

T.C.
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



BİR İLAÇ FABRİKASINDA
TOZ PATLAMA RİSKLERİNİN ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ
ÜZERİNE BİR İNCELEME

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Fatma Nilüfer DOĞRUKALP

İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı
İş Sağlığı ve Güvenliği Programı

ARALIK 2019

T.C.
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



BİR İLAÇ FABRİKASINDA
TOZ PATLAMA RİSKLERİNİN ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ
ÜZERİNE BİR İNCELEME

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Fatma Nilüfer DOĞRUKALP
(181212010)

İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı
İş Sağlığı ve Güvenliği Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Hasan Uğur ÖNCEL

ARALIK 2019



T.C.
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

Yüksek Lisans Tez Onay Belgesi

Enstitümüz İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı ,İş Sağlığı ve Güvenliği Tezli Yüksek Lisans Programı 18121201 O numaralı öğrencisi **Fatma Nilüfer DOĞRUKALP**'in "Bir İlaç Fabrikasında Toz Patlama Risklerinin Analizi ve Değerlendirilmesi Üzerine Bir İnceleme" adlı tez çalışması Enstitümüz Yönetim Kurulunun 17.12.2019 tarih ve 2019/26 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından ile Tezli Yüksek Lisans tezi olarak edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi :26.12.2019

	Unvan-Ad-Soyad	İmza
Tez Danışmanı	Dr.Öğr.Üyesi Hasan Uğur ÖNCEL	

Jüri Üyeleri	Unvan-Ad-Soyad	İmza
Üye	Dr.Öğr. Üyesi Mustafa YAĞIMLI	
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Rüştü UÇAN	

Not: Öğrencinin Tez savunmasında **Başarılı** olması halinde bu form **imzalanacaktır**. Aksi halde geçersizdir.

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Bir İlaç Fabrikasında Toz Patlama Risklerinin Analizi Ve Değerlendirilmesi Üzerine Bir İnceleme” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (26 / 12 / 2019)

Fatma Nilüfer DOĞRUKALP

İmza

TEŐEKKÜR

Bu tez çalıŐmamın hazırlanması aŐamasında, űstűn teknik bilgi birikimi ile kıymetli zamanını ve desteęini sűrekli hissettięim, gerek akademik bilgi hazinesi gerekse tecrűbeli paylaŐımları ile yoluma ıŐık tutan saygın ve deęerli hocam **Dr. Őęr. Ŭyesi Hasan Uęur ŐNCEL**'e, manevi destekleri ile her zaman hayatıma anlam katan ve bugűne kadar fedakârlıkları ve destekleriyle hep yanıbaŐımda olan deęerli **Ailem**'e bu çalıŐmanın hazırlanması sűrecinde tarafıma gűsterdikleri destek ve anlayıŐları için sonsuz teŐekkűrlerimi sunarım. (26 / 12 / 2019)

Fatma Nilűfer DOęRUKALP

ÖNSÖZ

Toz Patlaması vakaları özellikle imalata dayalı endüstri kollarında üretim prosesleri esnasında sıklıkla karşılaşılabilen, meydana geldiğinde ise yaratacağı patlama veya yangın tehlikesi ile hem çalışanların ve ortamda bulunan diğer şahısların sağlığını olumsuz etkileyerek hayati risk yaratabilecek hem de üretim süreçlerindeki makine-teçhizat, araç-gereç, hammadde veya nihai ürünlere zarar vererek işletmenin ekonomik anlamda zarar görmesine, bununla birlikte dolaylı olarak ülke ekonomisi ve milli servete kayıplar yaşatabilecek tarzda istenmeyen olaylardır.

Potansiyel bir toz patlaması vakasının insan sağlığına, çevre sağlığına, işletmenin uğrayabileceği zararlara ve dolaylı olarak milli servete verebileceği kayıpların önlenmesine yönelik alınabilecek rasyonel önlemler ve çalışanların konu hakkında eğitilerek bilinçlendirilmesinin maliyeti yaşanabilecek potansiyel kayıpların maliyetinden daha az olacağı açıktır.

Bu yüksek lisans tez çalışması, Tekirdağ ili sınırları içinde faaliyet gösteren ve beşeri ilaç üretimi konusunda ihtisas sahibi olan bir firmada; şirket yöneticilerinin isteği üzerine firma unvanı ve ticari markası araştırma boyunca ve sonrasında gizli tutulacak olan bir ilaç fabrikası içinde üretim prosesleri esnasında meydana gelebilecek potansiyel toz patlamaları tehlike, risk ve ramak kala olaylarının değerlendirilmesi ile tespit edilen risklerin gerekli önlemlerle bertaraf edilebilmesi için öneri ve önlemler geliştirebilmek amacıyla yapılmıştır.

