekli önlemler;  alıŗanlar mesleki eēitim almalıdır.Periyodik eēitimleri senelik olarak yapılmalıdır. alıŗanlara tehlikeli kimyasallar ile güvenli  alıŗma eēitimleri verilmelidir.Anti sitatik, tulum, iŗ ayakkabısı verilmelidir.üretim reçetelerine göre bölüm sorumlularının gözetiminde üretimler yapılmalıdır.Tesisde otomatik söndürme sistemi bulundurulmalıdır.Mevzuat gereēi yangın t p, ve dolapları uygun alanlara

konulmalıdır. tüm tesis, reaktör civarı topraklamaları mevcut ve ölçümler yapılmakta. Tüm saha, korkuluklar topraklanmalıdır ve periyodik ölçümler yapılmalıdır. Dolum sahasında ilave topraklama sistemi bulundurulmalıdır.

19- Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlarda çalışanlar, taşeron işçiler veya ziyaretçiler tarafından sigara içilmesi tehlikesi ile birlikte patlama sonucu ölüm riskine karşı alınması gerekli önlemler; tüm tesis genelinde sigara içilmemelidir. İkaz ve uyarı levhaları bulundurulmalıdır.

20- Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlarda tehlikeli bölgelere yasaklayıcı, uyarıcı veya emredici işaret levhalarının asılmamış olması tehlikesi ile birlikte Patlama sonucu ölüm riskine karşı alınması gerekli önlemler; muhtemel patlayıcı ortamların girişine ex uyarı işaret leri bulunmalıdır. Cep telefonları için tesis girişlerinde kutular konulmalıdır. Cep telefonu ile üretim sahasına girilmemelidir.

21- Tesis geneli muhtemel patlayıcı ortamlarda bakım onarım çalışmaları sırasında kıvılcım çıkarılması, ateşli çalışma yapılması tehlikesi ile birlikte Yangın, Patlama sonucu yaralanma, ölüm riskine karşı alınması gerekli önlemler; Bakım onarım çalışması yapan çalışanlar ; Mesleki yeterlilik, ex proof eğitimine sahip olmalıdır. Periyodik olarak iş güvenliği, güvenli bakım onarım çalışmaları, tehlikeli kimyasallar, çalışma izinleri vs, konularında eğitimler düzenlenmelidir. Çalışma izin sistemleri yapılmalıdır. Gerekli temizlik, havalandırma, kilitleme-etiketleme, gerekli gaz ölçümleri ve gerekli tüm önlemler malıdır. Ateşli çalışma haricinde kıvılcım çıkarmayan bakım elemanları ile bakımlar yapılmalıdır.

5.5.1. Sıcak çalışma izin formu

Yanıcı ve parlayıcı kimyasalların üretim yapılan tesisler içerisinde bakım-onarım vs. işlerinde yapılacak olan kaynak işleri, taş motoru ile kesme işleri vb. ateş, kıvılcım çıkaracak çalışmalarda tablo 5.6'da bilgileri verilen sıcak çalışma izin formu ile birlikte iş izinleri verilmelidir.

