



**T.C.
ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

**GIDA SEKTÖRÜNDE TOZ PATLAMALARININ
ARAŞTIRILMASI VE PATLAMADAN KORUNMA
DOKÜMANININ HAZIRLANMASI
BİR UYGULAMA ÖRNEĞİ**

Emine Esra Layık

(İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi)

ANKARA-2016

**T.C.
ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

**GIDA SEKTÖRÜNDE TOZ PATLAMALARININ
ARAŞTIRILMASI VE PATLAMADAN KORUNMA
DOKÜMANININ HAZIRLANMASI
BİR UYGULAMA ÖRNEĞİ**

Emine Esra Layık

(İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi)

**Tez Danışmanı
Selçuk Yaşar**

ANKARA-2016

T.C.
Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı
İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü

ONAY

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzman Yardımcısı **Emine Esra LAYIK**'ın, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanı **Selçuk YAŞAR** danışmanlığında tez başlığı "**Gıda Sektöründe Toz Patlamalarının Araştırılması ve Patlamadan Korunma Dokümanının Hazırlanması: Bir Uygulama Örneği**" olarak teslim edilen bu tezin savunma sınavı .../.../20.. tarihinde yapılarak aşağıdaki jüri üyeleri tarafından "**İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi**" olarak kabul edilmiştir.

İmza
Unvanı Adı Soyadı
JÜRİ BAŞKANI

İmza
Unvanı Adı Soyadı
ÜYE

İmza
Unvanı Adı Soyadı
ÜYE

İmza
Unvanı Adı Soyadı
ÜYE

İmza
Unvanı Adı Soyadı
ÜYE

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Adı Soyadı
İSGGM Genel Müdürü

TEŞEKKÜR

Tez hazırlık süreci ve Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Genel Müdürlüğü'ndeki çalışma hayatım boyunca çalışmalarına yön veren, yaptığım araştırmaların her aşamasında kıymetli bilgi, deneyim ve desteklerini esirgemeyen başta Müsteşar Yardımcısı Sayın Dr. Serhat AYRIM olmak üzere, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürü Sayın Kasım ÖZER, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdür Yardımcısı Sayın Dr. H. N. Rana GÜVEN, Sayın Sedat YENİDÜNYA, Sayın İsmail GERİM'e, değerli yorumlarıyla tez çalışmama yön veren tez danışmanım İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanı Sayın Selçuk YAŞAR'a ve değerli çalışma arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca her ihtiyaç duyduğumda yanımda olan ve beni destekleyen başta annem Filiz LAYIK ve babam Orhan LAYIK olmak üzere tüm aileme teşekkür ederim.

ÖZET

Emine Esra LAYIK

Gıda Sektöründe Toz Patlamalarının Araştırılması ve Patlamadan Korunma Dokümanının Hazırlanması: Bir Uygulama Örneği

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü

İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi

Ankara, 2016

Patlayıcı ortamlarda iş sağlığı ve güvenliği koşullarının sağlanarak çalışanların işyerlerinde oluşabilecek patlayıcı ortamların tehlikelerinden korunması amacıyla Çalışanların Patlayıcı Ortamlardan Korunması Hakkında Yönetmelik yayımlanmıştır. Patlamadan Korunma Dokümanı Yönetmeliğin en temel aracı olarak ön plana çıkmakta ve patlayıcı ortam bulunan işyerlerinde hazırlanması gerekmektedir. Gıda sektöründe şeker, un, nişasta, süt tozu, kakao, baharat, hazır çorba karışımları gibi ürünlerin işlendiği tesislerde toz patlaması riski bulunmaktadır. Bu tez çalışmasında, gıda sektöründe toz patlaması riski bulunan üç farklı tesiste inceleme yapılarak patlama riskini değerlendirmek, örnek bir patlamadan koruma dokümanı hazırlamak ve konu ile ilgili detaylı bilgi sunmak amaçlanmıştır. Tez kapsamında; toz patlamaları, patlamadan korunma dokümanı, patlama karakteristikleri, boşalma kaynakları, tutuşturucu kaynaklar, bölge sınıflandırması, ekipman seçimi ve patlama etkilerini azaltıcı yöntemler hakkında genel bilgiler verilmiş; çalışma kapsamında kullanılan risk değerlendirme yöntemleri, patlayıcı bölge hesaplamaları ile patlamanın yapılar ve çalışanlar üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yapılan hesaplamalar anlatılmıştır. Un, nişasta ve şeker üretimi yapılan üç tesiste HTEA ve PGS yöntemleri kullanılarak patlamaya yönelik risk değerlendirme yapılmış, kullanılan risk değerlendirme yöntemlerinin uygulanabilirliği değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ayrıca, sektörde daha sonra hazırlanacak patlamadan korunma dokümanlarına katkı vermek amacıyla, şeker üretimi yapılan bir tesiste örnek bir patlamadan korunma dokümanı hazırlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Toz Patlaması, Patlama Riski, Patlamadan Korunma Dokümanı, Patlayıcı Ortamlar

ABSTRACT

Emine Esra LAYIK

Research on Dust Explosion and Preparing Explosion Protection Document in Food

Sector : An Application Example

**Ministry of Labour and Social Security, Directorate General of Occupational Health
and Safety**

Thesis for Occupational Health and Safety Expertise

Ankara, 2016

Regulation on Protection of Workers at Risk from Potentially Explosive Atmospheres was published and entered into force in order to determine the minimum requirements for improving health and safety conditions of workers in potentially explosive atmospheres. Explosion protection document is perceived as the key instrument that to be implemented in order to satisfy the requirements of the regulation. In the food industry; in the plant which sugar, flour, starch, milk powder, cocoa, spices, instant soup mixes and similar products processed, there is risk of dust explosion. In this thesis, aimed to prepare an explosion protection document and to provide detailed information on the subject by making research in three different plant, in which there is risk of dust explosion. In the scope of this thesis, general information on explosion protection document, explosion characteristics, source of release, ignition sources, area classification, equipment selection criteria and explosion effect reducing methods is provided. Risk assessment methods used in the study, the calculations made for determine explosion area and the impact of the explosion on the structures and employees are described. In three plants which produce flour, starch and sugar, by using two methods risk assessment performed, the applicability of the risk assessment methods evaluated and the results are compared. In order to contribute to explosion protection document that will be prepared in the future; an example of explosion protection document is prepared for the plant which produces sugar.

Keywords: Dust Explosion, Explosion Risk, Explosion Protection Document, Explosive Atmospheres

İÇİNDEKİLER

ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
RESİMLER LİSTESİ	vi
GRAFİKLER LİSTESİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. TEMEL KAVRAMLAR	3
2.1.1. Patlama Nedir?	3
2.1.2. Toz Nedir?.....	3
2.1.3. Toz Patlaması Nedir?	4
2.1.4. Domino Etkisi	6
2.2. PATLAMAYA DAİR İSTATİSTİKLER	8
2.2.1. Dünya	8
2.2.2. Türkiye	9
2.3. GIDA SEKTÖRÜNDE TOZ PATLAMALARI	10
2.4. PATLAMADAN KORUNMA DOKÜMANI.....	14
2.4.1. Patlama Karakteristikleri.....	19
2.4.2. Boşalma Kaynakları	23
2.4.3. Tutuşturucu Kaynaklar	24
2.4.4. Bölge Sınıflandırması.....	29
2.4.5. Bölge Ekipman Seçimi.....	31

2.4.6. Patlama Etkilerinin Azaltılması	38
3. GEREÇ VE YÖNTEMLER.....	41
3.1. ARAŞTIRMANIN AMACI	41
3.2. ARAŞTIRMA HAKKINDA BİLGİ.....	42
3.3. YÖNTEMLER.....	45
3.3.1. Risk Değerlendirmesi.....	45
3.3.2. Patlayıcı Bölge Hesaplamaları	54
3.3.3. Patlama Etkileri.....	56
4. BULGULAR	61
4.1. YÖNTEMLERE GÖRE TESİSLERDEKİ RİSKLERİN DAĞILIMLARI	62
4.1.1. Tesis 1 Yöntemlere Göre Risklerin Dağılımı.....	62
4.1.2. Tesis 2 Yöntemlere Göre Risklerin Dağılımı.....	65
4.1.3. Tesis 3 Yöntemlere Göre Risklerin Dağılımı.....	68
4.2. PATLAMADAN KORUNMA DOKÜMANI.....	71
4.2.1. Patlayıcı Bölge Hesaplamaları	73
4.2.2. Patlama Etkileri	76
5. TARTIŞMA	83
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	87
KAYNAKLAR.....	91
ÖZGEÇMİŞ.....	95
EKLER	
EK-1	
EK-2	
EK-3	

RESİMLER LİSTESİ

Resim 2.1 Şeker tozu patlaması sonrası Imperial Şeker Fabrikası [13] 13

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 2.1 ABD ve Almanya'da gerçekleşen toz patlamaları [2]	9
Grafik 2.2 Türkiye'de patlama sonucu iş kazası geçiren çalışan sayısının yıllara göre değişimi	10
Grafik 2.3 ABD'de gerçekleşen toz patlamalarının endüstrilere göre dağılımı [3].....	11
Grafik 2.4 ABD'de gerçekleşen toz patlamalarının materyallere göre dağılımı [3].....	11
Grafik 3.1 Gıda endüstrisinde toz patlaması riski bulunan tesislerde çalışan sayıları dağılımı [31].....	42
Grafik 4.1 Tesis 1 PGS yöntemine göre risklerin düzeylerine göre dağılımı	64
Grafik 4.2 Tesis 1 HTEA yöntemine göre risklerin düzeylerine göre dağılımı.....	64
Grafik 4.3 Tesis 2 PGS yöntemine göre risklerin düzeylerine göre dağılımı	67
Grafik 4.4 Tesis 2 HTEA yöntemine göre risklerin düzeylerine göre dağılımı.....	67
Grafik 4.5 Tesis 3 PGS yöntemine göre risklerin düzeylerine göre dağılımı	69
Grafik 4.6 Tesis 3 HTEA yöntemine göre risklerin düzeylerine göre dağılımı.....	70

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Yangın üçgeni	4
Şekil 2.2 Toz patlaması beşgeni	5
Şekil 2.3 Toz patlamalarında domino etkisi [2]	7
Şekil 2.4 Patlamadan korunma dokümanı hazırlama adımları [6, 14, 15]	16
Şekil 3.1 Tez çalışmasının aşamalarını gösteren iş akış şeması	42
Şekil 3.2 Basınç ile ölçekli uzaklık arasındaki korelasyon [23].....	57

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1 Toz patlama sınıfları.....	19
Tablo 2.2 Patlama parametreleri örnekleri [12].....	20
Tablo 2.3 Patlama parametreleri ile ilgili standartlar [21].....	21
Tablo 2.4 Toz patlaması şiddetini ve olasılığını etkileyen faktörler [2].....	22
Tablo 2.5 Almanya’da gerçekleşen 426 toz patlamasının tutuşturucu kaynaklara göre dağılımı [6]	28
Tablo 2.6 Bölge (zon) ve bölüm (divison) karşılaştırma tablosu [10]	30
Tablo 2.7. Patlayıcı toz kategorileri ile ekipman grupları arasındaki ilişki [25].....	33
Tablo 2.8 ATEX 95 ile ATEX 137 arasındaki ilişki [27]	34
Tablo 2.9 Patlayıcı toz bölgelerde kullanılan ekipman koruma seviyeleri [25].....	34
Tablo 2.10 Ekipman koruma seviyesi ile koruma tipi arasındaki ilişki [25].....	36
Tablo 2.11 Grup 2 ekipmanların maksimum yüzey sıcaklığı sınıflandırması [24].....	37
Tablo 3.1 HTEA yönteminde hata olasılığı dereceleri [35]	46
Tablo 3.2 HTEA yönteminde hata şiddeti dereceleri [37].....	47
Tablo 3.3 HTEA yönteminde fark edilebilirlik dereceleri [37].....	48
Tablo 3.4 PGS yönteminde P faktörünün belirlenmesi [39]	49
Tablo 3.5 PGS yönteminde C faktörünün belirlenmesi [39].....	50
Tablo 3.6 PGS yönteminde D faktörünün belirlenmesi [39].....	50
Tablo 3.7 PGS yönteminde D' faktörünün belirlenmesi [39].....	51
Tablo 3.8 PGS yönteminde ikincil parametrelerin belirlenmesi [39].....	52
Tablo 3.9 PGS yönteminde risklerin sınıflandırılması [39]	53
Tablo 3.10 Yüksek basıncın meydana getireceği hasarlar [23].....	58
Tablo 3.11 Probit parametreleri ve değişkenler [23].....	59

Tablo 3.12 Probit değişkeni yüzde korelasyonu [23]	60
Tablo 4.1 Tesis 1 risk değerlendirmesi sonuçları	62
Tablo 4.2 Tesis 2 risk değerlendirmesi sonuçları	65
Tablo 4.3 Tesis 2 risk değerlendirmesi sonuçları	68
Tablo 4.4 Tesis 3'te üretilen şekerin patlama karakteristikleri	72
Tablo 4.5 Tesis 3 patlayıcı toz ortamların bölge sınıflaması.....	73
Tablo 4.6 Tesis 3 muhtemel patlayıcı gaz ortamlarının sınıflandırması	74
Tablo 4.7 Tesis 3'te muhtemel patlamaların basınç dalga enerjisi ve TNT eşdeğer kütleleri .	76
Tablo 4.8 Anaerobik tank muhtemel patlama basıncı ve verebileceği hasarlar	77
Tablo 4.9 şeker kurutucu muhtemel patlama basıncı ve verebileceği hasarlar.....	77
Tablo 4.10 Trommer muhtemel patlama basıncı ve verebileceği hasarlar	78
Tablo 4.11 Paketleme bölümü muhtemel patlama basıncı ve verebileceği hasarlar	78
Tablo 4.12 Anaerobik tank patlama sonucu akciğer kanamasından ölüm olasılıkları	79
Tablo 4.13 Anaerobik tank patlama sonucu çalışanlarda kulak zarı patlaması olasılığı.....	80
Tablo 4.14 şeker kurutucu çalışanların akciğer kanamasından ölüm olasılıkları	80
Tablo 4.15 şeker kurutucu patlama sonucu çalışanlarda kulak zarı patlaması olasılığı	80
Tablo 4.16 Trommer patlama sonucu çalışanların akciğer kanamasından ölüm olasılığı.....	81
Tablo 4.17 Trommer patlama sonucu çalışanlarda kulak zarı patlaması olasılığı.....	81
Tablo 4.18 Paketleme bölümünde çalışanların akciğer kanamasından ölüm olasılıkları.....	81
Tablo 4.19 Paketleme bölümü patlama sonucu çalışanlarda kulak zarı patlaması olasılığı.....	81

SİMGELER VE KISALTMALAR

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ATEX	Patlayıcı Ortamlar (Explosive Atmospheres)
α	Çözünme Oranı
BIA	Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit (Alman İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü)
BS	British Standard (İngiliz Standardı)
c_d	Boşalma Katsayısı (Birimsiz)
c_p	Özgül Isı (J/ kg K)
ÇEİS	Çimento Endüstrisi İşverenleri Sendikası
EC	European Community (Avrupa Topluluğu)
E	Basınç Dalgası Enerjisi (kJ)
EN	European Norm (Avrupa Normu)
EPL	Equipment Protection Level (Ekipman Koruma Seviyesi)
E_{TNT}	TNT Patlama Enerjisi (kJ)
IEC	International Electrical Commission (Uluslararası Elektroteknik Komisyonu)
InnHf	Innovation Through Human Factors in Risk Analysis and Management (Risk Değerlendirmesi ve Yönetiminde İnsan Faktörünün İnovasyonu)
K_{St}	Tozun Patlama Şiddet İndeksi
LIT	Layer Ignition Temperature (Katman Tutuşma Sıcaklığı)
LOC	Lower Oxygen Concentration (En Düşük Oksijen Konsantrasyonu)
m	Açığa Çıkan Yanıcı Kütle (kg)
M	Moleküler Kütle (kg/kmol)
MEC	Minimum Explosible Concentration (Minimum Patlayıcı Konsantrasyonu)

MIE	Minimum Ignition Energy (Minimum Tutuşma Enerjisi)
MIT	Minimum Ignition Temperature (Minimum Tutuşma Sıcaklığı)
m_{TNT}	Eş Değer TNT Kütlesi (kg)
NFPA	National Fire Protection Association (Ulusal Yangın Koruma Birliği)
p	Ekipman İçindeki Basınç (Pa)
p_a	Atmosfer Basıncı (101 325 Pa)
p_c	Kritik Basınç (Pa)
ρ_g	Patlayıcı Gazın Yoğunluğu (kg/m ³)
P_{max}	Maksimum Patlama Basıncı
Q_g	Patlayıcı Gazın Hacimsel Akış Hızı (m ³ /s)
r	Patlama Noktasına Uzaklık (m)
R	Evrensel Gaz Sabiti (8314 J/kmol K)
RÖS	Risk Öncelik Sayısı
S	Boşalma Açıklığı Kesiti (m ²)
SGK	Sosyal Güvenlik Kurumu
T	Sıcaklık (K)
TNT	Trinitrotoluen
TS	Türk Standardı
W_g	Kütlesel Boşalma Hızı (kg/s)
γ	Adyabatik Genleşmenin Politropik İndeksi (Birimsiz)
Z	Sıkıştırılabilirlik Faktörü (Birimsiz)
Z_e	Ölçekli Uzaklık (m/kg ^{1/3})
ΔH_c	Yanma Isısı (kJ/kg)

1. GİRİŞ

Toz patlamaları iş sağlığı ve güvenliği açısından önemli bir yere sahip olup, meydana gelen toz patlamaları işyerlerinde ölümlü iş kazalarının yanı sıra büyük maddi kayıplara neden olmaktadır [1].

Endüstride toz içeren süreçlerin %70'ten fazlası yanıcı toz ihtiva etmektedir. Bu bilgiden yola çıkılarak toz içeren süreçleri olan sanayi tesislerinin büyük bir kısmında toz patlaması riski olduğu söylenebilir [2]. Metal, ahşap, gıda ve kimya endüstrisi, toz patlaması riskinin yüksek olduğu endüstrilerdir [3]. ABD'de toz patlamaları ile ilgili yapılan bir araştırmada, patlamaların yarısından fazlasının gıda (%24), ahşap (%15), kimya (%8) ve metal endüstrisinde (%8) gerçekleştiği görülmektedir [3].

Gıda sektöründe un, şeker, nişasta, kakao vb. maddelerin üretiminin yapıldığı tesislerde toz patlaması riski bulunmaktadır [4]. Patlamadan korunma dokümanının içeriği, bölge hesaplamaları, bölge sınıflandırmaları, patlayıcı ortamlarda alınması gereken organizasyonel ve teknik önlemler hakkında yöneticiler ve iş güvenliği uzmanlarının bilgi sahibi olması gerekmektedir. Mevzuatın bu konuda çizmiş olduğu çerçevede, patlayıcı ortamlara dair bilgi ve farkındalık düzeyinin çeşitli faaliyetler ile artırılması gerekmektedir.

İşyerlerinde karşılaşılan patlayıcı ortamlara dair literatür ve standart taraması yapılarak Çalışanların Patlayıcı Ortamlardan Korunması Hakkında Yönetmelik kapsamında olan un, nişasta ve şeker üretimi yapan üç tesiste iki farklı yöntemle patlamaya yönelik risk değerlendirmesi yapılarak tesislerdeki patlama risklerini belirlemek, kullanılan risk değerlendirmesi yöntemlerinin uygulanabilirliğini değerlendirmek ve elde edilen sonuçları karşılaştırmak amaçlanmıştır. Ayrıca, şeker üretimi yapan bir tesiste örnek bir patlamadan korunma dokümanı hazırlanarak bu sektörde daha sonra hazırlanacak patlamadan korunma dokümanlarına katkı vermek amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. TEMEL KAVRAMLAR

2.1.1. Patlama Nedir?

Patlama, kesin ve net tanımı olan bir kavram değildir. Ansiklopedik kaynaklarda yapılan patlama tanımları incelendiğinde tanımlar iki kategoriye ayrılabilir. Birinci kategorideki tanımlar; patlama esnasında ani ve güçlü bir basınç dalgası oluşması sebebiyle gürültü veya şiddetli çarpma üzerine odaklanmışlardır. Basınç dalgasının sebebi ikinci planda dikkate alınarak, patlamanın kimyasal mı yoksa mekanik mi olduğu üzerinde durulmamış ve patlama tanımları “ani patlama” üzerine kurgulanmıştır. İkinci kategorideki tanımlamalar, kimyasal enerjinin aniden serbest bırakılmasıyla oluşan patlamalar ile sınırlıdır. Bu tanımlar gaz ve toz patlamalarını kapsamaktadır. Tanımlarda vurgu temel olarak kimyasal enerjinin serbest bırakılmasındadır ve patlama buna uygun olarak tanımlanmıştır [6].

Tüm bu tanımlamalardan yola çıkılarak genel bir patlama tanımı yapmak gerekirse, “Patlama; sabit bir hacimde meydana geldiği takdirde ani ve ciddi basınç artışı oluşturan ekzotermik kimyasal bir işlemdir.” denilebilir [6].

2.1.2. Toz Nedir?

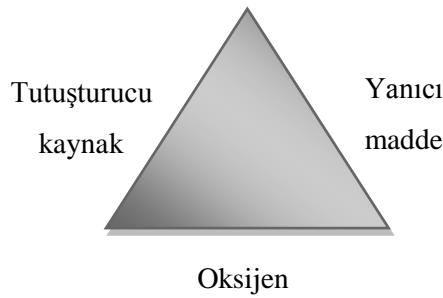
TS EN 60079-10-2: 2015 standardında tozun jenerik terim olarak yanıcı toz ve yanıcı uçucuları kapsadığı belirtilmiştir. Standartta yanıcı toz; nominal büyüklüğü 500 µm ve daha düşük olan, atmosferik basınçta ve normal sıcaklıkta havayla patlayıcı karışım oluşturabilen ince bölünmüş katı parçacık olarak tanımlanmış, yanıcı uçucu ise nominal boyutu 500 µm’den daha büyük olan, atmosferik basınçta ve normal sıcaklıkta havayla patlayıcı karışım oluşturabilen katı parçacık olarak tanımlanmıştır. Ayrıca, yanıcı uçucuların lifleri de kapsadığı belirtilmiştir [5]. NFPA standartlarında yanıcı toz 420 µm ve daha küçük boyutta olan, havada asılı kaldığında tutuşturucu kaynak ile teması halinde yangın ve patlama riski taşıyan parçacık şeklinde tanımlanmaktadır [3]. BS 2955:1958 standardında ise; parçacık büyüklüğü 1000 µm’den küçük olan maddeler pudra, 76µm’den küçük olan parçacıklar da toz olarak tanımlanmaktadır [2].

Genel olarak bakılacak olursa, katı organik maddelerin çoğu, birçok metal ve bazı metal olmayan inorganik maddeler; parçacık boyutu standartlarda belirtilen değerlere ulaşana kadar küçültülüp, havada yeterli konsantrasyonu oluşturacak şekilde dağıldığında yangın veya patlama meydana getirebilmektedir. Yanıcı tozlar tesislerde üretilmesi amaçlanan ürün olabileceği gibi; taşıma veya üretim sırasında da oluşabilmektedir. Örneğin; parlatma, taşlama, taşıma ve şekil verme işlemlerinde çok küçük parçacıklar oluşabilmekte ve kolayca uçarak yüzeylerde, çatlaklarda, toz toplayıcılarda ve diğer ekipmanların yüzeyinde birikebilmektedir. Biriken toz herhangi bir sebeple havalandığında potansiyel patlayıcı ortam oluşturabilmektedirler [3].

NFPA standartlarına göre oda yüzeyinin %5'ini kaplayan 0,794 mm (1/32 inch) derinliğinde toz önemli ölçüde patlama riski oluşturmaktadır. Ayrıca, yüzeylerde biriken çok ince toz tabakaları patlama meydana gelmesi halinde yıkıcı sonuçlar doğurabilmektedir. ABD'de 2003 yılında ilaç fabrikasında 6,35 mm derinliğinde birikmiş tozun yol açtığı patlama 6 çalışanın ölümüyle sonuçlanmıştır [3].

2.1.3. Toz Patlaması Nedir?

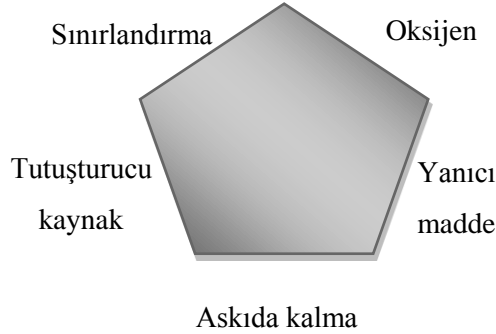
Bütün yangınlar gibi toz yangınları da; yanıcı maddenin (toz) oksijen varlığında tutuşturucu kaynak ile bir araya gelmesi sonucu oluşmaktadır. Bu açıklamaya göre Şekil 2.1'de yangın üçgeninde yer alan üç bileşenden biri olmadığında yangın oluşmayacaktır [2].



Şekil 2.1 Yangın üçgeni

Toz patlaması yangın üçgenindeki üç bileşen dışında iki bileşene daha ihtiyaç duymaktadır. Bu iki bileşen; tozun askıda kalması ve toz bulutunun belirli bir hacimde sınırlandırılmasıdır. Yangın üçgenine bu iki bileşenin eklenmesiyle Şekil 2.2'de yer alan toz patlaması beşgeni meydana gelmektedir [2].

Havada askıda kalma tozun daha hızlı yanmasını, sınırlandırılma ise yüksek basınç oluşmasını sağlamaktadır. Ayrıca, patlama oluşabilmesi için havada askıda kalan tozun konsantrasyonun patlama aralığında olması gerekmektedir [2].



Şekil 2.2 Toz patlaması beşgeni

Tozun havada askıda kalması veya belirli bir hacimde sınırlandırılması engellenirse patlama meydana gelmemekte, ancak yangın devam etmektedir [3]. Havada askıda kalan tozun belirli bir hacimde hapsedilmediği durumlarda, yalnızca ani bir patlama gerçekleşmektedir. Ancak unutulmamalıdır ki kısmen sınırlandırılan bir toz bulutunun bile tutuşması halinde, ciddi bir patlama meydana gelebilmektedir [2].

Toz bulutunun sabit bir hacimde sınırlandırıldığı durumda, yanma ısısı hızlı bir basınç artışına neden olmakta, alev toz bulutu içinde ilerlemesiyle, yanma sonucu ortaya çıkan ısı daha da artmakta ve patlama oluşmaktadır.

Gaz patlamaları ve toz patlamaları arasındaki temel fark; gaz patlamaları için gerekli havanın yeterli olmaması sebebiyle kapalı ekipmanlarda (tanklarda) gaz patlamalarının çok nadir görülmesidir. Toz proses ekipmanlarının içinde havada asılı kaldığından dolayı ekipmanların içinde toz patlaması oluşabilmektedir [2].

Toz patlamaları çok yüksek enerjiye sahip olduğundan, yapıları yıkacak ya da çevredeki insanlara zarar verecek kadar kuvvetli basınç dalgaları oluşturabilmektedirler. Toz patlamasına maruz kalan insanlar genellikle yanan toz bulutunun etkisiyle yanarak veya patlamanın etkisiyle uçan ekipman parçaları ve yıkılan duvarlar nedeniyle zarar görmektedirler [3].

Yanıcı katı madde küçük parçacıklara bölündüğünde, madde ile hava arasındaki yüzey alanının artması sebebiyle maddenin tutuşması kolaylaşmakta ve yanma hızı artmaktadır. Madde 0,1 mm'den daha küçük hale gelene kadar küçültülmeye devam edilirse, her bir parçacık serbest olarak yanabileceği yeterli büyüklükte hava içinde askıda kalmakta ve gerekli tutuşma enerjisi çok düşük ve yanma hızı çok yüksek değerlere ulaşmaktadır [6]. Parçacık boyutu, parçacıkların bir araya gelerek topaklaşma eğiliminin arttığı sınıra kadar küçültüldüğünde yanma hızı artmakta ve toz patlaması beşgenindeki diğer koşulların da sağlanması halinde yangın patlamaya dönüşmektedir. Parçacık boyutu, parçacıkların bir araya gelerek topaklaşma eğiliminin arttığı sınırdan daha küçük boyutlara küçültüldüğünde, partiküller topaklaşmaya başlamakta ve patlama meydana gelmesi zorlaşmaktadır.

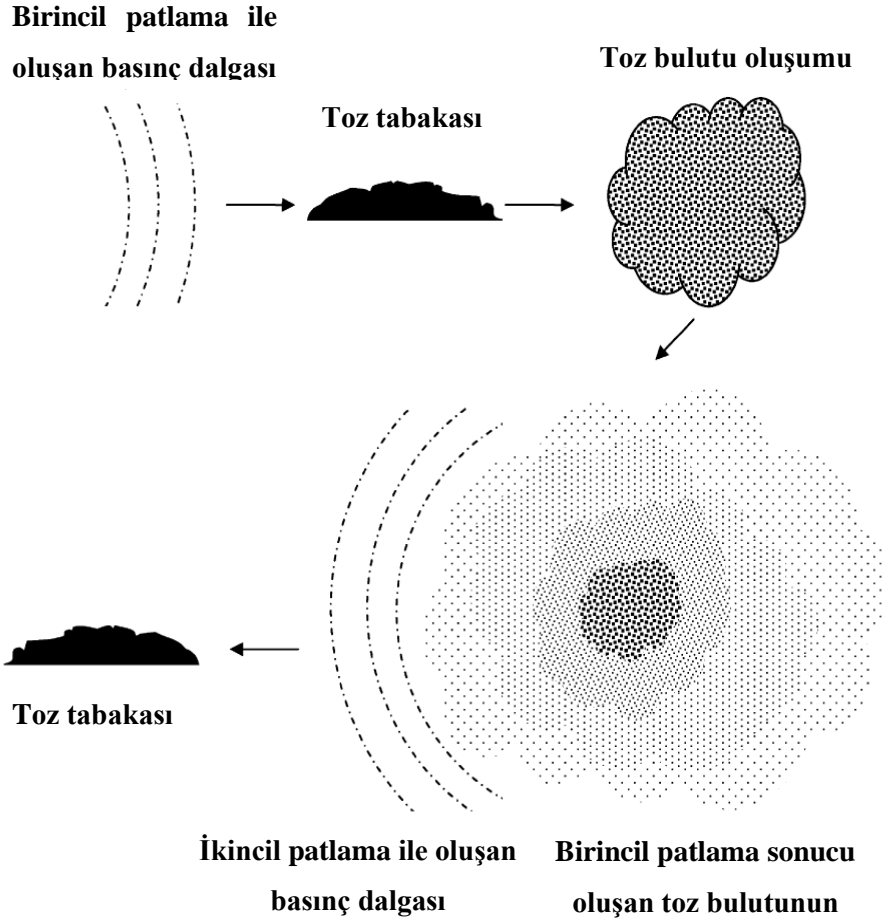
Toz patlaması ekipman içinde veya çalışılan odada gerçekleştiğinde, patlamanın gerçekleştiği alanda basınç çok hızlı yükselmekte ve proses ekipmanları veya yapılar hasar görebilmekte, bölgedeki insanlar yaralanabilmekte veya hayatlarını kaybedebilmektedir [6].

2.1.4. Domino Etkisi

Bir tesiste meydana gelen toz patlamaları birincil veya ikincil patlama olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. Birincil toz patlamaları toz bulutunun; karıştırıcı, kurutucu, filtre, elevatör, pnömatik taşıyıcı, silo gibi bir ekipman parçasının içinde herhangi bir tutuşturucu kaynakla teması sonucu oluşan patlamalardır [2,3].

İkincil toz patlamaları ise yerde, ekipman yüzeylerinde biriken tozun oluşan birincil patlamanın etkisiyle havalanması ve tutuşması sonucu oluşan patlamalardır. Ortamda biriken toz miktarına bağlı olarak, küçük bir birincil patlama çok güçlü ikincil toz patlaması oluşmasına neden olabilmektedir [3]. Bu sebeple, ikincil toz patlamaları her zaman birincil toz patlamalarından daha yıkıcı olmaktadır [2].

Tesislerde oluşabilecek birincil patlamalar yerde ve/veya ekipman yüzeylerinde biriken tozların havalanması sonucu ikincil patlamaların oluşmasına, oluşacak ikincil patlama ise basınç dalgasının yayılması ile tesisin diğer bölümlerinde biriken tozlarında havalanarak patlamasına yol açarak domino etkisi oluşturabilmektedir.



Şekil 2.3 Toz patlamalarında domino etkisi [2]

İkincil toz patlamalarından korunmanın ve patlamanın domino etkisini engellemenin en iyi yolu toz birikimini engellemektir. İkincil toz patlamalarını engellemek amacıyla; tesiste biriken tozun etkin şekilde temizlenmesi, ekipmanların toz sızdırmayacak şekilde seçilmesi ve bakımlarının yapılması, mümkün olduğunca düz zeminlerden kaçınılması, toz toplayıcı sistemlerin kullanılması ve temizlenmesi zor zeminlerin toz sızmayacak şekilde kapatılması gerekmektedir. Ancak, yanıcı tozların temizliğinde doğru teknik ve doğru ekipman kullanılması önem arz etmektedir. Uygulanan önlemler ile en az düzeyde toz bulutu oluşumuna izin verilmesi ve yanıcı tozların temizlenmesinde yalnızca vakumlu temizleyicilerin kullanılması gerekmektedir [3].

2.2. PATLAMAYA DAİR İSTATİSTİKLER

2.2.1. Dünya

Toplumsal algıda patlamanın yalnızca yanıcı gaz ve sıvı içeren basınçlı kaplarda ve patlayıcıların işlenmesi sırasında gerçekleştiği düşünülmektedir. Toz nadiren patlamaya neden olabilecek bir madde olarak algılanmaktadır. Ancak, toz patlaması, gelişmiş ülkelerde yaşanan büyük kazalar nedeniyle, bu ülkelerde büyük endüstriyel kaza olarak kabul edilmektedir.

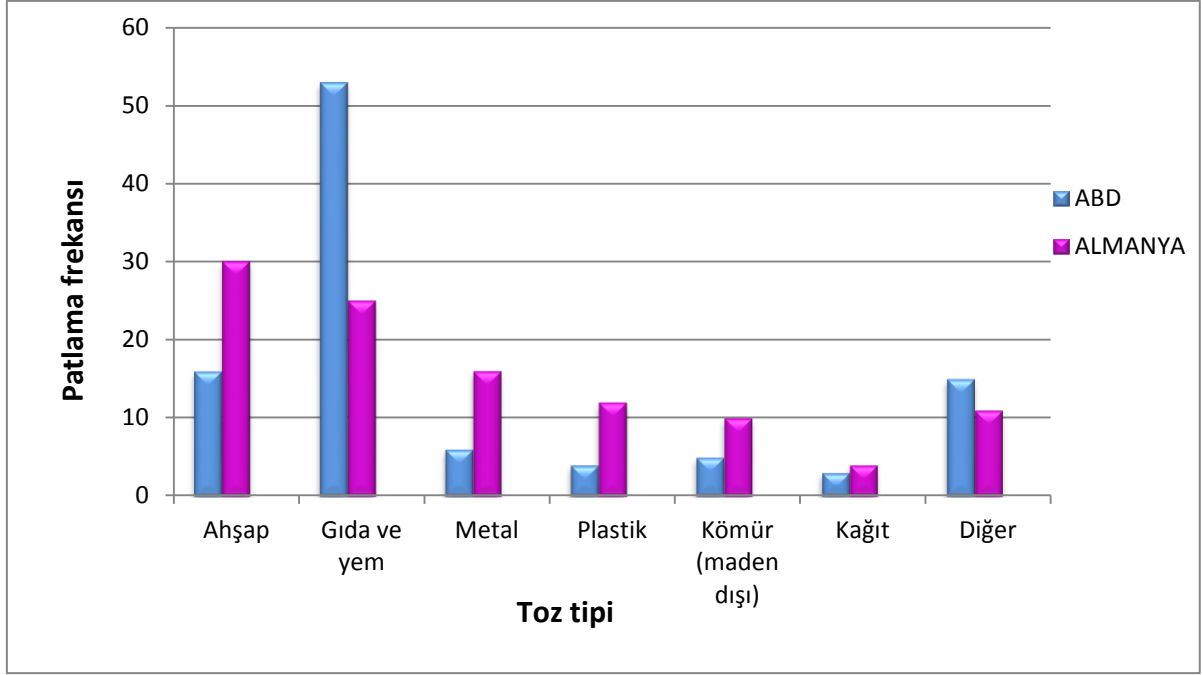
Dünyada, her sanayi ülkesinde her gün en az bir toz patlaması meydana geldiği kabul edilmektedir.

Dünyada meydana gelen toz patlamaları incelendiğinde literatüre geçen ilk toz patlamasının 1785'te meydana geldiği görülmektedir. Toz patlamasıyla ilgili ayrıntılı olarak kayıtlara geçen ilk kaza 12 Ocak 1807'de Hollanda'da 85,000 kg barut taşıyan bir gemide meydana gelmiştir. Kazada 151 kişi ölmüş, 2000 kişi yaralanmıştır. Toz patlamaları ile ilgili sistematik kayıtlar 20. yy ve sonrası için mevcuttur.

Yapılan araştırmalara göre, gelişmekte olan ülkelerde toz patlaması olduğuna dair çok fazla kaza kaydı olmasına rağmen bu ülkelerde toz patlamaları üzerine yazılı materyaller bulunmamaktadır. Aynı şekilde, üçüncü dünya ülkelerinde de toz patlamaları üzerinde durulmamakta ve toz patlamalarının ciddiyeti ve sonuçları yeterince bilinmemektedir. Bu son derece üzücü bir durumdur. Çünkü kimya ve gıda endüstrisindeki en yıkıcı kazaların sebebi yanıcı sıvı veya yanıcı gaz değil tozdur.

Hindistan gibi birçok ülkede kaza kayıtlarına bakıldığında toz patlamasının hiç yaşanmadığı sonucuna varılmaktadır. Ancak bu durum gerçeği yansıtmamaktadır. Bu ülkelerde toz patlaması sıkça gerçekleşmekte ve kaza kayıtlarında yalnızca "patlama" terimi kullanılmaktadır. Patlamaların türü kayıtlara geçmediğinden kayıtlar incelendiğinde toz patlamasına rastlanmamaktadır [2].

Eckhoff [6] ile Jeske ve Beck [7] tarafından yapılan araştırmalar dünyada gerçekleşen toz patlamalarının yalnızca %15'inin kayıtlara geçtiğini göstermektedir. Diğer bir ifadeyle dünyada gerçekleşen toz patlaması sayısı kayıtlara geçen altı katından fazladır [2].

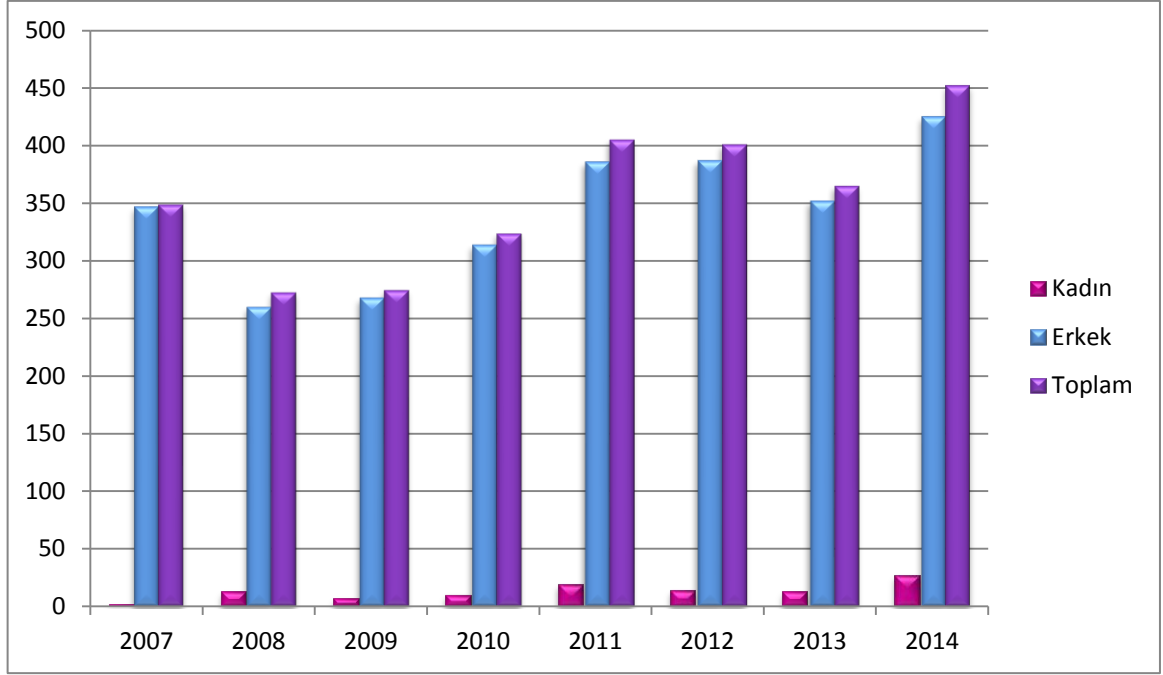


Grafik 2.1 ABD ve Almanya'da gerçekleşen toz patlamalarının dağılımı [2]

BIA tarafından yapılan bir araştırmada ABD ve Almanya'da 1900-1956 yılları arasında gerçekleşen 1120 patlama incelendiğinde (Grafik 2.1), patlamaların %48'inin (536) tahıl, yem ve un işleme tesislerinde gerçekleştiği sonucuna ulaşılmıştır. Gerçekleşen 536 patlamada toplam 392 kişi hayatını kaybetmiş, 1015 kişi yaralanmış ve 75 milyon \$'ın üzerinde maddi kayıp meydana gelmiştir [2].

2.2.2. Türkiye

Sosyal Güvenlik Kurumu tarafından yayımlanan 2007-2012 arası yıllık iş kazası istatistiklerinde patlamalar ile ilgili "yanıcı maddelerin ateş alması ve patlamasından ileri gelen kazalar" maddesinde kazaya uğrayan çalışan sayılarına ulaşılabilmektedir. 2013 yılında yapılan değişiklik ile bu kod değiştirilmiş olup 2013 ve sonrası için "Elektrik sorunları, patlama, yangın nedeniyle sapma" başlığı altında, "patlama" maddesinde iş kazası geçiren çalışan sayılarına ulaşılabilmektedir. Ancak, patlama türüne göre bir ayırım yapılmadığından gerçekleşen toz patlaması sayılarına ve toz patlaması sonucu iş kazası geçiren çalışan sayılarına ulaşılamamaktadır [8].



Grafik 2.2 Türkiye'de patlama sonucu iş kazası geçiren çalışan sayısının yıllara göre değişimi

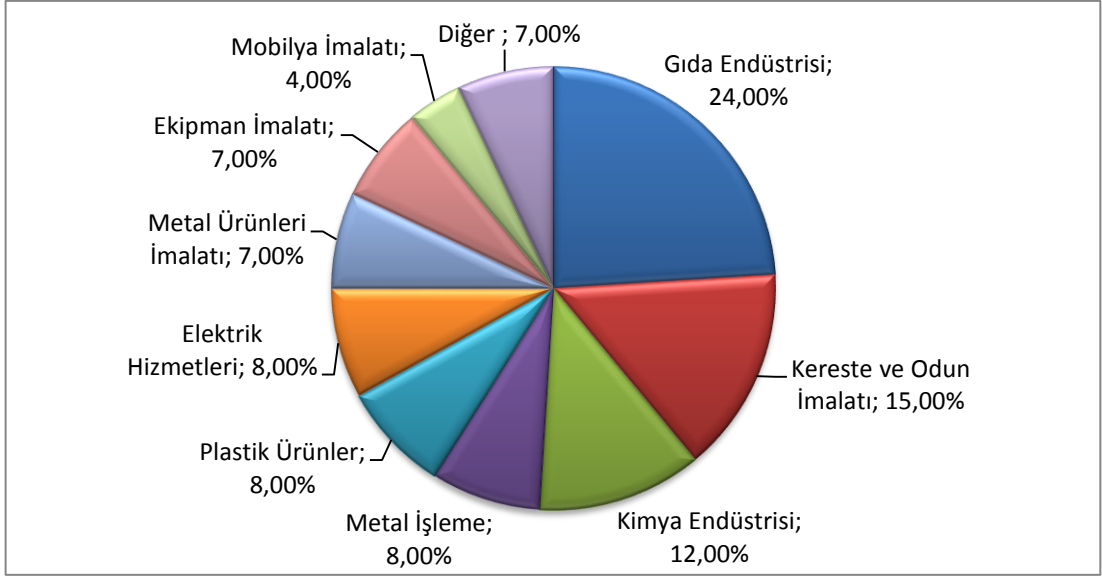
2007-2014 yılları arasında patlama sonucu iş kazası geçiren çalışan sayılarının yıllara göre dağılımı Grafik 2.2'de yer almaktadır [8].