Aralık 2019

Fatma Nilüfer DOĞRUKALP

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KISALTMALAR	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÖZET	x
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışma Konusu	1
1.2 Problem Cümlesi	2
1.3 Alt Problemler	2
1.4 Tezin Amacı	3
1.5 Literatür Özeti	3
1.6 Araştırmanın Sayıltıları	7
1.7 Araştırmanın Sınırlılıkları	7
1.8 Tanımlar	8
2. PATLAMA VE PATLAMA TÜRLERİ	9
2.1 Yanma ve Yangın	9
2.1.1 Yanma nedir?	9
2.1.2 Yangın nedir?	11
2.2 Patlama, Patlama Ortamı, Patlayıcı Ortam	11
2.2.1 Patlama nedir?	11
2.2.3 Patlayıcı ortam nedir?	12
2.3 Patlama Çeşitleri	14
2.3.1 Kimyasal patlamalar	15
2.3.1.1 Gaz – buhar patlamaları	18
2.3.1.2 Sis patlamaları	19
2.3.1.3 Toz patlamaları	20
2.3.2 Fiziksel patlamalar	21
2.3.2.1 BLEVE kaynayan sıvı genişleyen buhar patlaması (boiling liquid expanding vapor explosion)	21
2.3.3 Nükleer patlamalar	22
2.4 Patlayıcı Ortamların Sınıflandırılması	22
2.4.1 Bölge 0 – bölge 20	24
2.4.2 Bölge 1 – bölge 21	24
2.4.3 Bölge 2 – bölge 22	25
3. PATLAMA HAKKINDA MEVZUAT VE STANDARDLAR	27
3.1 Türkiye’de Patlama Hakkında Mevzuat ve Standartlar	27
3.2 Dünya’da Patlama Hakkında Mevzuat ve Uluslararası Standartlar	28
3.2.1 Seveso direktifleri	28
3.2.1.1 Seveso II ve seveso III direktifleri	29

3.2.1.2 Büyük endüstriyel kaza	31
3.2.1.3 Türkiye'nin Seveso III direktifi'ne uyum çalışmaları ve seveso bildirimi.....	31
3.2.2 NFPA standartları (national fire protection association standards)	32
3.2.2.1 NFPA 654 standardı	32
3.2.2.2 NFPA 484 standardı	33
3.2.2.3 Diğer NFPA standartları.....	34
3.2.3 ATEX yönergeleri (ATmosphere EXplosible - patlayıcı ortam).....	35
3.3 Patlamadan Korunma Dökümanı	37
4. TOZ PATLAMASI	39
4.1 Toz Nedir? Nasıl Oluşur?	39
4.2 Patlama Nedir?	40
4.3 Toz Patlaması Nedir?	40
4.4 Toz Patlaması Çeşitleri.....	43
4.4.1 Birincil patlama.....	44
4.4.2 İkincil patlama	44
4.5 Toz Patlaması İçin Gerekli Şartlar	46
4.6 Toz Patlamasına Etki Eden Unsurlar.....	47
4.6.1 Yanıcı gazların mevcudiyeti	48
4.6.2 Basınç artışının hızı	49
4.6.3 Tutuşma sıcaklığı	50
4.6.4 Toz partikül boyutu.....	51
4.6.5 Toz konsantrasyonu	52
4.6.6 Oksidan konsantrasyonu	52
4.6.7 Karıştırılmış inert toz konsantrasyonu	53
4.6.8 Türbülansın rolü.....	53
4.7 Toz Patlaması Ölçümünde Kullanılan Yöntem ve Testler	54
4.8 Patlayıcılığın Tespiti.....	55
4.8.1 Toz patlama şiddeti	56
4.8.2 Minimum patlama sınırı.....	59
4.8.3 Minimum tutuşma sıcaklığı	61
4.9 Toz Patlamasını Önlemeye Yönelik Çözümler	62
4.9.1 Yapısal olmayan tedbirler.....	62
4.9.1.1 Oksijen konsantrasyonunun sınırlandırılarak limit değerler içine çekilmesi	62
4.9.1.2 Tutuşturucu unsurların ortamdaki uzaklaştırılması.....	63
4.9.2 Toz miktarının azaltılması	64
4.9.3 İkame, yerine koyma yöntemleri	64
4.9.4 Mühendislik ve organizasyonel yöntemler	64
4.9.5 Diğer önlemler	65
4.9.5.1 Patlama kapakları yardımıyla patlamanın tahliye edilmesi.....	66
4.9.5.2 Kıvılcım algılama sistemi	66
4.10 Toz Patlamalarının Zararlı Etkilerinin Azaltılması	67
4.10.1 Patlamaya karşı güçlü ve dayanıklı tasarımların geliştirilmesi.....	68
4.10.2 Havalandırma ve ventilasyon önlemleri ile koruma	69
4.10.3 Baskılama metodu ile koruma	72
4.10.4 Patlamanın izole edilmesi	73
5. METODOLOJİ VE YÖNTEM.....	75