Tablo 5.6. Sıcak çalışma izin formu

SICAK ÇALIŞMA İZİN FORMU									
ÇALIŞILACAK ÜRETİM BÖLÜMÜ									
ÇALIŞILACAK MAKİNA - HAT									
YAPILACAK İŞİN TARİFİ									
TARİH									
İŞİN BAŞLAMA - BİTİŞ SAATİ									
ALINACAK ÖNLEMLER					EVET	HAYIR	AÇIKLAMA		
İŞLETME	1	Kaplar/Hatlar kimyasallardan (solvent, yağ, ürün vb.) arındırılmıştır.							
	2	Çalışılacak alan ve etrafı yanıcı maddelerden temizlenmiştir.							
	3	İşletme çalışanlarının yapılacak sıcak çalışmada haberdardır.							
	4	İşin devamı süresince yangın söndürme eğitimi almış yeterli sayıda eleman gerekli söndürme ekipmanları ile birlikte hazır bulundurulmaktadır.							
	5	Elektrikçi tarafından iş ekipmanının elektriği kesildikten sonra, işletme çalışanı iş ekipmanını kontrol edilerek çalışmadığı görülmüş, stop ve acil stop butonlarına basılmış ve ikaz tabelası "dikkat bakım onarım var" kumanda panosu üzerine asılmıştır.							
ELEKTRİK	1	Çalışma alanında kullanılacak elektrikli iş ekipmanlarının(kaynak mak.,taşıma motoru, vb.)kablo ve bağlantıları sağlam, elektrikli cihazların topraklamaları mevcut ve uygun olduğu görülmüştür.							
	2	Ekipmana gelen elektrik enerjisi panodan sigortalar kapatılarak kesilmiş, pano kapakları kilitlenmüş ve uyarı levhası asılmış ve iş ekipmanının çalışmadığı kontrol edilerek görülmüştür.							
	3	Parlayıcı patlayıcı ortamlarda çalışan elektrikli iş ekipmanları Ex dir.							
	4	Çalışma ortamına uygun ve yeterli aydınlatma sağlanmıştır.							
MEKANİK	1	Çalışma mahalline güvenli ulaşım ile çalışma mahallinde güvenli çalışma ortamı sağlanmıştır.							
	2	Kimyasallardan arındırılmış hatlar körlenerek kazara kullanımı önlenmiştir, diğer hatların da (hava, su vb.) bağlantıları kesilmiş ve kilitlenmıştır.							
	3	Çalışma mahallinde güvenlik alanı oluşturulmuş ve "Dikkat bakım onarım var" ikaz tabelası asılmıştır.							
	4	Çalışan için gereken iş ekipmanları ile kişisel koruyucu malzemeler mevcuttur ve kullanılmaktadır.							
	5	Yangın söndürme sistemleri devrededir.							
ISIG	1	İşletme, elektrik ve mekanik bakım birimlerinin almış olduğu önlemler yeterli ve uygundur.							
	2	Gaz ölçüm cihazı ile standart ölçümler yapılmıştır.							
		GAZ ÖLÇÜM DEĞERLERİ							
		OKSİJEN % :		CO % :					
LEL % :		H2S % :							
ÇALIŞANLARIN AD SOYAD/İMZA									
Yangın Müdahale Ekibi ADI SOYADI/İMZA									
YUKARIDA BELİRTİLEN ÖNLEMLERİ ALANLAR, KONTROL EDENLER VE YETERLİLİĞİNİ ONAYLAYANLAR									
İŞLETME		ELEKTRİK		MEKANİK		ISIG SORUMLUSU			
BİRİM SORUMLUSU		ELEKTRİK SORUMLU		MEKANİK SORUMLU					



6. SONUÇ VE ÖNERİ

Sonuç olarak; Yanıcı ve parlayıcı kimyasallar ile üretim yapılan endüstri kimya tesislerinde yangın ve patlama tehlikelerine karşı alınması uygun olacak önlemler;

- Yanıcı ve Parlayıcı kimyasal maddelerin binaların yangından korunma yönetmeliğine uygun depolama alanı içerisinde depolanması sağlanmalıdır.
- Yanıcı ve parlayıcı kimyasalların üretim alanında Gaz ve Alev algılama alarm sistemi bulundurulmalıdır.
- Yanıcı ve parlayıcı kimyasalların üretim yapılan reaktörlerde yanıcı ve parlayıcı kimyasallar kapalı sistem içerisinde ve otomasyon sistemi kullanılarak çalışma yapılmalıdır.
- Yanıcı ve parlayıcı kimyasalların üretim tesislerinde binaların yangından korunma yönetmeliğine uygun sprinkler otomatik söndürme sistemi bulundurulmalıdır.
- Yanıcı ve parlayıcı kimyasalların üretim tesislerinde Binaların yangından korunma yönetmeliğine uygun yangın söndürücüleri bulundurulmalı ve periyodik kontrolleri yapılmalıdır.
- Yanıcı ve parlayıcı kimyasalların üretim tesislerinde Üretim yapılan reaktörlerde; Atex sertifikalı tehlike sınıfına uygun kategorilerde Exproof motor, redüktörler, göstergeler ekipmanlar kullanılmaktadır.
- Yanıcı ve parlayıcı kimyasalların üretim tesislerinde reaktörlerinde, atmosfere açılan patlama diskleri bulunmaktadır.
- Yanıcı ve parlayıcı kimyasalların üretim tesislerinde tüm hatların, platform, korkuluk, pompaların, motorların, redüktörlerin, topraklamaları bulundurulmalıdır.
- Topraklama Yönetmeliği gereği senelik topraklama kontrolleri yapılmalıdır.
- Yanıcı ve parlayıcı kimyasalların üretim tesislerinde içerisinde aydınlatmalar, acil durum aydınlatmaları Exproof özellikte olmalıdır.
- Yanıcı ve parlayıcı kimyasalların üretim tesislerinde gerekli olan uygun güvenlik ve sağlık işaretleri bulundurulmalıdır.