SGK tarafından yayımlanan istatistiklere göre, 2007-2014 yılları arasında, sekiz yıllık süreçte işyerlerinde gerçekleşen patlamalar sebebiyle; 105 kadın, 2739 erkek olmak üzere toplam 2844 kişi iş kazası geçirmiştir [8].

2.3. GIDA SEKTÖRÜNDE TOZ PATLAMALARI

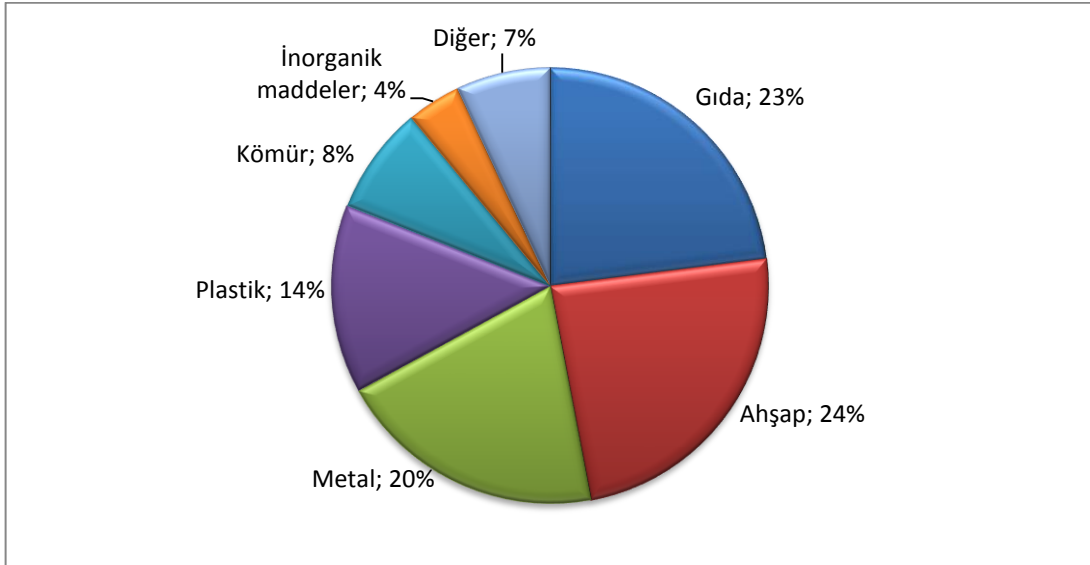
Günlük hayatta kullandığımız birçok madde toz patlamasına neden olabilmektedir. Şeker, un, tahıl tozu, ahşap tozu, belirli metaller ve birçok sentetik veya organik madde patlayıcı tozlara örnek gösterilebilir [9]. Toz patlamaları yanıcı tozların işlendiği; metal fabrikaları, plastik üretim tesisleri, mobilya ve ahşap üretim tesisleri ve kimya endüstrisinde meydana gelmektedir [3].

Toz patlamaları üzerine yapılan bir araştırmada ABD'de meydana gelen toz patlamalarının yarısından fazlasının dört endüstride gerçekleştiği sonucuna ulaşılmıştır. Bunlar; gıda, ahşap, kimya ve metal endüstrileridir [3].



Grafik 2.3 ABD’de gerçekleşen toz patlamalarının endüstrilere göre dağılımı [3]

Yapılan araştırmada ABD’de gerçekleşen toz patlamalarının yanıcı tozun türüne göre dağılımı incelendiğinde sırasıyla en çok patlamaya neden olan tozların; ahşap, gıda, metal ve plastik tozu olduğu görülmektedir [3].



Grafik 2.4 ABD’de gerçekleşen toz patlamalarının materyallere göre dağılımı [3]

Meydana gelen toz patlamalarının endüstrilere ve patlamaya sebep olan materyallere göre dağılımının yer aldığı Grafik 2.3 ve Grafik 2.4 incelendiğinde, gıda sektörünün toz patlaması açısından son derece riskli bir sektör olduğu görülmektedir.

ABD’de 1958 ile 1978 yılları arasındaki yirmi senelik süreçte gıda endüstrisinde toplam 501 adet toz patlaması gerçekleşmiştir. Japonya’da 1969 ile 1973 yılları arasındaki dört yıllık süreçte, tahıl depolanan tesislerde 187 toz patlaması yaşanmıştır [2].

Gıda sektöründeki başlıca patlayıcı tozlar şunlardır;

- Şeker
- Un
- Nişasta
- Süt tozu
- Kakao
- Hazır kahve
- Baharat
- Hazır çorba karışımları
- Krema ve puding toz karışımları vb. [4]

Gıda endüstrisinde kayıtlara geçen önemli toz patlamaları incelendiğinde, literatüre geçen ilk toz patlamasının 1785 yılında İtalya’nın Torino şehrindeki bir fırında meydana geldiği görülmektedir. Fırında çalışma esnasında oluşan toz bulutunu bir gaz lambasının tetikleme sonucu patlama meydana gelmiş, şans eseri can kaybı olmamıştır. Ancak gerçekleşen kaza, durumun ciddiyetinin anlaşılmasında önemli bir rol oynamıştır [6, 10].

Modernleşme öncesi dönemde gerçekleşen ve literatüre geçen bir diğer toz patlaması da 1916 yılında ABD’nin Minnesota eyaletinde gerçekleşen tahıl tozu patlamasıdır. Patlamanın etkisiyle zarar gören silolar yanmış ve elevatör sistemi ciddi ölçüde zarar görmüştür [11].

1952 yılında Kanada’da tahıl taşıyan elevatörde meydana gelen kaza sonucu 6 kişi hayatını kaybetmiş, 14 kişi de yaralanmıştır. Kazada birincil patlama sonucu oluşan basınç dalgası tesiste biriken toz tabakalarını havalandırarak ikincil toz patlamaları oluşturmuş ve patlama tüm tesisi sarmıştır.

Diğer bir şiddetli toz patlaması da 14 Aralık 1970'te Almanya'da bir tahıl silosunda meydana gelmiştir. Bu kaza bugüne kadar Almanya'da gerçekleşen en kötü toz patlaması olarak kayıtlara geçmiştir. Patlamada 6 çalışan hayatını kaybetmiş, 17 çalışan yaralanmış, bina ve makinelerde toplam 10 milyon dolarlık hasar meydana gelmiştir [2].

1997 yılında Fransa'da tahıl deposunda gerçekleşen toz patlaması sonucu elevatörlerin ve toz toplayıcıların bulunduğu iki kule ile 28 silo komple yıkılmış ve 11 çalışan bina enkazı altında kalarak hayatını kaybetmiştir. Bu felaketin en şaşırtıcı tarafı ise o güne kadar Almanya'da tahıl işleyen tesislerin tamamının düşük riskli görülmesidir [12].

Yakın zamanda gıda endüstrisinde gerçekleşen toz patlamaları incelendiğinde kuşkusuz en yıkıcı patlama 7 Şubat 2008'de ABD'de Imperial Şeker Fabrikasında gerçekleşen şeker tozu patlamasıdır. Patlamada sekizi olay yerinde olmak üzere toplam on dört çalışan hayatını kaybetmiş, otuz altı çalışan ciddi şekilde yaralanmıştır. Patlama ve patlama sonrası çıkan yangında fabrikanın çok büyük bir kısmı ciddi şekilde zarar görmüş ve yaklaşık 16 milyon dolarlık hasar meydana gelmiştir [13].



Resim 2.1 Şeker tozu patlaması sonrası Imperial Şeker Fabrikası [13]

Patlama büyük bir yankı uyandırmış; Amerikan Fırıncılar Derneği, yanıcı tozlarla ilgili bültenler ve güvenlik rehberleri hazırlayarak tüm sektörde bilinçlendirme çalışmaları başlatmış, Zürich Sigorta Şirketi ise bütün risk mühendislerine patlayıcı tozlarla ilgili eğitim vermiştir [13].

2.4. PATLAMADAN KORUNMA DOKÜMANI

Patlayıcı ortamlarda çalışanların sağlık ve güvenliğinin korunması amacıyla Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik 30.04.2013 tarihli ve 28633 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır. Yönetmelik 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununun 30 uncu maddesi ile 16.12.1999 tarihli ve 1999/92/EC sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konseyi Direktifine paralel olarak hazırlanmıştır.

Yönetmelik, çalışanların sağlık ve güvenlik yönünden işyerlerinde oluşabilecek patlayıcı ortamların tehlikelerinden korunmaları için alınması gereken önlemlere ilişkin usul ve esasları düzenlemektedir. Yönetmelik 6331 sayılı Kanun kapsamında patlayıcı ortam oluşma ihtimali olan tüm işyerlerinde uygulanmaktadır. Ancak; aşağıda yer alan istisnai işlerde Yönetmelik kapsamı dışındadır.

- Hastalara tıbbi tedavi uygulamak için ayrılan yerler ve tıbbi tedavi uygulanması,
- 1.4.2011 tarihli ve 27892 sayılı Resmî Gazete ’de yayımlanan Gaz Yakan Cihazlara Dair Yönetmelik (2009/142/AT) kapsamında yer alan cihazların kullanılması,
- Patlayıcı maddelerin ve kimyasal olarak kararsız halde bulunan maddelerin üretilmesi, işlemlerden geçmesi, kullanımı, depolanması ve nakledilmesi,
- Sondaj yöntemiyle maden çıkarma işleri ile yeraltı ve yerüstü maden çıkarma işleri,
- Patlayıcı ortam oluşabilecek yerlerde kullanılan her türlü taşıma aracı hariç, uluslararası antlaşmaların ilgili hükümlerinin uygulandığı kara, hava ve su yolu taşıma araçlarının kullanılması [14].

Yönetmelik gereği patlama riski bulunan tüm işyerlerinde, patlamadan korunma dokümanı hazırlanması ve hazırlanan dokümanın kullanımda bulunması gerekmektedir. Patlamadan korunma dokümanı, işyerlerinde oluşabilecek patlayıcı ortamların tehlikelerinden çalışanların sağlık ve güvenliğini korumak amacıyla hazırlanan, patlama riskinin özel olarak değerlendirildiği dokümanı ifade etmektedir.

Patlamadan korunma dokümanının içeriğinde patlama riskinin özel olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Patlayıcı ortamdaki kaynaklanan özel risklerin değerlendirmesinde aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır.

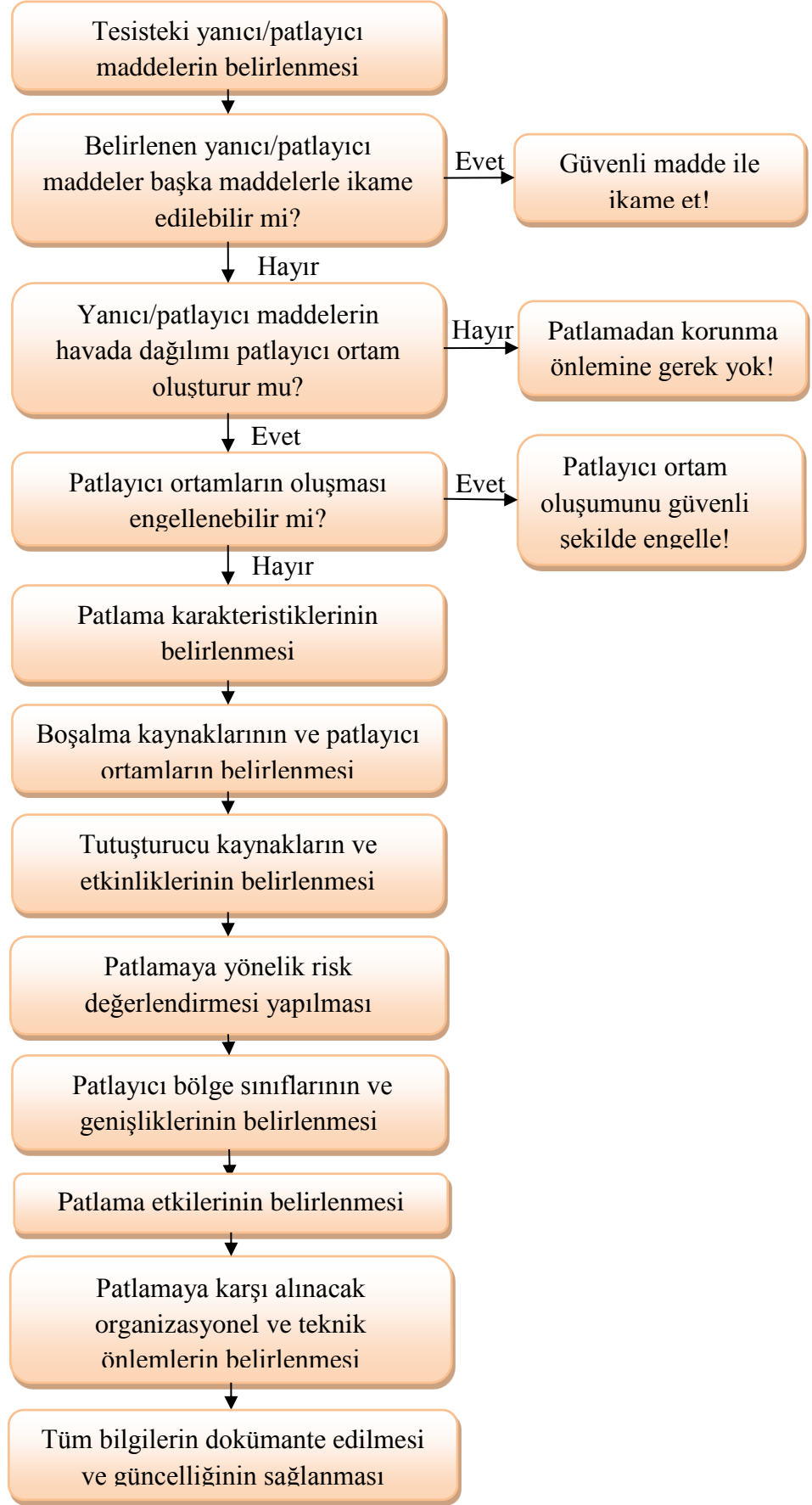
- a. Patlayıcı ortam oluşma ihtimali ve bu ortamın kalıcılığı,
- b. Statik elektrik de dâhil tutuşturucu kaynakların bulunma, aktif ve etkili hale gelme ihtimalleri,
- c. İşyerinde bulunan tesis, kullanılan maddeler, prosesler ile bunların muhtemel karşılıklı etkileşimleri,
- d. Olabilecek patlama etkisinin büyüklüğü [14].

Hazırlanan patlamadan korunma dokümanında, patlayıcı ortam özelinde yapılan risk değerlendirmesi, tehlikeli bölge sınıflandırılması, patlayıcı maddelerin özelliklerinin yer aldığı güvenlik bilgi formları ve benzeri dokümanlar, patlayıcı ortama uygun olarak seçilen ekipman kategorileri, patlamanın etkilerini azaltacak önlemler, ateşli çalışmalarda izin prosedürü ve gerekli organizasyonel ile idari ve teknik önlemler yer almalıdır.

Patlayıcı ortamlara dair önlemler alınırken aşağıda yer alan öncelik sırasına uyulması gerekmektedir.

1. Patlayıcı ortam oluşmasını önlemek,
2. Yapılan işlemlerin doğası gereği patlayıcı ortam oluşmasının önlenmesi mümkün değilse patlayıcı ortamın tutuşmasını önlemek,
3. Çalışanların sağlık ve güvenliklerini sağlayacak şekilde patlamanın zararlı etkilerini azaltacak önlemleri almak [14].

Tüm bu bilgiler ışığında patlamadan korunma dokümanı hazırlanırken temel olarak Şekil 2.4'te yer alan basamakların takip edilmesi ve her bilginin dokümante edilmesi gerekmektedir.



Şekil 2.4 Patlamadan korunma dokümanı hazırlama adımları [6, 14, 15]

1. Patlamadan korunma dokümanı hazırlanırken öncelikle tesiste işlenen, kullanılan tüm maddeler belirlenerek patlayıcı maddeler tespit edilmelidir.
2. Belirlenen patlayıcı maddeler mümkünse patlayıcı özelliği olmayan başka bir madde ile ikame edilmelidir.
3. Yanıcı maddelerin olduğu ortamlarda patlayıcı ortamın oluşması, havayla oluşturdukları karışımın yoğunluğunun alt ve üst patlama limitleri arasında olmasına bağlıdır. Eğer yanıcı madde ortamda yeterli dağılıma ulaşmışsa ve havadaki yoğunluğu patlama sınırlarına erişmişse, patlayıcı ortam oluşmuş demektir. Ancak, toz konsantrasyonu, toz katmanları havaya yükseldiğinde veya toz bulutu yere çöktüğünde ciddi ölçüde değişmektedir. Bu nedenle, uygulamada, patlama limitleri tozlar için kullanışlı değildir [15]. Çoğu patlayıcı toz için, tüm odanın yüzeyini kaplayan 1 mm'den az derinlikteki toz katmanının havalandığı takdirde, tüm odayı kaplayacak büyüklükte patlayıcı toz atmosferi oluşturabileceği kabul edilmektedir [15]. Kapalı kaplardaki patlayıcı gaz atmosferi oluşturabilen maddelerin sıcaklığı, kap içerisindeki patlayıcı gazın parlama noktasının yeterli düzeyde (5-15°C) altında tutulursa, kap içinde patlayıcı ortam oluşmamaktadır [15]. Kapalı bir ortamda (odada) 10 litreden büyük hacme sahip patlayıcı ortamın sürekli varlığı, ortam büyüklüğüne bakılmaksızın tehlikeli patlayıcı ortam olarak kabul edilmelidir. Ayrıca, kaba bir tahminle odanın hacminin 1/10.000'i kadar hacim kaplayan patlayıcı hacim tehlikeli kabul edilmelidir. Örneğin; 80 m³ hacme sahip olan bir odada gaz fazında 8 litrelik hacim kaplayan maddenin varlığında, odanın tehlikeli patlayıcı ortam içerdiği kabul edilmelidir. Ancak bu durum, tüm odanın patlayıcı ortam kabul edilmesi gerektiği anlamına gelmemektedir. Odanın patlayıcı maddenin bulunduğu kısmı belirlenmeli ve yalnızca o hacim tehlikeli patlayıcı ortam kabul edilmelidir [15].
4. Patlamadan korunma dokümanı hazırlanırken, mutlaka patlayıcı ortamın oluşmasının engellenip engellenemeyeceği incelenmeli, mümkünse patlayıcı ortamın oluşması engellenmelidir. Patlayıcı ortam oluşumunun güvenli şekilde engellenemediği durumlarda, patlayıcı bölge sınıflandırması yapılması gerekmektedir.

5. Patlamadan korunma dokümanı kapsamında söz konusu maddenin patlama karakteristiklerinin mutlaka belirlenmesi gerekmektedir. Tesiste patlayıcı toz atmosfer varsa, literatür taraması yapılarak tesiste işlenen tozun partikül büyüklüğü, nem içeriği vb. özelliklerine uygun patlama karakteristikleri belirlenebilir. Literatür taraması sonucu patlama karakteristiklerinin bulunmadığı durumlarda, tesisteki patlayıcı tozdan alınan numune ile laboratuvarında standartlara uygun şekilde testler yaptırılarak patlama karakteristiklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Aksi takdirde; yanlış hesaplamalar yapılarak, uygun olmayan ekipman ve patlamadan korunma yöntemleri seçilebilmektedir.
6. Patlama karakteristikleri belirlendikten sonra, tesisteki patlayıcı maddelerin patlayıcı atmosfer oluşturmak üzere ortama yayıldığı boşalma kaynakları (vana, flanş, dolum noktası vb.) ile patlayıcı maddelerin hava ile karışarak patlayıcı atmosfer oluşturduğu ortamların (silolar, ekipmanların içi, depo vb.) belirlenmesi gerekmektedir.
7. Belirlenen patlayıcı atmosferlerin bulunduğu ortamlardaki tutuşturucu kaynaklar ve tutuşturucu kaynakların bulunma ve aktif hale gelme olasılıkları belirlenmelidir.
8. Belirlenen tüm bu bilgiler ışığında Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik gereği tesiste patlamaya yönelik risk değerlendirmesi yapılması gerekmektedir. Bu aşamada tesisteki süreçler ve patlayıcı ortamlar göz önünde bulundurularak, tesise uygun risk değerlendirmesi yöntemi belirlenmeli ve belirlenen yöntemle risk değerlendirmesi yapılmalıdır.
9. Risk değerlendirmesinin ardından, tesisteki tüm patlayıcı bölge sınıfları ve bölge genişlikleri hesaplanarak dokümanına edilmelidir. Ayrıca, belirlenen patlayıcı bölgelerin yandan ve üstten teknik çizimlerinin yapılarak patlamadan korunma dokümanına eklenmesi gerekmektedir. Belirlenen tüm patlayıcı ortam oluşabilecek yerlere Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik, Ek-4'te yer alan uyarı işaretinin asılması gerekmektedir.
10. Patlamadan korunma dokümanı hazırlanırken alınan tüm önlemlere rağmen meydana gelecek bir patlamanın, yapılar ve çalışanlar üzerindeki muhtemel etkilerinin belirlenmesi gerekmektedir.

11. Tüm bu işlemlerin ardından, tesiste patlamaya karşı alınacak organizasyonel ve teknik önlemlerin belirlenerek dokümanite edilmesi ve patlamadan korunma dokümanına eklenmesi gerekmektedir. Teknik önlemler kapsamında, tesiste belirlenen patlayıcı bölge sınıfları ile ortamda bulunan patlayıcıların yapısına ve sıcaklık sınıfına göre kullanılması gereken ekipmanlar belirlenmeli, tesisteki ekipmanların uygunluğu değerlendirilmeli ve tesise alınacak ekipmanların mutlaka belirlenen bu kriterler doğrultusunda seçilmesi gerekmektedir. Ayrıca, alınan tüm önlemlere rağmen meydana gelebilecek patlamalarının etkilerini azaltacak önlemler alınarak, dokümanite edilmeli ve patlamadan korunma dokümanına eklenmelidir.

2.4.1. Patlama Karakteristikleri

Patlayıcı ortamlarda yapılacak risk değerlendirmesinde ve alınacak önlemlerin planlanmasında kullanılmak üzere yanıcı tozların patlama karakteristiklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Yanıcı tozların patlama karakteristikleri aşağıda açıklanmıştır.

Tozun Patlama Şiddet İndeksi K_{St} (bar.m/s): Toz bulutunun patlaması esnasında oluşan basıncın maksimum artış hızı olarak tanımlanır. Toz patlama şiddetinin bir göstergesidir. Örnekleriyle birlikte patlama şiddeti sınıflandırması Tablo 2.1’de yer almaktadır [16].

Tablo 2.1 Toz patlama sınıfları

Toz patlama sınıfı	K_{St} (bar.m/s)	Karakteristik	Örnek madde
St 0	0	Patlama oluşmaz	Silika
St 1	$0 < K_{St} \leq 200$	Zayıf patlama	Süt tozu, şeker
St 2	$200 < K_{St} \leq 300$	Kuvvetli patlama	Selüloz, odun tozu
St 3	$K_{St} > 300$	Çok kuvvetli patlama	Alüminyum, magnezyum

Minimum Patlayabilir Konsantrasyon, MEC (gr/m^3):Toz bulutunun patlayabilmesi için havada asılı kalması gereken minimum toz miktarını ifade eder [17].

Minimum Oksijen Konsantrasyonu, LOC (%): Toz bulutunda patlamanın yayılabilmesi için ortamda bulunması gereken minimum oksijen miktarını ifade eder [18].

Minimum Tutuşma Enerjisi, MIE (J): Belirli test koşulları altında en optimum toz-hava karışımını tutuşturmak için gereken minimum elektrik kıvılcımı enerjisini ifade eder [19].

Minimum Tutuşma Sıcaklığı (Toz Bulutu için), MIT ($^{\circ}\text{C}$): Belirli test koşulları altında en optimum toz-hava karışımını tutuşturan minimum yüzey sıcaklığıdır [5].

Katman Tutuşma Sıcaklığı (Toz Katmanı için), LIT ($^{\circ}\text{C}$): Belirli test koşulları altında toz katmanını tutuşturan minimum yüzey sıcaklığıdır [5].

Maksimum Patlama Basıncı, P_{max} (bar): Belirli test koşulları altında kapalı bir deney kabında toz bulutunun patlaması sonucu oluşan maksimum basıncı ifade eder [20].

Gıda sektöründeki bazı patlayıcı tozlarla ilgili patlayıcılık parametreleri Tablo 2.2’de yer almaktadır. Söz konusu parametreler incelendiğinde genel olarak patlayıcı gıda tozlarının patlama karakteristiklerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir.

Tablo 2.2 Patlama parametreleri örnekleri [12]

	Un	Mısır unu	Şeker	Mısır nişastası	Süt tozu	Tahıl tozu
Min. Tutuşma Enerjisi (mj)	50	40	30	30	50	30
Min. Bulut Tutuşma Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	380	380	370	290	490	490
Katman Tutuşma Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	360	330	400	330	200	300
Maks. Patlama Basıncı (bar)	9,8	10,3	9,5	10,3	9,8	9,3
K_{ST} (bar ms^{-1})	70	125	138	202	12,5	240
Min. Patlayabilir Konsantrasyon (g/m^3)	125	60	60	110	60	150
Min. Oksijen Konsantrasyonu (%)	11	9	-	-	-	-

Patlamadan korunma dokümanı hazırlanırken ve patlamadan korunma önlemleri planlanırken tesiste bulunan patlayıcı maddelerin patlama karakteristiklerinin tesiste işlenen tozdan alınan numune ile laboratuvarında standartlara uygun şekilde testler yaptırılarak belirlenmesi gerekmektedir. Tozun patlayıcılık parametreleri belirlemek üzere laboratuvarlarda yaptırılacak testlerle ilgili uluslararası standartlar listesi Tablo 2.3'te yer almaktadır.

Tablo 2.3 Patlama parametreleri ile ilgili standartlar [21]

Parametre	Simge	Standart
Min. tutuşma enerjisi	MIE	EN 13821
Min. bulut tutuşma sıcaklığı	MIT-c	EN 50281
Min. katman tutuşma sıcaklığı	MIT-l	EN 50281
Maks. patlama basıncı	P_{max}	EN 26184-1
Patlama şiddeti indeksi	K_{ST}	EN 26184-1
Min. patlayabilir konsantrasyon	MEC	UNE 22335:1992

Standartlara uygun şekilde yapılan testlerle belirlene, patlama karakteristikleri sabit parametreler değildir. Tozun partikül büyüklüğü, nem içeriği, ortamdaki nem miktarı, oksijen miktarı, toz parçacıklarının şekli ve havada asılı kalan tozun ortamdaki konsantrasyonu patlama karakteristiklerini etkilemektedir [22].

Yapılacak risk değerlendirmesinde ve toz patlaması riskine karşı alınacak önlemlerin tasarımında parametreler arası etkileşimler göz önünde bulundurulmalıdır. Söz konusu değişkenlerin tozun patlayıcılık parametreleri üzerine etkisi Tablo 2.4'te özetlenmiştir.

Tablo 2.4 Toz patlaması şiddetini ve olasılığını etkileyen faktörler [2]

Parametre	Yükselten etkenler	Düşüren etkenler
Tozun patlayıcılığı	<ol style="list-style-type: none"> 1. Düşük patlayıcı konsantrasyonu 2. Düşük tutuşma sıcaklığı 3. Düşük min. tutuşma enerjisi 4. Yüksek yanma hızı 5. Yüksek basınç artış hızı 6. COOH, OH, NH₂ vb. kimyasalların varlığı 7. Toz içindeki uçucu madde oranının %10 üzerine çıkması 8. Az miktarda kısmen ince toz bulunması 9. O₂ konsantrasyonunun artması 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cl, F vb. kimyasalların varlığı 2. %10-20 üzerinde inört madde bulunması 3. Tozun nem miktarının %30 üzerinde olması
Parçacık boyunun patlama gerçekleşme olasılığı üzerine etkisi	50-70µm< parçacık boyutu<500µm	Parçacık boyutu > 500 µm, Parçacık boyutu <50-70 µm
Min. patlayabilir konsantrasyon	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nem miktarının yükselmesi 2. Eklenen inört toz konsantrasyonunun artması 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Parçacık boyutunun düşmesi 2. Uçucu madde miktarının artması 3. O₂konsantrasyonunun artması
Min. tutuşma sıcaklığı	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nem miktarının yükselmesi 2. Eklenen inört toz konsantrasyonunun artması 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Parçacık boyutunun düşmesi 2. Uçucu madde içeriğinin artması 3. O₂ konsantrasyonunun artması 4. Toz tabakası kalınlığının artması
Müsaade edilen maks. O₂ konsantrasyonu	Tozun sıcaklığı düşmesi	Tozun sıcaklığının yükselmesi

Tablo 2.4 Toz patlaması şiddetini ve olasılığını etkileyen faktörler [2] (devam)

Parametre	Yükselten etkenler	Düşüren etkenler
Maks. patlama basıncı	Parçacık boyutunun düşmesi	
Maksimum basınç artış hızı	1. Parçacık boyutunun düşmesi 2. Uçucu madde içeriğinin artması 3. O ₂ konsantrasyonunun artması	1. Nem miktarının yükselmesi 2. Eklenen inört toz konsantrasyonunun artması

2.4.2. Boşalma Kaynakları

Boşalma kaynağı yanıcı gaz veya tozun patlayıcı ortam oluşturmak üzere ortama yayıldığı nokta veya yeri ifade etmektedir.

Boşalmanın gerçekleşme sıklığına ve süresine göre ayrılmış üç tip boşalma kaynağı bulunmaktadır.

- a) **Sürekli boşalma kaynağı:** Boşalmanın sürekli veya uzun süreli veya kısa süreli ve sık sık meydana geldiği durumları,
- b) **Ana boşalma kaynağı:** Boşalmanın normal proses koşullarında periyodik olarak veya ara sıra meydana geldiği durumları,
- c) **Tali boşalma kaynağı:** Boşalmanın normal proses koşullarında meydana gelmesinin beklenmediği, ancak seyrek ve kısa süreli gerçekleşebildiği durumları kapsamaktadır [5].

Boşalma kaynağı çeşidinin belirlenmesi bölge sınıfının belirlenmesinde çok önemli bir işlem olup, bu basamakta yapılacak bir hata bölge sınıfının yanlış belirlenmesine ve yanlış önlemler alınmasına sebep olacaktır [5]. Bu sebeple; standartlarda yer alan boşalma kaynağı örnekleri incelenerek doğru karar verilmesi gerekmektedir.

2.4.3. Tutuşturucu Kaynaklar

Toz patlaması beşgeninden de anlaşılacağı üzere patlamalar tutuşturucu kaynağın ortadan kaldırılması ile önlenebilmektedir [23].

Tutuşturma yalnızca yanmayı veya ekzotermik bozulmayı kendisi devam ettirebilen maddeler için kullanılan bir terimdir. Buradan yola çıkarak tutuşturma yanmayı başlatan işlem olarak tanımlanabilir. Tutuşma belirli bir hacimdeki maddenin ürettiği ısı miktarı, aynı hacimdeki maddenin yaydığı ısı miktarını aştığı durumda sıcaklığın artması sonucunda oluşmaktadır [6].

Toz patlaması riski bulunan ortamlarda risk değerlendirmesi yapılırken öncelikle ortamda bulunan patlayıcı maddenin tutuşma özellikleri belirlenmelidir. Yanıcı maddenin tutuşma özellikleri belirlendikten sonra ortamda bulunan tutuşturma kaynaklarının bulunma ve etkin hale gelme olasılıkları belirlenmelidir. TS EN 1127-1: 2012 standardında 13 adet muhtemel tutuşturma kaynağı belirlenmiştir.

1. Sıcak yüzeyler
2. Alevler ve sıcak gazlar (sıcak parçacıklar dâhil)
3. Mekanik olarak oluşan kıvılcımlar
4. Elektrikli cihazlar
5. Kontrolsüz elektrik akımları ve katodik korozyon koruması
6. Statik elektrik
7. Yıldırım
8. Radyo frekans (RF) elektromanyetik dalgaları (104 Hz'den 3x10¹¹ Hz'e kadar)
9. Elektromanyetik dalgalar (3x10¹¹ Hz'den 3x10¹⁵ Hz'e kadar)
10. İyonlaştırıcı radyasyon
11. Ultrasonik ses dalgaları
12. Adyabatik sıkışma ve şok dalgaları
13. Ekzotermik tepkimeler (tozların kendiliğinden tutuşması dâhil)

Sıcak yüzeyler: Patlayıcı ortamlar ısıtılmış bir yüzeyle temas ettiği takdirde, tutuşma meydana gelebilmektedir. Sadece sıcak yüzeyin kendisi bir tutuşturma kaynağı olarak görev yapmamakta, ayrıca sıcak yüzeyle temas eden ve sıcak yüzey tarafından alev alan toz tabakası veya yanıcı katı maddeler de patlayıcı ortamlarda tutuşturma kaynağı olarak görev yapabilmektedir. Hareketli parçalarda bulunan sıkı mahfazalarda, yabancı maddelerin nüfuz etmesi veya eksenin oynaması da yüksek yüzey sıcaklıklarına sebebiyet veren sürtünmeye yol açabilmekte ve bazı durumlarda yüzey sıcaklığı çok hızlı artış gösterebilmektedir [24].

Alevler ve sıcak gazlar: Alevler, 1000°C'nin üzerindeki sıcaklıklardaki yanma tepkimeleriyle ilişkilidirler. Sıcak gazlar, tepkime ürünü olarak oluşmakta ve tozlu ve/veya isli alevler oluşması durumunda, ateş halindeki katı parçacıklar da oluşmaktadır. Alevler, bunların sıcak tepkime ürünleri veya yüksek ısıdaki gazlar, patlayıcı bir ortamı tutuşturabilmektedir. Çok küçük bile olsalar dahi alevler, en etkili tutuşturma kaynakları arasında yer almaktadır. Kaynaklama veya kesme işlemleri sırasında oluşan kaynak parçacıkları, çok büyük yüzeyli kıvılcımlardır ve bu sebeple en etkili tutuşturma kaynakları arasında yer almaktadır [24].

Mekanik olarak oluşan kıvılcımlar: Öğütme gibi sürtünme, parçalama veya aşındırma işlemlerinin bir sonucu olarak, taneler katı malzemelerden ayrılmakta ve ayırma işleminde kullanılan enerjiden dolayı sıcak hale gelmektedir. Bu taneler, demir veya çelik gibi indirgenebilen maddeler ihtiva etmesi halinde, bunlar indirgeme işlemine maruz kalmakta ve dolayısıyla daha da yüksek sıcaklıklara erişebilmektedir. Bu taneler (kıvılcımlar), yanıcı gazlar ve buharlar ile belirli toz-hava karışımlarını tutuşturabilmektedir. Birikinti halindeki tozlarda, kıvılcımlar alevsiz yanmaya sebep olabilmekte ve bu durum, patlayıcı ortam için bir tutuşma kaynağı oluşturabilmektedir [24].

Elektrikli cihazlar: Elektrikli cihazlar kullanıldığında, tutuşma kaynağı olarak elektrik kıvılcımları ve sıcak yüzeyler oluşabilmektedir. Elektrik kıvılcımları, elektrik devrelerinin açılması ve kapatılması, gevşek bağlantılar ve kontrolsüz akımları sebebiyle oluşabilmektedir. Personelin elektrik şoklarına karşı korunması amacıyla çok düşük gerilimlerin (örneğin; 50 volttan daha düşük gerilimlerin) tasarımı yapıldığı ve bu tedbirin patlamaya karşı korunmada uygulanan bir tedbir olmadığı çok açık şekilde anlaşılmalıdır. Bu değerden daha düşük gerilimler, patlayıcı ortamı tutuşturabilecek yeterli enerjiyi üretebilmektedir [24].

KontROLSÜZ ELEKTRİK AKIMLARI VE KATODİK KOROZYON KORUMASI: KontROLSÜZ akımları taşıyabilecek bir sisteme ait parçalar ayrıldığında, bağlandığında veya köprülendiğinde hafif potansiyel farklılıklar olması durumunda bile patlayıcı bir ortam, elektrik kıvılcıklarının ve/veya arklarının bir sonucu olarak tutuşabilmektedir. Tutuşma ayrıca bu akım yollarının ısınması nedeniyle de oluşabilmektedir [24].

STATİK ELEKTRİK: Yüklü, yalıtılmış iletken parçalardan olan boşalmalar, kolayca yangına yol açan kıvılcıklara yol açabilmektedir. İletken olmayan malzemelerden yapılan parçalar (bunlar arasında plâstiklerin çoğu ve diğer bazı malzemeler sayılabilir) söz konusu olduğunda, saçaklı boşalmalar ve özel durumlarda hızlı ayırma işlemleri (makaralar üzerinde hareket eden filmler, tahrik bantları ile ilgili işlemler) sırasında veya iletken ve iletken olmayan malzeme kombinasyonları sebebiyle saçaklı boşalma oluşması mümkündür. Yığın malzemedeki konik boşalmalar ve bulut boşalmaları da oluşabilmektedir. Kıvılcıklar, saçaklı boşalmalar, konik boşalmalar ve bulut boşalmaları, boşalma enerjisine bağlı olarak bütün patlayıcı ortam tiplerini tutuşturabilmektedir [24].

YILDIRIM: Patlayıcı bir ortamda yıldırım oluşması durumunda, her zaman tutuşma meydana gelmektedir. Ayrıca, yıldırım iletkenlerinin ulaştığı yüksek sıcaklık sebebiyle de tutuşma ihtimali söz konusudur. Yıldırımın oluştuğu yerden büyük akım çıkışları olmaktadır ve bu akımlar, çakma noktası civarında kıvılcım üretebilmektedir. Yıldırım oluşmadığında bile, gök gürültülü fırtınalar, donanımlar, koruyucu sistemler ve bileşenlerde yüksek gerilime sebep olabilmektedir [24].

RADYO FREKANS (RF) ELEKTROMANYETİK DALGALARI: Elektromanyetik dalgalar, radyo-frekans elektrik enerjisi üreten ve kullanan tüm sistemler tarafından yayılmaktadırlar. Bu sistemlere örnek olarak, radyo iletim sistemleri veya ısıtma, kurutma, sertleştirme, kaynaklama, kesme vb. amacıyla kullanılan endüstriyel ve tıbbi RF üreteçleri verilebilir [24].

ELEKTROMANYETİK DALGALAR: 3×10^{11} Hz'den 3×10^{15} Hz'e kadarki bant aralığında radyasyon özellikle bir noktaya odaklandığında, patlayıcı ortamlar veya katı yüzeylerce absorpsiyon yoluyla bir tutuşturma kaynağı oluşturabilmektedir. Meselâ, cisimlerin radyasyonu yoğunlaştırması (şişelerin lens görevi yapması veya yoğunlaştırıcı reflektörler olması durumu gibi) durumunda güneş ışığı bir tutuşmayı tetikleyebilmektedir. Belirli şartlar altında yoğun

ışık kaynaklarının oluşturduğu radyasyon, toz taneciklerince o kadar yoğun olarak absorbe edilir ki, bu tanecikler, patlayıcı ortamlar veya toz birikintileri için tutuşma kaynağı haline gelebilmektedir [24].

İyonlaştırıcı radyasyon: X-ışın tüpleri gibi malzemeler tarafından üretilen iyonlaştırıcı radyasyon ve radyoaktif maddeler, enerji absorpsiyonunun bir sonucu olarak patlayıcı ortamları (özellikle toz taneciklerini ihtiva eden patlayıcı ortamları) tutuşturabilmektedir. İyonlaştırıcı radyasyon, yüksek derecede reaktif radikaller veya kararsız kimyasal bileşiklerin oluşmasına yol açabilen kimyasal ayrışmalara veya diğer tepkimelere sebep olarak tutuşmaya sebep olabilmektedir [24].

Ultrasonik ses dalgaları: Ultrasonik ses dalgalarının kullanılması durumunda elektro akustik çevirici tarafından yayılan enerjinin büyük kısmı, katı veya sıvı maddelerce absorbe edilmektedir. Bunun bir sonucu olarak, ultrasonik ses dalgalarına maruz kalan maddeler, bazı durumlarda tutuşmaya sebep olabilecek derecede ısınabilmektedirler [24].

Adyabatik sıkışma ve şok dalgaları: Adyabatik veya adyabatiğe yakın sıkışma olduğu durumlarda ve şok dalgalarında, patlayıcı ortamların (ve birikmiş tozların) tutuşabileceği derecede yüksek sıcaklıklar oluşabilmektedir. Sıcaklık artışı, esas itibariyle basınç farkına değil de basınç oranına bağlıdır. Örneğin, yüksek basınçlı gazların aniden boru hattına bırakılması sırasında şok dalgaları oluşmaktadır. Bu işlemde şok dalgaları, düşük basınçlı bölgelere ses hızından daha hızlı ilerlemektedir. Şok dalgaları, boru dirsekleri, borunun daralan kısımları, bağlantı flanşları, kapalı vanalar vb. tarafından saptırıldığında veya yön değişikliğine maruz bırakıldığında çok yüksek sıcaklıklar oluşabilmektedir [24].

Ekzotermik tepkimeler (tozların kendiliğinden tutuşması dâhil): Ekzotermik tepkimeler; ısı oluşma hızı, çevreye olan ısı kayıp hızını geçtiğinde bir tutuşturma kaynağı olarak görev yapabilmektedir. Çoğu kimyasal tepkimeler ekzotermik özelliktedir. Tepkimenin yüksek sıcaklığa ulaşip ulaşmadığı hususu, diğer parametrelerin yanı sıra tepkime sisteminin hacim/yüzey oranına, ortam sıcaklığına ve tepkime süresine bağlıdır. Bu yüksek sıcaklıklar, patlayıcı ortamların tutuşmasına ve ayrıca için için yanmaya ve/veya normal yanmaya yol açabilmektedir [24].

Almanya’da meydana gelen 426 toz patlaması üzerine yapılan araştırmada patlamalara sebep olan tutuşturma kaynaklarının sektörlere göre dağılımları incelenmiştir. Tablo 2.5’te araştırmanın sonuçları yer almaktadır [6].

Tablo 2.5 Almanya’da gerçekleşen 426 toz patlamasının tutuşturucu kaynaklara göre dağılımları [6]

Tutuşturma Kaynağı Türü	426 Patlamaların Tümü		Ahşap ve Ahşap Ürünleri	Kömür	Gıda ve Yem	Plastik	Metal
	Sayı	%					
Mekanik kıvılcım	112	26,2	26,6	5,1	22,8	21,2	56,1
İçten yanma	48	11,3	19,5	20,5	5,7	9,6	0
Mekanik ısınma ve sürtünme	38	9,0	9,4	5,1	12,4	9,6	3,5
Elektrostatik yüklenme	37	8,7	2,3	0	6,7	34,6	5,3
Yangın	33	7,8	14,8	12,8	4,8	2	2
Kendiliğinden tutuşma	21	4,9	3,1	15,4	6,7	2	3,5
Sıcak yüzeyler	21	4,9	5,5	10,3	2,8	3,9	3,5
Kaynak ve kesim	21	4,9	2,3	2,6	12,4	2	2
Elektrikli aletler	12	2,8	0	2,6	5,7	2	0
Bilinmeyen veya raporlanmayan	68	16,0	16,5*	25,6*	20,0*	13,1*	24,1*
Diğer	15	3,5					
Toplam	426	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

* Diğer olarak belirtilen tutuşturucu kaynakları içermektedir.

Tablo 2.5 incelendiğinde tutuşturucu kaynak yüzdelerinin dağılımlarının sektörlere göre farklılık gösterdiği görülmektedir. Gerçekleşen 426 patlamaların tamamını incelendiğinde en sık rastlanan tutuşturma kaynağı mekanik kıvılcımdır. Gıda ve yem endüstrisinde meydana gelen toz patlamalarında en sık rastlanan tutuşturma kaynaklarının sırasıyla; mekanik kıvılcım, mekanik

ısınma, kaynak ve kesme işlemleri, elektrostatik yüklenme ve kendiliğinden ısınma olduğu görünmektedir [6].

2.4.4. Bölge Sınıflandırması

Çalışma ortamları birbirinden farklı düzeyde patlama riskine sahiptir. Patlayıcı ortamlar; ortamdaki yanıcı madde miktarı ve patlayıcı ortam oluşma sıklığına göre sınıflara ayrılır.

Patlayıcı ortamların sınıflandırılmasında dünyada iki yaklaşım vardır. Birincisi Batı Avrupa çıkışlı Bölge (Zon) Sistemi, ikincisi ise ABD’de kullanılan Bölüm (Division) Sistemidir. Her iki sistemde farklılıklar olsa da ikisi de patlayıcı ortamların sınıflandırılmasında kullanılan kabul görmüş yöntemlerdir. Ancak; Bölge (Zon) Sistemi; Kuzey Amerika Ülkeleri ve bilhassa ABD hariç, tüm dünya ülkeleri tarafından kabul edilen sistemdir [10].