5.1 Araştırmanın Yöntemi	75
5.2 Evren ve Örneklem	75
5.3 Veri Toplama Araçları	76
5.4 Verilerin Toplanması	76
5.5 Verilerin Analizi	77
6. BULGULAR	78
6.1 Araştırmaya Konu Olan İlaç Fabrikasının Tanıtımı	78
6.1.1 İlaç fabrikasının üretim durumu ve kapasitesi	78
6.1.2 İlaç fabrikasının fiziki yapısı ve bölümlerin krokisi	79
6.1.3 Üretim metodu ve iş akış şeması	80
6.1.3.1 Katı ilaç üretim departmanı	81
6.1.3.2 Yarı katı üretim departmanı	82
6.2 Fabrikada Kullanılan Patlayıcı Toz Çeşitleri	83
6.2.1 Cetostearyl alcohol	83
6.2.2 Kollidon VA 64	84
6.2.3 Carbopol 980 NF	84
6.2.4 Citric acid monohydrate	85
6.2.5 Tartaric acid	86
6.2.6 Cethyl alcohol	87
6.2.7 L-HPC LH-11	87
6.2.8 Magnesium stearate	88
6.2.9 Benzoic acid	89
6.2.10 Limon aroması tozu	90
6.2.11 Bubble gum	91
6.2.12 Mango aroma	91
6.2.13 Blackcurrant flavour	91
6.2.14 Butyl hydroxy toluen	92
6.3 İlaç Fabrikasında Toz Patlama Riskine Karşı Alınan Önlemler	92
6.4 Toz Ölçüm Raporları ve Sonuçlarına İlişkin Bulgular	95
6.4.1 Toz ölçüm sonuçları (2018 yılı)	96
6.4.2 Toz ölçüm sonuçları (2016 yılı)	96
6.4.3 Toz ölçüm sonuçları (2014 yılı)	97
6.5 Potansiyel Bir Toz Patlaması Olayı Halinde Etkileri Ne Olur?	98
6.6 Patlamadan Korunma Dökümanı (PKD)'ye İlişkin Bulgular	98
6.7 Acil Durum Risk Analizi Raporu (ADRAR)'a İlişkin Bulgular	99
6.8 Fabrikada Önceden Yaşanmış Toz Patlaması ve Ramak Kala Vakaları	100
6.8.1 Yaşanmış toz patlaması vakaları	100
6.8.2 Yaşanmış ramak kala vakaları	100
7. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER	108
7.1 Sonuçlar	108
7.2 Tartışma	111
7.3 Öneriler	115
8. KAYNAKLAR	119
EKLER	126
EK A: İlaç Fabrikasında Üretim Sürecinde Kullanılan ve Toz Patlaması Riski Yaratabilecek Kimyasal Maddeler Listesi	126
ÖZGEÇMİŞ	128

KISALTMALAR

<u>Kısaltma</u>	<u>Acıklama</u>
ADRAR	: Acil Durum Risk Analizi Raporu
APS	: Alt Patlama Sınırı
BLEVE	: Kaynayan Sıvı Genleşen Buhar Patlaması
BTE	: Bulut Tutuşma Enerjisi
BTS	: Bulut Tutuşma Sıcaklığı
CC	: Yanma Sınıfı (Combustion Class)
CLP	: Classification, Labelling and Packaging of Substances and Mixtures.
ISO	: Uluslararası Standardizasyon Örgütü (International Organization for Standardization)
MİK	: Minimum İnerz Toz Konsantrasyonu
MPK	: Minimum Patlama Konsantrasyonu
MTE	: Minimum Tutuşma Enerjisi
MTS	: Minimum Tutuşma Sıcaklığı
NFPA	: National Fire Protection Association (Milli Yangınla Mücadele Kurumu)
PKD	: Patlamadan Korunma Dokümanı
PVCE	: Kısmen Sınırlanmış Buhar Bulutu Patlaması (Partially Confined Vapour Cloud Explosion)
SOK	: Sınırlayıcı Oksijen Konsantrasyonu
UVCE	: Sınırlanmamış Buhar Bulutu Patlaması (Unconfined Vapour Cloud Explosion)
ÜPS	: Üst Patlama Sınırı
VCE	: Buhar Bulutu Patlaması (Vapour Cloud Explosion)
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü (World Healthy Organization)