- Yanıcı ve parlayıcı kimyasalların üretim tesislerinin elektrik tesisatı senelik olarak kontrol edilmelidir.
- Yanıcı ve parlayıcı kimyasalların üretim tesislerinin bakım sırasında kıvılcım çıkarmayan anahtar, murç, çekiç vs. el aletleri kullanılmalıdır.
- Yanıcı ve parlayıcı kimyasalların üretim tesislerinin reaktörler üzerindeki tüm elektrik ekipmanlar (fan, göstergeler, ölçüm cihazları vs.) tehlike sınıfına uygun katogoride Exproof özellikte olmalıdır.
- Yanıcı ve parlayıcı kimyasalların üretim tesislerinin reaktör sahası çevresinde havalandırma menfezleri, tehlike sınıfına uygun cebri havalandırma sistemleri (içeri hava basan, içerdeki kirli havayı çeken) bulundurulmalıdır.
- Yanıcı ve parlayıcı kimyasalların üretim tesislerinde çalışanlar antistatik; iş tulumları, kişisel koruyucular, giysiler vs. kullanılmalıdır.
- Yanıcı ve parlayıcı kimyasalların üretim tesislerinin girişlerinde statik elektrik topraklama levhası bulunmalıdır.Tesislerin girişlerinde çalışanlar topraklama levhasına avuç iç kısmı basarak girmeleri gerekmektedir.
- Yanıcı ve parlayıcı kimyasalların üretim tesislerinde acil durum ekipleri bulunmalı, periyodik eğitim ve tatbikatlar yapılmalıdır.
- Yanıcı ve parlayıcı kimyasalların üretim tesislerinde çalışanların mesleki eğitimleri bulunması ve İş güvenliği eğitimleri periyodik olarak yapılmalıdır.
- Yanıcı ve parlayıcı kimyasalların üretim tesislerinde tesis içerisine girişte telefon kutuları bulundurulmalı ve çalışanlar telefon ile tehlike bölgelerine girmesi önlenmelidir.
- Yanıcı ve parlayıcı kimyasalların üretim tesislerinde, reaktör ve bağlı hatları, flanş aralarında olmak üzere topraklamalar bulundurulmalıdır.
- Yanıcı ve parlayıcı kimyasalların üretim tesislerinde varil, IBC vs.ambalajlama dolumu yapılan alanda topraklama maşaları bulundurulmalı ve dolum, boşaltım sırasında takılmalıdır.
- Yanıcı ve parlayıcı kimyasalların üretim tesislerinde, sabotaj tehlikelerine karşı kamera, güvenlik vs. önlemler alınmalıdır.

Yanıcı ve parlayıcı kimyasalların üretim tesislerinde patlamadan korunma çalışmaları sırasında mevcut durum (proses, teçhizat, ekipman, kimyasallar vb.), muhtemel patlayıcı ortam oluşturabilecek tehlikeli yerler gözden geçirilmiş ve gerekli çalışma ortamı gözetimleri yapılmalıdır.

Yanıcı ve parlayıcı kimyasalların üretim tesislerin genelinde muhtemel patlayıcı ortamlarda tehlike bölgelerine uygun proses enstrümanları kullanılmalıdır.Örneğin çalışmanın yapıldığı reaktör içi bölge 0 ve reaktör çevresi Bölge 2 olarak belirlenmiştir. Bölge 2 olarak tespit edilen muhtemel patlayıcı ortamlarda Ex II 3 G IIA T4 tipi ekipmanlar kullanılabilir.

Yanıcı parlayıcı kimyasallarla üretim yapılacak tesislerin tasarım aşamasında yangın ve patlama riskleri değerlendirilmelidir.Değerlendirme sonuçlarına göre tehlike bölgelerine uygun proses, teçhizat ve iş ekipmanlarının dizaynları yapılmalı ve sürekli kontroller ve denetlemler yapılmalıdır.