Ülkemizde de Batı Avrupa görüşü olan Bölge (Zon) Sistemi kullanılmaktadır. Bölge (Zon) Sisteminde patlayıcı ortam sınıfları yanıcı sıvılar ve gazlar için; Bölge 0, Bölge 1 ve Bölge 2 yanıcı tozlar için ise Bölge 20, Bölge 21 ve Bölge 22 olarak belirlenmiştir [14].

Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikesinden Korunması Hakkında Yönetmelik’te patlayıcı ortam sınıfları şu şekilde tanımlanmıştır;

Bölge 0: Gaz, buhar ve sis halindeki yanıcı maddelerin hava ile karışımından oluşan patlayıcı ortamın sürekli olarak veya uzun süreli ya da sık sık oluştuğu yerler.

Bölge 1: Gaz, buhar ve sis halindeki yanıcı maddelerin hava ile karışımından oluşan patlayıcı ortamın normal çalışma koşullarında ara sıra meydana gelme ihtimali olan yerler.

Bölge 2: Gaz, buhar ve sis halindeki yanıcı maddelerin hava ile karışarak normal çalışma koşullarında patlayıcı ortam oluşturma ihtimali olmayan yerler ya da böyle bir ihtimal olsa bile patlayıcı ortamın çok kısa bir süre için kalıcı olduğu yerler.

Bölge 20: Havada bulut halinde bulunan tutuşabilir tozların, sürekli olarak veya uzun süreli ya da sık sık patlayıcı ortam oluşturabileceği yerler.

Bölge 21: Normal çalışma şartlarında, havada bulut halinde bulunan tutuşabilir tozların ara sıra patlayıcı ortam oluşturabileceği yerler.

Bölge 22: Normal çalışma şartlarında, havada bulut halinde bulunan tutuşabilir tozların patlayıcı ortam oluşturma ihtimali bulunmayan ancak böyle bir ihtimal olsa bile bunun yalnızca çok kısa bir süre için geçerli olduğu yerler [14].

Her ne kadar Türkiye’de Bölüm (Division) Sistemi kullanılmıyorsa da ülkemizde ABD yapımı birçok rafineri, petro-kimya ve doğal gaz tesisi bulunmakta olup büyük bir kısmı Bölüm (Division) Sistemi göre dizayn edilmişlerdir. Bu nedenle konu ile ilgilenenlerin, her iki sistem hakkında da bilgi ve fikir sahibi olmaları gerekmektedir [10].

Tablo 2.6 Bölge (zon) ve bölüm (divison) karşılaştırma tablosu [10]

	Sürekli veya uzun süreli tehlikeli ortam	Orta tehlikeli, arada bir ve kısa süreli oluşan tehlikeli ortam	Tehlikeye girmeyen ve ihtimal zayıf olan ortamlar
Bölüm (Division) Sistemi	Bölüm (Division) 1		Bölüm (Division) 2
Bölge (Zon) Sistemi	Bölge 0 Bölge 20	Bölge 1 Bölge 21	Bölge 2 Bölge 22

İki sistemde de tanımlar hemen hemen aynıdır. Yalnızca bölüm (division) sistemi, patlayıcı ortamları iki bölüme ve bölge (zon) ise üç bölüme ayırmaktadır. Esas farklılık patlayıcı ortam sınıflarında değil elektrik veya elektronik sistemlerin tasarım ve kullanımındadır. Bölüm (division) sistemi ekipmanları patlamanın oluşmasının engellenmesi üzerine kurgularken, Bölge (zon) sistemi ekipmanların patlamaya karşı korunması üzerine kurgulanmaktadır [10].

2.4.5. Bölge Ekipman Seçimi

Yanıcı tozlar ekipmanlar tarafından aşağıda yer alan sebeplerle tutuşabilir;

- Ekipman yüzeylerinin tozun tutuşma sıcaklığı üzerindeki bir sıcaklığa ulaşması,
- Ekipmanların anahtar, komütatör vb. elektrikli parçalarının kıvılcım çıkarması,
- Elektrostatik yükün deşarjı,
- Ekipmanların mekanik kıvılcım veya sürtünme kıvılcımını çıkarması [25].

Bu sebeplerle patlayıcı ortam ihtiva eden işyerlerinde patlayıcı ortamlarda kullanılmak üzere özel olarak tasarlanmış ATEX sertifikalı ekipman kullanılması gerekmektedir. Ancak; işyerlerinde her tehlikeli ortama aynı tip aleti yerleştirmek ve tek bir sistem uygulamak ekonomik olmamaktadır. Emniyet, güvenlik, işletme ve bakım kolaylığı ve bilhassa ekonomik nedenlerle uygun tehlike sınıfına uygun teçhizat kullanılmalıdır. Diğer bir deyiş ile, sürekli patlayıcı kıvamda gaz olan bir yerde alınacak tedbirler ve konulacak elektrik aygıtları ile, “tesadüfen, arada bir ve çok kısa süreli” patlayıcı ortam teşekkül eden bir yerde alınacak önlemler ile çalıştırılacak elektrik aygıtları aynı olamaz [10]. İşyerlerinde patlayıcı ortamın türüne ve patlayıcı bölge sınıfına göre ekipman seçilmesi gerekmektedir.

Patlayıcı ortamlarda kullanılacak olan ekipmanlar ile ilgili hukuki dayanağı Avrupa Birliği'nin 99/92/EC ile 94/9/EC Direktifleri oluşturmaktadır. 99/92/EC Çalışanların Patlayıcı Ortamlardan Korunması Hakkında Yönetmelik; 94/9/EC ise Muhtemel Patlayıcı Ortamda Kullanılan Teçhizat ve Koruyucu Sistemler ile İlgili Yönetmelik olarak ülkemiz mevzuatına uyumlaştırılmıştır.

ATEX sertifikalı ekipmanlar kullanılacağı patlayıcı ortamda bulunan patlayıcı maddenin türüne göre (maden, gaz, toz) ekipman gruplarına ayrılmıştır. Ayrıca, ekipmanlar patlayıcı bölge sınıfına göre kategorilere ayrılmıştır. Patlayıcı ortam ihtiva eden işyerlerindeki donanım ve ekipman seçiminde; ortamda kullanılacak ekipman grubu, ekipman kategorisi ve ekipmanın sıcaklık sınıfı belirlenerek uygun ekipmanlar seçilmelidir.

Patlayıcı ortam ihtiva eden işyerlerinde; belirlenen patlayıcı ortamlarda kullanılacak ekipman grubu, ekipman kategorisi ve ekipmanın sıcaklık sınıfı belirlenerek uygun ekipmanlar seçilmelidir

AB Direktiflerine göre, üreticiler sadece ekipmanı doğru şekilde yapmaktan sorumludur. Patlayıcı bölge sınıfları için doğru ekipman seçme sorumluluğu ekipmanı kullanacak olan işyeri sahibine aittir [15].

Ekipman Grubu

Patlayıcı ortamlarda kullanılan elektrikli ekipmanlar TS EN 60079-0 standardında, kullanılacağı patlayıcı ortamda bulunan patlayıcı maddenin türüne (maden, gaz, toz) göre üç gruba ayrılmıştır [26].

Grup I de yer alan elektrikli ekipmanlar yalnızca madenlerde kullanılmaktadır. Bu grupta yer alan ekipmanlar yer altında kullanılmak üzere, grizu patlamaları ve kömür tozu patlamaları göz önünde bulundurularak yüksek koruma sağlayacak şekilde tasarlanmaktadır.

Grup II de yer alan elektrikli ekipmanlar ise madenler dışında patlayıcı gaz atmosferinde kullanılmak üzere tasarlanmaktadır. Grup II ekipmanlar kullanılacağı patlayıcı gaz atmosferin yapısına bağlı olarak üç alt kategoriye ayrılmaktadır. Grup II alt kategorileri şu şekildedir;

- IIA: propan
- IIB: etilen
- IIC: hidrojen

Grup IIB ekipmanlar Grup IIA ekipmanların yerine, Grup IIC ekipmanlar ise Grup IIA ve Grup IIB ekipmanların yerine kullanılabilir [26].

Grup III elektrikli ekipmanlar; madenler dışında patlayıcı toz atmosferi bulunan ortamlarda kullanılabilir. Grup III ekipmanlar kullanılacağı ortamdaki patlayıcı tozun yapısına göre üç alt kategoriye ayrılmaktadır. Bunlar;

- IIIA: yanıcı uçucular
- IIIB: iletken olmayan tozlar
- IIIC: iletken tozlar

Grup III B ekipmanlar; Grup III A ekipmanların yerine, Grup III C ekipmanlar ise Grup III A ve Grup III B ekipmanların yerine kullanılabilir [26].

Tablo 2.7. Patlayıcı toz kategorileri ile ekipman grupları arasındaki ilişki [25]

Toz kategorisi	Ekipman Grubu
IIIA	IIIA, IIIB veya IIIC
IIIB	IIIB veya IIIC
IIIC	IIIC

Ekipman Kategorisi

Patlayıcı bölgelerde kullanılan ekipmanlar kullanılacağı patlayıcı bölge sınıfına göre kategorilere ayrılmıştır.

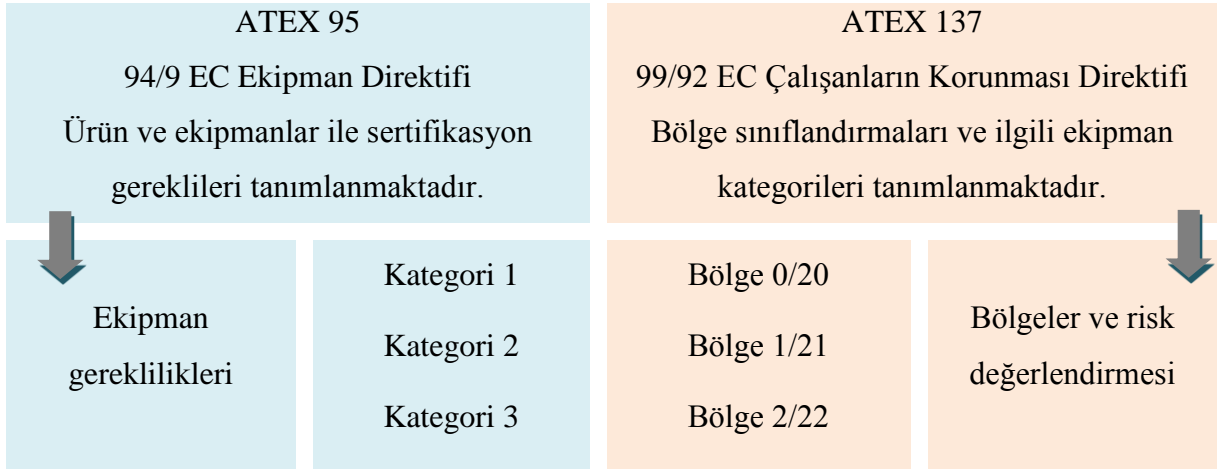
Kategori 1:Bu kategorideki ekipmanlar patlayıcı ortamın kalıcı olduğu bölgeyi tehlikeye düşürmeyecek şekilde dizayn edilmekte olup yüksek bir koruma düzeyine sahiptirler. Bölge 0 ve Bölge 20’de rahatlıkla çalışabilecek düzeydedirler [10]. Bu kategoride yer alan ekipmanlar için; ekipmanın korumasında herhangi bir bozulma olduğunda ikinci bir önlem alınmasını ve yine bir birinden bağımsız iki arızanın aynı anda meydana gelmesi durumunda emniyetliliğin korunması gerekmektedir. Diğer bir tabir ile cihazın arızalanması durumunda koruma devre dışı olmayacaktır [10]. Etiketlerinde 1G ve 1D yazan ekipmanlar, Bölge 0 ve Bölge 20’de kullanılabilirler

Kategori 2:Bu kategorideki ekipmanlar, normal çalışmalarında olduğu gibi arıza hallerinde de ortamı tehlikeye düşürmeyecek şekilde dizayn edilirler. Etiketlerinde 2G ve 2D olan aletler Bölge 1 ve Bölge 21’de kullanılabilirler [10].

Kategori 3: Bu kategorideki aletler normal çalışmalarında ortamı tehlikeye düşürmeyecek şekilde dizayn edilmişlerdir. Bölge 2 ve Bölge 22’de kullanılabilirler.

Tablo 2.8’de kategorilerin kullanılacağı patlayıcı bölge sınıfları görülmektedir. Üst kategorideki aletler alt kategoride de kullanılabilir, fakat alt kategoride yer alan bir alet üst kategoride kullanılamamaktadır. Kategorisi 1 olan bir alet Bölge 20 ve 21’de de rahatlıkla kullanılabilir. Fakat kategorisi 2 olan bir alet Bölge 20’de kullanılamaz [10].

Tablo 2.8 ATEX 95 ile ATEX 137 arasındaki ilişki [27]



Ekipman Koruma Seviyesi

Patlayıcı ortamlarda kullanılmak üzere üretilen ekipmanlar kullanılacağı ortama göre farklı koruma seviyelerinde tasarlanmaktadır. Her patlayıcı ortam için aynı seviyede ve aynı yöntemlerle koruma sağlayan ekipman kullanımı mümkün değildir. Ekipmanın kullanılacağı ortamdaki patlayıcı ortamın sınıfı, patlayıcı maddenin özellikleri ve proses koşulları birlikte değerlendirilerek hangi tip koruma seviyesine sahip ekipman kullanılacağına karar verilmelidir. TS EN 60079-14: 2014 standardında patlayıcı ortamlarda kullanılan ekipmanların tasarımı, seçimi ve monte edilmesi ayrıntılı bir şekilde anlatılmaktadır.

Avrupa Birliği'nin 2014/34/EU Direktifi 20 Nisan 2016 tarihinden itibaren 94/9/EC Direktifinin yerini alacaktır.

Patlayıcı bölge sınıfı ile ekipman koruma seviyesi arasındaki ilişki Tablo 2.9'da yer almaktadır. Ekipmanın kullanılacağı ortamdaki patlayıcı bölgenin sınıfına göre yüksek veya düşük koruma seviyesine sahip ekipman seçilmektedir [25].

Tablo 2.9 Patlayıcı toz bölgelerde kullanılan ekipman koruma seviyeleri [25]

Bölge	Ekipman Koruma Seviyesi (EPL)
20	“Da”
21	“Da” veya “Db”
22	“Da”, “Db” veya “Dc”

EPL Da: Patlayıcı toz bulunan ortamlarda kullanılabilen; normal çalışma koşullarında, arıza durumlarında ve çok nadir oluşan arıza durumlarında tutuşturucu kaynak oluşturmeyen “çok yüksek seviyede” korumaya sahip ekipmanlardır.

EPL Db: Patlayıcı toz bulunan ortamlarda kullanılabilen; normal çalışma koşullarında ve beklenen arıza durumlarında tutuşturucu kaynak oluşturmeyen “yüksek seviyede” korumaya sahip ekipmanlardır.

EPL Dc: Patlayıcı toz bulunan ortamlarda kullanılabilen; normal çalışma koşullarında tutuşturucu kaynak oluşturmaya izin vermeyen “yükseltilmiş seviyede” korumaya sahip ekipmanlardır [26].

Ekipman Koruma Seviyeleri ile Koruma Tipi Arasındaki İlişki

IEC standartlarında patlayıcı ortamlarda kullanılacak ekipmanlar kullanılan yöntemlere göre koruma tiplerine ayrılmış ve her koruma tipi için kod belirlenerek standardı oluşturulmuştur. IEC standartlarında yer alan koruma tipleri ile ekipman koruma seviyesi arasındaki ilişki Tablo 2.10’da yer almaktadır [25].

Tablo 2.10 Ekipman koruma seviyesi ile koruma tipi arasındaki ilişki [25]

EPL	Koruma tipi	Kod	Standart
“Da”	Kapsül içine alma	“ma”	IEC 60079-18
	Muhafaza ile koruma	“ta”	IEC 60079-31
	Kendinden güvenlik	“ia” veya “iaD”	IEC 60079-11 veya IEC 61241-11
	Özel koruma	“sb”	IEC 60079-33
“Db”	Kapsül içine alma	“mb”	IEC 60079-18
	Muhafaza ile koruma	“tb” veya “tD”	IEC 60079-31 IEC 61241-1
	Basınçlı muhafaza	“pD”	IEC 61241-4
	Kendinden güvenlik	“ib” veya “ibD”	IEC 60079-11 veya IEC 61241-11
	Özel koruma	“sb”	IEC 60079-33
“Dc”	Kapsül içine alma	“mc”	IEC 60079-18
	Muhafaza ile koruma	“tc” veya “tD”	IEC 60079-31 IEC 61241-1
	Basınçlı muhafaza	“pD”	IEC 61241-4
	Kendinden güvenlik	“ic”	IEC 60079-11
	Özel koruma	“sc”	IEC 60079-33

Sıcaklık Sınıfı

İşyerlerinde belirlenen patlayıcı bölgelerde kullanılacak ekipmanların grup ve kategorileri tespit edildikten sonra, ekipmanların ısınan yüzeyleri sebebiyle tutuşturucu kaynak oluşturmaması için en fazla kaç °C’ye kadar ısınmasına müsaade edilebileceği belirlenerek ona uygun sıcaklık sınıfında ekipman seçilmelidir. Ekipmanların sıcaklık sınıfının tespiti gruplarına göre değişiklik göstermektedir.

Grup II ekipmanların maksimum yüzey sıcaklıkları altı sıcaklık sınıfına ayrılmıştır. İşyerinde bulunan patlayıcı gazın parlama noktası göz önünde bulundurularak Tablo 2.11’de yer alan sıcaklık sınıflarından hangisinin kullanılması gerektiğine karar verilmelidir. Grup II, Kategori

1 ve 2 ekipmanların yüzey sıcaklıkları yanıcı gaz veya sıvının °C cinsinden asgari tutuşma sıcaklığının % 80'ini aşmamalıdır. Kategori 1 ekipmanlar bu şartları nadiren bozuk çalışma durumlarında bile sağlamalıdır. Kategori 2 ekipmanlar, belirtilen maksimum yüzey sıcaklığı şartlarını bozuk çalışma durumlarında bile sağlamalıdır. Grup II, Kategori 3 ekipmanlar ise normal çalışmada, gaz veya sıvının asgari tutuşma sıcaklığını aşmamalıdır [24].

Tablo 2.11 Grup 2 ekipmanların maksimum yüzey sıcaklığı sınıflandırması [24]

Sıcaklık sınıfı	Maksimum yüzey sıcaklığı (°C)
T1	450
T2	300
T3	200
T4	135
T5	100
T6	85

Grup III'de yer alan ekipmanların maksimum yüzey sıcaklıkları ile ilgili hususlar ekipmanların kategorisine göre değişiklik göstermektedir.

Kategori 1,2 ve 3 ekipmanların; toz bulutları ile temas haline gelebilen tüm yüzeylerinin sıcaklığı, söz konusu toz bulutunun °C cinsinden asgari tutuşma sıcaklığının 2/3'ünü aşmamalıdır. Ayrıca, tozun birikebileceği yüzeylerin sıcaklığı, belli bir güvenlik marjini kadar (bk. EN 61241-14), söz konusu tozla oluşturulabilecek en kalın tabakanın asgari tutuşma sıcaklığından daha düşük olmalıdır.

Kategori 1 ekipmanlar bu şartları nadiren meydana gelen bozuk çalışma durumlarında bile sağlamalıdır. Ayrıca, oluşan toz tabakası kalınlığı bilinmiyorsa beklenen en kalın tabaka kalınlığı dikkate alınmalıdır. Kategori 2 ekipmanlar, belirtilen maksimum yüzey sıcaklığı şartlarını bozuk çalışma durumlarında bile sağlamalıdır. Kategori 3 ekipmanlarda ise böyle bir şart yoktur. Normal çalışma koşullarında belirtilen şartları sağlaması yeterlidir [24].

2.4.6. Patlama Etkilerinin Azaltılması

Patlayıcı ortamın oluşmasının engellenemediği ve/veya tutuşma kaynakların bertaraf edilemediği durumlar olabileceği gibi, patlayıcı ortamın oluşmasını ve tutuşmasını engellemeye yönelik alınan önlemlerin başarısız olduğu durumlar da meydana gelebilmektedir. Böyle durumlarda meydana gelecek patlamanın etkilerini azaltarak çalışanların sağlık ve güvenliğini koruyucu önlemlerin alınması gerekmektedir [15]. Alınan kontrol önlemleriyle patlama sonucu meydana gelebilecek can ve mal kayıplarında ciddi ölçüde azalma sağlanabilir [2]. Patlama etkilerini azaltıcı önlemler temelde dört başlık altında incelenmektedir.

- Patlama basıncına dayanıklı tasarım
- Alev ve patlamanın yayılmasının engellenmesi
- Patlamanın bastırılması
- Patlama tahliye sistemleri

2.4.6.1. Patlama basıncına dayanıklı tasarım

Tesiste kullanılan ekipmanların içinde gerçekleşen patlamaların sebep olacağı zararlar kontrol altına alınabilmektedir. Patlamaya dayanacak şekilde tasarlanan ekipmanlar ile patlama basıncının ekipmanları parçalaması sonucu çalışma ortamında meydana getireceği hasarların önüne geçilebilmektedir. Patlamaya dirençli tasarım pasif bir koruma yöntemidir ve toz işlenen tesislerde tüm tesisin ekipmanların toz patlaması sonucu oluşacak basınca dayanacak şekilde tasarlanması pratikte çok kolay olmamaktadır. Pratikte işletmenin içindeki küçük ünitelerde veya öğütücü gibi belirli ekipmanlarda kullanılmaktadır. İşlenen yanıcı tozun toksik etkilere sahip olduğu tesislerde mutlaka patlamaya dirençli tasarım kullanılması gerekmektedir [2].

Patlamaya dayanıklı ekipman seçimi yapılırken; patlama esnasında meydana gelecek maksimum patlama basıncı ve bu basıncın alınacak önlemlerle azaltılması sonucu ortaya çıkacak yeni basınç dikkate alınmalıdır [15].

2.4.6.2. Alev ve patlamanın yayılmasının engellenmesi

Tesisin bir bölümünde meydana gelen bir patlama tesis içinde ilerleyerek tesis diğer bölümlerinde patlamaya sebep olabilmektedir. Eğer tesiste yer alan ek ve bağlantı bölümleri patlama basıncı veya patlama basıncının şok dalgasına dayanıklı tasarlanmadığı durumlarda, patlama esnasında oluşan basıncın artarak devam etmesi sonucu, ekipmanlar maksimum patlama basıncından daha yüksek basınca maruz kalabilmektedir. Bu nedenle patlamanın yayılmasının engellenerek oluşan basıncının sınırlandırılması son derece önemlidir.

Patlamanın yayılması şu yöntemlerle engellenebilir:

- Hızlı devreye giren mekanik izolasyon
- Dar boşluklarda alev sönmesi veya söndürme kimyasallarının kullanımı
- Alevlerin karşı akış (anafor) yöntemiyle tutulması
- Patlama saptırıcılar
- Su perdesi
- Döner valf [15]

Alev ve patlamanın yayılmasının engellenmesinde kullanılan hızlı devreye giren mekanik izolasyon sistemlerinde; iki tank arasında yer alan boru bağlantılarına hızlı devreye giren kapatma valfleri eklenmektedir. Patlama anında valfler, basınç ve/veya optik sensörleri olan patlama dedektörleri tarafından aktifleştirilmektedir [2].

Alev ve patlamanın yayılımının engellenmesi aynı zamanda malzeme tutucularla da sağlanabilmektedir. Döner valfler ve helezon konveyörler en yaygın kullanılan malzeme tutuculardır [2].

Gaz, buhar veya sislerin hava ile karışımları sonucu meydana gelen patlamaların ilerleme hızları oldukça değişken olduğundan, söndürme sistemleri ve aktif izolasyon yöntemleri genellikle çok yavaş kalmaktadır. Bu ortamlar için alev tutucular gibi pasif yöntemlerin tercih edilmesi daha uygun olacaktır [15].

2.4.6.3. Patlamanın bastırılması

Patlama bastırma sistemler patlama oluşur oluşmaz patlamanın gerçekleştiği ortama uygun inört madde püskürterek patlamanın gelişmesini engellemektedirler.

Patlama bastırma sistemleri aşağıda yer alan dört temel özelliğe sahip olmalıdır;

- Patlama meydana geldiğinde çok kısa süre içinde hızlıca etkin hale gelmeli,
- Patlamanın daha başlangıcında ortama yeterli miktarda patlamayı bastırıcı inört madde püskürtülmesini sağlayarak alevin büyümesini ve yayılmasını engellemeli,
- Tesisteki tüm sistemleri kapatmalı,
- Patlama yatışana kadar tesisteki sistemlerin tekrar çalışmasını engellemelidir [2].

Patlamanın bastırılması amacıyla kullanılan sistemler Muhtemel Patlayıcı Ortamda Kullanılan Teçhizat ve Koruyucu Sistemler ile İlgili Yönetmelik kapsamında koruyucu sistemler olarak değerlendirilmekte ve bu kapsamda uygunlukları verilmektedir.

2.4.6.4. Patlama tahliye sistemleri

Bir tesiste toz patlamasını engellemek amacıyla alınan tüm önlemlerin başarısız olması halinde, toz patlaması gerçekleşecektir. Bu durumda patlama efektif bir şekilde tahliye edilirse, patlamanın oluşturacağı olumsuz etkiler en aza indirilebilir [2]. Patlamanın tahliye edilmesi ile toz patlamasının tüm potansiyel yıkıcı etkileri ciddi şekilde azaltılabilmektedir. Bu sistemin uygulanmasında öncelikle patlamanın tahliye edilebileceği güvenli alan belirlenmelidir. İşlenen yanıcı tozun toksik etkilere sahip olduğu tesislerde patlama tahliye sistemleri kesinlikle kullanılmamalıdır [15].

Patlama tahliye sistemlerinde ekipmana, ince panellerden oluşan ve patlamanın etkisiyle basınç yükseldiğinde yırtılarak yüksek basıncın hızlı bir şekilde güvenli bir alana yönlendirilmesini sağlayan menfez plakaları yerleştirilmektedir. Toz patlaması riski bulunan ekipmanlarda kullanılacak menfez plakalarının alanlarının doğru şekilde hesaplanması alınan önlemin etkinliği açısından son derece önemlidir.

3. GEREÇ VE YÖNTEMLER

3.1. ARAŞTIRMANIN AMACI

Gıda sektöründe un, şeker, nişasta, kakao, süt tozu gibi birçok maddenin üretiminin yapıldığı tesislerde toz patlaması riski bulunmaktadır [4]. Bu riske karşı patlamadan korunma dokümanı hazırlanmalı ve gerekli önlemler alınmalıdır.

Patlamadan korunma dokümanının içeriği, bölge hesaplamaları, bölge sınıflandırmaları ve patlayıcı ortamlarda alınması gereken organizasyonel ve teknik önlemler hakkında yöneticiler ve iş güvenliği uzmanlarının bilgi sahibi olması gerekmektedir. Mevzuatın bu konuda çizdiği çerçevede, patlayıcı ortamlara dair bilgi ve farkındalık düzeyinin çeşitli faaliyetler ile artırılması gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında patlayıcı ortamlara dair literatür ve standart taraması gerçekleştirilerek Çalışanların Patlayıcı Ortamlardan Korunması Hakkında Yönetmelik kapsamında olan un, nişasta ve şeker üretimi yapan üç tesiste iki farklı yöntemle patlama özelinde risk değerlendirmesi yapılarak tesislerdeki patlama risklerini belirlemek ve kullanılan risk değerlendirmesi yöntemlerinin uygulanabilirliğini değerlendirmek ve elde edilen sonuçları karşılaştırmak amaçlanmıştır. Ayrıca, şeker üretimi yapan bir tesiste örnek bir patlamadan korunma dokümanı hazırlanarak bu sektörde daha sonra hazırlanacak patlamadan korunma dokümanlarına katkı sağlamak amaçlanmıştır.

3.2. ARAŞTIRMA HAKKINDA BİLGİ



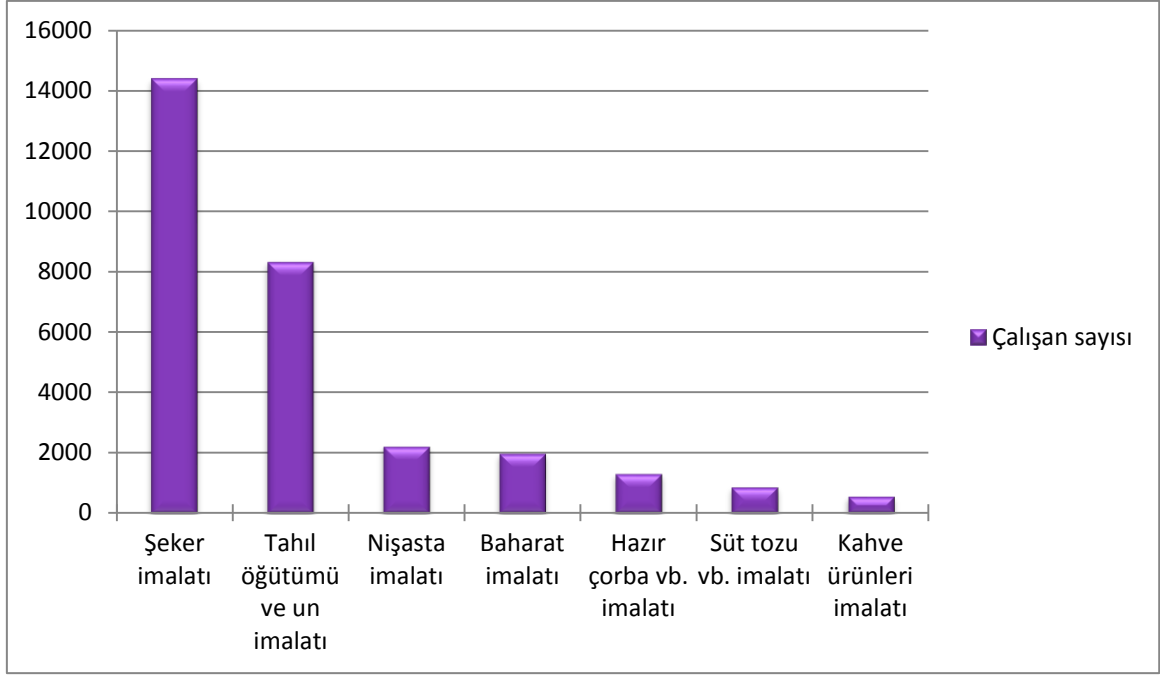
Şekil 3.1 Tez çalışmasının aşamalarını gösteren iş akış şeması

Bu tez çalışmasında çalışma konusunun belirlenmesinin ardından, yol haritası çizilmiş ve öncelikle patlamalar, toz patlamaları, patlamadan korunma dokümanı ile ilgili literatür taraması yapılmıştır. ÇASGEM tarafından düzenlenen “Patlamadan Korunma Dokümanı Hazırlama Eğitimi”ne katılım sağlanarak patlayıcı bölge hesaplamaları ve patlayıcı bölgelerde kullanılan ekipmanlarla ilgili ayrıntılı bilgi sahibi olunmuştur. Eğitimin ardından, yanıcı tozlar, patlayıcı bölge hesaplamaları ve patlayıcı ortamlarda kullanılan ekipmanlar ile ilgili kullanılan uluslararası güncel standartlar araştırılmış ve belirlenen ilgili standartlar incelenmiştir.

3. ATEX Patlayıcı Ortamlarda Güvenlik Sempozyumu’na katılım sağlanmış ve patlamadan korunma dokümanı, patlama özelinde risk değerlendirmesi ve patlayıcı ortamlarda kullanılan ekipmanlar hakkında mevcut durum, yaşanan sıkıntılar ve Türkiye ve dünyadaki gelişmeler hakkında bilgi sahibi olunmuştur.

Patlamadan korunma dokümanı kapsamında yapılması gereken risk değerlendirmesinde kullanılan ve önerilen yöntemler hakkında araştırma yapılmıştır. Yapılan araştırma neticesinde genel olarak kolaylığından dolayı 5x5 matris kullanıldığı sonucuna ulaşılmıştır. Ancak, literatürde patlama özelinde yapılacak risk değerlendirmesi için genel olarak önerilen üç yöntem mevcuttur. Bunlar, HAZOP, Fine Kinney ve HTEA yöntemleridir [15, 28, 29]. Bu üç yöntem üzerinde araştırma yapılmış ve yaygın kullanımı, kolay anlaşılabilirliği ve toz patlamalarına uygunluğu sebebiyle HTEA yöntemi seçilmiştir. Ayrıca; yapılan risk değerlendirmesi yöntemi araştırmasında; İrlanda, İtalya ve Sırbistan’ın risk değerlendirmesi ve yönetiminde insan faktörü üzerine ortaklaşa yürüttüğü Avrupa Birliği projesi olan InnHF Projesi [30] kapsamında patlama özelinde risk değerlendirmesi için özel olarak geliştirilen bir yöneme ulaşılmış ve tez çalışmasında ikinci yöntem olarak bu yöntemin kullanılmasına karar verilmiştir.

Bu tez çalışmasında belirlenen iki yöntem ile risk değerlendirmesi yapılarak tesislerdeki patlama risklerini belirlemek, kullanılan risk değerlendirmesi yöntemlerinin uygulanabilirliğini değerlendirmek ve elde edilen sonuçları karşılaştırmak amaçlanmıştır. Ayrıca, şeker üretimi yapılan bir tesiste örnek bir patlamadan korunma dokümanı hazırlanarak bu sektörde daha sonra hazırlanacak Patlamadan Korunma Dokümanlarına katkı vermek amaçlanmıştır.



Grafik 3.1 Gıda endüstrisinde toz patlaması riski bulunan tesislerde çalışan sayıları dağılımı [31]

Gıda endüstrisinde toz patlamasına sebep olabilecek maddeler araştırılmıştır. Türkiye’de gıda endüstrisinde toz patlaması riski içeren 7 maddenin işlendiği tesislerdeki çalışan sayısı İSG-KATİP aracılığıyla belirlenmiştir. Çalışan sayıları belirlenirken kullanılan NACE kodları aşağıda yer almaktadır [31].

- 10.81.01: Şeker kamışından, pancardan, palmyeden, akça ağaçtan şeker (sakaroz) ve şeker ürünleri imalatı veya bunların rafine edilmesi (sıvı şeker ve melas üretimi dahil)
- 10.61.02: Tahılların öğütülmesi ve un imalatı (mısır unu, kepek, razmol dahil, pirinç unu hariç)
- 10.62.01: Nişasta imalatı (buğday, pirinç, patates, mısır, manyok vb. ürünlerden)
- 10.84.01: Baharat imalatı (karabiber, kırmızı toz/pul biber, hardal unu, tarçın, yenibahar, damla sakızı, baharat karışımları vb.) (işlenmiş)
- 10.89.01: Hazır çorba ile hazır et suyu, balık suyu, tavuk suyu ve konsantrelerinin imalatı
- 10.51.03: Süt tozu, peynir özü (kazein), süt şekeri (laktoz) ve peynir altı suyu (kesilmiş sütün suyu) imalatı (katı veya toz halde süt, krema dahil)
- 10.83.02: Kahve ürünleri imalatı (çekilmiş kahve, eritilebilir kahve ile kahve ekstre, esans ve konsantreleri) [32]

Grafik 3.1’de yer alan veriler incelendiğinde en yüksek çalışan sayılarının sırasıyla şeker, un ve nişasta imalatında olduğu görülmektedir. Çalışan sayıları ve dünyada gıda endüstrisinde meydana gelen toz patlamaları dikkate alınarak bu tez kapsamında un, nişasta ve şeker imalatı yapılan üç tesiste çalışma yapılmasına karar verilmiştir. Un, şeker ve nişasta üretimin yapıldığı toplam üç tesiste HTEA ve InnHf projesi kapsamında önerilen risk değerlendirmesi yöntemi kullanılarak patlama özelinde risk değerlendirmesi yapılmış, sonuçlar, tesiste gözlemlenen eksiklikler ve çözüm önerileri raporlanarak işletmelere sunulmuştur.

Ayrıca, şeker üretimi yapılan bir tesiste patlayıcı gaz ortamlar da dahil olmak üzere tüm patlayıcı ortamlar belirlenerek örnek bir patlamadan korunma dokümanı hazırlanmıştır. Tesiste hazırlanan patlamadan korunma dokümanı ekinde; tesis planı; ayrıntılı patlayıcı bölge hesaplamaları; patlayıcı ortamların teknik çizimleri; gaz dedektörleri yerleşim planı; topraklama referans nokta planı; paratoner tesisat projesi; ekipman listesi; ekipman bakım prosedürü ve listesi; ATEX ekipmanların listesi, sertifikaları ve bakım belgeleri; iş süreçleri; işletme talimatları; görev tanımları; acil durum planı ve çalışma izin belgesi örneğinin bulunması gerektiği belirtilmiştir. Ancak, patlamadan korunma dokümanı ekinde bulunması gereken bu belgeler tesisle ilgili gizli bilgiler içerdiğinden bu tez çalışmasının EK-3’ünde yer alan patlamadan korunma dokümanı ekinde yer almamaktadır.

3.3. YÖNTEMLER

3.3.1. Risk Değerlendirmesi

3.3.1.1. Hata türleri ve etkileri analizi (HTEA)

Hata türleri ve etkileri analizi (HTEA), 1950’lerin sonundan beri kullanılmakta olan, en iyi kurgulanmış risk değerlendirme tekniklerinden biri olarak kabul edilmektedir. Yöntem iyi dokümante edilmiştir ve kullanılışı ile ilgili birçok açıklayıcı yayın ve standart mevcuttur [33].

HTEA riskleri tahmin ederek hataları önlemeye yönelik güçlü bir analiz tekniğidir. HTEA çalışmasında olası hatalar tespit edilerek, bunların yapabileceği etkiler, meydana gelme olasılıkları ve fark edilebilirlikleri belirlenir. Tüm bunlar belirli bir sistem ve formül çerçevesinde ele alınır [34].

Hata türlerini ve etkilerini belirlemede üç ana faktör vardır;

- Olasılık (O)
- Şiddet (A)
- Fark edilebilirlik (S) [34]

Olasılık: Her bir hatanın ortaya çıkma sıklığını gösterir ve her bir hata türünün gerçekleşmesi olasılığını ifade eder. Tez çalışması sırasında işletmelerde oluşabilecek hatalara yönelik kayıtlar ve istatistikler bulunmadığından, olasılık değeri iş güvenliği uzmanları ve proses mühendisleri ile geçmiş deneyimler göz önünde bulundurularak belirlenmiştir.

Tablo 3.1 HTEA yönteminde hata olasılığı dereceleri [35]

HATA OLASILIĞI	OLASI HATA ORANLARI	DERECE
Oldukça yüksek hata: hata neredeyse kaçınılmaz	½'den fazla	10
Çok yüksek	1/3	9
Yüksek	1/8	8
Kısmen yüksek	1/20	7
Kısmen orta	1/80	6
Orta	1/400	5
Kısmen düşük	1/2000	4
Düşük	1/15000	3
Çok düşük	1/150000	2
Hemen hemen olanaksız	1/1500000	1

Şiddet: Hatanın ciddiyetini temsil eden faktördür. Hatanın etkilerinin şiddetinin 1 ile 10 derecesinde tahmin edilmesidir. Yapılan çalışmanın amacı hata türlerinin doğurabileceği sonuçları, niteliksel bir ölçü ile değerlendirebilmektir. Sonuç olarak her bir hata türü doğurabileceği kayıplara göre sınıflandırılmıştır. Kayıp miktar ve çeşitleri, hata etkisinin derecesini belirlemektedir.

1. Sınıf; Felaket Getirici Hata

- Can kaybına neden olan, birimin fonksiyonel çıktısında ciddi ölçüde azalmaya yol açan,
- Sistem veya ürün düzeyinde etkisi gözlenen hatalar.

2. Sınıf; Kritik Hata

- Çalışanların yaralanmasına neden olan,
- Birimin fonksiyonel çıktısında ciddi ölçüde azalmaya neden olacak şekilde sistem hasarına yol açan,
- Bakım görevlileri tarafından tamir edilemeyen hatalar.

3. Sınıf; Küçük Hata

- Birimin fonksiyonel çıktısında küçük etkilere, çalışanlarda küçük yaralanmalara neden olan,
- Sistemde küçük hasara yol açan,
- Duruşlara veya çıktıda çok az azalmaya yol açan hatalar.

4. sınıf; Çok Küçük Hata

- Çalışanların yaralanmasına, sistemin bozulmasına yol açacak kadar ciddi olmayan, planlanmamış bakım veya tamirle giderilebilecek hatalar [36].

Tablo 3.2 HTEA yönteminde hata şiddeti dereceleri [37]

SINIF	ETKİ	KRİTER	DERECE
1. Sınıf	Tehlikeli	Hata herhangi bir ikaz olmadan meydana gelir.	10
	Ciddi	Hata bir ikazla meydana gelir	9
	Çok büyük	Üründe temel fonksiyonların kaybı.	8
2. Sınıf	Büyük	Ürün/ süreç üzerinde büyük etki.	7
	Önemli	Ürün/sürecin performans derecesi düşmüştür.	6
3. Sınıf	Orta	Ürün/ süreç üzerinde orta şiddette etki.	5
	Küçük	Ürün/proses üzerinde küçük şiddette etki	4
4. Sınıf	Önemiz	Ürün/proses üzerinde önemsiz etki	3
	Çok önemsiz	Ürün/proses üzerinde çok önemsiz etki	2
	Etkisi yok	Ürün/proses üzerinde hiç etkisi yok	1

Fark edilebilirlik: İşletmenin uyguladığı kontrol işlemlerine bağlı olarak hatayı yakalayabilme yeteneğidir. Bir başka deyişle kontrol yöntemleri uygunluk ve etkinlik açısından değerlendirilmez. Tablo 3.3'te gösterildiği şekilde 1-10 arası puanlama sistemi ile hatanın tespit edilme derecesi belirtilir.

Tablo 3.3 HTEA yönteminde fark edilebilirlik dereceleri [37]

TESPİT ETME	KRİTER	DERECE
Hemen hemen imkansız	Tespit etme imkanı yok	10
Çok zor	Kontrollerin hata türünü belirlemesi çok zor	9
Zor	Kontrollerin hata türünü belirlemesi zor	8
Çok az	Kontrollerin hata türünü belirlemesi çok az	7
Az	Kontrollerin hata türünü belirlemesi az	6
Orta	Kontrollerin hata türünü belirlemesi orta	5
Ortanın üstü	Kontrollerin hata türünü belirlemesi ortanın üstü	4
Yüksek	Kontrollerin hata türünü belirlemesi yüksek	3
Çok yüksek	Kontrollerin hata türünü belirlemesi çok yüksek	2
Hemen hemen kesin	Kontrollerin hata türünü belirlemesi hemen hemen kesindir	1

Risk Öncelik Sayısı:

Risk Öncelik Sayısı (RÖS), kritiklik göstergesidir. RÖS her bir hata türü veya nedeni için ortaya çıkma, önem derecesi ve saptama gibi üç risk faktörü esas alınarak belirlenen sayısal değerdir.

Risk öncelik sayısı (RÖS), Olasılık (O), Şiddet (A) ve Fark edilebilirlik (S) değerlerinin çarpılmasıyla hesaplanır.

$$RÖS = O * A * S \quad (3.1)$$

RÖS ile her bir hata türü için riskler tanımlandığından en büyük RÖS değerine sahip olandan başlayarak uzun dönemde ortadan kaldırılması, kısa dönemde en aza indirilmesi için alınacak düzeltici önlemler belirlenir [38].

3.3.1.2. PGS risk değerlendirmesi

İrlanda, İtalya ve Sırbistan'ın risk değerlendirmesi ve yönetiminde insan faktörü üzerine ortaklaşa yürüttüğü InnHF Projesi kapsamında patlayıcı ortamlarda risk değerlendirmesinde kullanılmak üzere bir yöntem önerilmektedir. Yöntemde, risk değerlendirmesi yapan kişinin kişisel algısından bağımsız olarak belirlenen parametreler puanlanarak risk hesaplanmaktadır. Önerilen yöntem yarı nicel bir risk değerlendirmesi olup, risk şu şekilde hesaplanmaktadır;

$$R = P * C * D \quad (3.2.)$$

R riski,

P tehlike faktörü olup tehlikeli ortam oluşma olasılığı,

C temas faktörü olup tehlikenin zarar verme olasılığını,

D zarar faktörü olup meydana gelecek herhangi bir hasarın büyüklüğünü ifade etmektedir [39].

1. Adım: P faktörünün belirlenmesi

P tehlike faktörü Tablo 3.4'te yer alan bilgiler doğrultusunda belirlenmektedir.