<u>Sembol</u>	<u>Acıklama</u>
Bar	: Basınç Birimi
Ex-proof	: Patlamaya Dayanıklı
gr	: Gram
km/sn	: Hız Birimi (Kilometre / Saniye)
Pi	: Başlangıç Basıncı (P initial)
Pmax	: Maksimum Basınç
ppm	: Milyonda Bir Partikül (Parts Per Million)
µ	: Mikron (10 ⁻⁶ m)
°C	: Derece Santigrat (Sıcaklık birimi)
ρ	: Yoğunluk (Özkütle)
σD	: Parçacık Büyüklüğü Polidispersitesi

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1.1: Dünyada son 20 yılda olmuş büyük çaplı toz patlama olayları.....	2
Çizelge 3.1: Seveso II ve Seveso III sınıflandırması	30
Çizelge 3.2: ABD, Hayes Lemmers Fabrikası toz toplaması olayı sonrası	34
Çizelge 3.3: Toz patlamalarına ilişkin NFPA standartları	36
Çizelge 4.1: Toz patlamalarına etki eden faktörler	47
Çizelge 4.2: Bazı maddelerin minimum tutuşma sıcaklıkları	51
Çizelge 4.3: Toz patlayıcılığını önlemeye yönelik tedbirler.....	57
Çizelge 4.4: Toz patlama parametreleri	58
Çizelge 6.1: Kullanılan toz kimyasallar	83
Çizelge 6.2: Toz ölçüm sonuçları (2018 yılı)	96
Çizelge 6.3: Toz ölçüm sonuçları (2016 yılı)	97
Çizelge 6.4: Toz ölçüm sonuçları (2014 yılı)	97
Çizelge 7.1: Toz partikül ölçüm sonuçları (2018 yılı).....	108
Çizelge 7.2: Toz partikül ölçüm sonuçları (2016 yılı).....	109
Çizelge 7.3: Toz partikül ölçüm sonuçları (2014 yılı).....	109

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1: Yanma üçgeni.....	9
Şekil 2.2: Yanmanın çeşitleri.....	10
Şekil 2.3: Hadımköy'de 3 katlı fabrikada patlama.....	11
Şekil 2.4: Patlayıcı ortam işaretleri.....	13
Şekil 2.5: Kocaeli'de kimyasal madde deposunda patlama.....	16
Şekil 2.6: Patlama beşgeni.....	17
Şekil 2.7: Malkara'daki süt fabrikasında buhar kazanı patladı.....	19
Şekil 2.8: Toz patlamaları mekanizması.....	20
Şekil 2.9: Bleve kaynayan sıvı genleşen buhar patlaması.....	22
Şekil 2.10: Çernobil nükleer faciası.....	23
Şekil 2.11: Patlayıcı ortamların sınıflandırılması.....	24
Şekil 2.12: Patlayıcı ortam haritası.....	25
Şekil 3.1: ATEX Logoları.....	37
Şekil 4.1: Toz nedir?.....	39
Şekil 4.2: Silolarda toz patlaması.....	41
Şekil 4.3: Yanma üçgeni.....	42
Şekil 4.4: Dust explosion pentagon – toz patlama beşgeni.....	43
Şekil 4.5: Birincil ve ikincil patlamalar.....	45
Şekil 4.6: Hartmann dikey tüpü.....	55
Şekil 4.7: Patlama testleri akış şeması.....	60
Şekil 4.8: Patlama kapakları ile konvansiyonel patlama tahliyesi.....	66
Şekil 4.9: Kıvılcım algılama prensibi.....	67
Şekil 4.10: Patlamaya dayanıklı bina tasarım örneği.....	68
Şekil 4.11: Toz toplama sistemi, patlama havalandırması.....	69
Şekil 4.12: Toz toplama sistemi.....	70
Şekil 4.13: Patlama kapakları.....	71
Şekil 4.14: Baskılama metodu işleyiş sistemi.....	72
Şekil 4.15: Patlamanın hızlı geçiş valfi ile izolasyonu.....	73
Şekil 4.16: Patlamanın kimyasal bariyerle izolasyonu.....	73
Şekil 6.1: İlaç fabrikasının fiziki yapısı ve bölümlerin krokisi.....	80
Şekil 6.2: Tarıtm Yapılan Laf Kabini.....	81
Şekil 6.3: Katı İlaç üretimi iş akış diyagramı.....	82
Şekil 6.4: Ex Proof zemin.....	93
Şekil 6.5: Ex Proof bağlantı noktaları.....	94