KAYNAKLAR

- [1] Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı. (2018). On Birinci Kalkınma Planı. Erişim adresi: <https://www.sbb.gov.tr/wpcontent/uploads/2020/04/KimyaSanayiCalismaGurubuRaporu.pdf>. internet adresinden 06 mayıs 2023 tarihinde ulaşılmıştır.
- [2] Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı. (2021). Kimya Sektörü Broşürü. Erişim adresi: <https://ticaret.gov.tr>. 10 mayıs 2023 tarihinde ulaşılmıştır.
- [3] Çevre ve Orman Bakanlığı. Tehlikeli Maddelerin ve Müstahzarların Sınıflandırılması, Ambalajlanması ve Etiketlenmesi Hakkında Yönetmelik Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/12/20081226M1-4.htm>. internet adresinden 18 nisan 2023 tarihinde ulaşılmıştır.
- [4] Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, SEVESO II Direktifinin Uygulama Kapasitenin Arttırılması İçin Teknik Yardım Projesi, Erişim adresi: <https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikbelge/icerikbelge3198.pdf>. internet adresinden 18 nisan 2023 tarihinde ulaşılmıştır.
- [5] Demir A., Öz A., Teolojik Açıdan İş Kazalarının İncelenmesi, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, Sayı 14, S. 189-197, 2018. internet adresinden 18 mayıs 2023 tarihinde ulaşılmıştır.
- [6] Türkiye Cumhuriyeti Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Büyük Endüstriyel Tesislerde Kaza Risklerinin ve Kök Nedenlerin Tespiti: Atmosferik Distilasyon Kolonu Örneği, Uzmanlık Tezi, 2015. internet adresinden 20 mayıs 2023 tarihinde ulaşılmıştır.
- [7] Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Büyük Endüstriyel Kazalar Yol Haritası Belgesi.(2014).Erişim adresi: https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/3907/xfiles/endustriyel_kazalar_son.pdf. internet adresinden 18 nisan 2023 tarihinde ulaşılmıştır.
- [8] Türkiye Cumhuriyeti Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Kimyasalların Güvenli Depolanması Rehberi. Erişim adresi: <http://isg.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/160/2020/01/Kimyasallar%C4%B1n-G%C3%BCvenli-Depolanmas%C4%B1-Rehberi.pdf>. internet adresinden 20 nisan 2023 tarihinde ulaşılmıştır.
- [9] Türkiye Cumhuriyeti Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Patlayıcı Ortamların İş Sağlığı ve Güvenliği Yönünden Teftişi, Erişim adresi: <https://docplayer.biz.tr/1227815-Patlayici-ortamlarin-gg-sagligi-ve-guvenluggg-yonunden-teftggg.html>. internet adresinden 21 mayıs 2023 tarihinde ulaşılmıştır.

- [10] Kaynayan Sıvı Genleşen Buhar Patlaması. Erişim adresi: <https://isgrehberi.org/2019/01/23/bleve-patlama-nedir/> internet adresinden 23 kasım 2022 tarihinde ulaşılmıştır
- [11] TMMOB Kimya Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi. (2020) . Endüstriyel Yangınlar ve Patlamalar. Erişim adresi: https://www.kmo.org.tr/resimler/ekler/90b7c8fd1b268d3_ek.pdf?tipi=2&turu=H&sube=7. internet adresinden 18 nisan 2023 tarihinde ulaşılmıştır.
- [12] Yangınların Sebepleri ve Oluşturduğu Tehlikeler. Erişim adresi: <https://isgadami.com/yanginlarin-sebepleri/>. internet adresinden 07 mayıs 2023 tarihinde ulaşılmıştır.
- [13] Türkiye Cumhuriyeti Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunmalarına İlişkin Uygulama Rehberi, Erişim adresi: <https://www.csgb.gov.tr/medias/4586/rehber02.pdf>. internet adresinden 09 mayıs 2023 tarihinde ulaşılmıştır.
- [14] Türkiye Cumhuriyeti Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Muhtemel Patlayıcı Ortamda Kullanılan Teçhizat ve Koruyucu Sistemler İle İlgili Yönetmelik(2014/34/AB).Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2016/06/20160630-13.htm>. internet adresinden 11 mayıs 2023 tarihinde ulaşılmıştır.
- [15] Risk Değerlendirmesi Metotları, Topal, İ., Erişim adresi: http://www.dataakademi.com.tr/wpcontent/uploads/2017/02/12_RD_METOTLARI.pdf. internet adresinden 11 mayıs 2023 tarihinde ulaşılmıştır.
- [16] Statik Elektrik Nedir?, Erişim tarihi:05/05/2023, Erişim adresi:<https://www.elektrikrehberiniz.com/elektrik/statik-elektrik-nedir-13384/> internet adresinden 12 mayıs 2023 tarihinde ulaşılmıştır.
- [17] Tankerlerin Dolumu ve Boşaltımı, Erişim tarihi: 02/05/2023, Erişim adresi: <https://docplayer.biz.tr/2576124-4-tankerlerin-dolumu-ve-bosaltimi.html> internet adresinden 15 mayıs 2023 tarihinde ulaşılmıştır.
- [18] Patlayıcı Ortamlarda Kullanılan Elektrik Aygıtları ve Patlayıcı Ortamlar Hakkında Genel Bilgi, Erişim adresi: https://www.emo.org.tr/ekler/d6646aad9bcc0be_ek.pdf?tipi=2&turu=X&sube= internet adresinden 12 nisan 2023 tarihinde ulaşılmıştır.
- [19] Patlayıcı Ortamlarda Tehlikeli Bölgelerin Sınıflandırılması,Erişim adresi:<https://exproof.info/tr/blog-detay/patlayici-ortamlarda-tehlikeli-bolgelerin-siniflandirilmesi>.internet adresinden 15 nisan 2023 tarihinde ulaşılmıştır.
- [20] ATEX 94/9/AT (ATEX 2014/34/EU) ATEX 99/92/AT Belgelendirme ve Eski Yönetmelik Uygulamaları, Erişim tarihi: 15/04/2023, Erişim adresi: https://www.emo.org.tr/ekler/84f2aa85e641717_ek.pdf.internet adresinden 10 nisan 2023 tarihinde ulaşılmıştır.