Tablo 3.4 PGS yönteminde P faktörünün belirlenmesi [39]

Tehlikeli Ortam	Tanım	P faktörü
Bölge 0 / 20	Tehlikeli atmosferin (toz/gaz) düzenli veya uzun süreliğine veya çok sıklıkta oluştuğu ortam	3
Bölge 1 / 21	Tehlikeli atmosferin normal operasyonlar sırasında oluşma olasılığının olduğu ortam	2
Bölge 2 / 22	Tehlikeli atmosferin normal operasyonlarda oluşma olasılığının düşük olduğu ancak olursa çok kısa sürdüğü ortamlar	1
Bölge sınıflaması yok	Tehlikeli atmosferin oluşmadığı ortam	0

2. Adım: C faktörünün belirlenmesi

Tutuşurma kaynaklarının oluşturduğu tehlikeler ve oluşum olasılıklarının değerlendirildiği C temas faktörü Tablo 3.5'te yer alan bilgiler doğrultusunda belirlenmektedir.

Tablo 3.5 PGS yönteminde C faktörünün belirlenmesi [39]

Oluşma olasılığı	Tanım	C faktörü
Her zaman	Tutuşurma kaynakları düzenli veya çok sıklıkta olduğu ortam	3
Bazı Durumlarda	Tutuşurma kaynakları ancak bazı özel durumlarda olduğu ortam	2
Az Sıklıkta	Tutuşurma kaynaklarının çok az olasılıklar ve sıklıkta olduğu ortam	1
Hiçbir Zaman	Tutuşurma kaynaklarının oluşmadığı ortam	0

3. Adım: D faktörünün belirlenmesi

Patlamaların etkilerinin değerlendirildiği D faktörü Tablo 3.6'da yer alan bilgiler doğrultusunda belirlenmektedir.

Tablo 3.6 PGS yönteminde D faktörünün belirlenmesi [39]

Tehlikeli alan	Tanım	D faktörü	Tahmini etki durumu
Bölge 0 / 20	Tehlikeli atmosferin (toz/gaz) düzenli veya uzun süreliğine veya çok sıklıkta olduğu ortam	3	Felaket
Bölge 1 / 21	Tehlikeli atmosferin normal operasyonlar sırasında oluşma olasılığının olduğu ortam	2	Büyük
Bölge 2 / 22	Tehlikeli atmosferin normal operasyonlarda oluşma olasılığının düşük olduğu ancak olursa çok kısa sürdüğü ortamlar	1	Küçük
Bölge sınıflaması yok	Tehlikeli atmosferin oluşmadığı ortam	0	Çok Küçük

4. Adım: D' faktörünün hesaplanması

D' faktörü diğer faktörlerden farklı olarak; çalışanların ortamda bulunması, toz patlama endeksi, patlayıcı toz bulutu hacmi, toz tabakası derinliği ve toz bulutunun sınırlandırılma durumu göz önünde bulundurularak Tablo 3.7'de yer alan bilgiler doğrultusunda belirlenmektedir.

Tablo 3.7 PGS yönteminde D' faktörünün belirlenmesi [39]

Parametre	Faktörler		
	0,00	0,25	0,50
Çalışanların ortamda bulunması (Wp)	Hiçbir zaman	Bazen	Sürekli
Toz-patlama endeksi (Kst)	≤ 200 bar m/s	$200 < K_{ST} \leq 300$ bar m/s	≥ 300 bar m/s
Gaz patlaması endeksi (Kg)	≤ 500 bar m/s	$500 < K_{ST} \leq 1000$ bar m/s	>1000 bar m/s
Bulutun Hacmi (Vz)	< 10 dm ³	$10 \leq V_z < 100$ dm ³	≥ 100 dm ³
Toz Tabakası Derinliği (Ld)	≤ 5 mm	$5 < L_d \leq 50$ mm	≥ 50 mm
Bulutun sınırlandırılması (Cc)	Sınırlanma olmaz	Kısmen sınırlandırma	Tamamen sınırlandırma

Aşağıda yer alan eşitlikler ile D' faktörü hesaplanmaktadır.

$$D' = D + Wp + Kst + Vz + Ld + Cc \text{ (TOZ)} \quad (3.3.)$$

$$D' = D + Wp + Kg + Vz + Cc \text{ (GAZ)} \quad (3.4.)$$

5. Adım: Riskin hesaplanması

Yukarıda belirlenen tüm parametreler doğrultusunda Tablo 3.8 ile Eşitlik 3.5 ve 3.6 kullanılarak risk hesaplanmaktadır.

Tablo 3.8 PGS yönteminde ikincil parametrelerin belirlenmesi [39]

PARAMETRE	FAKTÖRLER		
	0	1	2
Çalışanların ortamda bulunması (Wp_2)	Hiçbir zaman	Bazen	Sürekli
Toz-patlama endeksi (Kst_2)	≤ 200 bar m/s	$200 < K_{ST} \leq 300$ bar m/s	> 300 bar m/s
Gaz patlaması endeksi (Kg_2)	≤ 500 bar m/s	$500 < K_{ST} \leq 1000$ bar m/s	> 1000 bar m/s
Bulutun Hacmi (Vz_2)	< 10 dm ³	$10 \leq Vz < 100$ dm ³	≥ 100 dm ³
Toz Tabakası Derinliği (Ld_2)	≤ 5 mm	$5 < L_d \leq 50$ mm	≥ 50 mm
Bulutun sınırlandırılması (Cc_2)	Sınırlanma olmaz	Kısmen sınırlandırma	Tamamen sınırlandırma

Bütün faktörler belirlendikten sonra risk aşağıda yer alan eşitlikler yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$R = (P * C * D') + Wp_2 + Kst_2 + Vz_2 + Ld_2 + Cc_2 \text{ (toz)} \quad (3.5.)$$

$$R = (P * C * D') + Wp_2 + Kg_2 + Vz_2 + Cc_2 \text{ (gaz)} \quad (3.6.)$$

Hesaplanan risk değerine göre risk sınıfı belirlenerek tesiste gerekli planlamalar yapılmalıdır. Risk düzeyleri Tablo 3.9'da görüldüğü şekilde yüksek, orta, düşük ve ihmal edilebilir olmak üzere dört sınıfa ayrılmaktadır.

Tablo 3.9 PGS yönteminde risklerin sınıflandırılması [39]

RİSK (R)	SINIFI	TANIMI	ALINACAK ÖNLEMLER
$R \geq 18$	Yüksek	Patlayıcı ortam oluşma olasılığı yüksek, alev kaynakları mevcut ve alevlenme oluşması için olasılık yüksek, mal ve çalışanlara zarar vermesi olasılığı yüksek. Patlamanın diğer proseslere yayılma olasılığı yüksek.	Hemen gerekli risk azaltıcı önlemleri alarak riski ve etkilerini azalt. Alınan önlemleri takiben tekrar değerlendirme yap.
$9 \leq R \leq 18$	Orta	Patlayıcı ortam oluşma olasılığı sınırlı. Efektif alev kaynakları oluşabilir. Patlama halinde etkileri nispeten düşük durumda. Dolayısıyla çalışanlara ve mala gelecek zarar nispeten düşük. Patlamanın yayılma riski sınırlı.	Etkilere maruz kalınma olasılığı nispeten yüksek, dolayısıyla gerekli korunma önlemlerini alarak riski düşür. Alınacak önlemler işveren sorumluluğunda kontrol edilebilir.
$1 \leq R \leq 9$	Düşük	Patlayıcı ortamın oluşma olasılığı son derece düşük. Bununla beraber alev kaynaklarının oluşma olasılığı ve etkileri de aynı şekilde düşük. Etkilere maruz kalınma ölçüsü düşük, can ve mala zarar çok sınırlı. Patlamanın yayılma olasılığı ve etkisi son derece sınırlı.	Risk azaltıcı önlemler gerekli görülürse, makul şekilde yapılabilir.
İhmal Edilebilir		Patlayıcı ortam oluşma olasılığı neredeyse yok denecek kadar düşük. Efektif alev kaynakları yok. Patlama etkilerine maruz kalınması olasılığı neredeyse yok. Can ve mal kaybı riski yok. Patlamanın yayılma olasılığı yok.	Daha fazla önlem almaya gerek yok.

3.3.2. Patlayıcı Bölge Hesaplamaları

3.3.2.1. Tozlar

Ülkemizde yanıcı toz bulunan ortamların bölge sınıflandırması yapılırken “TS EN 60079-10-2:2015 Tehlikeli bölgelerin sınıflandırılması-Yanıcı toz atmosferler” standardı kullanılmaktadır.

Standartta yanıcı toz atmosferler bulunan tehlikeli bölgelerin sınıflandırılması için hesaplama öngörülmemiştir. Standartta belirli kabullere göre bölgeler ve bölge genişlikleri belirlenmektedir.

Bölge sınıflarının belirlenmesi için izlenmesi gereken adımlar şu şekildedir;

- a) Tesiste bulunan tüm yanıcı maddeler tespit edilmeli ve bu maddelerin; parçacık boyutu, nem içeriği, bulut ve katman tutuşma sıcaklığı ve toz grubu belirlenmelidir. .
- b) Tesisteki patlayıcı tozların bulunduğu ortamların, ekipmanların tespit edilmesi ve boşalma kaynaklarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu aşamada toz katmanı oluşabilecek yerlerinde belirlenmesi gerekmektedir.
- c) Tozun boşalma kaynaklarından ortama yayılma olasılığı değerlendirilerek boşalma kaynağı türünün belirlenmesi gerekmektedir [5].

Bu üç adım tamamlandıktan sonra TS EN 60079-10-2: 2015 standardına göre patlayıcı bölgeler ve bölge genişlikleri aşağıda anlatıldığı şekilde belirlenmektedir.

Bölge 20

Patlayıcı toz atmosferin sürekli, uzun süreli veya sık sık var olduğu ekipmanların içi ve sürekli boşalma kaynakları bölge 20 olarak kabul edilmektedir. Filtreler, toz taşıma sistemleri, öğütücüler, kurutucular, paketleme ekipmanları Bölge 20'ye örnek gösterilmektedir [5].

Bölge 21

Patlayıcı toz atmosferinin kapatma, çalıştırma, doldurma gibi belirli periyotlarla meydana geldiği ekipmanların içi; parçacık büyüklüğüne, nem içeriğine ve toz miktarına bağlı olarak ana boşalma kaynaklarının etrafı Bölge 21 olarak değerlendirilmektedir. Genelde boşalma kaynağından itibaren 1 metre uzunluğa kadar olan hacmin Bölge 21 olarak kabul edilmesinin yeterli olabileceği değerlendirilmektedir. Tesiste Bölge 21 ile Bölge 22 arasındaki sınır net şekilde çizilemiyorsa ilgili tüm bölge Bölge 21 olarak değerlendirilmelidir. Eğer belirlenen Bölge 21'in dışında toz katmanı oluşumu varsa bölgenin tamamının Bölge 21 olarak değerlendirilmesi gerekmektedir [5].

Bölge 22

Tesiste Bölge 21 olarak belirlenen hacim sınırlandırılmamış ise bu bölgenin etrafını Bölge 22 saracaktır. Parçacık büyüklüğüne, nem içeriğine ve toz miktarına bağlı olmak kaydıyla tali boşalma kaynaklarının etrafı Bölge 22 olarak değerlendirilmektedir. Bölge 22 olarak belirlenen bölge duvar vb. sebeplerle sınırlandırılmakta ise sınıra kadar olan hacmin tamamı Bölge 22 kabul edilmektedir. Eğer belirlenen Bölge 22'nin dışında toz katmanı oluşumu varsa bölgenin tamamı Bölge 22 olarak değerlendirilmektedir. Genellikle boşalma kaynağının veya Bölge 21'in bittiği sınırın 3 metre uzağını kapsayan hacmin Bölge 22 olarak kabul edilmesinin yeterli olabileceği değerlendirilmektedir [5].

3.3.2.2. Gazlar

Ülkemizde patlayıcı gaz ortamların bölge sınıflandırmasında "TS EN 60079-10-1:2015 Alanların sınıflandırılması - Patlayıcı gaz ortamları" standardı kullanılmaktadır.

Patlayıcı gaz bulunan ortamların sınıflandırılması ve bölge genişliklerinin belirlenmesi tozlara kıyasla daha karmaşık olup, ayrıntılı hesaplamalar gerektirmektedir. Bu tez kapsamında patlayıcı gaz ortamlarında yapılan hesaplamalar "TS EN 60079-10-1:2015 Alanların sınıflandırılması - Patlayıcı gaz ortamları" standardında ki yöntemlere göre yapılmıştır.

3.3.3. Patlama Etkileri

Patlamadan korunma dokümanı hazırlanan Tesis 3'te gerçekleşecek olası bir patlamanın etkileri yapılar üzerinde ve çalışanlar üzerinde olmak üzere iki ana başlıkta incelemiştir.

3.3.3.1. Patlamanın yapılar üzerindeki etkisi

Patlama meydana geldiğinde, patlama kaynağından ileriye doğru patlama basıncının oluşturduğu bir şok dalgası yayılmaktadır. Patlama, basınç dalgası ve arkasından gelen bir rüzgârdan oluşmaktadır. Oluşan basınç dalgası çevrede bulunan insanlara, ekipmanlara ve yapılara zarar vermektedir [23].

Patlamanın meydana getireceği zararlı etkileri belirlemek için oluşan şok dalgası basıncının, patlama merkezinden uzaklığına göre değişimi ile çalışan personel ve binaların konumu göz önünde bulundurulmaktadır.

Patlamanın muhtemel etkilerini belirlemek için aşağıdaki adımlar izlenmelidir.

1. Adım: Basınç dalgası enerjisi

Basınç dalgası enerjisi aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmaktadır [23].

$$E = \alpha \Delta H_c m \quad (3.7.)$$

2. Adım: TNT kütle eşdeğer hesabı

Patlayıcılar ile yapılan testler sonucunda patlama basıncı TNT ile eş kütle hesabı yapılarak belirlenmektedir. TNT kütle eşdeğer hesabı aşağıda yer alan eşitlik ile hesaplanmaktadır.

$$m_{TNT} = \frac{E}{E_{TNT}} \quad (3.8.)$$

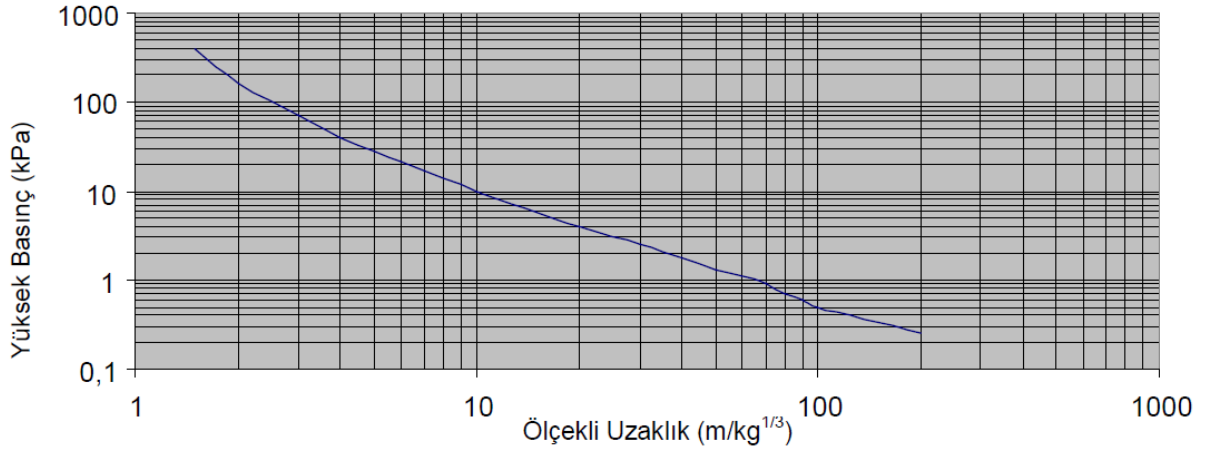
Eşitlik ile yapılan hesaplamalarda kullanılan TNT patlama enerjisi 4686kJ/kg'dır [23].

3. Adım: Tepe basıncı

Yapılan deneylerle eşdeğer TNT kütlesi hesabı ile patlama merkezinden uzaklığa bağlı basınç değişiminin hesaplanabildiği ispat edilmiştir. Patlayıcı maddenin TNT kütle eşdeğeri hesaplandıktan sonra belirli bir uzaklıktaki basıncın hesaplanabilmesi için öncelikle o uzaklıktaki Z_e ölçekli uzaklık değerinin bulunması gerekmektedir. Z_e ölçekli uzaklık değeri aşağıda yer alan eşitlikle hesaplanabilmektedir [23];

$$Z_e = \frac{r}{m_{TNT}^{1/3}} \quad (3.9.)$$

Belirlenen uzaklık için hesaplanan ölçekli uzaklık “ Z_e ” değeri ile Şekil 3.4’te yer alan grafik kullanılarak, hesaplama yapılan uzaklıktaki tepe basıncı belirlenmektedir.



Şekil 3.2 Basınç ile ölçekli uzaklık arasındaki korelasyon [23]

4. Adım: Yüksek basıncın meydana getireceği hasarın belirlenmesi

Belirli uzaklıktaki yüksek basınç değerleri bulunduktan sonra patlamanın o noktada meydana getireceği hasarlar Tablo 3.10 aracılığı ile belirlenebilmektedir. Örneğin; 70 kPa seviyesindeki gibi yüksek bir basıncın binanın tamamen yıkılmasına sebep olacağı görülmektedir.

Tablo 3.10 Yüksek basıncın meydana getireceği hasarlar [23]

Yüksek Basınç (kPa)	Hasar
0,20571	Çatlak büyük pencereler kırılabilir.
0,27428	Güçlü ses ortaya çıkar.
1,02855	Cam kırılması için sınır değer.
2,0571	%95 oranında ciddi hasar olmaz.
3,4285	Büyük ve küçük pencereler genellikle kırılır.
4,7999	Bina yapısında küçük hasarlar olabilir.
6,857	Binalarda kısımlar yıkılabilir.
8,9141	Binaların çelik kısımları hafifçe eğilebilir.
13,714	Güçlendirilmemiş beton çökebilir.
15,7711	Ciddi yapısal hasarlar için alt sınır.
20,571	Çelik yapı binalar eğrilebilir.
23,9995	Yağ depolama tankları zarar görebilir.
34,285	Tahta yapılar çökebilir.
41,142	Hemen hemen bütün evler yıkılır.
47,999	Yüklü tren vagonları ters dönebilir.
61,713	Yüklü tren vagonları tamamen yok olur.
68,57	Binalar tamamen yıkılır.
2057,1	Krater çukuru oluşur.

3.3.3.2. Patlamanın çalışanlar üzerinde etkisi

Bireysel ve sosyal risklerin hesaplanmasında, belirli bir maruziyet sonucunda kişinin ölme ve yaralanma olasılığı hesaplanmaktadır. Eğer sadece bir olaya maruziyet var ise probit (olasılık, doğruluk) metodu uygulanabilmektedir. Patlama sonucu ölüm ve yaralanma olasılıkları probit fonksiyonlarının hesaplanması ile belirlenebilmektedir.

Y probit değişkeni aşağıda yer alan denklemlerle hesaplanmaktadır;

$$Y = K_1 + K_2 * \ln V \quad (3.10.)$$

K_1 , K_2 probit parametreleri, V ise değişkendir [23].

Patlama sonucu, akciğer kanamasından ölüm ve kulak zarı yırtılması olasılıklarının probit değişkeni ile hesaplanmasında kullanılan parametreler ve değişkenler Tablo 3.11'de yer almaktadır.

Tablo 3.11 Probit parametreleri ve değişkenler [23]

Yaralanma, hasar çeşidi	Değişken	Probit Parametreleri	
		k_1	k_2
Patlama sonucu;			
Akciğer kanamasından ölüm	p^0	-77,1	6,91
Kulak zarı patlaması	p^0	-15,6	1,93

Probit değeri hesaplanan bir veriyi olasılık (%) değerine çevirmek için Tablo 3.12'de yer alan veriler kullanılmaktadır. Örneğin; probit değeri 5,05 olan bir hesaplamanın olasılığı %52'dir.

Bu tez çalışmasında patlama sonucu akciğer kanamasından ölüm ve kulak zarı patlaması ile ilgili probit parametreleri kullanılarak çeşitli mesafeler için hesaplamalar yapılmıştır. Bu hesaplamalar meydana gelecek bir patlama sonrası çalışanlar ve yapısal elemanlar için güvenlik mesafelerinin belirlenmesinde ve patlamanın tesisin yakınlarında bulunabilecek diğer tesislere sıçrama ve zarar verme potansiyelinin değerlendirilmesinde önem arz etmektedir.

Tablo 3.12 Probit değişkeni yüzde korelasyonu [23]

%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-	2,67	2,95	3,12	3,25	3,36	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,87	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,5	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,8	4,82	4,85	4,87	4,9	4,92	4,95	4,97
50	5	5,03	5,05	5,08	5,1	5,13	5,15	5,18	5,2	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,5
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33
%	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
99	7,73	7,37	7,41	7,46	7,51	7,58	7,65	7,75	7,88	8,09

4. BULGULAR

Bu tez çalışmasında; un, nişasta ve şeker üretimi yapılan üç farklı tesiste patlama meydana gelebilecek ekipman ve bölgelerde iki farklı yöntemle risk değerlendirmesi yapılmıştır. Tez çalışmasında “Tesis 1” ifadesi un üretimi yapılan tesis, “Tesis 2” ifadesi nişasta üretimi yapılan tesis, “Tesis 3” ifadesi ise şeker üretimi yapılan tesis için kullanılmaktadır.

Tesis 1’de toplam 20, Tesis 2’de toplam 15, Tesis 3’te toplam 11 riskli ekipman/bölge tespit edilerek iki farklı yöntemle risk değerlendirilmesi yapılmıştır.

Yöntemlerin birbirleri ile karşılaştırmalarının yapılabilmesi için birbirinden farklı olarak tanımlanan risk düzeylerinin ortak bir değerle tanımlanmasına ihtiyaç duyulmuştur. Bu nedenle, HTEA yönteminde “Önlem Alınmalı” olarak belirlenen risk seviyesi, PGS yönteminde “Yüksek” olarak belirlenen risk seviyesi ile denk kabul edilmiştir. Aynı şekilde HTEA yönteminde “Önlem Alınabilir” olarak belirlenen risk seviyesi, PGS yönteminde “Orta” olarak belirlenen risk seviyesi ile ve HTEA yönteminde “Önlem Almaya Gerek Yok” olarak belirlenen risk seviyesi, PGS yönteminde “Düşük” risk düzeyi ile denk kabul edilerek değerlendirilmiştir.

4.1. YÖNTEMLERE GÖRE TESİSLERDEKİ RİSKLERİN DAĞILIMLARI

4.1.1. Tesis 1 Yöntemlere Göre Risklerin Dağılımı

Un üretimi yapılan Tesis 1’de toz patlaması riski bulunan toplam 20 ekipman/bölge tespit edilmiş olup, tespit edilen ekipman/bölgelerde yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 4.1’de yer almaktadır.

Tablo 4.1 Tesis 1 risk değerlendirmesi sonuçları

No	Ekipman /Bölge	PGS	HTEA
1	Depo1-2-3 (yatık depo)	33	27
2	Buğday siloları	46,5	252
3	Ünite 1-2 silolardan araçlara buğday aktarımı	38	210
4	Paçal ambarı	35,5	441
5	B Kat- 2. Ünite taşıma bölümü	33	90
6	6. Kat 2. Ünite çöp şasörü	7	150
7	6. Kat 2. Ünite sortex	8,5	150
8	Treme	25,5	48
9	1. Kat- 2. Ünite un öğütme-kırma	35,5	108
10	5. Kat 2. Ünite pnömatik taşıyıcı	35,5	240
11	3. Kat 2. Ünite un taşıma sistemi	33	336
12	4. Kat 2. Ünite kepek şasörü	7	150
13	4. Kat 2. Ünite un şasörü	30,5	150
14	4. Kat 2. Ünite eleme bölümü	46,5	180
15	3. Kat 2. Ünite kepek fırçası	14,25	150
16	Un siloları	49,75	441
17	2. Kat 2. Ünite tartım	30,5	90
18	Un Paketleme bölümü	25,5	512
19	Kepek paketleme bölümü	25,5	512
20	Paketlenmiş ürünün kamyonu doldurulması	4,75	60

PGS yöntemiyle yapılan risk değerlendirmesi sonuçlarına göre Tesis 1’de en riskli ekipman/bölgeler sırasıyla;

- ✓ Un siloları
- ✓ Buğday siloları, eleme bölümü
- ✓ Silolardan araçlara buğday aktarımı çıkmıştır.

HTEA yöntemiyle yapılan risk değerlendirmesi sonuçlarına göre Tesis 1’de en riskli ekipman/bölgeler sırasıyla;

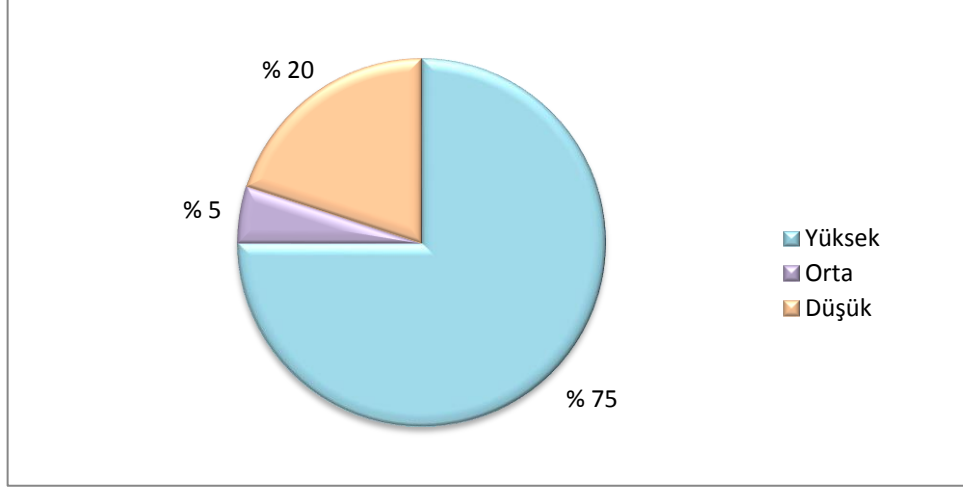
- ✓ Un paketleme ve kepek paketleme bölümleri,
- ✓ Un siloları ve paçal ambarı,
- ✓ Un taşıma sistemi çıkmıştır.

PGS yöntemiyle yapılan risk değerlendirmesi sonuçlarına göre Tesis 1’de en düşük riskli ekipman/bölgeler sırasıyla;

- ✓ Paketlenmiş ürünün kamyonu doldurulması
- ✓ Kepek şasörü ve çöp şasörü,
- ✓ Sortex çıkmıştır.

HTEA yöntemiyle yapılan risk değerlendirmesi sonuçlarına göre Tesis 1’de en düşük riskli bölgeler sırasıyla;

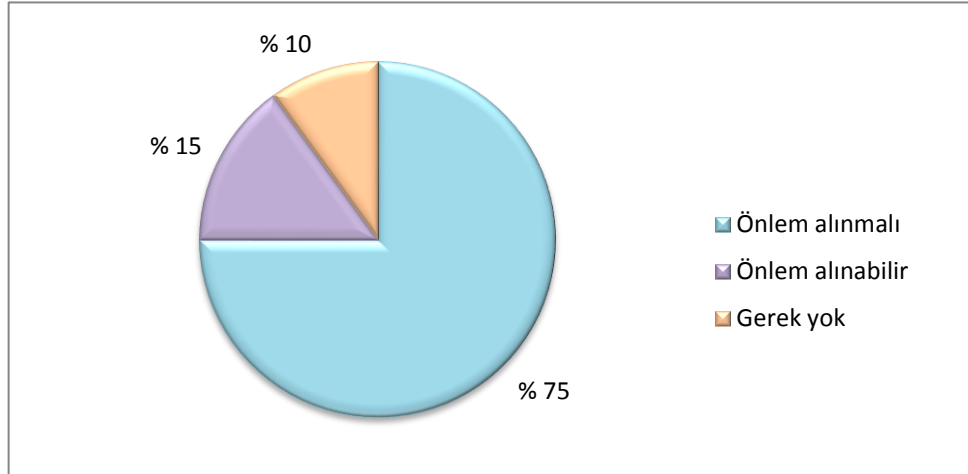
- ✓ Yatık depo
- ✓ Treme
- ✓ Paketlenmiş ürünün kamyonlara doldurulması çıkmıştır.



Grafik 4.1 Tesis 1’de PGS yöntemine göre risklerin düzeylerine göre dağılımı

PGS yöntemi ile Tesis 1’de yapılan patlamaya yönelik risk değerlendirmesinde 20 ekipman/bölgede hesaplanan risk skorlarının;

- ✓ 15’i yüksek risk olup toplam risklerin % 75’ini
- ✓ 1’i orta risk olup toplam risklerin %5’ini
- ✓ 4’ü düşük risk olup toplam risklerin %25’ini oluşturmaktadır.



Grafik 4.2 Tesis 1’de HTEA yöntemine göre risklerin düzeylerine göre dağılımı

HTEA yöntemi ile Tesis 1’de yapılan patlamaya yönelik risk değerlendirmesinde 20 ekipman/bölgede hesaplanan risk skorlarının;

- ✓ 15’i “önlem alınmalı” düzeyinde olup toplam risklerin % 75’ini
- ✓ 3’ü “önlem alınabilir” düzeyinde olup toplam risklerin %15’ini
- ✓ 2’si“gerek yok” düzeyinde olup toplam risklerin %10’unu oluşturmaktadır.

4.1.2. Tesis 2 Yöntemlere Göre Risklerin Dağılımı

Nişasta üretimi yapılan Tesis 2’de toz patlaması riski bulunan toplam 15 ekipman/bölge tespit edilmiş olup, tespit edilen ekipman/bölgelerde yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 4.2’de yer almaktadır.

Tablo 4.2 Tesis 2 risk değerlendirmesi sonuçları

No	Ekipman /Bölge	PGS	HTEA
1	Kamyondan konveyör sistemine mısır boşaltımı	38	80
2	Mısır siloları	19,5	8
3	Mısır eleme sistemi	33	336
4	Kepek kurutma ünitesi	21,25	288
5	Kuru kepek taşıma elevatör sistemi	21,25	324
6	Kepek silosu	14,5	8
7	Nişasta kurutma	23	168
8	Nişasta paketleme	17,75	324
9	Kristal şeker kurutma	21,25	36
10	Kristal şeker elevatör	21,25	240
11	Kristal şeker paketleme	16	80
12	Modifiye nişasta paketleme	35,5	810
13	Modifiye nişasta paketleme bandı	6	384
14	Kömür kazanı	21,25	60
15	Kömür depolama sahası	21,25	40

PGS yöntemiyle yapılan risk değerlendirmesi sonuçlarına göre Tesis 2’de en riskli ekipman/bölgeler sırasıyla;

- ✓ Kamyondan konveyör sistemine mısır boşaltımı,
- ✓ Modifiye nişasta paketleme bölümü,
- ✓ Mısır eleme bölümü çıkmıştır.

HTEA yöntemiyle yapılan risk değerlendirmesi sonuçlarına göre Tesis 2’de en riskli ekipman/bölgeler sırasıyla;

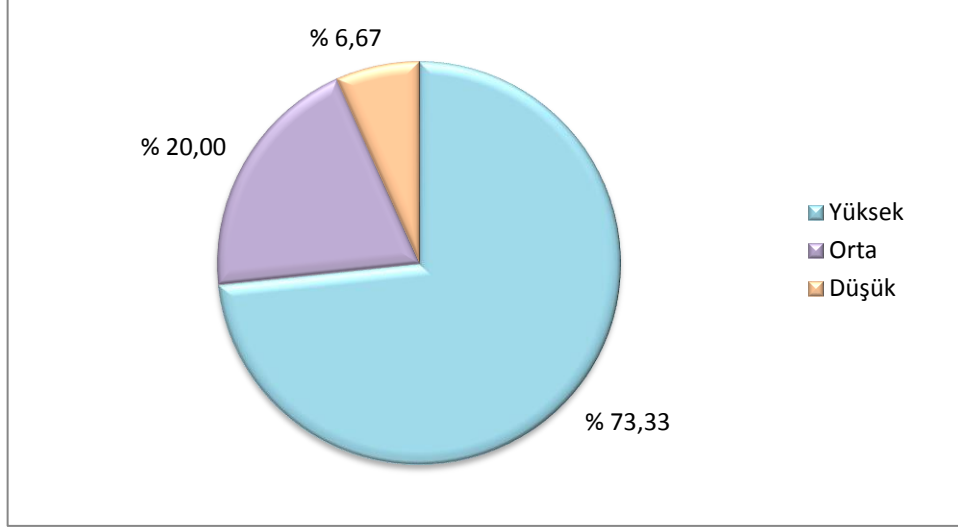
- ✓ Modifiye nişasta paketleme,
- ✓ Modifiye nişasta paketleme bandı,
- ✓ Mısır eleme bölümü çıkmıştır.

PGS yöntemiyle yapılan risk değerlendirmesi sonuçlarına göre Tesis 2’de en düşük riskli ekipman/bölgeler sırasıyla;

- ✓ Modifiye nişasta paketleme bandı,
- ✓ Kepek silosu,
- ✓ Kristal şeker paketleme bölümü çıkmıştır.

HTEA yöntemiyle yapılan risk değerlendirmesi sonuçlarına göre Tesis 2’de en düşük riskli ekipman/bölgeler sırasıyla;

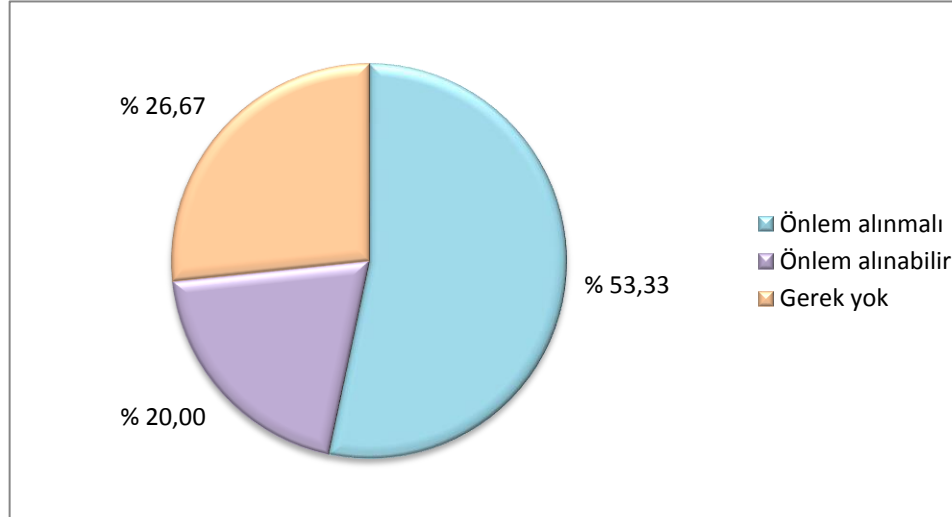
- ✓ Mısır ve kepek siloları,
- ✓ Kristal şeker kurutma,
- ✓ Kömür depolama sahası çıkmıştır.



Grafik 4.3 Tesis 2’de PGS yöntemine göre risklerin düzeylerine göre dağılımı

PGS yöntemi Tesis 2’de ile yapılan patlamaya yönelik risk değerlendirmesinde 15 ekipman/bölgede hesaplanan risklerin;

- ✓ 11’i “yüksek” risk olup toplam risklerin % 73,33’ünü
- ✓ 3’ü “orta” risk olup toplam risklerin %20’sini
- ✓ 1’i “düşük” risk olup toplam risklerin %6,67’sini oluşturmaktadır.



Grafik 4.4 Tesis 2’de HTEA yöntemine göre risklerin düzeylerine göre dağılımı

HTEA yöntemi Tesis 2’de ile yapılan patlamaya yönelik risk değerlendirmesinde 15 ekipman/bölgede hesaplanan risklerin;

- ✓ 8’i “önlem alınmalı” düzeyinde olup toplam risklerin % 53,33’ünü
- ✓ 3’ü “önlem alınabilir” düzeyinde olup toplam risklerin %20’sini
- ✓ 4’ü “gerek yok” düzeyinde olup toplam risklerin %26,67’sini oluşturmaktadır.

4.1.3. Tesis 3 Yöntemlere Göre Risklerin Dağılımı

Şeker üretimi yapılan Tesis 3’te toz patlaması riski bulunan toplam 11 ekipman/bölge tespit edilmiş olup, tespit edilen ekipman/bölgelerde yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 4.3’te yer almaktadır.

Tablo 4.3 Tesis 2 risk değerlendirmesi sonuçları

No	Ekipman /Faaliyet	PGS	HTEA
1	Şeker kurutucu	38	48
2	Trommer (kurutucu)	38	48
3	Şeker bandı	38	180
4	Paketleme	36,75	216
5	Paketlenmiş ürünün kamyonlara aktarımı	4,75	36
6	Kazanı 1	9,5	135
7	Kazanı 2	8	162
8	Kazanı 3	8	162
9	Anaerobik tank basınç ventili	16	42
10	Anaerobik tank meşale arası bağlantılar	4,75	60
11	Doğalgaz regülatörü bağlantıları	4,75	32

PGS yöntemiyle yapılan risk değerlendirmesi sonuçlarına göre Tesis 3’te en riskli ekipman/bölgeler sırasıyla;

- ✓ Şeker kurutucu, şeker bandı ve trommer,
- ✓ Paketleme bölümü,
- ✓ Anaerobik tank basınç ventili çıkmıştır.

HTEA yöntemiyle yapılan risk değerlendirmesi sonuçlarına göre Tesis 3'te en riskli ekipman/bölgeler sırasıyla;

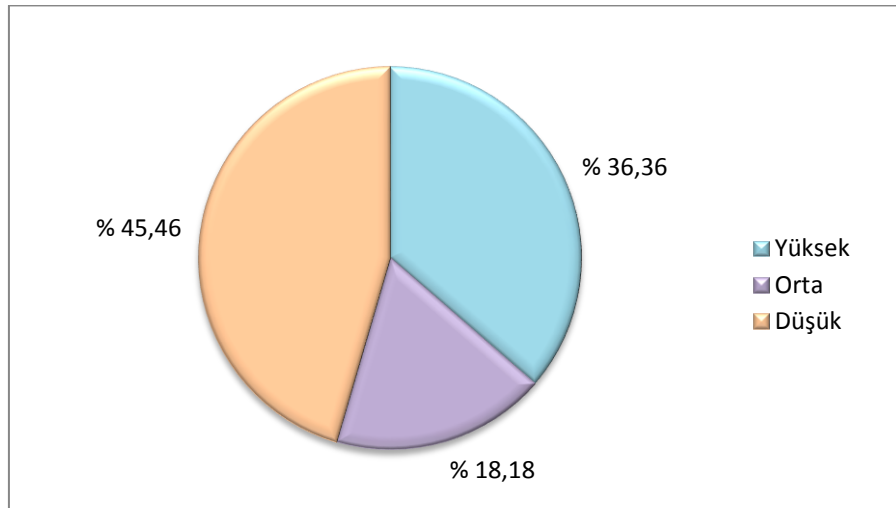
- ✓ Paketleme bölümü,
- ✓ Şeker bandı,
- ✓ Kazan 2 ve 3 çıkmıştır.

PGS yöntemiyle yapılan risk değerlendirmesi sonuçlarına göre Tesis 3'te en düşük riskli ekipman/bölgeler sırasıyla;

- ✓ Paketlenmiş ürünün kamyonlara aktarımı, doğalgaz regülatörü bağlantıları ve anaerobik tank meşale arası bağlantılar,
- ✓ Kazan 2 ve 3,
- ✓ Kazan 1 çıkmıştır.

HTEA yöntemiyle yapılan risk değerlendirmesi sonuçlarına göre Tesis 3'te en düşük riskli ekipman/bölgeler sırasıyla;

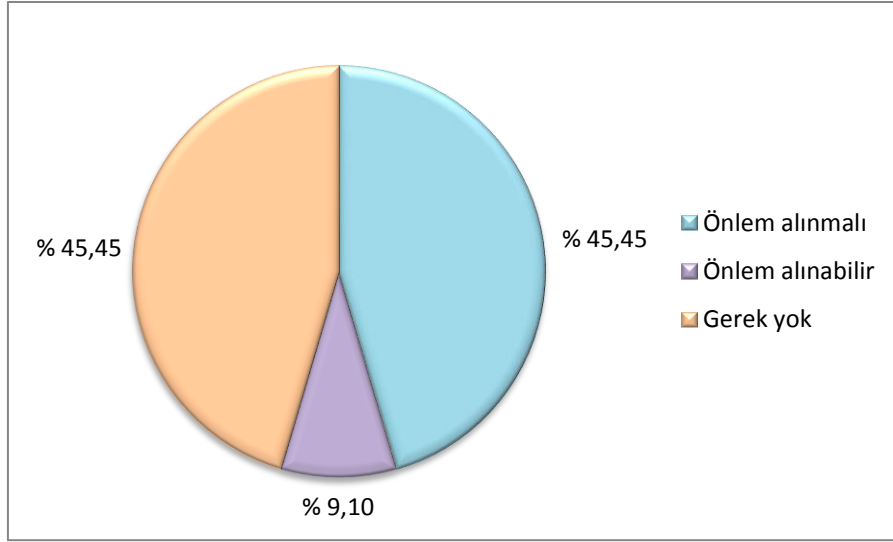
- ✓ Doğalgaz regülatörü bağlantıları,
- ✓ Paketlenmiş ürünün kamyonlara aktarımı,
- ✓ Anaerobik tank basınç ventili çıkmıştır.



Grafik 4.5 Tesis 3'te PGS yöntemine göre risklerin düzeylerine göre dağılımı

PGS yöntemi Tesis 3'te ile yapılan patlamaya yönelik risk değerlendirmesinde 11 ekipman/bölgede hesaplanan risklerin;

- ✓ 4'ü "yüksek" risk olup toplam risklerin % 36,36'sını
- ✓ 2'si "orta" risk olup toplam risklerin %18,18'ini
- ✓ 5'i "düşük" risk olup toplam risklerin %45,46'sını oluşturmaktadır.



Grafik 4.6 Tesis 3'te HTEA yöntemine göre risklerin düzeylerine göre dağılımı

HTEA yöntemi ile Tesis 3'te yapılan patlamaya yönelik risk değerlendirmesinde 11 ekipman/bölgede hesaplanan risklerin;

- ✓ 5'i "önlem alınmalı" düzeyinde olup toplam risklerin % 45,45'ini
- ✓ 1'i "önlem alınabilir" düzeyinde olup toplam risklerin %9,10'unu
- ✓ 5'i "gerek yok" düzeyinde olup toplam risklerin %45,45'ini oluşturmaktadır.

4.2. PATLAMADAN KORUNMA DOKÜMANI

Bu tez çalışması kapsamında şeker üretimi yapılan Tesis 3 için örnek bir patlamadan korunma dokümanı hazırlanmıştır. Hazırlanan patlamadan korunma dokümanı Ek-3'te yer almaktadır.

Tesis 3'te patlamadan korunma dokümanı hazırlanırken Şekil 2.4'te yer alan basamaklar izlenmiştir.

1. Öncelikle tesisteki tüm yanıcı/patlayıcı maddeler tespit edilmiştir.
2. Tesiste tespit edilen yanıcı/patlayıcı maddelerin ikame edilebilirlikleri değerlendirilmiş ve güvenli maddelerle ikame edilemeyeceği sonucuna ulaşılmıştır. Şeker Tesis 3'te üretimi amaçlanan madde olduğundan dolayı değiştirilemeyeceği, doğalgaz tesisin tüm enerji kaynağını oluşturduğundan güvenli madde ile ikame edilemeyeceği ve metan gazının tesiste üretim sırasında oluşan atık suyun arıtılması aşamasında olduğundan, mevcut koşullarda güvenli madde ile ikame edilemeyeceği sonucuna ulaşılmıştır.
3. Tesiste tespit edilen patlayıcı maddelerin havada dağılımlarının patlayıcı ortam oluşturdukları belirlenmiştir.
4. Patlayıcı ortam oluşmasının engellenebilirliği araştırılmıştır. Patlayıcı toz ortamların şekerin kurutumu, aktarımı ve paketlenmesi sırasında olduğu gözlemlenmiş ve bu ekipman/bölgelerde patlayıcı toz ortam oluşumunun engellenemeyeceği değerlendirilmiştir. Tesis 3'te belirlenen patlayıcı gaz ortamların normal işletme koşullarında meydana gelmediği, ancak flanş, vana vb. bağlantı noktalarından sızıntı olması durumunun meydana gelebileceği ve sızıntı olma ihtimallerinin kesin olarak önlenemeyeceği değerlendirilmiştir. Tüm bu bilgiler ışığında Tesis 3'te tespit edilen patlayıcı ortamların oluşmasının engellenemeyeceği sonucuna ulaşılmıştır.
5. Tesis 3'te tespit edilen patlayıcı gazların patlama karakteristikleri Ek-3'te yer almaktadır. Tesiste tespit edilen patlayıcı toz (şeker) hakkında literatür taraması yapılmış ve işletmenin yaptığı test sonuçları değerlendirilmiştir. Tesis 3'te işlenen şekerin patlayıcılık özellikleri Tablo 4.4'te yer almaktadır. Tablo 4.4'te verilen partikül büyüklüğü değerleri, 2015-2016 kampanya dönemi boyunca ürettiği toplam şekerde işletmenin belirli periyotlarla yaptığı testlerin ortalamasını ifade etmektedir.

Tablo 4.4 Tesis 3'te üretilen şekerin patlama karakteristikleri

Partikül büyüklüğü (μm)					MEC g/m^3	P_{max} bar	K_{st} barm/ s	MIE mj	Bulut Tutuşma Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	Tabaka Tutuşma Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
800 (%)	630 (%)	500 (%)	400 (%)	<400 (%)						
10,11	31,17	27,63	15,52	15,57	60	9,5	202	30	370	400

Tablo 4.4 incelendiğinde, TS EN 60079-10-2: 2015 standardına göre Tesis 3'te üretilen şekerin % 58,72'sinin nominal büyüklüğü 500 μm ve daha düşük olduğundan yanıcı toz, %41,28'inin nominal boyutu 500 μm 'den daha büyük olduğundan yanıcı uçucu olduğu görülmektedir.

6. Tesis 3'ün tamamı iş güvenliği uzmanı ve proses mühendisi ile gezilerek tesiste yer alan tüm boşalma kaynakları belirlenmiştir. Belirlenen boşalma kaynakları listesi Tablo 4.6'da yer almaktadır. Ayrıca, tesiste toplam 6 patlayıcı toz ortam, 15 patlayıcı gaz ortam tespit edilmiştir.
7. Tesis 3'te tespit edilen tüm patlayıcı ortamlar tesisin iş güvenliği uzmanı ve teknikerleri ile gezilmiş ve bu ortamlarda mevcut tutuşturucu kaynaklar tespit edilmiş ve etkinlikleri değerlendirilmiştir. (Bkz. Ek-3 Tablo 4)
8. Tesis 3'te iş güvenliği uzmanı ile görüşülerek patlamaya yönelik iki farklı yöntemle risk değerlendirmesi yapılmıştır. Yapılan risk değerlendirmeleri Ek-1 ve Ek-2'de yer almaktadır. Ancak, hazırlanan patlamadan korunma dokümanında PGS ile yapılan risk değerlendirmesi kullanılmıştır. Avrupa Birliği projesi olan InnHf projesi kapsamında gıda endüstrisinde yapılacak patlamaya yönelik risk değerlendirmesinde bu yöntemin kullanılmasının önerilmesi ve bu yöntemle yapılan risk değerlendirmesinin kişinin bilgi ve farkındalık seviyesinden etkilenmeden, yöntem içinde belirlenen parametreler doğrultusunda şekillenmesi sebebiyle PGS yönteminin seçilmiştir.
9. Tesis 3'te belirlenen patlayıcı ortamlar için patlayıcı bölge sınıflandırmaları yapılmış ve bölge genişlikleri belirlenmiştir. (Bkz. 4.2.1)
10. Tesis 3'te yapılan risk değerlendirmesinde belirlenen patlayıcı bölgelerde meydana gelebilecek muhtemel patlamaların yapılar ve çalışanlar üzerindeki etkisi hesaplanmıştır. (Bkz. 4.2.2)

11. Tesis 3'te patlamaya yönelik oluşturulan organizasyonel ve teknik önlemler belirlenmiştir. (Bkz. Ek-3)

4.2.1. Patlayıcı Bölge Hesaplamaları

Tesis 3'te yapılan risk değerlendirmesi sonucu belirlenen muhtemel patlayıcı toz ortamlarda yapılan inceleme sonucu hesaplanan patlayıcı toz bölgeleri ve genişlikleri Tablo 4.5'te yer almaktadır. Tesiste toplam altı patlayıcı toz bölge sınıflandırması yapılmıştır.

Tablo 4.5 Tesis 3 patlayıcı toz ortamların bölge sınıflaması

Yer	Proses sıcaklığı ve basıncı		Bölge yeri	Bölge	Bölge genişliği (m)	
	°C	kPa			Yatay	Dikey
Şeker kurutucu	65	101.325	Ekipman içi	20	-	-
Trommer kurutucu	65	101.325	Ekipman içi	20	-	-
Şeker bandı	30	101.325	Ekipman içi	20	-	-
Paketleme	20	101.325	Ekipman içi	20	-	-
Paketleme odası	20	101.325	Ekipman çevresi	21 + 22	1 + 3	1 + 3
Paketlenmiş ürünün kamyonlara aktarımı	20	101.325	Ekipman çevresi	22	3	3

Tesis 3'te yapılan risk değerlendirmesi sonucu belirlenen muhtemel patlayıcı gaz ortamlarda yapılan inceleme sonucu 15 ekipman/bölge belirlenmiş, patlayıcı bölge hesaplamaları yapılmış ve bölge genişlikleri belirlenmiştir. Hesaplamalar yapılırken Bölüm 3.3.2.2.'de anlatılan 6 basamak takip edilmiştir. Patlayıcı gaz ortamlarda yapılan patlayıcı bölge hesaplamaları Tablo 4.6'da yer almaktadır.

Tablo 4.6 Tesis 3 muhtemel patlayıcı gaz ortamlarının sınıflandırması

No	Boşalma kaynağı				Yanıcı madde	Havalandırma			Patlayıcı bölge			
	Tanım	Yer	Boşalma derecesi ^a	Referans ^b	Hal ^c	Tipi ^d	Seyrelme derecesi	Kullanılabilirliği	Bölge	Bölge genişliği		Referans ^e
										Yatay	Dikey	
1	Flanş	Doğal gaz regülatörü fabrika girişi	t	2	Gaz	d	Orta	İyi	2	1,8	1,8	Ref. 1
2	Vana	Doğal gaz regülatörü fabrika girişi	t	2	Gaz	s	Orta	İyi	2	2,5	2,5	Ref. 1
3	Flanş	Kazan 1 (b.d.ö.)	t	2	Gaz	s	Orta	Orta	2	1,8	1,8	Ref. 1
4	Vana	Kazan 1 (b.d.s.)	t	2	Gaz	s	Orta	Orta	2	1,1	1,1	Ref. 1
5	Flanş	Kazan 1 (b.d.s.)	t	2	Gaz	s	Orta	Orta	2	-	-	Ref. 1
6	Flanş	Kazan 2 (b.d.ö.)	t	2	Gaz	s	Orta	Orta	2	1,8	1,8	Ref. 1
7	Vana	Kazan 2 (b.d.s.)	t	2	Gaz	s	Orta	Orta	2	1,2	1,2	Ref. 1
8	Flanş	Kazan 2 (b.d.s.)	t	2	Gaz	s	Orta	Orta	2	-	-	Ref. 1
9	Flanş	Kazan 3 (b.d.ö.)	t	2	Gaz	s	Orta	Orta	2	1,8	1,8	Ref. 1
10	Vana	Kazan 3 (b.d.s.)	t	2	Gaz	s	Orta	Orta	2	1,2	1,2	Ref. 1
11	Flanş	Kazan 3 (b.d.s.)	t	2	Gaz	s	Orta	Orta	2	-	-	Ref. 1
12	Flanş	Anaerobik tank	t	1	Gaz	d	Yüksek	İyi	2 NE	-	-	Ref. 1
13	Ventil	Anaerobik tank	t	1	Gaz	d	Orta	İyi	0	10	10	Ref. 1

No	Boşalma kaynağı				Yanıcı madde	Havalandırma			Patlayıcı bölge			
	Tanım	Yer	Boşalma derecesi ^a	Referans ^b	Hal ^c	Tipi ^d	Seyrelme derecesi	Kullanılabilirliği	Bölge	Bölge genişliği		Referans ^e
										Yatay	Dikey	
14	Flanş	Anaerobik tank-meşale arası	t	1	Gaz	d	Yüksek	İyi	2 NE	-	-	Ref. 1
15	Vana	Anaerobik tank-meşale arası	t	1	Gaz	d	Yüksek	İyi	2 NE	-	-	Ref. 1

^a S:sürekli, a:ana boşalma kaynağı, t:tali boşalma kaynağı
^b Yanıcı toz ve gazların kimyasal özelliklerinin verildiği tablodaki maddenin numarası
^c K:katı, S:sıvı, G:gaz
^d d: doğal, s:suni havalandırma
^e Kullanılan hesaplamalar veya kodlama referansları
Ref 1 : TS EN 60079-10-1:2015
b.d.ö. : basınç düşürücü öncesi
b.d.s. : basınç düşürücü sonrası

4.2.2. Patlama Etkileri

4.2.2.1. Patlamanın yapılar üzerindeki etkisi

Şeker üretimi yapılan Tesis 3’te belirlenen ve sınıflandırılan patlayıcı bölgelerde gerçekleşecek muhtemel patlamaların yapılar üzerindeki etkisi hesaplamak amacıyla öncelikle; Eşitlik 3.11 yardımıyla basınç dalgası enerjisi hesaplanmış, ardından Eşitlik 3.12 ile TNT eşdeğer kütle hesaplanmıştır. Tesis 3 için yapılan basınç dalgası enerjisi ve TNT eşdeğer kütle hesaplamaları Tablo 4.7’de yer almaktadır.

Tablo 4.7 Tesis 3’te muhtemel patlamaların basınç dalga enerjisi ve TNT eşdeğer kütleleri

Yer	Madde	Yanma Isısı (kJ/kg)	Çözünme Oranı	Açığa Çıkan Yanıcı Kütle	Pmax (kPa)	Basınç Dalga Enerjisi (kJ)	TNT Eşdeğer Kütle (kg)
Anaerobik tank	Metan	55423	0,5	189,27	768	5244955	1165,55
Şeker Kurutucu	Şeker	16502	0,3	18750	950	92823750	20627,5
Trommer	Şeker	16502	0,3	16666	950	82506699	18334,82
Paketleme bölümü	Şeker	16502	1	50	950	825100	183,36

Anaerobik tank için yapılan hesaplamalarda tankın içinde bulunan patlayıcı gazın tamamının yüksek basınç sebebiyle ventilden ortama yayılarak, ortamda bulunan herhangi bir tutuşturucu kaynak ile temas sonucu patlama gerçekleştiği varsayılmıştır.

Şeker kurutucu ve trommerde bulunan şekerin bir kısmı nemli olduğundan, olası bir patlamada ekipman içindeki şekerin %30’unun patlamaya dahil olacağı varsayılmıştır.

Paketleme bölümünde, 50 kg’lık çuvallara şeker doldurulmaktadır. Ekipman veya çalışan kaynaklı herhangi bir hata sonucu 50 kg şekerin havada toz bulutu oluşturduğu ve ortamda bulunan herhangi bir tutuşturucu kaynak ile temas sonucu patlama gerçekleştiği varsayılmıştır.

Belirlenen bölgelerde TNT eşdeğer kütleleri hesaplandıktan sonra, belirli mesafelerdeki Ze ölçekli uzaklığı Eşitlik 3.13 ile hesaplanıp, hesaplanan ölçekli uzaklık ile bu mesafede ki tepe basıncı Şekil 3.4 yardımıyla belirlenip, o basınçta meydana gelebilecek hasarlara Tablo 3.11 yardımıyla karar verilmiştir.

Arıtma tesisinde yer alan anaerobik tankta meydana gelebilecek muhtemel patlama sonucu belirli uzaklıklarda oluşacak basınç ve yapılarda meydana gelecek hasarlar Tablo 4.8’de yer almaktadır.

Tablo 4.8 Anaerobik tank muhtemel patlama basıncı ve verebileceği hasarlar

r	Ze	Yüksek Basınç (kPa)	Verebileceği Hasar
15	1,445	600	Binalar tamamen yıkılır
30	2,889	70	Binalar tamamen yıkılır
40	3,852	45	Hemen hemen bütün evler yıkılır
75	7,223	18	Ciddi yapısal hasarlar oluşur
100	9,631	10	Binaların çelik kısımları hafifçe eğrilebilir
150	14,447	7	Binalarda kısımlar yıkılabilir
200	19,263	4	Büyük ve küçük pencereler kırılır
250	24,078	3	%95 oranında ciddi hasar oluşmaz
350	33,710	2	Camlar kırılır

Tesis 3’te şeker kurutucuda meydana gelebilecek muhtemel şeker tozu patlaması sonucu belirli uzaklıklarda oluşacak basınç ve yapılarda meydana gelecek hasarlar Tablo 4.9’da yer almaktadır.

Tablo 4.9 Şeker kurutucu muhtemel patlama basıncı ve verebileceği hasarlar

r	Ze	Yüksek basınç (kPa)	Verebileceği Hasar
50	1,848	200	Binalar tamamen yıkılır
75	2,772	80	Binalar tamamen yıkılır
200	7,392	17	Ciddi yapısal hasarlar meydana gelir
250	9,240	11	Binaların çelik kısımları hafifçe eğrilebilir
500	18,479	4,5	Büyük ve küçük pencereler kırılır
750	27,719	2,6	%95 oranında ciddi hasar oluşmaz
1250	46,199	1,5	Camlar kırılır

Şeker kurutumu yapılan trommerde meydana gelebilecek muhtemel şeker tozu patlaması sonucu belirli uzaklıklarda oluşacak basınç ve yapılarda meydana gelecek hasarlar Tablo 4.10'da yer almaktadır.

Tablo 4.10 Trommer muhtemel patlama basıncı ve verebileceği hasarlar

r	Ze	Yüksek Basınç (kPa)	Verebileceği Hasar
50	1,922	200	Binalar tamamen yıkılır
75	2,883	80	Binalar tamamen yıkılır
100	3,844	45	Hemen hemen bütün evler yıkılır
175	6,727	19	Ciddi yapısal hasar meydana gelir
200	7,688	15	Güçlendirilmiş beton çökebilir
250	9,610	10	Binaların çelik kısımları hafifçe eğilir
400	15,375	7	Binalarda kısımlar yıkılabilir
500	19,219	4	Büyük ve küçük pencereler kırılır
750	28,829	2,7	%95 oranında ciddi hasar oluşmaz
1250	48,049	1,3	Camlar kırılır

Şeker kurutucu ve trommer tesisin, üretimin diğer basamaklarında kullanılan ekipmanlarıyla aynı ortamda ve kısmen yakın mesafede bulunmaktadır. Şeker kurutucuda meydana gelecek şeker tozu patlaması, diğer ekipmanlarda ciddi hasarlar meydana getirerek tesise ciddi ölçüde zarar vermesi beklenmektedir.

Tablo 4.11 Paketleme bölümü muhtemel patlama basıncı ve verebileceği hasarlar

r	Ze	Yüksek basınç (kPa)	Verebileceği Hasar
7	1,24891	600	Binalar tamamen yıkılır
10	1,78415	200	Binalar tamamen yıkılır
15	2,67623	70	Binalar tamamen yıkılır
40	7,13662	18	Ciddi yapısal hasarlar meydana gelir
50	8,92077	13	Güçlendirilmiş beton çökebilir
75	13,3812	8,5	Binalarda kısımlar yıkılabilir
100	17,8415	4,5	Büyük ve küçük pencereler kırılır
125	22,3019	3	%95 oranında ciddi hasar oluşmaz
200	35,6831	2	Camlar kırılır

Paketleme bölümünde meydana gelebilecek muhtemel şeker tozu patlaması sonucu belirli uzaklıklarda oluşacak basınç ve yapılarda meydana gelecek hasarlar Tablo 4.11’de yer almaktadır. Paketleme bölümünde, paketleme yapılan ekipmanın yakın çevresinde çalışanlar bulunduğu ve paketleme bölümü tesisin diğer bölümlerinden patlama basıncına dayanacak şekilde izole edilmediğinden, meydana gelebilecek bir patlamanın son derece yıkıcı sonuçlara sebep olabileceği değerlendirilmiştir.

4.2.2.2. Patlamanın çalışanlar üzerindeki etkisi

Şeker üretimi yapılan Tesis 3’te belirlenen ve sınıflandırılan patlayıcı bölgelerde gerçekleşecek muhtemel patlamaların çalışanlar üzerindeki etkisini hesaplamak amacıyla; bir önceki bölümde hesaplanan ve Tablo 4.7’de yer alan TNT eşdeğer kütle değerleri kullanılmıştır.

Tablo 4.7’de yer alan TNT eşdeğer kütle değerleri kullanılarak belirli mesafelerdeki Ze ölçekli uzaklığı Eşitlik 3.13 ile hesaplanmış ve hesaplanan ölçekli uzaklık ile bu mesafedeki tepe basıncı Şekil 3.4 kullanılarak belirlenmiştir. Daha sonra Tablo 3.12’de yer alan akciğer kanamasından ölüm ve kulak zarı patlaması probit parametreleri ile hesaplanan tepe basıncı değerleri kullanılarak Eşitlik 3.14 ile Y probit değişkeni hesaplanmıştır. Hesaplanan Y probit değişkeni ve Tablo 3.13’te yer alan probit değişkeni yüzde korelasyonu kullanılarak % olasılıklar belirlenmiştir.

Aritma tesisinde yer alan anaerobik tankta meydana gelebilecek gaz patlaması sonucu belirli mesafelerde çalışanların akciğer kanamasından ölüm olasılıkları Tablo 4.12’de, kulak zarı patlaması olasılıkları Tablo 4.13’te yer almaktadır.

Tablo 4.12 Anaerobik tank patlama sonucu akciğer kanamasından ölüm olasılıkları

r	Ze	Po (kPa)	K1	K2	Y	%
19	1,830	200	-77,1	6,91	7,24	98,6
20	1,926	180	-77,1	6,91	6,51	93,4
22	2,119	140	-77,1	6,91	4,77	41
25	2,408	110	-77,1	6,91	3,11	2,9
30	2,889	80	-77,1	6,91	0,91	<0,1

Tablo 4.13 Anaerobik tank patlama sonucu çalışanlarda kulak zarı patlaması olasılığı

r	Ze	Po (kPa)	K1	K2	Y	%
20	1,926	180	-15,6	1,93	7,75	99,7
30	2,889	80	-15,6	1,93	6,18	88
40	3,852	45	-15,6	1,93	5,07	52,9
50	4,816	30	-15,6	1,93	4,29	24
60	5,779	22	-15,6	1,93	3,69	9,2
80	7,705	14	-15,6	1,93	2,82	1,5

Tesis içinde yer alan şeker kurutucuda meydana gelebilecek şeker tozu patlaması sonucu belirli mesafelerde çalışanların akciğer kanamasından ölüm olasılığı Tablo 4.14’te, kulak zarı patlaması olasılıkları Tablo 4.15’te yer almaktadır.

Tablo 4.14 Şeker kurutucu çalışanların akciğer kanamasından ölüm olasılıkları

r	Ze	Po (kPa)	K1	K2	Y	%
50	1,823	200	-77,1	6,91	7,24	98,6
60	2,187	130	-77,1	6,91	4,26	23
70	2,552	100	-77,1	6,91	2,45	<0,1

Tablo 4.15 Şeker kurutucu patlama sonucu çalışanlarda kulak zarı patlaması olasılığı

r	Ze	Po (kPa)	K1	K2	Y	%
50	1,823	200	-15,6	1,93	7,95	99,8
75	2,734	80	-15,6	1,93	6,18	88
100	3,646	50	-15,6	1,93	5,28	61
125	4,557	30	-15,6	1,93	4,29	24
150	5,469	25	-15,6	1,93	3,94	14,5
200	7,2926	18	-15,6	1,93	3,31	4,6

Tesiste santrifüjden ayrılan nemli şekeri kurutmak için kullanılan trommerde meydana gelebilecek şeker tozu patlaması sonucu belirli mesafelerde çalışanların akciğer kanamasından ölüm olasılıkları Tablo 4.16’da, kulak zarı patlaması olasılıkları Tablo 4.17’de yer almaktadır.

Tablo 4.16 Trommer patlama sonucu çalışanların akciğer kanamasından ölüm olasılığı

r	Ze	Po (kPa)	K1	K2	Y	%
50	1,896	200	-77,1	6,91	7,24	98,8
60	2,275	120	-77,1	6,91	3,71	10
70	2,654	90	-77,1	6,91	1,72	<0,1

Tablo 4.17 Trommer patlama sonucu çalışanlarda kulak zarı patlaması olasılığı

r	Ze	Po (kPa)	K1	K2	Y	%
50	1,896	200	-15,6	1,93	7,95	99,8
100	3,792	50	-15,6	1,93	5,28	61
125	4,740	30	-15,6	1,93	4,29	24
150	5,688	23	-15,6	1,93	3,78	11,1
200	7,5846	17	-15,6	1,93	3,20	3,5

Tesiste üretilen şekerin 50 kg'lık çuvallara doldurulduğu paketleme bölümünde meydana gelebilecek şeker tozu patlaması sonucu belirli mesafelerde çalışanların akciğer kanamasından ölüm olasılıkları Tablo 4.18'de, kulak zarı patlaması olasılıkları Tablo 4.19'da yer almaktadır.

Tablo 4.18 Paketleme bölümünde çalışanların akciğer kanamasından ölüm olasılıkları

r	Ze	Po (kPa)	K1	K2	Y	%
10	1,784	200	-77,1	6,91	7,24	98,6
11	1,96257	180	-77,1	6,91	6,51	93,4
12	2,14099	140	-77,1	6,91	4,77	41
13	2,3194	120	-77,1	6,91	3,71	9,9
14	2,49782	100	-77,1	6,91	2,45	<1

Tablo 4.19 Paketleme bölümü patlama sonucu çalışanlarda kulak zarı patlaması olasılığı

r	Ze	Po (kPa)	K1	K2	Y	%
10	1,784	200	-15,6	1,93	7,95	99,8
15	2,676	80	-15,6	1,93	6,18	88
20	3,568	50	-15,6	1,93	5,28	61
25	4,460	30	-15,6	1,93	4,29	24
35	6,244	20	-15,6	1,93	3,51	6,9
45	8,029	15	-15,6	1,93	2,95	2
50	8,921	12	-15,6	1,93	2,52	<1

5. TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında; Çalışanların Patlayıcı Ortamlardan Korunması Hakkında Yönetmelik kapsamında olan un, nişasta ve şeker üretimi yapan üç tesiste iki farklı yöntemle patlamaya yönelik risk değerlendirmesi yapılarak tesislerdeki patlama risklerini belirlemek, kullanılan risk değerlendirmesi yöntemlerinin uygulanabilirliğini değerlendirmek ve elde edilen sonuçları karşılaştırmak amaçlanmıştır. Ayrıca, şeker üretimi yapan bir tesiste örnek bir patlamadan korunma dokümanı hazırlanarak bu sektörde daha sonra hazırlanacak patlamadan korunma dokümanlarına katkı vermek amaçlanmıştır. Bu bölümde, literatür araştırması sonucu tespit edilen çalışmalar ve inceleme yapılan tesislerdeki çalışmalar ile bu tez çalışması kıyaslanıp, çalışmaların ortak ve ayrışan noktaları incelenerek aşağıda özetlenmiştir.

Tez çalışmasının yapıldığı Tesis 1 ve Tesis 2’de hazırlanan patlamadan korunma dokümanları incelendiğinde, doküman içeriğinde risk değerlendirmesi olmadığı ve tesis için yapılan genel risk değerlendirmesine atıf yapıldığı ancak patlama özelinde risklerin tespit edilmediği gözlemlenmiştir. Tesislerin geneli için yapılan risk değerlendirmesinde, her iki tesiste de 5x5 L tipi matris metodu kullanıldığı gözlemlenmiştir. Risklerin olasılık ve meydana getirecekleri şiddetlerinin derecelendirilmesinde 5 kademeli matrislerin kullanıldığı 5x5 L tipi matris metodu, kolay uygulanabilir olması ve tek başına risk analizi yapmak zorunda olan kişiler için kullanışlı olması sebebiyle sıkça kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemde, risk skorları ve önceliklendirme gerçekçi olarak belirlenememektedir. Patlama özelinde yapılacak risk değerlendirmesinde patlayıcı maddenin patlama karakteristikleri, oluşacak patlayıcı ortamın büyüklüğü ve tutuşturucu kaynakların varlığı ile oluşma sıklığının da değerlendirilmesi gerekmektedir. 5x5 L tipi matris metodu ile tüm bu değerlendirmeleri yapmanın güç olacağı düşünülmektedir. Ayrıca, risk değerlendirmesi yapan kişinin patlama konusunda bilgi birikimi ve farkındalığına göre yöntemin başarı oranı değişkenlik gösterecektir. Bu tez çalışmasında kullanılan HTEA yöntemi ile patlama konusunda bilgi birikimine sahip bir kişinin patlayıcı maddenin patlama karakteristikleri, oluşacak patlayıcı ortamın büyüklüğü ve tutuşturucu kaynakların varlığı ile oluşma sıklığını değerlendirebileceği geniş aralıklara sahip üç parametre kullanıldığından, kolay önceliklendirilebilecek sonuçlar elde edeceği düşünülmektedir. PGS metodunda ise kişi, patlama konusunda deneyimli ve yüksek bilgi birikimine sahip olmasa bile kişisel öngörülerine yer vermeyecek şekilde kurgulanmış

parametreler ile risk skorlarını tarafsız ve kolay önceliklendirilebilir şekilde belirleyebilmektedir.

Ramirez A. ve ark [41] tarafından yapılan çalışmada gıda endüstrisinde meydana gelen toz patlamaları incelenerek, toz patlaması riskinin tarım ürünlerinin işlenmesi ve depolanması esnasında yüksek olduğu belirlenmiştir. Çalışma kapsamında gıda endüstrisinde en sık depolanan ve işlenen yedi tarım ürününün karakteristikleri üzerine bir araştırma yapılmıştır. Araştırma sonucunda, toz patlamasına en duyarlı maddenin pudra şekeri olduğu, tutuşma sıcaklığının tüm maddelerde birbirine çok yakın olduğu ve meydana gelecek patlamanın büyüklükleri kıyaslandığından en yıkıcı etkiyi buğday tozunun oluşturacağı sonucuna varılmıştır. Araştırmada patlamaya yönelik risk değerlendirmesi ve patlamadan korunma dokümanı ile ilgili herhangi bir bilgi mevcut değildir. Bu tez çalışmasında, söz konusu araştırmanın patlamaya en yatkın gıda tozu olarak belirlediği pudra şekerinin proses sırasında bazı aşamalarda meydana geldiği, şeker üretimi yapılan bir tesiste, iki farklı yöntemle patlamaya yönelik risk değerlendirmesi yapılmış ve örnek bir patlamadan korunma dokümanı hazırlanmıştır. Ayrıca, söz konusu araştırmada meydana gelecek bir toz patlamasında en yıkıcı etkiye sebep olacağı belirlenen buğday tozunun, üretimin birçok aşamasında meydana geldiği un üretimi yapılan bir tesis incelenerek iki farklı yöntemle patlamaya yönelik risk değerlendirmesi yapılmıştır. Bu tez çalışmasında söz konusu araştırmadan farklı olarak patlamaya yönelik risk değerlendirmesi yöntemleri, patlayıcı bölge hesaplamaları ve patlamanın muhtemel etkileri ele alınmıştır.

Dirik C. [42], “Statik Elektrik Kaynaklı Toz Patlamalarının FMEA Risk Analizi Yöntemi İle İncelenmesi ve Deneysel Analizi” konulu İş Sağlığı ve Güvenliği Yüksek Lisans Programı tez çalışması kapsamında, 1970’li yıllarda Norveç’te gıda ve metal endüstrisinde yaşanmış iki toz patlaması örneği incelenmiştir. Çalışmada, toz patlamasının yaşandığı alüminyum fabrikası ve balık konservesi üretimi yapılan fabrikada HTEA yöntemi ile risk değerlendirmesi yapılmış alüminyum fabrikasında toplam RÖS değeri 2840, balık konservesi üretimi yapılan fabrikada toplam RÖS değeri 2640 bulunmuştur. Tesislerde patlama öncesi HTEA yöntemiyle risk değerlendirmesi yapıp, risk değerlendirmesi sonucunda ortaya çıkan gerekli önlemler alınmış olsaydı RÖS değerlerinin alüminyum fabrikasında %86, balık konservesi üretimi yapılan fabrikada %87 oranında düşeceği hesaplanmıştır. Çalışmada patlamaların yapılar ve

çalışanlar üzerindeki etkisine değinilmemiştir. Bu tez çalışmasında, söz konusu araştırmaya benzer şekilde HTEA yöntemi ile risk değerlendirmesi yapılmıştır. Yapılan risk değerlendirmeleri sonucunda un üretimi yapılan Tesis 1'in toplam RÖS değeri 4297, nişasta üretimi yapılan Tesis 2'nin toplam RÖS değeri 3186, şeker üretimi yapılan Tesis 3'ün toplam RÖS değeri ise 1121 bulunmuştur. Dirik tarafından yapılan çalışma sonuçları ile kıyaslandığında; Tesis 1 ve Tesis 2'de daha yüksek, Tesis 3'te ise daha düşük RÖS değerine ulaşıldığı görülmektedir. Bu farkın sebebinin, Dirik tarafından yapılan çalışmadaki risk değerlendirmesinin yalnızca patlamanın gerçekleştiği ekipman/bölgeleri kapsayacak şekilde yapılmasından, RÖS değeri bu tez çalışmasında olduğu gibi fabrikanın toplam RÖS değerini ifade etmediğinden dolayı daha düşük bir değere ulaşıldığı düşünülmektedir. Tesis 3'te belirlenen patlayıcı bölgelerin büyük bir kısmını oluşturan özellikle anaerobik tankta ve Kazan 1, 2 ve 3'te ATEX ekipmanlar kullanılması, gaz dedektörlerinin varlığı ile şeker kurutucu ve trommerde toz tutucu sistemin varlığı neticesinde yapılan risk değerlendirmesinde olasılık ve fark edilebilirlik değerlerinin, Dirik tarafından 1970 yılında faaliyet gösteren fabrikalarda yapılan risk değerlendirmesindeki değerlere kıyasla daha düşük olması sebebiyle, Tesis 3'te daha düşük bir RÖS değerine ulaşıldığı düşünülmektedir.

Tomas K. [43], "Asetilen Üretimi Yapan Tesislerde Kazaya Sebep Olabilecek Faktörlerin Belirlenmesi ve Çevresel Etkilerinin İncelenmesi" konulu Çevre Mühendisliği yüksek lisans tez çalışması kapsamında asetilen üretimi yapan bir fabrikada iş sağlığı ve güvenliği ve çevre riskleri ele alınmış, hata ağacı- olay ağacı yöntemi ile büyük endüstriyel kazalara neden olabilecek risk ve tehlikeler belirlenmiştir. Çalışmada üretilip, depolanan asetilen tüplerinin ve gaz tutucuda biriken asetilen gazının patlaması sonucunda meydana gelecek patlama basıncının, çalışanlar ve çevrede oluşturacağı etki hesaplanmıştır. Söz konusu çalışmada yapılan hesaplamalar; sonucunda olası bir patlama durumunda; 50 metre içerisindeki binalarda ciddi hasarlar oluşacağı, 50-100 metre kadar yakında bulunan binalarda hasarlar oluşacağı, 200 metreden daha uzak bulunan binaların ciddi şekilde etkilenmeyeceği, 500 metre uzaklıkta bulunan binaların camların kırılacağı ve 750 metre uzaklıkta güçlü ses duyulabileceği hesaplanmıştır. Asetilen üretimi sırasında meydana gelecek bir patlamanın çalışanlar üzerindeki etkisi üzerine yapılan hesaplamalar sonucunda patlamanın 10 metre çevresinde bulunan çalışanların akciğer kanamasından ölümlerinin kesin olduğu, 20 metre çevresinde ise çalışanların %92 ihtimalle çalışanların kulak zarlarının patlayacağı

hesaplanmıştır. Bu tez çalışmasında şeker üretimi yapılan tesiste meydana gelecek patlamaların yapılar üzerindeki etkisi ile ilgili yapılan hesaplamalar sonucunda olası bir patlamada, paketleme bölümünde 15 metrede, anaerobik tankta 30 metrede, şeker kurutucu ve trommerde ise 75 metrede yer alan binaların yıkılacağı hesaplanmıştır. Ayrıca, meydana gelecek bir patlamada çalışanların akciğer kanamasından ölüm olasılıkları, paketleme bölümünde 10 metrede %98,6, anaerobik tankta 19 metrede %98,6; şeker kurutucu ve trommerde 50 metrede yaklaşık %98 olarak hesaplanmıştır. Bu tez çalışmasında anaerobik tank ve paketleme bölümünde, Tomas K. [43] tarafından yapılan çalışma ile benzer sonuçlara ulaşılırken şeker kurutucu ve trommerde patlamanın daha geniş bir alanda yıkıcı etki oluşturacağı sonucuna ulaşılmıştır. Bunun sebebi, Tomas K. [43] tarafından yapılan çalışmanın 45 kg asetilen için yapılması, bu tez çalışmasında incelenen şeker kurutucu ve trommerin kapasitesinin bu değer çok üzerinde olması sebebiyle meydana gelecek şeker tozu patlamasında, yüksek miktarda şeker patlamaya katılacağından diğer bölümlere nazaran daha yıkıcı etkiler oluşacağı sonucuna ulaşılmıştır.

ÇEİS [44], tarafından yayınlanan “Çimento sektöründe endüstriyel patlamalardan korunma kılavuzu” kapsamında çimento üretimi yapan tesislerde patlama özelinde risk değerlendirmesi, patlayıcı bölge hesaplamaları ve bölge sınıflandırmaları anlatılmış ve örnek hesaplamalar sunulmaktadır. Kılavuzda patlayıcı bölgelerde yapılacak risk değerlendirmesinde kullanılmak üzere PGS yöntemi önerilmektedir. Kılavuz kapsamında yapılan örnek risk değerlendirmesi çalışmasında, patlayıcı ortam oluşabilecek ekipman ve alanlar ile operasyonel sapmalar belirlenerek kaza senaryoları oluşturulmuş ve risk skorları hesaplanmıştır. Ayrıca, patlama etkilerini azaltıcı tedbirler alındıktan sonra risk skorlarının yeni değerleri yeniden hesaplanarak tesisin ilk durumu ile son durumu kıyaslanmıştır. Risk değerlendirmesi yapıldıktan sonra tesislerde alınabilecek patlama etkilerini azaltıcı tedbirler ve bu tedbirlerin risk skorları üzerindeki etkisini belirlemek bu tez çalışması amaçları arasında yer almadığından, tesislerde bu konuda araştırılma yapılmamıştır. Bu tez çalışmasında, Kılavuza benzer şekilde patlayıcı ortam oluşabilecek ekipman ve bölgelerde operasyonel sapmalar belirlenip, kaza senaryoları oluşturularak risk skorları hesaplanmıştır. Bu çalışmada Kılavuzdan farklı olarak üç farklı tesiste iki farklı risk değerlendirmesi yöntemi ile risk skorları hesaplanarak; tesislerdeki patlama riskleri belirlenmiş, kullanılan risk değerlendirmesi yöntemlerinin uygulanabilirliğini değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması, gıda endüstrisinde toz patlaması riski bulunan; un, nişasta ve şeker üretimi yapılan üç tesiste iki farklı yöntem ile patlama özelinde risk değerlendirmesi yapılarak sektörde toz patlaması riskini ortaya koymak ve kullanılan yöntemlerin sektörde hazırlanacak patlamadan korunma dokümanları kapsamında mevzuat gereği yapılması gereken patlamaya yönelik risk değerlendirmesinde kullanılabilirliklerini belirlemek amaçlanmıştır. Ayrıca, şeker üretimi yapılan bir tesiste örnek bir patlamadan korunma dokümanı hazırlanmış ve bu çalışmanın; patlayıcı bölge hesaplamalarının nasıl yapılacağı, olası bir patlamanın yapılar ve çalışanlar üzerindeki muhtemel etkilerinin nasıl belirlenebileceği konusunda benzer çalışmalara yol gösterici olması amaçlanmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında:

- Un, nişasta ve şeker üretimi yapılan üç farklı tesiste, iki farklı yöntemle patlama özelinde risk değerlendirmesi yapılmış; sonuçlar, tesiste gözlemlenen eksiklikler ve çözüm önerileri raporlanarak işletmelere sunulmuştur.
- Kullanılan risk değerlendirmesi yöntemlerinin uygulanabilirlikleri değerlendirilerek sonuçları kıyaslanmıştır.
- Çalışma sonucunda seçilen bir tesiste örnek bir patlamadan korunma dokümanı hazırlanmıştır.

Bu tez çalışması ile elde edilen sonuçlar:

- Araştırma yapılan tesislerde, patlamadan korunma dokümanları incelendiğinde patlama özelinde risk değerlendirmesi yapılmadığı, patlayıcı bölgelerin ilgili standartlara uygun şekilde belirlenmediği, tutuşturucu kaynakların bulunma ve etkin hale gelme olasılıklarının tespit edilmediği ve olası patlamaların muhtemel etkilerinin hesaplanarak değerlendirilmediği tespit edilmiştir.
- Araştırma yapılan Tesis 1 ve 2’de, en sık karşılaşılan tutuşturucu kaynaklardan; alev ve sıcak yüzey oluşturarak patlamaya sebebiyet verme potansiyeli olan çalışmalarla ilgili çalışma izin sistemi kullanılmadığı tespit edilmiştir.

- Araştırma yapılan tesislerin tamamında çalışanlara patlama özelinde eğitimler verilmediği tespit edilmiştir.
- Araştırma yapılan tesislerdeki patlayıcı ortamların büyük bir kısmında ATEX ekipmanlar kullanılmadığı, patlama etkilerini azaltıcı önlemlerin alınmadığı tespit edilmiştir.
- Bazı patlayıcı tozların kimyasal içeriği net olarak bilinmediğinden patlama karakteristikleri literatürden belirlenememektedir. Nem içeriği, partikül büyüklüğü ve işlendiği maddenin yapısı patlama karakteristiklerini etkilediğinden, literatürdeki değerler tesiste işlenen tozun gerçek değeri ile benzerlik göstermeyebilir. Patlama karakteristiklerinin belirlendiği testlerin yapıldığı laboratuvarlar Türkiye’de bulunmamaktadır. Bu nedenle işletmeler bu testleri yurtdışında yaptırmakta veya hiç test yaptırmadan çeşitli kabuller yaparak patlamadan korunma dokümanı hazırlamaktadır.
- Patlayıcı ortamlarda HTEA ile yönteminde şiddet, olasılık ve fark edilebilirlik değerleri geçmiş tecrübeler ve bilgi birikimi ışığında belirlendiğinden, risk değerlendirmesi sonuçlarının başarısı bilgi düzeyi, bu konudaki kayıtlara erişimi ve farkındalık seviyesine bağlıdır. PGS yönteminde, kişinin kişisel algı ve bilgi birikiminden bağımsız olarak belirlenen parametreler doğrultusunda risk skoru hesaplanmaktadır. Patlama konusunda yüksek bilgi birikimi ve tecrübeye sahip olmayan kişiler tarafından yapılacak risk değerlendirmesinde, PGS yönteminin kullanılmasının daha uygun olacağı değerlendirilmiştir. Ancak; çorba ve baharat karışımları gibi patlama karakteristikleri net olarak tespit edilemeyen patlayıcı tozların işlendiği tesislerde, PGS yöntemindeki parametrelerin katsayıları belirlenemeyeceğinden bu tarz durumlarda HTEA yönteminin daha uygulanabilir olacağı değerlendirilmiştir.
- Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik esaslarına göre, patlamadan korunma dokümanının içeriğinde patlama riski özel olarak değerlendirilirken, statik elektrik de dâhil tutuşturucu kaynakların bulunma, aktif ve etkili hale gelme ihtimallerinin dikkate alınması gerekmektedir. Tez çalışması kapsamında PGS yöntemi ile yapılan risk değerlendirmelerinde C temas faktörü belirlenirken tutuşturma kaynaklarının oluşturduğu tehlikeler ve meydana gelme olasılıkları değerlendirilmektedir. Ancak; HTEA yönteminde tutuşturucu kaynaklarla

ilgili bir husus bulunmamaktadır. Tez çalışması kapsamında HTEA yöntemiyle yapılan risk değerlendirmesinde, her bir patlayıcı ortamdaki tutuşturucu kaynaklar tespit edilerek; hatanın meydana gelme olasılığı belirlenirken tespit edilen tutuşturucu kaynakların aktif hale gelme ihtimalleri de göz önünde bulundurulmuştur. Bu sayede, iki yöntemle yapılan risk değerlendirmeleri Yönetmelik gerekliliklerini karşılamış ve her iki yöntemde de tutuşturucu kaynakların aktif hale gelme olasılıkları değerlendirildiğinden, elde edilen sonuçlar birbiri ile kıyaslanabilir hale gelmiştir.

- Mevzuatımızda patlamadan korunma dokümanını ehil kişilerin hazırlayabileceğinden bahsedilmektedir. Ancak, “ehil kişi”nin yetkinliği ile ilgili bir düzenleme bulunmamaktadır.

Öneriler;

- PGS yöntemi ile patlama özelinde yapılan risk değerlendirmelerinde tutuşturucu kaynakların oluşturduğu tehlikeler ve meydana gelme olasılıkları değerlendirilirken, tesiste belirlenen her bir patlayıcı ortamdaki tutuşturucu kaynakların tespit edilip; aktif, etkili hale gelme ihtimallerinin değerlendirilerek listelenmesi ve bu bilgiler ışığında C temas faktörünün belirlenmesi gerekmektedir.
- HTEA yöntemi ile patlama özelinde yapılan risk değerlendirmelerinde, tesiste belirlenen her bir patlayıcı ortamdaki tutuşturucu kaynakların tespit edilerek risk değerlendirmesi tablosuna işlenmesi ve yöntemde hata olasılık değerine karar verilirken tespit edilen tutuşturucu kaynakların aktif ve etkili hale gelme ihtimallerinin göz önünde bulundurulması gerekmektedir.
- Patlamadan korunma dokümanı hazırlarken kullanılması gereken standartların Türkçeye tercüme edilmesi ve standartlara erişilebilirliğin artırılması gerekmektedir.
- Patlayıcı tozların patlama karakteristiklerinin belirlendiği testlerin yapılacağı laboratuvarın ülkemizde özel teşebbüsler tarafından kurulmasının, işyerlerinde hazırlanacak patlamadan korunma dokümanının niteliği ve patlayıcı ortamlarda alınacak teknik önlemlerin planlanması açısından yararlı olacaktır.
- İş Güvenliği Uzmanlığı Eğitim müfredatında “Kimyasal Risk Etmenleri” konulu dersin, alt başlıkları arasında “Patlamadan korunma dokümanı ve patlayıcı ortamlarda kullanılacak makine ve teçhizat” başlığı bulunmaktadır. İş güvenliği uzmanlarının

patlayıcı ortamlar konusunda bilgi ve farkındalığının arttırılması amacıyla, eğitim müfredatına “Patlayıcı Ortamlar” konulu yeni bir dersin eklenmesi gerekmektedir.

- Patlamadan korunma dokümanı hazırlayan kişilerin yetkinlikleri ve eğitimi konusunda ülkemizdeki mevcut durum ve çeşitli ülke örneklerinin incelendiği bir araştırma yapılarak ülkemize uygun bir modelin belirlenip, uygulamaya konulması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), *Combustible Dust Safety and Injury Prevention*, 1997. https://www.osha.gov/dte/grant_materials/fy08/sh-17797-08/cd_instructor_manual.pdf (Erişim Tarihi: 21/02/2016).
- [2] Tasneem A., Abbasi S.A., *Dust explosions–Cases, causes, consequences, and control*, Elsevier, Sayfa: 7-44, 2006.
- [3] U.S. Chemical Safety Board (CSB), *Investigation Report Combustible Dust Hazard Study*, Sayfa:0-0, 2006
- [4] Health and Safety Executive (HSE), <http://www.hse.gov.uk/food/dustexplosion.htm> (Erişim Tarihi: 02.03.2016)
- [5] Türk Standartları Enstitüsü, *TS EN 60079-10-2:2015 Patlayıcı Ortamlar- Bölüm 10-2: Tehlikeli Bölgelerin Sınıflandırılması-Yanıcı Toz Atmosferler Standardı*.
- [6] Eckhoff R., *Dust Explosion in the Process Industries*, Gulf Professional Publishing, Tokyo, 2003.
- [7] Jesse A., Beck H., *Evaluation of dust explosions in the Federal Republic*, EuropEx Newslett, 1989.
- [8] Sosyal Güvenlik Kurumu, http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/tr/kurumsal/istatistikler/sgk_istatistik_yilliklar (Erişim Tarihi: 21/02/2016).
- [9] Health and Safety Executive (HSE), *Safe handling of combustible dusts*, 2003.
- [10] Sarı M.K., *Patlayıcı Ortamlar ve Patlayıcı Ortamlarda Kullanılan Elektrik Aygıtları Hakkında Genel Bilgi*, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, . Ankara, 2011.
- [11] Theimer, O.F., *Cause and prevention of dust explosions in grain elevators*, 1973.
- [12] Barton, J. *Dust Explosion Prevention and Protection: A Practica*, Warwickshire: IChemE, 2002.
- [13] U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board, *Investigation Report Sugar Dust Explosion and Fire*, Georgia, 2008.
- [14] Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik, Resmi Gazete Sayısı :28633, Tarihi: 30.04.2013, Ankara.