- [21] Reaktör Nedir?, Erişim adresi:
<https://www.ekipmuhendislik.com.tr/reaktorler.internet> adresinden 15 nisan 2023 tarihinde ulaşılmıştır.
- [22] Patlayıcı Ortamlarda İş Güvenliği Erişim adresi:
https://isgtecrubeleri.com/dokumanlar/010patlayici_ortamlarda_is_guvenligi.pdf.internet adresinden 15 nisan 2023 tarihinde ulaşılmıştır.
- [23] CE belgesi nedir? Ne işe yarar, Erişim adresi: <https://cgstestmerkezi.com/ce-belgesi-nedir-ne-ise-yarar/.internet> adresinden 12 temmuz 2023 tarihinde ulaşılmıştır.
- [24] Labaratuvar Güvenliği Erişim adresi:
<https://slideplayer.biz.tr/slide/17996507.internet> adresinden 2 mayıs 2023 tarihinde ulaşılmıştır.
- [25] Ülke gelirleri içerisinde sanayi kolları dağılımı, Erişim adresi :
<https://cografyahocasi.com/11-sinif/turkiyede-sanayi-ve-dagilisi.html.internet> adresinden 15 nisan 2023 tarihinde ulaşılmıştır.



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Haluk TANDOĞAN

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Önlisans** : 2009, Kocaeli Üniversitesi, İş sağlığı ve İş güvenliği Bölümü
- **Önlisans** : 2016, İstanbul Üniversitesi, Acil durum ve Afet Yönetimi Bölümü.
- **Önlisans** : 2018, Atatürk Üniversitesi Sosyal Hizmetler Bölümü
- **Lisans** : 2004, Sakarya Üniversitesi, Fizik Bölümü
- **Lisans** : 2015, Anadolu Üniversitesi, İşletme Bölümü
- **Lisans** : 2018, Anadolu Üniversitesi, Çalışma ekonomisi ve Endüstri ilişkileri
- **Lisans** : 2020, Anadolu Üniversitesi, Sosyoloji bölümü
- **Yükseklisans** : 2007, Sakarya Üniversitesi, Fizik Öğetmenliği
- **Yükseklisans** : 2023, Sakarya Üniversitesi, Yangın ve Yangın Güvenliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2004-2023 yılları arasında Özel sektöre ait çeşitli firmalarda, vardiya amiri, İş. güvenliği uzmanlığı görevlerinde çalıştı.
- 2023 yılında girmiş olduğu Sakarya Büyükşehir Belediyesi Saski bünyesinde halen görev almaktadır.

BİLİMSEL ETKİNLİKLER VE SERTİFİKALAR:

- A sınıfı İş güvenliği Uzmanı
- İş güvenliği Uzman Eğiticisi
- Yüksekte çalışma Eğiticisi
- Yangın Eğiticisi
- Bilgisayar işletmenliği sertifika
- Patlamadan Korunma dökümanı Hazırlama Eğitimi
- Tehlikeli Madde Güvenlik danışmanı Eğitimi