- [15] European Commission DG Employment and Social Affairs Health, Safety and Hygiene at Work, *Non-binding Guide of Good Practice for implementing of the European Parliament and Council Directive 1999/92/EC on minimum requirements for improving the safety and health protection of workers potentially at risk from explosive atmospheres*, 2003.
- [16] Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 14034-2:2006+A1:2011 *Toz bulutlarının patlama karakteristiklerinin tayini - Bölüm 2: Azami* .2011.
- [17] Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 14034-3:2006+A1:2011 *Toz bulutlarının patlama karakteristiklerinin tayini - Bölüm 3: Toz bulutlarının düşük patlama sınırının (I_{st}) tayin*, 2011.
- [18] Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 14034-4:2004+A1:2011 *Toz bulutlarının patlama karakteristiklerinin tayini - Bölüm 4: Toz bulutlarının sınırlandırıcı oksijen konsantrasyonunun (I_{oc}) tayini*,2011.
- [19] Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 13237 *Potansiyel patlayıcı ortamlar - Potansiyel patlayıcı ortamlar içinde kullanılması amaçlanan donanımlar ve koruyucu sistemler için terimler ve tarifler*, 2014.
- [20] Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 14034-1+A1 *Toz bulutlarının patlama karakteristiklerinin tayini - Bölüm 1: Toz bulutlarının azami patlama basıncının (p_{max}) tayini*, 2011.
- [21] Nifuku M., Enomoto A. H., *Evaluation of the explosibility of malt grain dust based on static*, Elsevier, 2001.
- [22] U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), *Hazard Communication Guidance fo for combustible dust*. 2009.
- [23] Crowl D., Louvar J., *Chemical Process Safety Fundamentals with Applications*, Prentice Hall, Boston, 2011.
- [24] Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 1127-1 *Patlayıcı Ortamlar - Patlamayı Önleme Ve Korunma - Bölüm 1: Temel Kavramlar ve Metodoloji* , 2012.
- [25] Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 60079-14 *Elektrikli cihazlar - Patlayıcı ortamlarda kullanılan - bölüm 14: Elektriksel tesislerin tasarımı, seçimi ve monte edilmesi*, 2014.

- [26] Türk Standartları Enstitüsü, *TS EN 60079-0 Elektrikli cihazlar - Patlayıcı ortamlarda kullanılan- bölüm 0: Teçhizat - Genel özellikler*, 2011.
- [27] World Pumps, *ATEX certification for hazardous areas*, 2010.
- [28] Assael M., Kakosimos K.. *Fires, Explosion and Toxic Gas Dispersions*, New York : CRC Press, 2010.
- [29] Perry R., Green D., *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, McGraw-Hill Company, 2008.
- [30] <http://www.innhf.eu/> (Erişim Tarihi: 02.03.2016)
- [31] İSG-KATİP Sistemi, <https://isgkatip.csgb.gov.tr/Logout.aspx> (Erişim Tarihi: 02.03.2016)
- [32] İş Sağlığı Ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği, Resmi Gazete Sayısı : 28509, Tarihi: 26.12.2012, Ankara.
- [33] Özkılıç Ö., *Risk Değerlendirmesi, Atex Direktifleri, Patlayıcı Ortamlar, Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması, Kantitatif Risk Değerlendirme*, TİSK Ankara, 2014.
- [34] Wang Y., Chin K.S., Poon G., Yang J., *Risk Evaluation in Failure Mode and Effect Analysis Using Fuzzy Weighted Geometric Mean*. Expert System With Applications, 2009.
- [35] Chang D. S., Sun K. P., *Applying DEA to Enhance Assessment Capability of FMEA*, *International Journal of Quality & Reliability Management*, New York, 2009.
- [36] U.S. Military Standard, A, *Procedures For Performing a Failure Mode Effect and Criticality Analysis*, 1984.
- [37] Down, M., Brozowski, L., Younis, H., Benedict, D., Feghali, J., Schubert, M., *Potential Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Reference Manual*, Chrysler LLC, Ford Motor Company, General Motors Corporation, 2008.
- [38] Yılmaz, A, *Hata Türü ve Etkileri Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, , Sayfa: 1-60, 1997.
- [39] <http://www.innhf.eu/attachments/article/29/4.%20ARIA%20Explosive%20atmosphere%20risk%20assessment.pdf> (Erişim Tarihi: 02.03.2016)

- [40] Türk Standartları Enstitüsü, *TS EN 60079-10-1 Patlayıcı ortamlar- Bölüm 10-1: Alanların sınıflandırılması - Patlayıcı gaz ortamları*, 2015.
- [41] Ramírez A., Torrent J. G., Aguado P. J., *Determination of parameters used to prevent ignition of stored materials*, Elsevier, 2009.
- [42] Dirik, C., *Statik Elektrik Kaynaklı Toz Patlamalarının FMEA Risk Analizi Yöntemi ile İncelenmesi ve Deneysel Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Gediz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2015.
- [43] Tomas, K., *Asetilen Üretimi Yapan Tesislerde Kazaya Sebep Olabilecek Faktörlerin Belirlenmesi ve Çevresel Etkilerinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Çevre Mühendisliği, Ankara, 2008.
- [44] Çimento Endüstrisi İşverenleri Sendikası, *Çimento Sektöründe Endüstriyel Patlamalardan Korunma Kılavuzu*, Ankara, 2015.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

SOYADI, adı :LAYIK, Emine Esra
Doğum tarihi ve yeri :12.04.1989, Ankara
Telefon :0312296 67 24
E-Posta : esra.layik@csgb.gov.tr



Eğitim

Derece	Okul	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Hacettepe Üniversitesi/ Gıda Mühendisliği	Devam Ediyor
Lisans	Hacettepe Üniversitesi / Gıda Mühendisliği	2011
Lise	Fatih Sultan Mehmet Lisesi	2006

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2012-	Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı	İş Sağlığı ve Güvenliği Uzm. Yrd.

EKLER

EK-1 HTEA Yöntemi ile Yapılan Risk Değerlendirmeleri

EK-2 PGS Yöntemi ile Yapılan Risk Değerlendirmeleri

EK-3 Patlamadan Korunma Dokümanı

EK-1

HTEA YÖNTEMİ İLE YAPILAN RİSK DEĞERLENDİRMELERİ

Tesis 1 HTEA Risk Değerlendirmesi

Bölüm/ Faaliyet	Hata Türleri	Etkileri	Potansiyel Nedenler	Mevcut Kontroller	Şiddet	Olasılık	Fark edilebilirlik	RÖS	Tutuşturucu Kaynaklar
Kepek Paketleme Bölümü	Paketleme esnasında toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Paketleme yapılan bölümün çok yakınında bulunan prizden ortamda biriken tozun veya toz bulutunun tutulması, çalışanların anti statik kıyafet giymemesinden dolayı oluşacak statik elektrik sonucu tutuşma, elektrik kaçağı sonucu tutuşma	-	8	8	8	512	Sıcak Yüzeyler Elektrikli cihazlar Kontrolsüz elektrik akımı Statik elektrik
Un Paketleme Bölümü	Paketleme esnasında toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Paketleme yapılan bölümün çok yakınında bulunan prizden ortamda biriken tozun veya toz bulutunun tutulması, çalışanların anti statik kıyafet giymemesinden dolayı oluşacak statik elektrik sonucu tutuşma, elektrik kaçağı sonucu tutuşma	-	8	8	8	512	Sıcak Yüzeyler Elektrikli cihazlar Kontrolsüz elektrik akımı Statik elektrik
Un siloları	Silolar içerisinde toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Un siloları üzerinde kalan bölgede açıkta bulunan prizlerin içinde biriken tozun tutulması sonucu çıkan yangının silolara sıçraması, siloların üzerine yıldırım düşmesi, silolarda depolanan unda ısınma sonucu tozun kendiliğinden tutulması, silo çevresinde yapılacak ateşli çalışmalar sonucunda oluşacak sıcak yüzeylerden tutulma gerçekleşmesi	Paratoner mevcut	9	7	7	441	Sıcak yüzeyler Elektrik akımı Statik elektrik Egzotermik reaksiyonlar

Tesis 1 HTEA Risk Değerlendirmesi

Bölüm/ Faaliyet	Hata Türleri	Etkileri	Potansiyel Nedenler	Mevcut Kontroller	Şiddet	Olasılık	Fark edilebilirlik	RÖS	Tutuşturucu Kaynaklar
Paçal ambarı	Toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Paçal ambarına dolun ve boşaltım sırasında oluşacak statik elektrik nedeniyle tutuşma, ambarın ürün seviyesini tespit etmek amacıyla ambara indirilen lambanın toz bulutunu tutuşturması, ambarın üstündeki kısımda bulunan elektrik prizlerinde çıkacak bir yangın veya kıvılcım sonucu tutuşma, ürün uzun süre bekletilirse kendinden ısınma sonucu oluşacak tutuşma	-	7	9	7	441	Statik elektrik Kontrolsüz elektrik akımları Egzotermik reaksiyonlar
3. Kat 2. Ünite Un Taşıma Sistemi	Ekipman içerisinde toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Statik elektrik sonucu tutuşma olması, kaçak elektrik akımlarından kaynaklı tutuşmalar, unun içinde kalabilecek metal parçalarının sürtünme sonucu kıvılcım çıkarması, ateşli çalışmalar sonucunda oluşabilecek sıcak yüzeylerden tutuşma	-	8	6	7	336	Sıcak Yüzeyler Mekanik kıvılcım Kontrolsüz elektrik akımları Statik elektrik
Buğday siloları	Silolar içerisinde toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Yükleme ve boşaltım sırasında statik elektrik sonucu meydana gelebilecek tutuşmanın siloya sıçraması, yıldırım düşmesi sonucu tutuşma, depolama sırasında buğdayda meydana gelecek içten ısınma sonucu tutuşma meydana gelmesi	Paratoner mevcut	6	6	7	252	Statik elektrik Yıldırım Egzotermik reaksiyonlar
5. Kat 2. Ünite Pnömatik Taşıyıcı	Pnömatik taşıyıcı içerisinde toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Sıcak yüzey oluşumu sebebiyle tutuşma, statik elektrik veya kontrolsüz elektrik akımı sonucu çıkan kıvılcımla tutuşma	-	8	5	6	240	Sıcak yüzeyler Statik elektrik Kontrolsüz elektrik akımları

Tesis 1 HTEA Risk Değerlendirmesi

Bölüm/ Faaliyet	Hata Türleri	Etkileri	Potansiyel Nedenler	Mevcut Kontroller	Şiddet	Olasılık	Fark edilebilirlik	RÖS	Tutuşturucu Kaynaklar
Ünite 1-2 Silolardan araçlara buğday aktarımı	Araçlara silolardan buğday aktarımı sırasında toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Bölgede oluşacak toz bulutunun çok yakınında açıkta bulunan prizlerden tutuşma gerçekleşmesi, kamyonların motorlarından toz bulutunun tutuşması, statik elektrik sonucu kıvılcım çıkması sonucu tutuşma, buğdayın içinde kalabilecek metal parçaların sürtünme sonucu kıvılcım çıkarması	Buğday aktarımı esnasında araç motorları kapatılmaktadır. Aktarım esnasında çalışanlar ortamdaki uzaklaştırılıyor. Paratoner mevcut.	7	6	5	210	Mekanik kıvılcım Kontrolsüz elektrik akımları Statik elektrik Yıldırım
4. Kat 2. Ünite Eleme bölümü	Eleme işlemi esnasında ekipman içerisinde toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Ekipman içerisinde elekler ve ürün arasında oluşabilecek statik elektrik sonucu kıvılcım çıkması, elektrik kaçakları ve ateşli çalışma sonucu oluşabilecek sıcak yüzeyden tutuşma gerçekleşmesi	-	6	5	6	180	Sıcak yüzeyler Statik elektrik Kontrolsüz elektrik akımları Elektrikli cihazlar
6. Kat 2. Ünite Sortex	Çalışma esnasında ekipman içerisinde toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Ekipmanın motorlarından kıvılcım çıkması, kaçak elektrik akımları ve statik elektrik sonucu tutuşma, ortamda izinsiz yapılacak ateşli çalışma esnasında kıvılcım sıçraması veya oluşacak sıcak yüzeyden toz bulutunun tutuşması	Ortaya çıkan toz bulutu toz filtreleme sistemiyle ortamdaki uzaklaştırılmaktadır .	6	5	5	150	Elektrikli cihazlar Statik elektrik Kontrolsüz elektrik akımları Sıcak yüzeyler Mekanik kıvılcım
6. Kat 2. Ünite Çöp şasörü	Çalışma esnasında ekipman içerisinde toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Ekipmanda ısınma veya elektrik kaçağı, statik elektrik sebebiyle toz bulutunun tutuşması	Ortaya çıkan toz bulutu toz filtreleme sistemiyle ortamdaki uzaklaştırılmaktadır	6	5	5	150	Elektrikli cihazlar Statik elektrik Kontrolsüz elektrik akımları Sıcak yüzeyler Mekanik kıvılcım

Tesis 1 HTEA Risk Değerlendirmesi

Bölüm/ Faaliyet	Hata Türleri	Etkileri	Potansiyel Nedenler	Mevcut Kontroller	Şiddet	Olasılık	Fark edilebilirlik	RÖS	Tutuşturucu Kaynaklar
4. Kat 2. Ünite Kepek şasörü	Ekipman içerisinde toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Elektrik kaçağı veya statik elektrik sebebiyle kıvılcım oluşumu, ısınma sonucu toz bulutunun tutuşması	Ortaya çıkan toz bulutu toz filtreleme sistemiyle ortamdaki uzaklaştırılmaktadır	6	5	5	150	Sıcak yüzeyler Statik elektrik Kontrolsüz elektrik akımları Elektrikli cihazlar
4. Kat 2. Ünite Un Şasörü	Ekipman içerisinde toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Elektrik kaçağı veya statik elektrik sebebiyle kıvılcım oluşumu, ısınma sonucu toz bulutunun tutuşması	Ortaya çıkan toz bulutu toz filtreleme sistemiyle ortamdaki uzaklaştırılmaktadır	6	5	5	150	Sıcak yüzeyler Statik elektrik Kontrolsüz elektrik akımları Elektrikli cihazlar
3. Kat 2. Ünite Kepek Fırçası	Ekipman içerisinde toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Elektrik kaçağı veya statik elektrik sebebiyle kıvılcım oluşumu, ısınma sonucu toz bulutunun tutuşması	Ortaya çıkan toz bulutu toz filtreleme sistemiyle ortamdaki uzaklaştırılmaktadır	6	5	5	150	Sıcak yüzeyler Statik elektrik Kontrolsüz elektrik akımları Elektrikli cihazlar
1. Kat- 2. Ünite Un öğütme- Kırma	Öğütme-kırma işlemi esnasında ekipman içerisinde toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Kaçak elektrik akımları sebebiyle tutuşma, üründe kalan metal parçaların öğütme işlemi sırasında sürtünme sebebiyle kıvılcım çıkarması, öğütme işlemi esnasında ekipmanda oluşacak aşırı ısınma sonucu oluşan sıcak yüzeyden tutuşma gerçekleşmesi	Öğütmeye girecek madde, öğütme işlemi öncesinde mıknatıstan geçirilmektedir. Öğütme işlemi sırasında meydana gelen toz bulutu toz filtreleme sistemi yardımıyla azaltılmaktadır.	6	3	6	108	Sıcak yüzeyler Elektrik akımı Mekanik kıvılcım Statik elektrik

Tesis 1 HTEA Risk Değerlendirmesi

Bölüm/ Faaliyet	Hata Türleri	Etkileri	Potansiyel Nedenler	Mevcut Kontroller	Şiddet	Olasılık	Fark edilebilirlik	RÖS	Tutuşturucu Kaynaklar
B Kat- 2. Ünite Taşıma Bölümü	Taşıma işlemi esnasında borular içinde toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Kaçak elektrik akımları veya statik elektrik sebebiyle tutuşma gerçekleşmesi, ateşli çalışmalar sonucu oluşabilecek sıcak yüzeylerden toz bulutunun tutuşması	-	6	3	5	90	Sıcak yüzeyler Statik elektrik Kontrolsüz elektrik akımları
2. Kat 2. Ünite Tartım	Unun tartımı sırasında ekipman içerisinde de toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Üründe kalan metal parçaların sürtünme sebebiyle kıvılcım oluşturması, statik elektrik sonucu tutuşma, kaçak elektrik akımları veya elektrikli cihazlar sebebiyle tutuşma olması	Un olası metal parçaları ayırmak için mıknatıstan geçirilmektedir.	5	3	6	90	Mekanik Kıvılcım Elektrikli cihazlar Statik elektrik Kontrolsüz elektrik akımları
Paketlenmiş ürünün kamyonu doldurulması	Toz bulutu oluşumu, toz birikimi	Toz patlaması	Elektrik kaçağı veya statik elektrik sebebiyle kıvılcım oluşumu ve ısınma sonucu toz bulutunun tutuşması	-	4	3	5	60	Kontrolsüz elektrik akımı Sıcak Yüzeyler
Treme	Buğdayların silolara aktarımı sırasında toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Statik elektrik sonucu kıvılcım çıkması, buğdayın içerisinde bulunan metal parçaların mekanik kıvılcım çıkarması vb.	Boşaltım bölümünde oluşan toz, toz fanı ile ortamdan uzaklaştırılmaktadır.	6	4	2	48	Mekanik kıvılcım Kontrolsüz elektrik akımları Statik elektrik Yıldırım

Tesis 1 HTEA Risk Değerlendirmesi

Bölüm/ Faaliyet	Hata Türleri	Etkileri	Potansiyel Nedenler	Mevcut Kontroller	Şiddet	Olasılık	Fark edilebilirlik	RÖS	Tutuşturucu Kaynaklar
Depo1-2-3 (yatık depo)	Buğdayın kamyonlardan depolama alanını boşaltımı ve boşaltılan buğdayın yığın haline getirilmesi esnasında toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Araçların motorlarının toz bulutunu tutuşturması, statik elektrik sonucu kıvılcım çıkması, yıldırım düşmesi, yığın halinde bekletilen buğdayın kendinden ısınma ile tutuşması	Boşaltım esnasında depoda çalışma yapılmamaktadır. Boşaltım esnasında araçların motoru kapatılmaktadır. Paratoner mevcuttur.	3	3	3	27	Statik elektrik Yıldırım Egzotermik tepkime

Tesis 2 HTEA Risk Değerlendirmesi

Bölüm/ Faaliyet	Hata Türleri	Etkileri	Potansiyel Nedenler	Mevcut Kontroller	Şiddet	Olasılık	Fark edilebilirlik	RÖS	Tutuşturucu Kaynaklar
Modifiye nişasta paketleme	Toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Statik elektrik sonucu tutuşma olması, kaçak elektrik akımlarından kaynaklı tutuşmalar, ürünün içinde kalabilecek metal parçalarının sürtünme sonucu kıvılcım çıkarması	Paratoner mevcut Topraklama yapılmış ve kaçak elektrik akım rölesi mevcut	9	9	10	810	Sıcak yüzeyler Alev ve sıcak gazlar Statik elektrik Kontrolsüz elektrik akımları Elektrikli cihazlar Yıldırım Mekanik kıvılcım
Modifiye nişasta paketleme bandı	Toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Statik elektrik sonucu tutuşma, kaçak elektrik akımları veya elektrikli cihazlar sebebiyle tutuşma olması	Paratoner mevcut Topraklama yapılmış ve kaçak elektrik akım rölesi mevcut	8	6	6	384	Statik elektrik Elektrikli cihazlar Kontrolsüz elektrik akımları
Mısır eleme sistemi	Toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Ekipmanda ısınma veya elektrik kaçağı, statik elektrik sebebiyle toz bulutunun tutuşması, ürünün içine karışan metal parçaların sürtünme sonucu çıkartacağı mekanik kıvılcım sonucu toz bulutunun tutuşması	Paratoner mevcuttur	6	8	7	336	Elektrikli cihazlar Statik elektrik Kontrolsüz elektrik akımları Mekanik kıvılcım Yıldırım
Nişasta paketleme	Toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Üründe kalan metal parçaların sürtünme sebebiyle kıvılcım oluşturması, statik elektrik sonucu tutuşma, kaçak elektrik akımları veya elektrikli cihazlar sebebiyle tutuşma olması	Paratoner mevcut Topraklama yapılmış ve kaçak elektrik akım rölesi mevcut Toz emiş sistemi var	6	3	3	324	Statik elektrik Kontrolsüz elektrik akımları Egzotermik reaksiyonlar

Tesis 2 HTEA Risk Değerlendirmesi

Bölüm/ Faaliyet	Hata Türleri	Etkileri	Potansiyel Nedenler	Mevcut Kontroller	Şiddet	Olasılık	Fark edilebilirlik	RÖS	Tutuşturucu Kaynaklar
Kuru kepek taşıma elevatör sistemi	Toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Ekipman içerisinde elekler ve ürün arasında oluşabilecek statik elektrik sonucu kıvılcım çıkması, elektrik kaçakları ve ürün içindeki metal parçaların sürtünme sonucu mekanik kıvılcım oluşturması sonucu tutuşma	Paratoner mevcut Topraklama yapılmış ve kaçak elektrik akım rölesi mevcut	9	9	4	324	Elektrikli cihazlar Statik elektrik Kontrolsüz elektrik akımları Mekanik kıvılcım Yıldırım
Kepek kurutma ünitesi	Toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Sıcak yüzey oluşumu veya kurutma esnasında kullanılan sıcak gazlar sebebiyle tutuşma, statik elektrik veya kontrolsüz elektrik akımı sonucu çıkan kıvılcımla tutuşma, ürün içindeki metal parçaların sürtünme sonucu mekanik kıvılcım oluşturması	Paratoner mevcut Topraklama yapılmış ve kaçak elektrik akım rölesi mevcut	9	8	4	288	Elektrikli cihazlar Statik elektrik Kontrolsüz elektrik akımları Mekanik kıvılcım Yıldırım Alev ve sıcak gazlar
Kristal şeker elevatör	Toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Elektrik kaçağı veya statik elektrik sebebiyle kıvılcım oluşumu, oluşabilecek sıcak yüzeylerin toz bulutunu tutuşturması, ürün içindeki metal parçaların sürtünme sonucu mekanik kıvılcım oluşturması sonucu tutuşma	Paratoner mevcut Topraklama yapılmış ve kaçak elektrik akım rölesi mevcut	8	5	6	240	Sıcak yüzeyler Alev ve sıcak gazlar Statik elektrik Kontrolsüz elektrik akımları Elektrikli cihazlar Yıldırım Mekanik kıvılcım
Nişasta kurutma	Toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Elektrik kaçağı veya statik elektrik sebebiyle kıvılcım oluşumu, kurutma esnasında kullanılan sıcak gazlar veya oluşabilecek sıcak yüzeyler sonucu toz bulutunun tutuşması, ürün içindeki	Paratoner mevcut Topraklama yapılmış ve kaçak elektrik akım rölesi mevcut	8	7	3	168	Sıcak yüzeyler Alev ve sıcak gazlar Statik elektrik Kontrolsüz elektrik

Tesis 2 HTEA Risk Değerlendirmesi

Bölüm/ Faaliyet	Hata Türleri	Etkileri	Potansiyel Nedenler	Mevcut Kontroller	Şiddet	Olasılık	Fark edilebilirlik	RÖS	Tutuşturucu Kaynaklar
			metal parçaların sürtünme sonucu mekanik kıvılcım oluşturması sonucu tutuşma						akımları Elektrikli cihazlar Yıldırım Mekanik kıvılcım
Kamyondan konveyör sistemine mısır boşaltımı	Toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Kaçak elektrik akımları ve statik elektrik sonucu tutuşma, ürünün içine karışan metal parçaların sürtünme sonucu çıkartacağı mekanik kıvılcım sonucu toz bulutunun tutuşması	Paratoner mevcuttur	4	4	5	80	Elektrikli cihazlar Statik elektrik Kontrolsüz elektrik akımları Mekanik kıvılcım Yıldırım
Kristal şeker paketleme	Toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Paketleme sırasında statik elektrik sonucu tutuşma, yıldırım düşmesi sonucu tutuşma, ürün içindeki metal parçaların sürtünme sonucu mekanik kıvılcım oluşturması sonucu tutuşma, kaçak elektrik akımları veya elektrikli cihazlar sebebiyle tutuşma olması	Paratoner mevcut Topraklama yapılmış ve kaçak elektrik akım rölesi mevcut	8	5	2	80	Mekanik kıvılcım Elektrikli cihazlar Kontrolsüz elektrik akımları Statik elektrik Yıldırım
Kömür kazanı	Toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Kaçak elektrik akımları veya statik elektrik sebebiyle tutuşma gerçekleşmesi, oluşabilecek sıcak yüzeylerin toz bulutunu tutuşturması	Paratoner mevcut Topraklama yapılmış ve kaçak elektrik akım rölesi mevcut	5	4	3	60	Sıcak yüzeyler Statik elektrik Kontrolsüz elektrik akımları Yıldırım
Kömür depolama sahası	Toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Statik elektrik sonucu toz bulutunun tutuşması, depoda kullanılan aydınlatma lambalarının kömür tozunu tutuşturması	Paratoner mevcut ATEX sertifikalı lambalar kullanılmakta	5	4	2	40	Statik elektrik Elektrikli cihazlar

Tesis 2 HTEA Risk Değerlendirmesi

Bölüm/ Faaliyet	Hata Türleri	Etkileri	Potansiyel Nedenler	Mevcut Kontroller	Şiddet	Olasılık	Fark edilebilirlik	RÖS	Tutuşturucu Kaynaklar
Kristal şeker kurutma	Toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Elektrik kaçağı veya statik elektrik sebebiyle kıvılcım oluşumu, kurutma esnasında kullanılan sıcak gazlar veya oluşabilecek sıcak yüzeyler sonucu toz bulutunun tutuşması, ürün içindeki metal parçaların sürtünme sonucu mekanik kıvılcım oluşturması sonucu tutuşma	Paratoner mevcut Topraklama yapılmış ve kaçak elektrik akım rölesi mevcut	6	3	2	36	Sıcak yüzeyler Alev ve sıcak gazlar Statik elektrik Kontrolsüz elektrik akımları Elektrikli cihazlar Yıldırım Mekanik kıvılcım
Mısır siloları	Toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Elektrik kaçağı veya statik elektrik sebebiyle kıvılcım oluşumu, içten ısınma sonucu toz bulutunun tutuşması	Paratoner mevcut Topraklama yapılmış	4	2	1	8	Statik elektrik Yıldırım Elektrikli cihazlar Egzotermik reaksiyonlar
Kepek silosu	Toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Elektrik kaçağı veya statik elektrik sebebiyle kıvılcım oluşumu, içten ısınma sonucu toz bulutunun tutuşması	Paratoner mevcut ATEX sertifikalı lambalar kullanılmakta	4	2	1	8	Statik elektrik Yıldırım Elektrikli cihazlar Egzotermik reaksiyonlar

Tesis 3 HTEA Risk Değerlendirmesi

Bölüm/ Faaliyet	Hata Türleri	Etkileri	Potansiyel Nedenler	Mevcut Kontroller	Şiddet	Olasılık	Fark edilebilirlik	RÖS	Tutuşturucu Kaynaklar
Paketleme	Toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Ekipman yüzeyinde veya yakında yapılacak ateşli çalışma ile ekipman yüzeyinin ısınması sonucu tutuşma, elektrikli cihazlar veya kontrolsüz elektrik akımları nedeniyle çıkacak kıvılcım sonucu tutuşma, dolum esnasında çalışan ile statik elektrik farkından dolayı çıkacak kıvılcım sonucu tutuşma, paketleme odasının ısıtılması için kullanılan elektrikli ısıtıcı nedeniyle tutuşma, yıldırım düşmesi	Kaçak elektrik akımlarını önlemek için kaçak akım rölesi mevcuttur, ekipman yüzeyinde ve çevresinde yapılacak ateşli çalışmalarda çalışma izin sistemi kullanılmaktadır, tesisin tamamını kapsayan paratoner mevcuttur.	9	4	6	216	Sıcak yüzeyler Statik elektrik Elektrikli cihazlar Kontrolsüz elektrik akımları Yıldırım
Şeker bandı	Toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Ekipman yüzeyinde veya yakında yapılacak ateşli çalışma ile ekipman yüzeyinin ısınması sonucu tutuşma, elektrikli cihazlar veya kontrolsüz elektrik akımları nedeniyle çıkacak kıvılcım sonucu tutuşma, ekipmana fazla yüklenme sonucu oluşacak ısınma sonucu tutuşma, yıldırım düşmesi	Kaçak elektrik akımlarını önlemek için kaçak akım rölesi mevcuttur, ekipman yüzeyinde ve çevresinde yapılacak ateşli çalışmalarda çalışma izin sistemi kullanılmaktadır, tesisin tamamını kapsayan paratoner mevcuttur.	9	5	4	180	Sıcak yüzeyler Elektrikli cihazlar Kontrolsüz elektrik akımları Statik elektrik Yıldırım
Kazan 2	Doğalgaz sızıntısı	Gaz patlaması	Herhangi bir doğalgaz kaçağı sonucu oluşacak patlayıcı gaz atmosfer de; kazan ve boru hattı çevresinde yapılacak	Pilot alev söndüğünde kazan otomatik olarak kendini durdurmaktadır, sızıntının meydana gelebileceği flanş ve	9	6	3	162	Sıcak yüzeyler Alevler ve sıcak gazlar Statik elektrik

Tesis 3 HTEA Risk Değerlendirmesi

Bölüm/ Faaliyet	Hata Türleri	Etkileri	Potansiyel Nedenler	Mevcut Kontroller	Şiddet	Olasılık	Fark edilebilirlik	RÖS	Tutuşturucu Kaynaklar
			ateşli çalışma ile tutuşması, çalışanların statik elektrik yükü yüklenmesi sonucu çıkabilecek kıvılcım ile tutuşma, kaçak elektrik akımı sonucu tutuşma, yıldırım düşmesi sonucu tutuşma meydana gelebilir.	vanaların üzerinde gaz detektörleri mevcuttur, çalışanlar elle taşınabilir gaz detektörleri ile kontrol yapabilmektedir, çalışanlar anti statik ayakkabı kullanmaktadır, kaçak akım rölesi, topraklama ve paratoner mevcuttur, ateşli çalışmalar için çalışma izin sistemi kullanılmaktadır.					Elektrikli cihazlar Kontrolsüz elektrik akımları Yıldırım
Kazan 3	Doğalgaz sızıntısı	Gaz patlaması	Herhangi bir doğalgaz kaçağı sonucu oluşacak patlayıcı gaz atmosfer de; kazan ve boru hattı çevresinde yapılacak ateşli çalışma ile tutuşması, çalışanların statik elektrik yükü yüklenmesi sonucu çıkabilecek kıvılcım ile tutuşma, kaçak elektrik akımı sonucu tutuşma, yıldırım düşmesi sonucu tutuşma meydana gelebilir.	Pilot alev söndüğünde kazan otomatik olarak kendini durdurmaktadır, sızıntının meydana gelebileceği flanş ve vanaların üzerinde gaz detektörleri mevcuttur, çalışanlar elle taşınabilir gaz detektörleri ile kontrol yapabilmektedir, çalışanlar anti statik ayakkabı kullanmaktadır, kaçak akım rölesi, topraklama ve paratoner mevcuttur, ateşli çalışmalar için çalışma izin sistemi kullanılmaktadır.	9	6	3	162	Sıcak yüzeyler Alevler ve sıcak gazlar Statik elektrik Elektrikli cihazlar Kontrolsüz elektrik akımları Yıldırım
Kazan 1	Doğalgaz sızıntısı	Gaz patlaması	Herhangi bir doğalgaz kaçağı sonucu oluşacak patlayıcı gaz atmosfer de; kazan ve boru hattı çevresinde yapılacak ateşli çalışma ile tutuşması, çalışanların statik elektrik yükü yüklenmesi sonucu çıkabilecek kıvılcım ile	Pilot alev söndüğünde kazan otomatik olarak kendini durdurmaktadır, sızıntının meydana gelebileceği flanş ve vanaların üzerinde gaz detektörleri mevcuttur, çalışanlar elle taşınabilir gaz detektörleri ile kontrol	9	5	3	135	Sıcak yüzeyler Alevler ve sıcak gazlar Statik elektrik Elektrikli cihazlar Kontrolsüz elektrik

Tesis 3 HTEA Risk Değerlendirmesi

Bölüm/ Faaliyet	Hata Türleri	Etkileri	Potansiyel Nedenler	Mevcut Kontroller	Şiddet	Olasılık	Fark edilebilirlik	RÖS	Tutuşturucu Kaynaklar
			tutuşma, kaçak elektrik akımı sonucu tutuşma, yıldırım düşmesi sonucu tutuşma meydana gelebilir.	yapabilmektedir, çalışanlar anti statik ayakkabı kullanmaktadır, kaçak akım rölesi, topraklama ve paratoner mevcuttur, ateşli çalışmalar için çalışma izin sistemi kullanılmaktadır.					akımları Yıldırım
Arıtma tesisi Anaerobik tank meşale arası bağlantılar	Gaz sızıntısı	Gaz patlaması	Anaerobik tank ile meşale arasında boru hattı üzerinde yer alan flanşlar ve vanalarda meydana gelebilecek herhangi bir metan gazı kaçağı sonucu oluşacak patlayıcı ortamın; Çevrede bulunan elektrikli ekipmanlar veya kaçak elektrik akımı nedeniyle tutuşması, kontrol amacıyla bölgeye gelecek personelin statik elektrik yüklenmesi sonucu çıkacak kıvılcım sonucu tutuşma, çevrede yapılacak ateşli çalışma sonucu tutuşma ve yıldırım düşmesi sonucu tutuşma meydana gelebilir.	Tüm ekipmanlar patlayıcı bölgeye uygun ATEX sertifikalı ekipmanlardır, paratoner mevcuttur, topraklama yapılmıştır ve kaçak akım rölesi mevcuttur. Tesiste ateşli çalışmalar için çalışma izin sistemi kullanılmaktadır.	4	3	5	60	Sıcak yüzeyler Elektrikli cihazlar Kontrolsüz elektrik akımları Statik elektrik Yıldırım
Şeker kurutucu	Toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Ekipman yüzeyinde veya yakında yapılacak ateşli çalışma ile ekipman yüzeyinin ısınması sonucu tutuşma,	Toz toplayıcı sistem mevcuttur, ekipmanın gövde topraklaması yapılmış durumdadır, kaçak elektrik	8	3	2	48	Sıcak yüzeyler Elektrikli cihazlar Kontrolsüz elektrik akımları

Tesis 3 HTEA Risk Değerlendirmesi

Bölüm/ Faaliyet	Hata Türleri	Etkileri	Potansiyel Nedenler	Mevcut Kontroller	Şiddet	Olasılık	Fark edilebilirlik	RÖS	Tutuşturucu Kaynaklar
			elektrikli cihazlar veya kontrolsüz elektrik akımları nedeniyle çıkacak kıvılcım sonucu tutuşma, yıldırım düşmesi	akımlarını önlemek için kaçak akım rölesi mevcuttur, ekipman yüzeyinde ve çevresinde yapılacak ateşli çalışmalarda çalışma izin sistemi kullanılmaktadır, tesisin tamamını kapsayan paratoner mevcuttur.					Statik elektrik Yıldırım
Trommer (kurutucu)	Toz bulutu oluşumu	Toz patlaması	Ekipman yüzeyinde veya yakında yapılacak ateşli çalışma ile ekipman yüzeyinin ısınması sonucu tutuşma, elektrikli cihazlar veya kontrolsüz elektrik akımları nedeniyle çıkacak kıvılcım sonucu tutuşma, yıldırım düşmesi	Toz toplayıcı sistem mevcuttur, ekipmanın gövde topraklaması yapılmış durumdadır, kaçak elektrik akımlarını önlemek için kaçak akım rölesi mevcuttur, ekipman yüzeyinde ve çevresinde yapılacak ateşli çalışmalarda çalışma izin sistemi kullanılmaktadır, tesisin tamamını kapsayan paratoner mevcuttur.	8	3	2	48	Sıcak yüzeyler Elektrikli cihazlar Kontrolsüz elektrik akımları Statik elektrik Yıldırım
Arıtma tesisi Anaerobik tank basınç ventili	Gaz sızıntısı	Gaz patlaması	Anaerobik tankın üzerinde meydana gelebilecek herhangi bir metan gazı kaçağı sonucu oluşan patlayıcı ortamın; Tank üzerinde yer alan elektrikli ekipmanlar veya kaçak elektrik akımı nedeniyle tutuşması, kontrol amacıyla tankın üzerinde çıkacak personelin statik elektrik yüklenmesi sonucu çıkacak kıvılcım sonucu tutuşma, yapılacak ateşli çalışmalar	Anaerobik tankın üzerinde yer alan tüm ekipmanlar patlayıcı bölgeye uygun ATEX sertifikalı ekipmanlardır, paratoner mevcuttur, topraklama yapılmıştır ve kaçak akım rölesi mevcuttur. Tankta basınçın yükselmesi sonucu patlama meydana gelmemesi için tankın üzerinde patlama ventilleri bulunmaktadır. Tesiste ateşli çalışmalar için çalışma izin sistemi kullanılmaktadır.	7	2	3	42	Sıcak yüzeyler Elektrikli cihazlar Kontrolsüz elektrik akımları Statik elektrik Yıldırım

Tesis 3 HTEA Risk Değerlendirmesi

Bölüm/ Faaliyet	Hata Türleri	Etkileri	Potansiyel Nedenler	Mevcut Kontroller	Şiddet	Olasılık	Fark edilebilirlik	RÖS	Tutuşturucu Kaynaklar
			sonucu tutuşma ve yıldırım düşmesi tutuşma meydana gelebilir.						
Paketlenmiş ürünün kamyonu aktarımı	Toz bulutu oluşumu, toz birikimi	Toz patlaması	Elektrik kaçağı veya statik elektrik sebebiyle kıvılcım oluşumu, ısınma sonucu toz bulutunun tutuşması	-	4	3	3	36	Kontrolsüz elektrik akımı Sıcak Yüzeyler
Doğalgaz regülatörü	Doğalgaz sızıntısı	Gaz patlaması	Herhangi bir doğalgaz kaçağı sonucu oluşacak patlayıcı gaz atmosfer de; kazan ve boru hattı çevresinde yapılacak ateşli çalışma ile tutuşması, kaçak elektrik akımı sonucu tutuşma, yıldırım düşmesi sonucu tutuşma meydana gelebilir.	Kaçak akım rölesi, topraklama ve paratoner mevcuttur, ateşli çalışmalar için çalışma izin sistemi kullanılmaktadır, BOTAŞ yetkilileri tarafından boru hattının ve regülatörün aylık kontrolleri yapılmaktadır.	8	2	2	32	Sıcak yüzeyler Statik elektrik Kontrolsüz elektrik akımları Yıldırım

EK-2

PGS YÖNTEMİ İLE YAPILAN RİSK DEĞERLENDİRMELERİ

Tesis 1 PGS Risk Değerlendirmesi

Ekipman /Faaliyet	Operasyonel Sapma	Kaza/ bozulma senaryosu	Bölge	P	C	D	Wp	Kst /Kg	Vz	Ld	Cc	D'	Wp	Kst /Kg	Vz	Ld	Cc	Risk
Un siloları	Toz patlaması	Un siloları üzerinde kalan bölgede açıkta bulunan prizlerin içinde biriken tozun tutuşması sonucu çıkan yangının silolara sıçraması, siloların üzerine yıldırım düşmesi, silolarda depolanan unda ısınma sonucu tozun kendiliğinden tutuşması, silo çevresinde yapılacak ateşli çalışmalar sonucunda oluşacak sıcak yüzeylerden tutulma gerçekleşmesi	20	3	3	3	0,25	0	0,5	0,5	0,5	4,7 5	1	0	2	2	2	49,75
Buğday siloları	Toz patlaması	Yükleme ve boşaltım sırasında statik elektrik sonucu meydana gelebilecek tutuşmanın siloya sıçraması, yıldırım düşmesi sonucu tutuşma, depolama sırasında buğdayda meydana gelecek içten ısınma sonucu tutuşma meydana gelmesi	20	3	3	3	0	0	0,5	0,5	0,5	4,5	0	0	2	2	2	46,5

Tesis 1 PGS Risk Değerlendirmesi

Ekipman /Faaliyet	Operasyonel Sapma	Kaza/ bozulma senaryosu	Bölge	P	C	D	Wp	Kst /Kg	Vz	Ld	Cc	D'	Wp	Kst /Kg	Vz	Ld	Cc	Risk
4. Kat 2. Ünite Eleme bölümü	Toz patlaması	Ekipman içerisinde elekler ve ürün arasında oluşabilecek statik elektrik sonucu kıvılcım çıkması, elektrik kaçakları ve ateşli çalışma sonucu oluşabilecek sıcak yüzeyden tutuşma gerçekleşmesi	20	3	3	3	0,25	0	0,25	0,5	0,5	4,5	1	0	1	2	2	46,5
Ünite 1-2 Silolardan araçlara buğday aktarımı	Toz patlaması	Bölgede oluşacak toz bulutunun çok yakınında açıkta bulunan prizlerden tutuşma gerçekleşmesi, kamyonların motorlarından toz bulutunun tutuşması, statik elektrik sonucu kıvılcım çıkması sonucu tutuşma, buğdayın içinde kalabilecek metal parçaların sürtünme sonucu kıvılcım çıkarması	20	3	2	3	0,5	0	0,5	0,5	0,5	5	2	0	2	2	2	38
Paçal ambarı	Toz patlaması	Paçal ambarına dolun ve boşaltım sırasında oluşacak statik elektrik nedeniyle tutuşma, ambarın ürün seviyesini tespit etmek amacıyla ambara indirilen lambanın toz bulutunu tutuşturması, ambarın üstündeki kısımda bulunan elektrik prizlerinde çıkacak bir yangın veya kıvılcım sonucu tutuşma, ürün uzun süre bekletilirse kendinden ısınma sonucu oluşacak tutuşma	20	3	2	3	0,25	0	0,5	0,5	0,5	4,7 5	1	0	2	2	2	35,5
5. Kat 2. Ünite Pnömatik	Toz patlaması	Sıcak yüzey oluşumu sebebiyle tutuşma, statik elektrik veya kontrolsüz elektrik akımı sonucu	20	3	2	3	0,25	0	0,5	0,5	0,5	4,7 5	1	0	2	2	2	35,5

Tesis 1 PGS Risk Değerlendirmesi

Ekipman /Faaliyet	Operasyonel Sapma	Kaza/ bozulma senaryosu	Bölge	P	C	D	Wp	Kst /Kg	Vz	Ld	Cc	D'	Wp	Kst /Kg	Vz	Ld	Cc	Risk
Taşıyıcı		çıkan kıvılcımla tutuşma																
1. Kat- 2. Ünite Un öğütme-Kırma	Toz patlaması	Kaçak elektrik akımları sebebiyle tutuşma, üründe kalan metal parçaların öğütme işlemi sırasında sürtünme sebebiyle kıvılcım çıkarması, öğütme işlemi esnasında ekipmanda oluşacak aşırı ısınma sonucu oluşan sıcak yüzeyden tutuşma gerçekleşmesi	20	3	2	3	0,25	0	0,5	0,5	0,5	4,7 5	1	0	2	2	2	35,5
3. Kat 2. Ünite Un Taşıma Sistemi	Toz patlaması	Statik elektrik sonucu tutuşma olması, kaçak elektrik akımlarından kaynaklı tutuşmalar, unun içinde kalabilecek metal parçalarının sürtünme sonucu kıvılcım çıkarması, ateşli çalışmalar sonucunda oluşabilecek sıcak yüzeylerden tutuşma	20	3	2	3	0,25	0	0,25	0,5	0,5	4,5	1	0	1	2	2	33
B Kat- 2. Ünite Taşıma Bölümü	Toz patlaması	Kaçak elektrik akımları veya statik elektrik sebebiyle tutuşma gerçekleşmesi, ateşli çalışmalar sonucu oluşabilecek sıcak yüzeylerden toz bulutunun tutuşması	20	3	2	3	0,25	0	0,25	0,5	0,5	4,5	1	0	1	2	2	33
Depo1-2-3 (yatık depo)	Toz patlaması	Araçların motorlarının toz bulutunu tutuşturması, statik elektrik sonucu kıvılcım çıkması, yıldırım düşmesi, yığın halinde bekletilen buğdayın kendinden ısınma ile tutuşması	20	3	2	3	0,25	0	0,5	0,5	0,2 5	4,5	1	0	2	2	1	33

Tesis 1 PGS Risk Değerlendirmesi

Ekipman /Faaliyet	Operasyonel Sapma	Kaza/ bozulma senaryosu	Bölge	P	C	D	Wp	Kst /Kg	Vz	Ld	Cc	D'	Wp	Kst /Kg	Vz	Ld	Cc	Risk
4. Kat 2. Ünite Un Şasörü	Toz patlaması	Elektrik kaçağı veya statik elektrik sebebiyle kıvılcım oluşumu, ısınma sonucu toz bulutunun tutuşması	20	3	2	3	0,25	0	0	0,5	0,5	4,2 5	1	0	0	2	2	30,5
2. Kat 2. Ünite Tartım	Toz patlaması	Üründe kalan metal parçaların sürtünme sebebiyle kıvılcım oluşturması, statik elektrik sonucu tutuşma, kaçak elektrik akımları veya elektrikli cihazlar sebebiyle tutuşma olması	20	3	2	3	0,25	0	0	0,5	0,5	4,2 5	1	0	0	2	2	30,5
Kepek Paketleme Bölümü	Toz patlaması	Paketleme yapılan bölümün çok yakınında bulunan prizden ortamda biriken tozun veya toz bulutunun tutuşması, çalışanların anti statik kıyafet giymemesinden dolayı oluşacak statik elektrik sonucu tutuşma, elektrik kaçağı sonucu tutuşma	20	3	2	3	0,5	0	0	0	0,2 5	3,7 5	2	0	0	0	1	25,5
Un Paketleme Bölümü	Toz patlaması	Paketleme yapılan bölümün çok yakınında bulunan prizden ortamda biriken tozun veya toz bulutunun tutuşması, çalışanların anti statik kıyafet giymemesinden dolayı oluşacak statik elektrik sonucu tutuşma, elektrik kaçağı sonucu tutuşma	20	3	2	3	0,5	0	0	0	0,2 5	3,7 5	2	0	0	0	1	25,5
Treme	Toz patlaması	Statik elektrik sonucu kıvılcım çıkması, buğdayın içerisinde bulunan metal parçaların mekanik	20	3	2	3	0,25	0	0	0,25	0,2 5	3,7 5	1	0	0	1	1	25,5

Tesis 1 PGS Risk Değerlendirmesi

Ekipman /Faaliyet	Operasyonel Sapma	Kaza/ bozulma senaryosu	Bölge	P	C	D	Wp	Kst /Kg	Vz	Ld	Cc	D'	Wp	Kst /Kg	Vz	Ld	Cc	Risk
		kıvılcım çıkarması vb.																
3. Kat 2. Ünite Kepek Fırçası	Toz patlaması	Elektrik kaçağı veya statik elektrik sebebiyle kıvılcım oluşumu, ısınma sonucu toz bulutunun tutuşması	20	3	1	3	0,25	0	0	0,25	0,25	3,75	1	0	0	1	1	14,25
6. Kat 2. Ünite Sortex	Toz patlaması	Ekipmanın motorlarından kıvılcım çıkması, kaçak elektrik akımları ve statik elektrik sonucu tutuşma, ortamda izinsiz yapılacak ateşli çalışma esnasında kıvılcım sıçraması veya oluşacak sıcak yüzeyden toz bulutunun tutuşması	21	2	1	2	0,25	0	0	0,25	0,25	2,75	1	0	0	1	1	8,5
6. Kat 2. Ünite Çöp şasörü	Toz patlaması	Ekipmanda ısınma veya elektrik kaçağı, statik elektrik sebebiyle toz bulutunun tutuşması	21	2	1	2	0,25	0	0	0	0,25	2,5	1	0	0	0	1	7
4. Kat 2. Ünite Kepek şasörü	Toz patlaması	Elektrik kaçağı veya statik elektrik sebebiyle kıvılcım oluşumu, ısınma sonucu toz bulutunun tutuşması	21	2	1	2	0,25	0	0	0	0,25	2,5	1	0	0	0	1	7
Paketlenmiş ürünün kamyonu doldurulması	Toz patlaması	Elektrik kaçağı veya statik elektrik sebebiyle kıvılcım oluşumu, ısınma sonucu toz bulutunun tutuşması	22	1	1	1	0,5	0	0	0	0,25	1,75	2	0	0	0	1	4,75

Tesis 2 Risk Değerlendirmesi

Ekipman /Faaliyet	Operasyonel Sapma	Kaza/ bozulma senaryosu	Bölge	P	C	D	Wp	Kst /Kg	Vz	Ld	Cc	D'	Wp	Kst /Kg	Vz	Ld	Cc	Risk
Kamyondan konveyör sistemine mısır boşaltımı	Toz patlaması	Kaçak elektrik akımları ve statik elektrik sonucu tutuşma, ürünün içine karışan metal parçaların sürtünme sonucu çıkartacağı mekanik kıvılcım sonucu toz bulutunun tutuşması	20	3	2	3	0,5	0	0,5	0,5	0,5	5	2	0	2	2	2	38
Modifiye nişasta paketleme	Toz patlaması	Statik elektrik sonucu tutuşma olması, kaçak elektrik akımlarından kaynaklı tutuşmalar, ürünün içinde kalabilecek metal parçalarının sürtünme sonucu kıvılcım çıkarması	20	3	2	3	0,25	0,25	0,5	0,25	0,5	4,75	1	1	2	1	2	35,5
Mısır eleme sistemi	Toz patlaması	Ekipmanda ısınma veya elektrik kaçağı, statik elektrik sebebiyle toz bulutunun tutuşması, ürünün içine karışan metal parçaların sürtünme sonucu çıkartacağı mekanik kıvılcım sonucu toz bulutunun tutuşması	20	3	2	3	0,5	0	0,5	0	0,5	4,5	2	0	2	0	2	33
Nişasta kurutma	Toz patlaması	Elektrik kaçağı veya statik elektrik sebebiyle kıvılcım oluşumu, kurutma esnasında kullanılan sıcak gazlar veya oluşabilecek sıcak yüzeyler sonucu toz bulutunun tutuşması, ürün içindeki metal parçaların sürtünme sonucu mekanik kıvılcım	20	3	1	3	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	5	1	1	2	2	2	23

Tesis 2 PGS Risk Değerlendirmesi

Ekipman /Faaliyet	Operasyonel Sapma	Kaza/ bozulma senaryosu	Bölge	P	C	D	Wp	Kst /Kg	Vz	Ld	Cc	D'	Wp	Kst /Kg	Vz	Ld	Cc	Risk
		oluşturması sonucu tutuşma																
Kuru kepek taşıma elevatör sistemi	Toz patlaması	Ekipman içerisinde elekler ve ürün arasında oluşabilecek statik elektrik sonucu kıvılcım çıkması, elektrik kaçakları ve ürün içindeki metal parçaların sürtünme sonucu mekanik kıvılcım oluşturması sonucu tutuşma	20	3	1	3	0,25	0	0,5	0,5	0,5	4,75	1	0	2	2	2	21,25
Kepek kurutma ünitesi	Toz patlaması	Sıcak yüzey oluşumu veya kurutma esnasında kullanılan sıcak gazlar sebebiyle tutuşma, statik elektrik veya kontrolsüz elektrik akımı sonucu çıkan kıvılcımla tutuşma, ürün içindeki metal parçaların sürtünme sonucu mekanik kıvılcım oluşturması	20	3	1	3	0,25	0	0,5	0,5	0,5	4,75	1	0	2	2	2	21,25
Kristal şeker elevatör	Toz patlaması	Elektrik kaçağı veya statik elektrik sebebiyle kıvılcım oluşumu, oluşabilecek sıcak yüzeylerin toz bulutunu tutuşturması, ürün içindeki metal parçaların sürtünme sonucu mekanik kıvılcım oluşturması sonucu tutuşma	20	3	1	3	0,25	0	0,5	0,5	0,5	4,75	1	0	2	2	2	21,25
Kömür kazanı	Toz patlaması	Kaçak elektrik akımları veya statik elektrik sebebiyle tutuşma gerçekleşmesi, oluşabilecek sıcak yüzeylerin toz bulutunu tutuşturması	20	3	1	3	0,25	0	0,5	0,5	0,5	4,75	1	0	2	2	2	21,25
Kömür depolama sahası	Toz patlaması	Statik elektrik sonucu toz bulutunun tutuşması, depoda kullanılan aydınlatma lambalarının kömür	20	3	1	3	0,25	0	0,5	0,5	0,5	4,75	1	0	2	2	2	21,25

Tesis 2 PGS Risk Değerlendirmesi

Ekipman /Faaliyet	Operasyonel Sapma	Kaza/ bozulma senaryosu	Bölge	P	C	D	Wp	Kst /Kg	Vz	Ld	Cc	D'	Wp	Kst /Kg	Vz	Ld	Cc	Risk
		tozunu tutuşturması																
Kristal şeker kurutma	Toz patlaması	Elektrik kaçağı veya statik elektrik sebebiyle kıvılcım oluşumu, kurutma esnasında kullanılan sıcak gazlar veya oluşabilecek sıcak yüzeyler sonucu toz bulutunun tutuşması, ürün içindeki metal parçaların sürtünme sonucu mekanik kıvılcım oluşturması sonucu tutuşma	20	3	1	3	0,25	0	0,5	0,5	0,5	4,75	1	0	2	2	2	21,25
Mısır siloları	Toz patlaması	Elektrik kaçağı veya statik elektrik sebebiyle kıvılcım oluşumu, yıldırım düşmesi, içten ısınma sonucu çıkacak yangında toz bulutunun alev alması	20	3	1	3	0	0	0,5	0,5	0,5	4,5	0	0	2	2	2	19,5
Nişasta paketleme	Toz patlaması	Üründe kalan metal parçaların sürtünme sebebiyle kıvılcım oluşturması, statik elektrik sonucu tutuşma, kaçak elektrik akımları veya elektrikli cihazlar sebebiyle tutuşma olması	20	3	1	3	0,5	0,25	0,25	0	0,25	4,25	2	1	1	0	1	17,75
Kristal şeker paketleme	Toz patlaması	Paketleme sırasında statik elektrik sonucu tutuşma, yıldırım düşmesi sonucu tutuşma, ürün içindeki metal parçaların sürtünme sonucu mekanik kıvılcım oluşturması sonucu tutuşma, kaçak elektrik akımları veya elektrikli cihazlar sebebiyle tutuşma olması	20	3	1	3	0,5	0	0,25	0	0,25	4	2	0	1	0	1	16

Tesis 2 PGS Risk Değerlendirmesi

Ekipman /Faaliyet	Operasyonel Sapma	Kaza/ bozulma senaryosu	Bölge	P	C	D	Wp	Kst /Kg	Vz	Ld	Cc	D'	Wp	Kst /Kg	Vz	Ld	Cc	Risk
Kepek silosu	Toz patlaması	Elektrik kaçağı veya statik elektrik sebebiyle kıvılcım oluşumu, içten ısınma sonucu toz bulutunun tutuşması	21	2	1	2	0,25	0	0,5	0,5	0,5	3,75	1	0	2	2	2	14,5
Modifiye nişasta paketleme bandı	Toz patlaması	Statik elektrik sonucu tutuşma, kaçak elektrik akımları veya elektrikli cihazlar sebebiyle tutuşma olması	22	1	1	1	0,5	0,25	0	0	0,25	2	2	1	0	0	1	6

Tesis 3 PGS Risk Değerlendirmesi

Ekipman /Faaliyet	Operasyonel Sapma	Kaza/ bozulma senaryosu	Bölge	P	C	D	Wp	Kst /Kg	Vz	Ld	Cc	D'	Wp	Kst /Kg	Vz	Ld	Cc	Risk
Şeker bandı	Toz patlaması	Ekipman yüzeyinde veya yakında yapılacak ateşli çalışma ile ekipman yüzeyinin ısınması sonucu tutuşma, elektrikli cihazlar veya kontrolsüz elektrik akımları nedeniyle çıkacak kıvılcım sonucu tutuşma, ekipmana fazla yüklenme sonucu oluşacak ısınma sonucu tutuşma, yıldırım düşmesi	20	3	2	3	0,5	0	0,5	0,5	0,5	5	2	0	2	2	2	38
Şeker kurutucu	Toz patlaması	Ekipman yüzeyinde veya yakında yapılacak ateşli çalışma ile ekipman yüzeyinin ısınması sonucu tutuşma, elektrikli cihazlar veya kontrolsüz elektrik akımları nedeniyle çıkacak kıvılcım sonucu tutuşma, yıldırım düşmesi	20	3	2	3	0,5	0	0,5	0,5	0,5	5	2	0	2	2	2	38
Trommer (kurutucu)	Toz patlaması	Ekipman yüzeyinde veya yakında yapılacak ateşli çalışma ile ekipman yüzeyinin ısınması sonucu tutuşma, elektrikli cihazlar veya kontrolsüz elektrik akımları nedeniyle çıkacak kıvılcım sonucu tutuşma, yıldırım düşmesi	20	3	2	3	0,5	0	0,5	0,5	0,5	5	2	0	2	2	2	38

Tesis 3 PGS Risk Değerlendirmesi

Ekipman /Faaliyet	Operasyonel Sapma	Kaza/ bozulma senaryosu	Bölge	P	C	D	Wp	Kst /Kg	Vz	Ld	Cc	D'	Wp	Kst /Kg	Vz	Ld	Cc	Risk
Paketleme	Toz patlaması	Ekipman yüzeyinde veya yakında yapılacak ateşli çalışma ile ekipman yüzeyinin ısınması sonucu tutuşma, elektrikli cihazlar veya kontrolsüz elektrik akımları nedeniyle çıkacak kıvılcım sonucu tutuşma, dolum esnasında çalışan ile statik elektrik farkından dolayı çıkacak kıvılcım sonucu tutuşma, paketleme odasının ısıtılması için kullanılan elektrikli ısıtıcı nedeniyle tutuşma, yıldırım düşmesi	20	3	3	3	0,5	0	0	0	0,25	3,75	2	0	0	0	1	36,75
Arıtma tesisi Anaerobik tank basınç ventili	Gaz patlaması	Anaerobik tankın üzerinde meydana gelebilecek herhangi bir metan gazı kaçağı sonucu oluşan patlayıcı ortamın; Tank üzerinde yer alan elektrikli ekipmanlar veya kaçak elektrik akımı nedeniyle tutuşması, kontrol amacıyla tankın üzerinde çıkacak personelin statik elektrik yüklenmesi sonucu çıkacak kıvılcım sonucu tutuşma, yapılacak ateşli çalışmalar sonucu tutuşma ve yıldırım düşmesi tutuşma meydana gelebilir.	20	3	1	3	0,25	0	0,5		0,25	4	1	0	2		1	16
Kazanı 1	Gaz patlaması	Herhangi bir doğalgaz kaçağı sonucu oluşacak patlayıcı gaz atmosfer de; kazan ve boru hattı çevresinde yapılacak ateşli çalışma ile tutuşması, çalışanların statik elektrik	22	1	2	1	0,5	0	0,5		0,25	2,25	2	0	2		1	9,5

Tesis 3 PGS Risk Değerlendirmesi

Ekipman /Faaliyet	Operasyonel Sapma	Kaza/ bozulma senaryosu	Bölge	P	C	D	Wp	Kst /Kg	Vz	Ld	Cc	D'	Wp	Kst /Kg	Vz	Ld	Cc	Risk
		yükle yüklenmesi sonucu çıkabilecek kıvılcım ile tutuşma, kaçak elektrik akımı sonucu tutuşma, yıldırım düşmesi sonucu tutuşma meydana gelebilir.																
Kazanı 2	Gaz patlaması	Herhangi bir doğalgaz kaçağı sonucu oluşacak patlayıcı gaz atmosfer de; kazan ve boru hattı çevresinde yapılacak ateşli çalışma ile tutuşması, çalışanların statik elektrik yükü yüklenmesi sonucu çıkabilecek kıvılcım ile tutuşma, kaçak elektrik akımı sonucu tutuşma, yıldırım düşmesi sonucu tutuşma meydana gelebilir.	22	1	2	1	0,5	0	0,25		0,25	2	2	0	1		1	8
Kazanı 3	Gaz patlaması	Herhangi bir doğalgaz kaçağı sonucu oluşacak patlayıcı gaz atmosfer de; kazan ve boru hattı çevresinde yapılacak ateşli çalışma ile tutuşması, çalışanların statik elektrik yükü yüklenmesi sonucu çıkabilecek kıvılcım ile tutuşma, kaçak elektrik akımı sonucu tutuşma, yıldırım düşmesi sonucu tutuşma meydana gelebilir.	22	1	2	1	0,5	0	0,25		0,25	2	2	0	1		1	8
Paketlenmiş ürünün kamyonu doldurulması	Toz patlaması	Elektrik kaçağı veya statik elektrik sebebiyle kıvılcım oluşumu, ısınma sonucu toz bulutunun tutuşması	22	1	1	1	0,5	0	0	0	0,25	1,75	2	0	0	0	1	4,75

Tesis 3 PGS Risk Değerlendirmesi

Ekipman /Faaliyet	Operasyonel Sapma	Kaza/ bozulma senaryosu	Bölge	P	C	D	Wp	Kst /Kg	Vz	Ld	Cc	D'	Wp	Kst /Kg	Vz	Ld	Cc	Risk
Arıtma tesisi Anaerobik tank meşale arası bağlantılar	Gaz patlaması	Anaerobik meşale arası bağlantılarda meydana gelebilecek herhangi bir metan gazı kaçağı sonucu oluşan patlayıcı ortamın; bölgede yer alan elektrikpanosu veya kaçak elektrik akımı nedeniyle tutuşması, kontrol amacıyla bölgede bulunan personelin statik elektrik yüklenmesi sonucu çıkacak kıvılcım sonucu tutuşma, yapılacak ateşli çalışmalar sonucu tutuşma ve yıldırım düşmesi tutuşma meydana gelebilir.	22	1	1	1	0,25	0	0,25		0,25	1,75	1	0	1		1	4,75
Doğalgaz regülatörü bağlantıları	Gaz patlaması	Herhangi bir doğalgaz kaçağı sonucu oluşacak patlayıcı gaz atmosfer de; kazan ve boru hattı çevresinde yapılacak ateşli çalışma ile tutuşması, kaçak elektrik akımı sonucu tutuşma, yıldırım düşmesi sonucu tutuşma meydana gelebilir.	22	1	1	1	0,25	0	0,25		0,25	1,75	1	0	1		1	4,75

EK- 3

PATLAMADAN KORUNMA DOKÜMANI

İÇİNDEKİLER

1. Tesisin Genel Tanıtımı	1
1.1. Tesisin Tanıtımı	1
1.2. Tesiste Yapılan Faaliyetler	2
1.3. Tesiste Bulunan Patlayıcı Maddeler	9
2. Patlama Riskinin Belirlenmesi	10
2.1. Patlayıcı Maddelerin Patlama Karakteristikleri	10
2.2. Risk Değerlendirmesi	12
2.3. Tutuşturucu Kaynaklar	13
2.4. Boşalma Kaynakları Listesi	21
2.5. Patlayıcı Ortamların Sınıflandırılması	23
2.6. Patlama Etkileri.....	26
2.6.1. Patlamanın Yapılar Üzerindeki Etkisi	26
2.6.2. Patlamanın Çalışanlar Üzerindeki Etkisi.....	29
3. Patlamadan Korunma Önlemleri.....	32
3.1. Organizasyonel Önlemler	32
3.1.1. Görev Tanımları	32
3.1.2. Yetkinlik	32
3.1.3. Eğitim	32
3.1.4. İşletme Talimatları ve İş Süreçleri.....	32
3.1.5. Çalışma İzin Sistemi.....	33
3.1.6. Bakım ve Kontrol Sistemi	33
3.1.7. Acil Durumlar.....	33
3.1.8. Acil Durum Tatbikatları	33
3.2. Teknik Önlemler	34
3.2.1. Gaz Algılama Cihazları	34
3.2.2. Elektrikli Proses Ekipmanları.....	34
3.2.3. Statik Elektrik ve Topraklama.....	34

3.2.4.	Yıldırımılık	34
3.2.5.	Diğer Tutuşturucu Kaynakların Kontrolü.....	35
3.2.6.	Patlama Etkilerinin Azaltılması.....	35
4.	Sorumluluklar ve Güncelleme	36
5.	Patlamadan Korunma Dokümanı Ekleri	36

1. Tesisin Genel Tanıtımı

1.1.Tesisin Tanıtımı

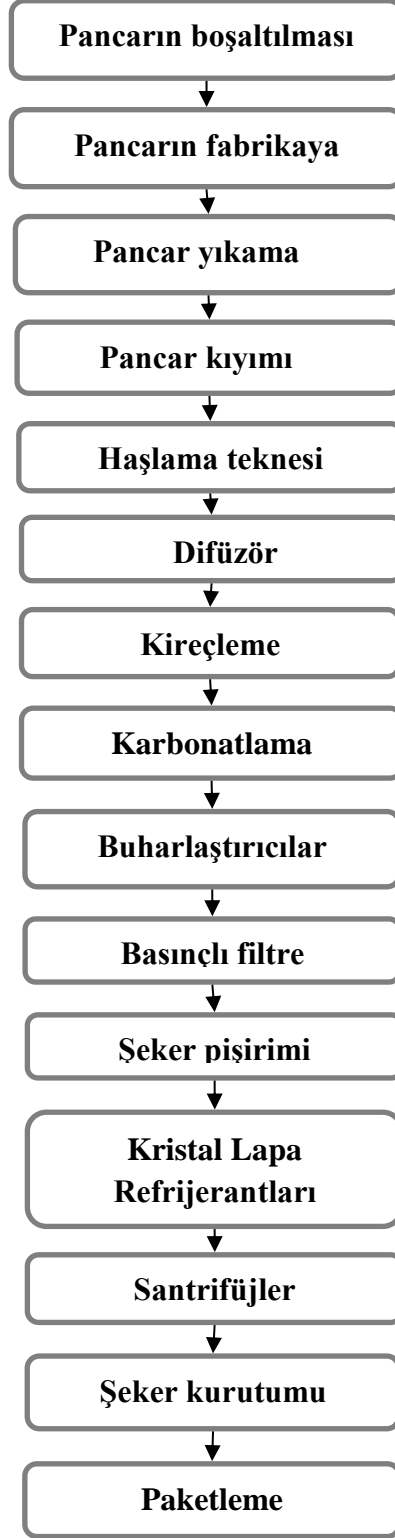
Tesis 1962 yılında şeker pancarından şeker üretimi yapmak üzere kurulmuştur. Tesiste 535 işçi olmak üzere toplam 665 çalışan görev almaktadır. Ayrıca, kampanya döneminde yaklaşık 350 alt işveren çalışanı görev yapmaktadır. Tesis toplam 250 hektarlık bir alan üzerine kurulmuştur. Tesisin fiili kapasitesi 3 600 ton/gündür ve yılda yaklaşık 50 000 ton üretim yapılmaktadır. Tesis, ISO 2200 Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi belgesine sahiptir.

Tesiste prosesin birçok aşamasında kullanılan kızgın buhar, tesiste bulunan iki kazan dairesinde yer alan toplam üç adet kazanla doğal gaz kullanılarak üretilmektedir.

Şeker fabrikası atık suları yüksek oranda kirlilik içerdiğinden tesiste, organik kirlilik içeren atık sular anaerobik biyolojik arıtımla arıtıldıktan sonra şehrin deşarj rögarına deşarj edilmektedir.

1.2.Tesiste Yapılan Faaliyetler

Tesiste şeker üretimi süreci basamakları Şekil 1’de yer almaktadır.



EK-3 Şekil 1. Şeker üretim süreci

Pancardan şeker üretiminde temel süreçler ve kullanılan başlıca makine ve tesisler ile bu tesislerde yapılan işlemler aşağıda özetlenmiştir.

Pancarın Boşaltılması

Şeker fabrikasına sevk edilen pancar, fabrika meydanındaki kantarlarda tartılır. Toprak firesi tespit edilir ve meydandaki pancar silolarına, otomatik (mekanik) boşaltma sistemi ile boşaltılır.

Pancarın Silolardan Fabrikaya Sevki

Silolarda bulunan pancar, yüzdürme kanallarından fabrikaya su ile sevk edilir. Pancar yüzdürme kanalları vasıtasıyla fabrikaya sevk edilen pancar içindeki otlar, kanallar üzerinde bulunan ot tutucuda, taşlar ise taş tutucuda ayrıştırılır.

Pancar Yıkama Makinesi

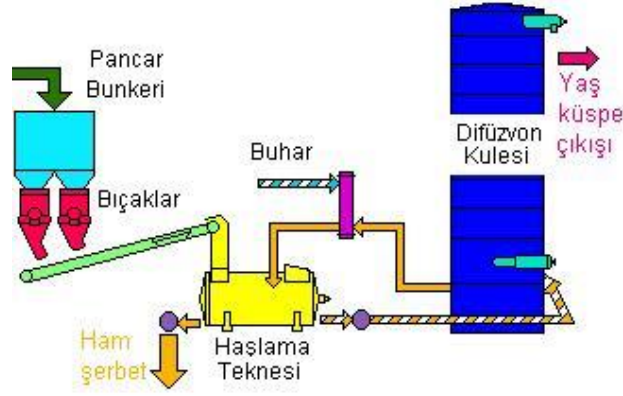
Taşından, kumundan, toprağından kısmen ayrılan pancar; döner kollu yıkama teknesinde 10-15 dakika döndürülerek yıkanır. Yıkama işlemi ön yıkama, esas yıkama ve durulamadan ibarettir. Yıkama işleminin amacı pancar ile birlikte fabrikaya gelen taş, çamur ve pancar kuyruğundan pancarı arındırmaktır.

Pancar Kıyım Makineleri

Kıyım makinelerinde pancar teknolojik değerlere uygun olarak kıyılır. Pancar kıyım makineleri genellikle ekseni üzerinde dikilmiş silindirik bir bunker ve bu eksene dik dönebilen bir pancar kıyım tablasından oluşur. Ağırlığı ile bıçaklara gelen pancar dönen bıçaklar vasıtasıyla kıyım haline getirilir.

Haşlama Teknesi

Pancar bıçaklarında kıyılan pancar haşlama teknesine verilir. Haşlama teknesi kule difüzöründen çekilen sirkülasyon şerbeti ile kıyımların karıştırıldığı silindirik bir kazandır. Burada amaç hem ısıtıcıdan geçirilen sirkülasyon şerbeti ile kıyımları ısıtarak difüzör kule ortasında sıcaklığını optimal difüzyon sıcaklığı olan 70-72 °C ye getirmek ve pancarın hücrelerini denatüre ederek şeker çıkışını sağlamak, hem de şerbetle karıştırarak difüzöre pompalanabilir hale getirmektir.



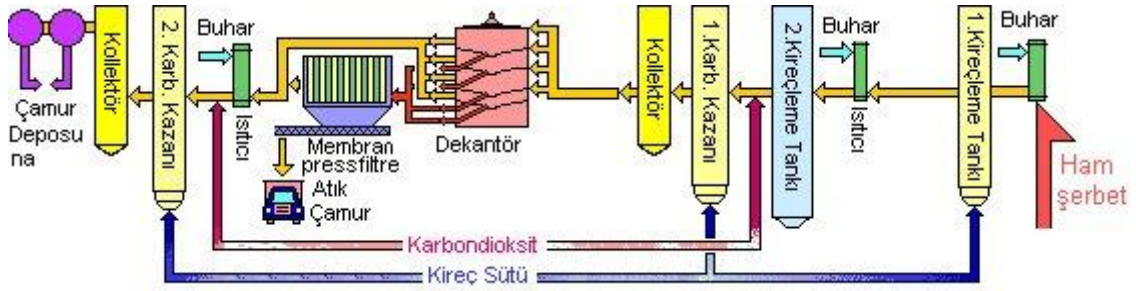
EK-3 Şekil 2. Pancar kıyımı, haşlama teknesi ve difüzyon kulesi

Difüzör

Kule difüzörü yaklaşık 16 m yüksekliğinde çapı kapasiteye göre 3,30 m ile 5,20 m arasında değişen dikey silindirik bir kazandır. Kazan içinde kıyım taşıyıcı kollar vardır. Haşlama teknesinde pancar kıyımları şerbetle karıştırılarak difüzyon kulesinin alt süzgecinin hemen üzerine basılır. Şekerin ters akım prensibine göre su ile ekstraksiyonu burada gerçekleşir. Difüzyonun orta kısmındaki sıcaklığı 70-72 °C civarındadır. pH değeri 5,8 altına düşmemelidir. Difüzyona su ve prese suyu üst kısımdan verilir. Dönen kanatlar vasıtasıyla kıyımlar kulenin altında tepesine doğru, ham şerbet ise kulenin alt kısmına doğru ilerler. Kıyımlar difüzyonu yaklaşık 60-75 dakikada terk eder.

Birinci Kireçleme

Birinci Kireçlemede amaç, ham şerbetteki şeker dışı maddeleri, kademeli olarak pH 11'e getirerek çöktürmektir. Difüzyondan alınan şerbetin kuru maddesi %12-17 şeker yüzdesi 11-15 ve aralığı yaklaşık 84-89 civarındadır. I. Kireçleme altı bölmeli, U kesitinde tabandan biraz yüksekte olan levhalarla bölünmüştür. Bu levhaların üst kısmında hareket edebilir kanatlar mevcuttur. Tekneyi baştan başakateden bir mil ve üzerinde her bölmeyle ait kanatlar vardır. Teknenin bir ucundan ham şerbet verilerek bölmeden bölmeye ilerlerken, diğer ucundan alttan verilen kireç sütü $[Ca(OH)_2]$ sabit kanatların altından ters istikamette ilerleyerek ham şerbete karışır. Kireçleme süresi 20 dakika, sıcaklığı 65 °C, son bölmenin pH değeri ise 11 civarındadır.



EK -3 Şekil 3. Kireçleme ve karbonatlama işlemleri

İkinci Kireçleme

Birinci kireçleme sonunda şeker dışı maddeler pıhtılaşmış ve süzölmeye hazır hale gelmiştir. Sıcaklık 86-88 °C; pH değeri 12,6; süre ise 10-15 dakikadır. II. kireçlemede amaç şerbet içindeki invert şekeri parçalamak ve bakteri faaliyetini durdurmaktır.

Birinci Karbonatlama

I.ve II. Kireçlemeden geçen ham şerbet 80-82 °C de birinci karbonatlamaya gelir. Karbonatlama kazanı silindirik bir kuleye benzemekte olup, ters akım prensibine göre çalışmaktadır. Kireçlenmiş şerbet üstten, karbondioksit gazı ise alt kısımdan verilir. Çökme işlemi tamamlanmış şerbet karbonatlama kazanının alt kısmından alınır. Birinci karbonatlamaya pH değeri 12 olarak gelen kireçli şerbet pH değeri 10,8-11,2 arasında terk eder.

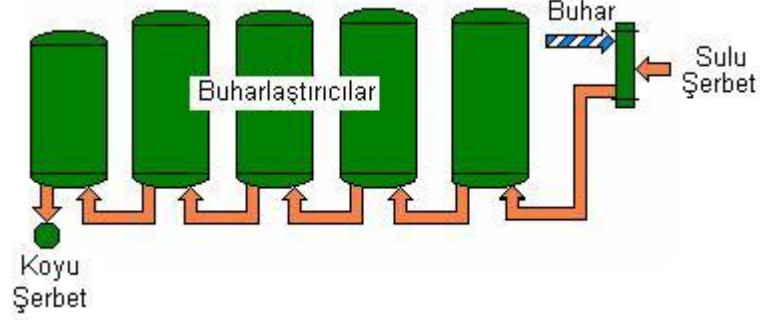
Birinci karbonatlama çamurlu şerbeti dekantörde çöktürölür. Dekantörün üstünde berrak şerbet altında çamur birikir. Dekantör çamuru pompa vasıtasıyla pres filtrelelere veya döner filtrelelere gönderilerek şerbet çamurundan ayrılır. Isıtıcılarda 94-96 °C ye kadar ısıtılan şerbet ikinci karbonatlamaya basılır.

İkinci Karbonatlama

Filtre edilen birinci karbonatlama şerbeti, içindeki kalan kireci de alabilmek için ikinci karbonatlamaya tabi tutulur. Sıcaklık 92-95 °C civarındadır, şerbet filtrelerden süzölerek sulu şerbet elde edilir. Sulu şerbetin kuru maddesi %12-15 arasındadır. Rengi açık sarı ve berraktır.

Buharlaştırıcılar

Sulu şerbetin koyulaştırıldığı istasyondur. şerbet buharlaştırıcıya alttan girer, buhar kamarası içinden geçen boruların dışındaki ısıtma buharının etkisiyle buharlaşarak yükselir ve ısıtma kamarasının tam ortasındaki sirkulasyon borusundan tekrar aşağı inerek diğer buharlaştırıcıya geçer.



EK- 3 şekil 4. Buharlaştırıcılar

Buharlaştırıcıdan alınan şerbete koyu şerbet denir. Koyu şerbetin kuru maddesi 60-65, arılığı sulu şerbetten bir birim daha fazla, koyu sarı ile açık kahverengi arası, renkli, viskoz bir şeker ozeltisidir. Koyu şerbet pişirme elverişli hale geldiği için artık rafineriye gönderilir.

Rafineri

Basınçlı Filtreler

Rafineride ilk işlem %60-65 kuru maddeli koyu şerbetin süzülmesidir. Bu işlem için basınçlı filtreler kullanılmaktadır. Basınçlı filtrelerin süzme yüzeyleri 45 m²'dir.

şeker Pişirimi

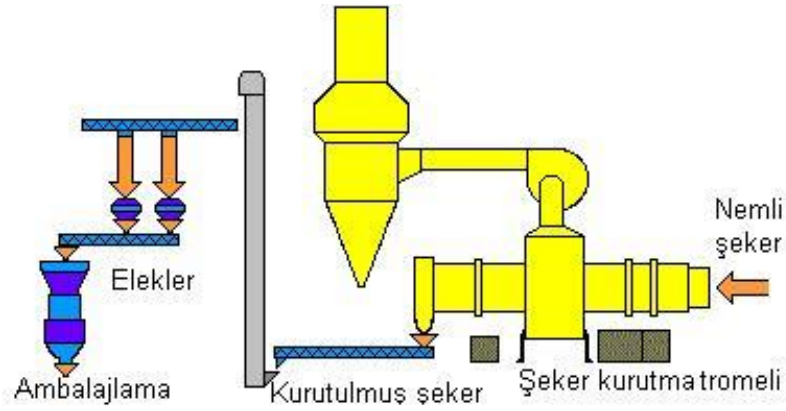
Kristalizasyon işlemi; vakum altında çalışan ve bir buhar kamarası aracılığıyla ısıtılan, dikey silindir kazanlarda yapılır. Kazanların ısıtma yüzeyleri 280 m², çapları 4,2 metre ve 60 ton lapa üretimi yapacak şekilde tasarlanmışlardır. Pişirim başlangıcında önce buhar kamarasının üstüne kadar pişirim için gerekli şurup çekilir ve buharlaştırılarak aşırı doygun hale gelinceye kadar koyulaştırılır. Aşırı doygun şuruba pudra şekeri maya olarak verilerek kristal taneleri oluşturulur ve koyulaştırmaya devam edilerek bu taneler büyütülür. Lapanın kuru maddesi % 92-94 e gelince pişirme son verilip, aparatın alt kapağı açılarak lapa refrijerantlara alınır. Pişirim otomasyonu olan tesiste bütün bu işlemler seviye ve kuru madde parametrelerine tabi olarak bilgisayar destekli otomasyon sistemi vasıtasıyla gerçekleştirilir.

Kristal Lapa Refrijerantları

Kristal şeker lapası refrijerantlara alınır. Refrijerantlar çapları 2,5 metre, boyları 9 metre olan U şeklinde teknelerdir. Refrijerantlardaki lapa santrifüjlere işlenmek üzere sevk edilir.

Santrifüjler (kristal şeker)

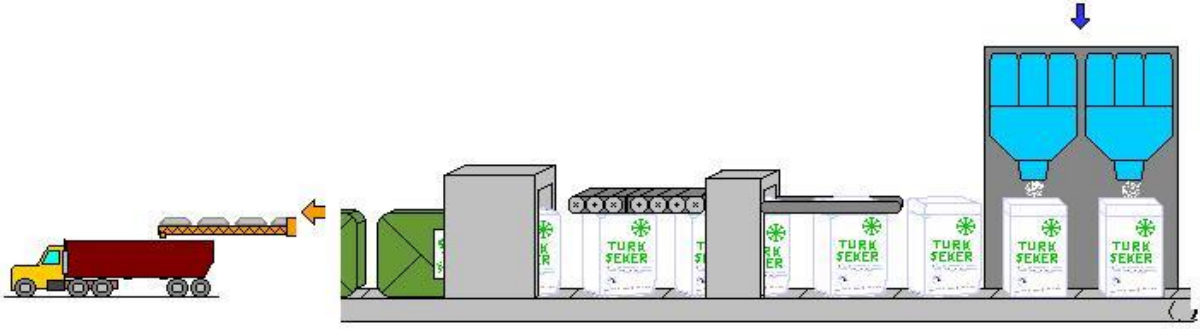
Kristal lapa içindeki sakaroz kristallerinin ayrılması işlemi santrifüjlerde yapılır. Santrifüj üstten bir motorla çevrilen etrafı delikli levhayla kaplı silindirik yapıya sahiptir. Lapa santrifüjlendiğinde kristaller silindirin içinde kalırken şurup dışındaki gövdeye savrulur ve buradan depoya gönderilir. Şurubu ayrılan şeker kristalleri su ve buhar püskürtülerek yıkanır ve kurutma ünitesine gönderilir.



EK-3 Şekil 5. Şeker kurutumu ve ambalajlanması

Şekerin Kurutulması ve Ambalajlanması

Santrifüjlerden çıkan şeker kurutma ünitesine nakledilir. Karıştırılarak sıcak hava ile kurutulan şeker soğutularak kristal şeker bunkerine gider. Kristal şeker depoya girmeden önce elenir. Artık kristal şeker elde edilmiş olup, ambalajlama işlemine hazırdır. Bunkerin alt kısmında hassas kantarda tartılır, 50 kg'lık polipropilen torbalara konarak kamyonlara sevk edilir.

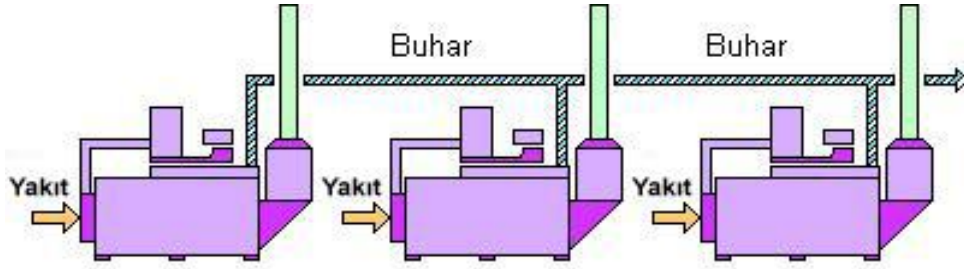


EK-3 Şekil 6. Şeker çuvallarının kamyonlara aktarımı

Enerji Üretimi ve Diğer Yan Tesisler

Buhar Kazanları

Şeker üretim prosesinde kullanılan ısı ve elektrik enerjisi fabrika içerisinde yer alan kazan ve türbin dairesinden oluşan tesislerden elde edilir. Şeker fabrikalarında yüksek basınçlı kızgın buhar üreten kazanlar kullanılmaktadır. Kazanlarda yakıt olarak doğal gaz kullanılmaktadır. Tesiste enerji üretiminde kullanılan 3 adet kazan bulunmaktadır.



EK-3 Şekil 7. Buhar kazanları

Atık Su Arıtımı

Atık su arıtım tesisi fabrika tesislerinden uzak bir bölgede 2008 yılında kurulmuştur.

Şeker Fabrikası atık suları yüksek oranda kirlilik içermektedir. Organik kirlilik içeren atık sular anaerobik biyolojik arıtımla arıtıldıktan sonra ASKİ Deşarj Rögarına deşarj edilir. Atık su arıtım tesisi, Anaerobik ön arıtım sistemini içermektedir. Sistemi oluşturan ünitelerden geleme havuzu, ısı değıştirciler ,hidroliz tankı, anaerobik tank, lamella dekantördür.

Dengeleme havuzu: Pancar yüzdürme ve yıkama suyu devresinde oluşan atık sular, Brükner havuzunda durultularak, berrak su yüzdürme devresine geri döndürülmektedir. Altta kalan çamurlu su ise toprak durultma havuzlarına gönderilmekte ve toprak havuzlarda durulan su dengeleme havuzuna gelmektedir. Bu havuza ayrıca Fabrika atık suları alınarak arıtılmaktadır.

Isı değiştiriciler: Atık su, kampanya süresince fabrikadan gelen sıcak su taşkanı veya barometrik kondanse suyu yardımı ile 37°C'ye ısıtılarak hidroliz tankına gönderilmektedir. şeker üretim kampanyası bittikten sonra ısı değiştiriciler buhar yardımıyla çalıştırılmaktadır.

Hidroliz Tankı: Tanka karışımın sağlanması için bir karıştırıcı bulunmaktadır. Taşkan vasıtasıyla atık su hidroliz tankından anaerobik tanka gönderilmektedir. Tankın çatısında tankı alçak ve yüksek basınçtan korumak için emniyet ventili bulunmaktadır.

Anaerobik tank: Anaerobik parçalanmanın ve metan gazı üretiminin gerçekleştiği tank tam izolasyonlu,16,74 m çapında olup içindeki maksimum su yüksekliği 16,7 m ve hacmi 5000 m³'dür.Tankın üstten 1 m'lik kısmında (gaz üretiminin yapıldığı hacim) krom nikel kaplamadır. Tankta karışımın sağlanması için bir karıştırıcı bulunmaktadır. Tank çatısında tankı alçak ve yüksek basınçtan korumak için emniyet ventili bulunmaktadır. Anaerobik tankta oluşan biyogaz meşalede yakılmaktadır.

1.3.Tesiste Bulunan Patlayıcı Maddeler

Tesiste yapılan inceleme sonucu patlayıcı ortam oluşturan 1 toz, 2 gaz olmak üzere toplam 3 patlayıcı özellikte madde tespit edilmiştir. Tesiste üretilen şeker patlayıcı toz olup, patlama karakteristikleri Bölüm 2.1.'de anlatılmaktadır. Tesiste enerji üretimi yapılan kazanlarda enerji kaynağı olarak kullanılan doğalgaz ve ön arıtma tesisinde anaerobik tankta meydana gelen metan patlayıcı özellikte olup, patlama karakteristikleri Bölüm 2.1'de yer almaktadır.

2. Patlama Riskinin Belirlenmesi

2.1. Patlayıcı Maddelerin Patlama Karakteristikleri

Tesiste işlenen ve patlayıcı toz olan şeker hakkında literatür taraması yapılmış ve yapılan test sonuçları değerlendirilmiştir. Tesiste işlenen şekerin patlayıcılık özellikleri Tablo 1’de yer almaktadır. Tablo 1’de verilen partikül büyüklüğü değerleri, 2015-2016 kampanya dönemi boyunca üretilen toplam şekerde belirli periyotlarda yapılan test sonuçlarının ortalamasını içermektedir.

EK-3 Tablo 1. Üretilen şekerin patlayıcılık özellikleri

Partikül büyüklüğü (μm)					ME C g/m^3	P_{max} bar	K_{st} bar $\cdot\text{m}/\text{s}$	MIE mj	Bulut Tutuşma Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	Tabaka Tutuşma Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
800 (%)	630 (%)	500 (%)	400 (%)	<400 (%)						
10,11	31,17	27,63	15,52	15,57	60	9,5	202	30	370	400

Tablo 1 incelendiğinde, TS EN 60079-10-2: 2015 standardına göre tesiste üretilen şekerin % 58,72’sinin nominal büyüklüğü 500 μm ve daha düşük olduğundan yanıcı toz, %41,28’inin ise nominal boyutu ise 500 μm ’den daha büyük olduğundan yanıcı uçucu olduğu görülmektedir.

Tesiste enerji üretilen Kazan 1, 2 ve 3’te enerji kaynağı olarak kullanılan doğalgazın ve arıtma tesisinde anaerobik tankta meydana gelen metan gazının patlama karakteristikleri Tablo 2’de yer almaktadır.

EK-3 Tablo 2. Tesisteki patlayıcı gazların özellikleri

	Yanıcı maddeler						Uçuculuk		Patlama limiti		Patlama karakteristikleri	
	Adı	Mol kütlesi (kg/kmol)	Bağıl yoğunluk gaz/hava	Politropik indeks	Parlama noktası (°C)	Tutuşma sıcaklığı (°C)	Kaynama noktası (°C)	Buhar basıncı 20°C (kPa)	Hacim (%)	Kütle (kg/m ³)	Ekipman grubu	Sıcaklık sınıfı
1	Metan	16,04	0,5545	1,30	-188	580	-161,4	gaz	4,4	0,029	IIA	T1
2	Doğal gaz	19,5	0,6	1,22	-184	580	-	gaz	4,4	0,029	IIA	T1

2.2. Risk Değerlendirmesi

Şeker üretimi yapılan tesiste patlama riski bulunan toplam 11 ekipman/bölge tespit edilmiş olup, tespit edilen ekipman/bölgelerde yapılan risk değerlendirmesi ve hesaplamalar ekte yer almaktadır. Tesiste patlamaya yönelik PGS yöntemiyle yapılan risk değerlendirmesi sonuçları Tablo 3'te yer almaktadır.

EK-3 Tablo 3. Risk değerlendirmesi sonuçları

No	Ekipman /Faaliyet	PGS
1	Şeker kurutucu	38
2	Trommer (kurutucu)	38
3	Şeker bandı	38
4	Paketleme	36,75
5	Anaerobik tank basınç ventili	16
6	Kazanı 1	9,5
7	Kazanı 2	8
8	Kazanı 3	8
9	Paketlenmiş ürünün kamyonlara aktarımı	4,75
10	Anaerobik tank meşale arası bağlantılar	4,75
11	Doğalgaz regülatörü bağlantıları	4,75

PGS yöntemi ile yapılan risk değerlendirmesi sonucunda, şeker kurutucu, trommer, şeker bandı, paketleme bölümlerinin risk seviyesi yüksek; anaerobik tank basınç ventili ve Kazan 1'in risk seviyesi orta; Kazan 2, 3 ile paketlenmiş ürünün kamyonla aktarımı, anaerobik tank meşale arası bağlantılar ve doğalgaz regülatörü bağlantılarının risk seviyesi düşük çıkmıştır.

2.3. Tutuşturucu Kaynaklar

Ek-3 Tablo 4. Tutuşturucu kaynakların bulunma ve aktif hale gelmeleri

Tutuşturucu Kaynaklar	Ekipman/Bölge	Efektif bir kaynak mı?	Etkin hale gelebilir mi?
Sıcak Yüzeyler	1. Şeker kurutucu	EVET	EVET. Ekipman yüzeyinde veya yakının yapılacak ateşli çalışma sonucu sıcak yüzeyler oluşabilir. EVET. Ekipman içerisinde fazla yüklenme ve sürtünme sebebiyle sıcak yüzeyler oluşabilir.
	2. Trommer	EVET	EVET. Ekipman yüzeyinde veya yakının yapılacak ateşli çalışma sonucu sıcak yüzeyler oluşabilir. EVET. Ekipman içerisinde fazla yüklenme ve sürtünme sebebiyle sıcak yüzeyler oluşabilir.
	3. Şeker bandı	EVET	EVET. Ekipman yüzeyinde veya yakının yapılacak ateşli çalışma sonucu sıcak yüzeyler oluşabilir. EVET. Ekipman içerisinde fazla yüklenme ve sürtünme sebebiyle sıcak yüzeyler oluşabilir.
	4. Paketleme	EVET	EVET. Ekipman yüzeyinde veya yakının yapılacak ateşli çalışma sonucu sıcak yüzeyler oluşabilir. EVET. Paketleme bölümünde kullanılan elektrikli ısıtıcıda sıcak yüzey oluşmaktadır.
	5. Paketlenmiş ürünün kamyonlara doldurulması	EVET	EVET. Ekipman yüzeyinde veya yakının yapılacak ateşli çalışma sonucu sıcak yüzeyler oluşabilir.
	6. Kazan 1	EVET	EVET. Ekipman yüzeyinde veya yakının yapılacak ateşli çalışma sonucu sıcak yüzeyler oluşabilir.
	7. Kazan 2	EVET	EVET. Ekipman yüzeyinde veya yakının yapılacak ateşli çalışma sonucu sıcak yüzeyler oluşabilir.

Tutuşturucu Kaynaklar	Ekipman/Bölge	Efektif bir kaynak mı?	Etkin hale gelebilir mi?
Sıcak Yüzeyler	8. Kazan 3	EVET	EVET. Ekipman yüzeyinde veya yakının yapılacak ateşli çalışma sonucu sıcak yüzeyler oluşabilir.
	9. Anaerobik tank emniyet ventili	EVET	EVET. Ekipman yüzeyinde veya yakının yapılacak ateşli çalışma sonucu sıcak yüzeyler oluşabilir.
	10. Anaerobik tank meşale arası bağlantılar	EVET	EVET. Ekipman yüzeyinde veya yakının yapılacak ateşli çalışma sonucu sıcak yüzeyler oluşabilir.
	11. Doğalgaz regülatörü bağlantıları	EVET	EVET. Ekipman yüzeyinde veya yakının yapılacak ateşli çalışma sonucu sıcak yüzeyler oluşabilir.
Alev ve sıcak gazlar	1. şeker kurutucu	HAYIR	-
	2. Trommer	HAYIR	-
	3. şeker bandı	HAYIR	-
	4. Paketleme	HAYIR	-
	5. Paketlenmiş ürünün kamyonlara doldurulması	HAYIR	-
	6. Kazan 1	EVET	EVET. Ekipman çevresinde yapılacak ateşli çalışmalarda patlayıcı ortam içerisinde alev meydana gelebilir. HAYIR. Önlem olarak çalışma izni sistemi kullanılmaktadır.
	7. Kazan 2	EVET	EVET. Ekipman çevresinde yapılacak ateşli çalışmalarda patlayıcı ortam içerisinde alev meydana gelebilir. HAYIR. Önlem olarak çalışma izni sistemi kullanılmaktadır.
	8. Kazan 3	EVET	EVET. Ekipman çevresinde yapılacak ateşli çalışmalarda patlayıcı ortam içerisinde alev meydana gelebilir. HAYIR. Önlem olarak çalışma izni sistemi kullanılmaktadır.
	9. Anaerobik tank emniyet ventili	EVET	EVET. Ekipman çevresinde yapılacak ateşli çalışmalarda

Tutuşturucu Kaynaklar	Ekipman/Bölge	Efektif bir kaynak mı?	Etkin hale gelebilir mi?
Alev ve sıcak gazlar			patlayıcı ortam içerisinde alev meydana gelebilir. HAYIR. Önlem olarak çalışma izni sistemi kullanılmaktadır.
	10. Anaerobik tank meşale arası bağlantılar	EVET	EVET. Ekipman çevresinde yapılacak ateşli çalışmalarda patlayıcı ortam içerisinde alev meydana gelebilir. HAYIR. Önlem olarak çalışma izni sistemi kullanılmaktadır.
	11. Doğalgaz regülatörü bağlantıları	EVET	EVET. Ekipman çevresinde yapılacak ateşli çalışmalarda patlayıcı ortam içerisinde alev meydana gelebilir. HAYIR. Önlem olarak çalışma izni sistemi kullanılmaktadır.
Mekanik olarak oluşan kıvılcımlar	1. Şeker kurutucu	HAYIR	-
	2. Trommer	HAYIR	-
	3. Şeker bandı	HAYIR	-
	4. Paketleme	EVET	EVET. Bakım ve onarım çalışmalarında çarpmalardan dolayı potansiyel kıvılcım kaynakları mevcuttur. HAYIR. Önlem olarak çalışma izni sistemi kullanılmaktadır.
	5. Paketlenmiş ürünün kamyonlara doldurulması	EVET	EVET. Bakım ve onarım çalışmalarında çarpmalardan dolayı potansiyel kıvılcım kaynakları mevcuttur. HAYIR. Önlem olarak çalışma izni sistemi kullanılmaktadır.
	6. Kazan 1	EVET	EVET. Bakım ve onarım çalışmalarında çarpmalardan dolayı potansiyel kıvılcım kaynakları mevcuttur. HAYIR. Önlem olarak çalışma izni sistemi kullanılmaktadır.
	7. Kazan 2	EVET	EVET. Bakım ve onarım çalışmalarında çarpmalardan dolayı potansiyel kıvılcım kaynakları mevcuttur. HAYIR. Önlem olarak çalışma izni sistemi kullanılmaktadır.
	8. Kazan 3	EVET	EVET. Bakım ve onarım çalışmalarında çarpmalardan dolayı potansiyel kıvılcım kaynakları mevcuttur. HAYIR. Önlem olarak çalışma izni sistemi kullanılmaktadır.

Tutuşturucu Kaynaklar	Ekipman/Bölge	Efektif bir kaynak mı?	Etkin hale gelebilir mi?
Mekanik olarak oluşan kıvılcımlar	9. Anaerobik tank emniyet ventili	EVET	EVET. Bakım ve onarım çalışmalarında çarpmalardan dolayı potansiyel kıvılcım kaynakları mevcuttur. HAYIR. Önlem olarak çalışma izni sistemi kullanılmaktadır.
	10. Anaerobik tank meşale arası bağlantılar	EVET	EVET. Bakım ve onarım çalışmalarında çarpmalardan dolayı potansiyel kıvılcım kaynakları mevcuttur. HAYIR. Önlem olarak çalışma izni sistemi kullanılmaktadır.
	11. Doğalgaz regülatörü bağlantıları	EVET	EVET. Bakım ve onarım çalışmalarında çarpmalardan dolayı potansiyel kıvılcım kaynakları mevcuttur. HAYIR. Önlem olarak çalışma izni sistemi kullanılmaktadır.
Elektrikli cihazlar	1. Şeker kurutucu	EVET	EVET. Ekipman ve çevresinde elektrikli cihazlar mevcuttur.
	2. Trommer	EVET	EVET. Ekipman ve çevresinde elektrikli cihazlar mevcuttur.
	3. Şeker bandı	EVET	EVET. Ekipman ve çevresinde elektrikli cihazlar mevcuttur.
	4. Paketleme	EVET	EVET. Ekipman ve çevresinde elektrikli cihazlar mevcuttur.
	5. Paketlenmiş ürünün kamyonlara doldurulması	HAYIR	-
	6. Kazan 1	EVET	HAYIR. Ekipman çevresindeki elektrikli cihazlar ATEX ekipmanlardır.
	7. Kazan 2	EVET	HAYIR. Ekipman çevresindeki elektrikli cihazlar ATEX ekipmanlardır.
	8. Kazan 3	EVET	HAYIR. Ekipman çevresindeki elektrikli cihazlar ATEX ekipmanlardır.
	9. Anaerobik tank emniyet ventili	EVET	HAYIR. Ekipman çevresindeki elektrikli cihazlar ATEX ekipmanlardır.
	10. Anaerobik tank meşale arası	EVET	HAYIR. Ekipman çevresindeki elektrikli cihazlar ATEX

Tutuşturucu Kaynaklar	Ekipman/Bölge	Efektif bir kaynak mı?	Etkin hale gelebilir mi?
	bağlantılar		ekipmanlardır.
	11. Doğalgaz regülatörü bağlantıları	HAYIR	-
KontROLSÜZ elektrik akımları ve katodik korozyon koruması	1. Şeker kurutucu	EVET	HAYIR. KontROLSÜZ elektrik akımlarına karşı kaçak akım rölesi ve topraklama mevcuttur.
	2. Trommer	EVET	HAYIR. KontROLSÜZ elektrik akımlarına karşı kaçak akım rölesi ve topraklama mevcuttur.
	3. Şeker bandı	EVET	HAYIR. KontROLSÜZ elektrik akımlarına karşı kaçak akım rölesi ve topraklama mevcuttur.
	4. Paketleme	EVET	HAYIR. KontROLSÜZ elektrik akımlarına karşı kaçak akım rölesi ve topraklama mevcuttur.
	5. Paketlenmiş ürünün kamyonlara doldurulması	EVET	HAYIR. KontROLSÜZ elektrik akımlarına karşı kaçak akım rölesi ve topraklama mevcuttur.
	6. Kazan 1	EVET	HAYIR. KontROLSÜZ elektrik akımlarına karşı kaçak akım rölesi ve topraklama mevcuttur.
	7. Kazan 2	EVET	HAYIR. KontROLSÜZ elektrik akımlarına karşı kaçak akım rölesi ve topraklama mevcuttur.
	8. Kazan 3	EVET	HAYIR. KontROLSÜZ elektrik akımlarına karşı kaçak akım rölesi ve topraklama mevcuttur.
	9. Anaerobik tank emniyet ventili	EVET	HAYIR. KontROLSÜZ elektrik akımlarına karşı kaçak akım rölesi ve topraklama mevcuttur.
	10. Anaerobik tank meşale arası bağlantılar	EVET	HAYIR. KontROLSÜZ elektrik akımlarına karşı kaçak akım rölesi ve topraklama mevcuttur.
	11. Doğalgaz regülatörü bağlantıları	EVET	HAYIR. KontROLSÜZ elektrik akımlarına karşı kaçak akım rölesi ve topraklama mevcuttur.
Statik elektrik	1. Şeker kurutucu	EVET	HAYIR. Ekipmanın gövde topraklaması yapılmış durumdadır

Tutuşturucu Kaynaklar	Ekipman/Bölge	Efektif bir kaynak mı?	Etkin hale gelebilir mi?
Statik elektrik			EVET. Ekipmanı kontrol amaçlı açılabilen bir penceresi mevcuttur. Anti-statik iş kıyafeti giymeyen bir çalışan pencereyi açtığında statik elektrik oluşturabilir.
	2. Trommer	EVET	HAYIR. Ekipmanın gövde topraklaması yapılmış durumdadır
	3. şeker bandı	EVET	HAYIR. Ekipmanın gövde topraklaması yapılmış durumdadır EVET. şeker bandan ve borulardan akış esnasında statik elektrik yüklenerek tutuşturucu kaynak oluşturabilir.
	4. Paketleme	EVET	HAYIR. Ekipmanın gövde topraklaması yapılmış durumdadır EVET. Paketleme bölümü çalışanları anti-statik iş kıyafeti giymemektedir.
	5. Paketlenmiş ürünün kamyonlara doldurulması	HAYIR	-
	6. Kazan 1	EVET	HAYIR. Ekipmanın gövde topraklaması yapılmış durumdadır EVET. Çalışanlar anti-statik iş kıyafeti giymemektedir.
	7. Kazan 2	EVET	HAYIR. Ekipmanın gövde topraklaması yapılmış durumdadır EVET. Çalışanlar anti-statik iş kıyafeti giymemektedir.
	8. Kazan 3	EVET	HAYIR. Ekipmanın gövde topraklaması yapılmış durumdadır EVET. Çalışanlar anti-statik iş kıyafeti giymemektedir.
	9. Anaerobik tank emniyet ventili	EVET	HAYIR. Ekipmanın gövde topraklaması yapılmış durumdadır EVET. Çalışanlar anti-statik iş kıyafeti giymemektedir.
	10. Anaerobik tank meşale arası bağlantılar	EVET	HAYIR. Ekipmanın gövde topraklaması yapılmış durumdadır EVET. Çalışanlar anti-statik iş kıyafeti giymemektedir.

Tutuşturucu Kaynaklar	Ekipman/Bölge	Efektif bir kaynak mı?	Etkin hale gelebilir mi?
	11. Doğalgaz regülatörü bağlantıları	EVET	HAYIR. Ekipmanın gövde topraklaması yapılmış durumdadır EVET. Çalışanlar anti-statik iş kıyafeti giymemektedir.
Yıldırım	1. Şeker kurutucu	EVET	HAYIR. Paratoner mevcuttur.
	2. Trommer	EVET	HAYIR. Paratoner mevcuttur.
	3. Şeker bandı	EVET	HAYIR. Paratoner mevcuttur.
	4. Paketleme	EVET	HAYIR. Paratoner mevcuttur.
	5. Paketlenmiş ürünün kamyonlara doldurulması	EVET	HAYIR. Paratoner mevcuttur.
	6. Kazan 1	EVET	HAYIR. Paratoner mevcuttur.
	7. Kazan 2	EVET	HAYIR. Paratoner mevcuttur.
	8. Kazan 3	EVET	HAYIR. Paratoner mevcuttur.
	9. Anaerobik tank emniyet ventili	EVET	HAYIR. Paratoner mevcuttur.
	10. Anaerobik tank meşale arası bağlantılar	EVET	HAYIR. Paratoner mevcuttur.
	11. Doğalgaz regülatörü bağlantıları	EVET	HAYIR. Paratoner mevcuttur.

TS EN 1127-1 standardında yer alan ve patlayıcı ortamlarda patlamaya sebep olabilecek on üç tutuşturucu kaynak arasında sayılan;

- ✓ Radyo frekans elektromanyetik dalgaları,
- ✓ Elektromanyetik dalgalar,
- ✓ İyonlaştırıcı radyasyon,
- ✓ Ultrasonik ses dalgaları,
- ✓ Adyabatik sıkışma ve şok dalgaları,
- ✓ Ekzotermik tepkimelerin (tozların kendiliğinden tutuşması dâhil)

tesiste belirlenen yapılan incelemede patlama riski bulunan toplam on bir ekipman/bölgenin hiçbirinde efektif tutuşturucu kaynak olmadıkları sonucuna ulaşılmıştır.

2.4.Boşalma Kaynakları Listesi

EK-3 Tablo 5. Boşalma kaynakları listesi

	Boşalma kaynağı			Yanıcı madde		Havalandırma			Patlayıcı bölge			Referans ^e
	Tanım	Yer	Boşalma derecesi ^a	Referans ^b	Hal ^c	Tipi ^d	Seyrelme derecesi	Kullanılabilirliği	Bölge	Bölge genişliği		
										Yatay	Dikey	
1	Flanş	Doğal gaz regülatörü fabrika girişi	t	2	Gaz	d	Orta	İyi	2	1,8	1,8	Ref. 1
2	Vana	Doğal gaz regülatörü fabrika girişi	t	2	Gaz	s	Orta	İyi	2	2,5	2,5	Ref. 1
3	Flanş	Kazan 1 (b.d.ö.)	t	2	Gaz	s	Orta	Orta	2	1,8	1,8	Ref. 1
4	Vana	Kazan 1 (b.d.s.)	t	2	Gaz	s	Orta	Orta	2	1,1	1,1	Ref. 1
5	Flanş	Kazan 1 (b.d.s.)	t	2	Gaz	s	Orta	Orta	2	-	-	Ref. 1
6	Flanş	Kazan 2 (b.d.ö.)	t	2	Gaz	s	Orta	Orta	2	1,8	1,8	Ref. 1
7	Vana	Kazan 2 (b.d.s.)	t	2	Gaz	s	Orta	Orta	2	1,2	1,2	Ref. 1
8	Flanş	Kazan 2 (b.d.s.)	t	2	Gaz	s	Orta	Orta	2	-	-	Ref. 1
9	Flanş	Kazan 3 (b.d.ö.)	t	2	Gaz	s	Orta	Orta	2	1,8	1,8	Ref. 1
10	Vana	Kazan 3 (b.d.s.)	t	2	Gaz	s	Orta	Orta	2	1,2	1,2	Ref. 1
11	Flanş	Kazan 3 (b.d.s.)	t	2	Gaz	s	Orta	Orta	2	-	-	Ref. 1
12	Flanş	Anaerobik tank	t	1	Gaz	d	Yüksek	İyi	2 NE	-	-	Ref. 1
13	Ventil	Anaerobik tank	t	1	Gaz	d	Orta	İyi	0	10	10	Ref. 1
14	Flanş	Anaerobik tank-meşale arası	t	1	Gaz	d	Yüksek	İyi	2 NE	-	-	Ref. 1

	Boşalma kaynağı			Yanıcı madde		Havalandırma			Patlayıcı bölge			
	Tanım	Yer	Boşalma derecesi ^a	Referans ^b	Hal ^c	Tipi ^d	Seyrelme derecesi	Kullanılabilirliği	Bölge	Bölge genişliği		Referans ^e
										Yatay	Dikey	
15	Vana	Anaerobik tank-meşale arası	t	1	Gaz	d	Yüksek	İyi	2 NE	-	-	Ref. 1

^a S:sürekli, a:ana boşalma kaynağı, t:tali boşalma kaynağı
^b Yanıcı toz ve gazların kimyasal özelliklerinin verildiği tablodaki maddenin numarası
^c K:kati, S:sıvı, G:gaz
^d d: doğal, s:suni havalandırma
^e Kullanılan hesaplamalar veya kodlama referansları
Ref1 : TS EN 60079-10-1:2015
b.d.ö. : basınç düşürücü öncesi
b.d.s. : basınç düşürücü sonrası

2.5. Patlayıcı Ortamların Sınıflandırılması

Tesiste yapılan risk değerlendirmesi sonucu belirlenen muhtemel patlayıcı toz ortamlarda inceleme yapılarak hesaplanan patlayıcı toz bölgeleri ve genişlikleri Tablo 4'teyen almaktadır. Tesiste toplam altı yerde patlayıcı toz bölge sınıflandırması yapılmıştır. Patlayıcı bölge sınıflandırmaları TS EN 60079-10-2: 2015 standardı çerçevesinde yapılmıştır.

EK-3 Tablo 6. Patlayıcı toz ortamların bölge sınıflaması

Yer	Proses sıcaklığı ve basıncı		Bölge yeri	Bölge	Bölge genişliği (m)	
	°C	kPa			Yatay	Dikey
Şeker kurutucu	65	101.325	Ekipman içi	20	-	-
Trommer kurutucu	65	101.325	Ekipman içi	20	-	-
Şeker bandı	30	101.325	Ekipman içi	20	-	-
Paketleme	20	101.325	Ekipman içi	20	-	-
Paketleme odası	20	101.325	Ekipman çevresi	21 + 22	1 + 3	1 + 3
Paketlenmiş ürünün kamyonlara aktarımı	20	101.325	Ekipman çevresi	22	3	3

Tesiste yapılan risk değerlendirmesi sonucu belirlenen patlayıcı gaz ortamlarda yapılan inceleme sonucu 15 ekipman/bölge belirlenmiş, patlayıcı bölge hesaplamaları yapılmış ve bölge genişlikleri belirlenmiştir. Patlayıcı gaz ortamlar için yapılan tüm bölge hesaplamaları TS EN 60079-10-1:2015 standardına uygun şekilde yapılmıştır. Hesaplamalar ve sonuçlar Tablo 3'te yer almaktadır. Ayrıntılı patlayıcı bölge hesaplamaları ekte yer almaktadır.

EK-3 Tablo 7. Muhtemel patlayıcı gaz ortamlarının sınıflandırması

	Yanıcı madde	Havalandırma hızı (m/s)	Seyrelme derecesi	Bölge sınıfı	Bölge genişliği (m)
Doğalgaz regülatörü fabrika boru hattı flanş kaçağı	Doğal gaz	0,5	Orta	2	1,8
Doğalgaz regülatörü fabrika boru hattı vana bağlantı kaçağı	Doğal gaz	0,5	Orta	2	2,5
Kazan 1 flanş kaçağı (basınç düşürücü öncesi)	Doğal gaz	0,05	Orta	2	1,8
Kazan 1 vana bağlantı kaçağı (basınç düşürücü sonrası)	Doğal gaz	0,05	Orta	2	1,1
Kazan 1 flanş kaçağı (basınç düşürücü sonrası)	Doğal gaz	0,05	Orta	2	-
Kazan 2 flanş kaçağı (basınç düşürücü öncesi)	Doğal gaz	0,05	Orta	2	1,8
Kazan 2 vana bağlantı kaçağı (basınç düşürücü sonrası)	Doğal gaz	0,05	Orta	2	1,2
Kazan 2 flanş kaçağı (basınç düşürücü sonrası)	Doğal gaz	0,05	Orta	2	-
Kazan 3 flanş kaçağı (öncesi)	Doğal gaz	0,05	Orta	2	1,8
Kazan 3 vana bağlantı kaçağı (basınç düşürücü sonrası)	Doğal gaz	0,05	Orta	2	1,2

	Yanıcı madde	Havalandırma hızı (m/s)	Seyrelme derecesi	Bölge sınıfı	Bölge genişliği (m)
Kazan 3 flanş kaçağı (basınç düşürücü sonrası)	Doğal gaz	0,05	Orta	2	-
Aritma tesisi anaerobik tank flanş kaçağı	Metan	0,5	Yüksek	2 NE	-
Aritma tesisi anaerobik tank ventil kaçağı (1000m ³ /h)	Metan	2	Orta	0	10
Aritma tesisi metan boru hattı flanş kaçağı (4 flanş meşale öncesi, 1 flanş meşale önünde var)	Metan	0,5	Yüksek	2 NE	-
Aritma tesisi vana bağlantı kaçağı	Metan	0,5	Yüksek	2 NE	-

2.6. Patlama Etkileri

2.6.1. Patlamanın Yapılar Üzerindeki Etkisi

Tesiste belirlenen ve sınıflandırılan patlayıcı bölgelerde gerçekleşecek muhtemel patlamaların yapılar üzerindeki etkisi hesaplamak amacıyla TNT eşdeğer kütle hesaplamaları yapılmıştır. Tesiste yapılan basınç dalgası enerjisi ve TNT eşdeğer kütle hesaplamaları Tablo 6'da yer almaktadır.

EK-3 Tablo 8. Tesis 3 muhtemel patlamaların basınç dalga enerjisi ve TNT eşdeğer kütleleri

Yer	Madde	Yanma Isısı (kJ/kg)	Çözünme Oranı	Açığa Çıkan Yanıcı Kütle	P _{max} (kPa)	Basınç Dalga Enerjisi (kJ)	TNT Eşdeğer Kütle (kg)
Anaerobik tank	Metan	55423	0,5	189,27	768	5244955	1165,55
Şeker Kurutucu	Şeker	16502	0,3	18750	950	92823750	20627,5
Trommer	Şeker	16502	0,3	16666	950	82506699	18334,82
Paketleme bölümü	Şeker	16502	1	50	950	825100	183,36

Anaerobik tank için yapılan hesaplamalarda tankın içinde bulunan patlayıcı gazın tamamının yüksek basınç sebebiyle ventilden ortama yayılarak, ortamda bulunan herhangi bir tutuşturucu kaynak ile temas sonucu patlama gerçekleştiği varsayılmıştır.

Şeker kurutucu ve trommerde bulunan şekerin bir kısmı nemli olduğundan, olası bir patlamada ekipman içindeki şekerin %30'unun patlamaya dahil olacağı varsayılmıştır.

Paketleme bölümünde, 50 kg'lık çuvallara şeker doldurulmaktadır. Ekipman içinde 50 kg şekerin toz bulutu oluşturduğu ve ortamda bulunan herhangi bir tutuşturucu kaynak ile temas sonucu patlama gerçekleştiği varsayılmıştır.

Belirlenen bölgelerde TNT eşdeğer kütleleri hesaplandıktan sonra, belirli mesafelerdeki Ze ölçekli uzaklığı hesaplanıp, hesaplanan ölçekli uzaklık ile o mesafede ki tepe basıncı belirlenip, o basınçta meydana gelebilecek hasarlara karar verilmiştir.

Arıtma tesisinde yer alan anaerobik tankta meydana gelebilecek muhtemel patlama sonucu belirli uzaklıklarda oluşacak basınç ve yapılarda meydana gelecek hasarlar Tablo 7’de yer almaktadır.

EK-3 Tablo 9. Anaerobik tank muhtemel patlama basıncı ve verebileceği hasarlar

r	Ze	Yüksek Basınç(kPa)	Verebileceği Hasar
15	1,445	600	Binalar tamamen yıkılır
30	2,889	70	Binalar tamamen yıkılır
40	3,852	45	Hemen hemen bütün evler yıkılır
75	7,223	18	Ciddi yapısal hasarlar oluşur
100	9,631	10	Binaların çelik kısımları hafifçe eğilebilir
150	14,447	7	Binalarda kısımlar yıkılabilir
200	19,263	4	Büyük ve küçük pencereler kırılır
250	24,078	3	%95 oranında ciddi hasar oluşmaz
350	33,710	2	Camlar kırılır

Tesiste şeker kurutucuda meydana gelebilecek muhtemel şeker tozu patlaması sonucu belirli uzaklıklarda oluşacak basınç ve yapılarda meydana gelecek hasarlar Tablo 8’de yer almaktadır.

EK-3 Tablo 10. Şeker kurutucu muhtemel patlama basıncı ve verebileceği hasarlar

r	Ze	Yüksek Basınç (kPa)	Verebileceği Hasar
50	1,848	200	Binalar tamamen yıkılır
75	2,772	80	Binalar tamamen yıkılır
200	7,392	17	Ciddi yapısal hasarlar meydana gelir
250	9,240	11	Binaların çelik kısımları hafifçe eğilebilir
500	18,479	4,5	Büyük ve küçük pencereler kırılır
750	27,719	2,6	%95 oranında ciddi hasar oluşmaz
1250	46,199	1,5	Camlar kırılır

Şeker kurutumu yapılan trommerde meydana gelebilecek muhtemel şeker tozu patlaması sonucu belirli uzaklıklarda oluşacak basınç ve yapılarda meydana gelecek hasarlar Tablo 9’da yer almaktadır.

EK-3 Tablo 11. Trommer muhtemel patlama basıncı ve verebileceği hasarlar

r	Ze	Yüksek Basıncı (kPa)	Verebileceği Hasar
50	1,922	200	Binalar tamamen yıkılır
75	2,883	80	Binalar tamamen yıkılır
100	3,844	45	Hemen hemen bütün evler yıkılır
175	6,727	19	Ciddi yapısal hasar meydana gelir
200	7,688	15	Güçlendirilmiş beton çökebilir
250	9,610	10	Binaların çelik kısımları hafifçe eğilir
400	15,375	7	Binalarda kısımlar yıkılabilir
500	19,219	4	Büyük ve küçük pencereler kırılır
750	28,829	2,7	%95 oranında ciddi hasar oluşmaz
1250	48,049	1,3	Camlar kırılır

Şeker kurutucu ve trommer tesisin, üretimin diğer basamaklarında kullanılan ekipmanlarıyla aynı ortamda ve kısmen yakın mesafede bulunmaktadır. Şeker kurutucu da meydana gelecek şeker tozu patlaması, diğer ekipmanlarda ciddi hasarlar meydana getirerek tesise ciddi ölçüde zarar vermesi beklenmektedir.

EK-3 Tablo 12. Paketleme bölümü muhtemel patlama basıncı ve verebileceği hasarlar

r	Ze	Yüksek Basıncı (kPa)	Verebileceği Hasar
7	1,24891	600	Binalar tamamen yıkılır
15	2,67623	70	Binalar tamamen yıkılır
40	7,13662	18	Ciddi yapısal hasarlar meydana gelir
50	8,92077	13	Güçlendirilmiş beton çökebilir
75	13,3812	8,5	Binalarda kısımlar yıkılabilir
100	17,8415	4,5	Büyük ve küçük pencereler kırılır
125	22,3019	3	%95 oranında ciddi hasar oluşmaz
200	35,6831	2	Camlar kırılır

Paketleme bölümünde ekipman içerisinde meydana gelebilecek muhtemel şeker tozu patlaması sonucu belirli uzaklıklarda oluşacak basınç ve yapılarda meydana gelecek hasarlar Tablo 10'da yer almaktadır. Paketleme bölümünde, paketleme yapılan ekipmanın yakın

çevresinde çalışanlar bulunduğu ve bölüm tesisin diğer bölümlerinden patlama basıncına dayanacak şekilde izole edilmediği gözlemlenmiştir.

2.6.2. Patlamamın Çalışanlar Üzerindeki Etkisi

Arıtma tesisinde yer alan anaerobik tankta meydana gelebilecek gaz patlaması sonucu belirli mesafelerde çalışanların akciğer kanamasından ölüm olasılıkları Tablo 11’de, kulak zarı patlaması olasılıkları Tablo 12’de yer almaktadır.

EK-3 Tablo 13. Anaerobik tank patlama sonucu çalışanlarda akciğer kanamasından ölüm olasılığı

r	Ze	Po (kPa)	K1	K2	Y	%
19	1,830	200	-77,1	6,91	7,24	98,6
20	1,926	180	-77,1	6,91	6,51	93,4
22	2,119	140	-77,1	6,91	4,77	41
25	2,408	110	-77,1	6,91	3,11	2,9
30	2,889	80	-77,1	6,91	0,91	<0,1

EK-3 Tablo 14. Anaerobik tank patlama sonucu çalışanlarda kulak zarı patlaması olasılığı

r	Ze	Po (kPa)	K1	K2	Y	%
20	1,926	180	-15,6	1,93	7,75	99,7
30	2,889	80	-15,6	1,93	6,18	88
40	3,852	45	-15,6	1,93	5,07	52,9
50	4,816	30	-15,6	1,93	4,29	24
60	5,779	22	-15,6	1,93	3,69	9,2
80	7,705	14	-15,6	1,93	2,82	1,5

Tesis içinde yer alan şeker kurutucuda meydana gelebilecek şeker tozu patlaması sonucu belirli mesafelerde çalışanların akciğer kanamasından ölüm olasılığı Tablo 13’te, kulak zarı patlaması olasılıkları Tablo 14’te yer almaktadır.

EK-3 Tablo 15. Şeker kurutucu patlama sonucu çalışanlarda akciğer kanamasından ölüm olasılığı

r	Ze	Po (kPa)	K1	K2	Y	%
50	1,823	200	-77,1	6,91	7,24	98,6
60	2,187	130	-77,1	6,91	4,26	23
70	2,552	100	-77,1	6,91	2,45	<0,1

EK- 3 Tablo 16. Şeker kurutucu patlama sonucu çalışanlarda kulak zarı patlaması olasılığı

r	Ze	Po (kPa)	K1	K2	Y	%
50	1,823	200	-15,6	1,93	7,95	99,8
75	2,734	80	-15,6	1,93	6,18	88
100	3,646	50	-15,6	1,93	5,28	61
125	4,557	30	-15,6	1,93	4,29	24
150	5,469	25	-15,6	1,93	3,94	14,5
200	7,2926	18	-15,6	1,93	3,31	4,6

Tesiste santrifüjden ayrılan nemli şekeri kurutmak için kullanılan trommerde meydana gelebilecek şeker tozu patlaması sonucu belirli mesafelerde çalışanların akciğer kanamasından ölüm olasılıkları Tablo 15'te, kulak zarı patlaması olasılıkları Tablo 16'da yer almaktadır.

EK-3 Tablo 17. Trommer patlama sonucu çalışanlarda akciğer kanamasından ölüm olasılığı

r	Ze	Po (kPa)	K1	K2	Y	%
50	1,896	200	-77,1	6,91	7,24	98,8
60	2,275	120	-77,1	6,91	3,71	10
70	2,654	90	-77,1	6,91	1,72	<0,1

EK-3 Tablo 18. Trommer patlama sonucu çalışanlarda kulak zarı patlaması olasılığı

r	Ze	Po (kPa)	K1	K2	Y	%
50	1,896	200	-15,6	1,93	7,95	99,8
100	3,792	50	-15,6	1,93	5,28	61
125	4,740	30	-15,6	1,93	4,29	24
150	5,688	23	-15,6	1,93	3,78	11,1
200	7,5846	17	-15,6	1,93	3,20	3,5

Tesiste üretilen şekerin 50 kg'lık çuvallara doldurulduğu paketleme bölümünde meydana gelebilecek şeker tozu patlaması sonucu belirli mesafelerde çalışanların akciğer kanamasından ölüm olasılıkları Tablo 17'de, kulak zarı patlaması olasılıkları Tablo 18'de yer almaktadır.

EK-3 Tablo 19. Paketleme bölümü patlama sonucu çalışanlarda akciğer kanamasından ölüm olasılığı

r	Ze	Po (kPa)	K1	K2	Y	%
10	1,784	200	-77,1	6,91	7,24	98,6
11	1,96257	180	-77,1	6,91	6,51	93,4
12	2,14099	140	-77,1	6,91	4,77	41
13	2,3194	120	-77,1	6,91	3,71	9,9
14	2,49782	100	-77,1	6,91	2,45	<1

EK-3 Tablo 20. Paketleme bölümü patlama sonucu çalışanlarda kulak zarı patlaması olasılığı

r	Ze	Po (kPa)	K1	K2	Y	%
10	1,784	200	-15,6	1,93	7,95	99,8
15	2,676	80	-15,6	1,93	6,18	88
20	3,568	50	-15,6	1,93	5,28	61
25	4,460	30	-15,6	1,93	4,29	24
35	6,244	20	-15,6	1,93	3,51	6,9
45	8,029	15	-15,6	1,93	2,95	2
50	8,921	12	-15,6	1,93	2,52	<1

3. Patlamadan Korunma Önlemleri

3.1. Organizasyonel Önlemler

3.1.1. Görev Tanımları

Tesis, ISO 2200 Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi belgesine sahiptir. Tesiste görevli personelin buldukları pozisyon ile görev, yetki ve sorumluklarını belirleme çalışmaları başlamış olup, bir sonraki revizyonda gerekli belgeler dokümana eklenecektir.

3.1.2. Yetkinlik

Tesisteki tüm süreçler görevli mühendisler tarafından yönetilmektedir. Tesiste çalışan tüm operatörlere gerekli eğitimler verilmiştir.

3.1.3. Eğitim

26.12.2012 tarihli ve 28509 sayılı Resmi Gazete 'de yayımlanan, "*İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği*" ne göre tesis tehlikeli sınıfta yer almaktadır. "*Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik*" kapsamında tehlikeli sınıfta yer alan işyeri çalışanlarına verilmesi gereken eğitimler ve süreleri belirlenmiş olup, tesiste tüm çalışanlara gerekli eğitimler verilmiştir. Çalışanlara iki yılda bir en az bir defa olmak üzere en az on iki saat eğitim verilmektedir.

Ayrıca, tesiste belirlenen patlayıcı ortamlarda çalışan personellere patlamaya yönelik eğitimler verilmemiş olup, söz konusu eğitimler düzenlenerek bir sonraki revizyonda gerekli belgeler dokümana eklenecektir.

3.1.4. İşletme Talimatları ve İş Süreçleri

Tesiste her süreç ayrı ayrı olmak üzere, emniyetli ve verimli çalışma sağlanması amacıyla iş süreçleri ve işletme talimatları belirleme çalışmaları başlamış olup, bir sonraki revizyonda gerekli belgeler dokümana eklenecektir.

3.1.5. Çalışma İzin Sistemi

Tesiste tutuşturucu kaynak oluşturabilecek bütün ateşli çalışmalar çalışma izin sistemine tabidir ve çalışmalar iş güvenliği uzmanı ve proses mühendisleri tarafından takip edilmektedir. Tesiste ateşli çalışmalarda kullanılan çalışma izin belgesi örneği ekte yer almaktadır.

3.1.6. Bakım ve Kontrol Sistemi

Tesiste bulunan ekipmanların, sistematik bir şekilde kontrol ve bakımının yapılması amacıyla bir bakım prosedürü oluşturulmuş olup, prosedür gereği yapılması gereken planlı kontrol ve bakımları belirten yıllık liste ekte yer almaktadır.

3.1.7. Acil Durumlar

Tesiste Acil Durum Planı hazırlanmış olup, ekte yer almaktadır. Tesis güzergâhları ve acil çıkışlar çalışanların acil durumlarda tesisi hızlı ve güvenli bir şekilde terk etmesini sağlayacak şekilde planlanmıştır.

Acil durumlarda haber verilecek ve yardım istenecek kuruluşlar ile acil durumlarda görev alacak personel ve ilk yardım konuları, Acil Durum Planı içerisinde yer almaktadır.

3.1.8. Acil Durum Tatbikatları

Tesisin genelinde, belirli periyotlarla acil durum tatbikatları yapılmakta ve acil durum meydana geldiğinde çalışanların acil durum planı çerçevesinde davranışları ve toplanma noktalarına geliş süreleri ölçülmektedir. Tatbikatlar neticesinde tatbikat raporları hazırlanmakta ve raporlar incelenerek, gerekli görüldüğü takdirde acil durum planı revize edilmektedir.

3.2. Teknik Önlemler

3.2.1. Gaz Algılama Cihazları

Tesiste proseste kullanılan kızgın buharın elde edildiği Kazan1, 2 ve 3'te doğal gaz sızıntısının olabilecek bağlantı noktalarının üst kısımlarına meydana gelebilecek muhtemel kaçak veya sızıntılarının patlama limitlerine ulaşmadan tespit edilebilmesi amacıyla, gaz algılama cihazları (detektörler) yerleştirilmiştir. Detektörlerin yerleşim planı ekte yer almaktadır. Tesiste ayrıca seyyar gaz algılama cihazları kullanılarak, sabit cihazların kontrol alanına girmeyen bölgeler belirli periyotlarla kontrol edilmektedir.

3.2.2. Elektrikli Proses Ekipmanları

Atık su arıtım tesisinde kullanılan cihazlar, Muhtemel Patlayıcı Ortamlarda Kullanılacak Teçhizat Hakkında Yönetmelik hükümlerine uygun olarak seçilmiş olup, bu ekipmanların bulunduğu yeri, modeli, seri numarası, sertifika numarası, Ex özelliklerini belirten liste ve bakımı yapılan ATEX ekipmanların bakım belgeleri ekte yer almaktadır. Tesisin Atık su arıtım tesisi dışındaki kısımlarında ATEX sertifikalı kullanılmamaktadır.

3.2.3. Statik Elektrik ve Topraklama

Tesiste kullanılan tüm ekipmanların tamamının, hem cihazların güvenliğini hem de statik elektrik oluşumunu engelleyecek şekilde topraklanmıştır. Topraklama tesisatının kontrolü periyodik olarak yapılmaktadır. Tesisin topraklama referans noktalarını belirten plan ekte yer almaktadır. Topraklama tesisatı yılda bir kez kontrol ettirilmektedir.

3.2.4. Yıldırımlik

Tesisin tamamı yıldırıma karşı korunması için paratoner sistemi ile korunmaktadır. Paratoner tesisat projesi ekte yer almaktadır. Paratoner tesisatı yılda bir kez kontrol ettirilmektedir.

3.2.5. Diğer Tutuşturucu Kaynakların Kontrolü

Tesisin genelinde sigara içmek, ateşli malzeme kullanmak kesinlikle yasaktır. Bu yasağ, tesis girişinde ziyaretçilere, teknik emniyet eğitimleri ile de müteahhit, taşeron ve çalışanlara hatırlatılmaktadır.

Tesiste, sistemi durdurmadan yapılacak küçük bakım ve onarım sırasında kullanılan el aletleri, bir sürtünme ve düşme sırasında kıvılcım çıkarmayacak malzemedен yapılmış olması gerekmektedir. Mevcutta kullanılan el aletleri bu gerekliliği karşılamamaktadır.

Tesiste patlayıcı ortamlarda çalışanlara vücutlarında statik elektrik birikimini önlemek amacıyla, pamuklu iş elbisesi ve anti-statik iş ayakkabısı verilmesi gerekmektedir. Tesiste mevcut acil durum dolaplarında ve yangınla mücadele sırasında kullanılması gerekli kişisel koruyucu donanım ve teçhizat bulunmaktadır.

3.2.6. Patlama Etkilerinin Azaltılması

Patlayıcı ortamın oluşmasının engellenemediği ve tutuşma kaynakların bertaraf edilemediği durumlar olabileceği gibi, patlayıcı ortamın oluşması veya tutuşmasını engellemeye yönelik alınan önlemlerin başarısız olduğu durumlar da meydana gelebilmektedir. Böyle durumlarda meydana gelecek patlamanın etkilerini azaltarak çalışanların sağlık ve güvenliğini koruyucu önlemlerin alınması gerekmektedir. Patlama etkilerini azaltıcı önlemler ile ilgili yapılan araştırma sonucunda temelde dört yöntem olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Bunlar;

- Patlama basıncına dayanıklı tasarım
- Alev ve patlamanın yayılmasının engellenmesi
- Patlamanın bastırılması
- Patlama tahliye sistemleri

Tesiste patlayıcı ortam ihtiva eden ekipmanlar incelenmiş ve bu dört patlama etkilerini azaltıcı yöntemin tesisteki ekipmanlarda mevcut olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

4. Sorumluluklar ve Güncelleme

Patlamadan korunma dokümanı; işyerinde, iş ekipmanında veya iş organizasyonunda önemli değişiklik, genişleme veya tadilat yapıldığı hallerde yeniden gözden geçirilerek güncellenecektir.

Tesiste önemli bir değişiklik, tadilat vb. durumlar olmasa bile Patlamadan Korunma Dokümanı altı ayda bir gözden geçirilerek güncellenecektir.

Tesiste asıl işveren alt işveren ilişkisinin bulunduğu yerlerde işverenlerin 6331 sayılı Kanunda ve diğer kanunlarda belirtilen sorumlulukları saklı kalmak kaydı ile asıl işveren; çalışanların sağlık ve güvenliklerine ilişkin tedbirlerin uygulanmasını koordine etmekten, Patlamadan Korunma Dokümanının güncel tutulması, gerekli önlemlerin alınması ve uygulanması için gerekli usul ve tedbirleri belirtmekten sorumludur.

5. Patlamadan Korunma Dokümanı Ekleri

- EK 1 Risk Değerlendirmesi
- EK 2 Patlayıcı Bölge Hesaplamaları
- EK 3 Tesis Planı
- EK 4 Patlayıcı Ortamların Teknik Çizimleri
- EK 5 Gaz Dedektörleri Yerleşim Planı
- EK 6 Topraklama Referans Nokta Planı
- EK 7 Paratoner Tesisat Projesi
- EK 8 Ekipman Listesi
- EK 9 Ekipman Bakım Prosedürü ve Listesi
- EK 10 ATEX Ekipman Listesi, Sertifikaları ve Bakım Belgeleri
- EK 11 İş Süreçleri ve İşletme Talimatları
- EK 12 Görev Tanımları
- EK 13 Acil Durum Planı
- EK 14 Çalışma İzin Belgesi Örneği