Şekil 6.6: Ex Proof aydınlatma ve havalandırma	94
Şekil 6.7: Toz toplayan akrobat kollar.....	95
Şekil 6.8: Pelet malzeme.....	102
Şekil 6.9: IBC toz tankı	104
Şekil 6.10: Ramak kala parlama vakaları yüzdeleri	106



BİR İLAÇ FABRİKASINDA TOZ PATLAMA RİSKLERİNİN ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ ÜZERİNE BİR İNCELEME

ÖZET

Hızla gelişen dünyada endüstriyel gelişimde ivme kazanılmıştır. Üretim süreçleri ve prosesleri sırasında kullanılan malzemelerden makine ve teçhizatlara kadar, çalışanların sağlığı ve güvenlikleri de ayrı bir önem kazanır. Proses esnasında oluşan tozlar ve sonrasında toz bulutlarından kaynaklanan toz patlaması tehlikesine yeteri kadar önem verilmezse bunlar çok büyük maddi kayıplara ve can kayıplarına neden olabilir. “Toz Patlaması” meydana geldiğinde, çalışanları ve kurumları etkileyen, tazmin edilemez zarar, hasar ve kayıplar üretimin maliyetini yükseltecektir. Bu durum çalışan sağlığını olumsuz etkilediği gibi ülke ekonomisine de zarar verir. Endüstriyel toz patlamaları, üretimin yapıldığı yerlerde, genellikle işlem (proses) esnasında, depolama aşamasında veya malzemelerin transferi sırasında riskler yaratır. Patlama anında açığa çıkan ısı, çok yüksek basınç düzeylerine ulaşabileceğinden, çalışanlara zarar verip, makine-teçhizat’ı da ciddi ölçüde hasara uğratarak üretimin durmasına yol açabilir.

Ülkemizde neredeyse tüm sanayi kollarında toz patlaması tehlike ve risklerinin farkındalık düzeyinin fazla yüksek olmadığı ve gerekli ölçüm ve analizlerin yeterli ölçüde ve standartlara uygun yapılmadığı görülmektedir.

Yapılan tüm araştırmalar incelendiğinde görülmektedir ki: toz patlamaları önlenabilir olaylardır. İlaç endüstrisinin doğası gereği üretim esnasında kullanılan hammadde ve kimyasal maddelerin neredeyse tamamı yanıcı ve patlayıcı özellik sergilemektedir. Bu nedenle de patlayıcı ortam ve toz patlaması riski her zaman yüksektir. Alınması lazım gelen tüm önlemlerin bir bütün olduğunun farkına varılması ve uygulamanın bu bilinç ile yapılması toz patlaması ile mücadelede en temel unsurdur.

Bu yüksek lisans tez çalışması Tekirdağ ili sınırları içerisinde faaliyet gösteren ve beşeri ilaç üretimi yapan bir ilaç fabrikasında toz patlama ramak kala olayları ve risklerinin belirlenmesi ile, belirlenen risklerin gerekli önlemlerle bertaraf edilebilmesi için önlem ve öneriler geliştirebilmek amacıyla yapılmıştır.

Toz patlamasının önemi, tanımı, oluşumu, özellikleri, korunma/önleme yolları ve yapılması gereken tavsiyeler üzerine durulmuştur.

Bu çalışmada patlama, toz patlaması, patlayıcı ortam ve patlamadan korunma önlemleri incelenmiştir. Bu çalışmanın amacı, patlayıcı ortam oluşmasını engelleyerek toz patlaması riskini tamamen önlemek veya bu yapılamıyor ise bu riski en aza indirecek önlemleri tespit ederek analiz etmektir. Bunun sonucunda, meydana

gelebilecek can ve mal kayıplarını önlemek, insani ve ekonomik kayıpları ortadan kaldırıp, güvenli bir çalışma ortamı yaratmaktır.

Araştırma için seçilen ilaç fabrikasının yöneticilerinden alınan özel izin ve firma ismi ve markasını kullanmamak şartı ile bir çok defa fabrika ziyaret edilmiş, üretim süreçlerinin tamamı izlenmiş, fabrikanın iş güvenliği ve çevre müdürü ile beraber iş akış şemasına uygun bir şekilde sırası ile ve sisteme uygun silsile dahilinde departmanlar gezilmiş, özellikle toz patlamasının en çok yaşanabileceği düşünülen İstifleme, Eleme, Tartım ve Granülasyon departmanları üzerinde durulmuştur. Onaylı ve akredite edilmiş ölçüm laboratuvarlarınca yapılan 2018, 2016 ve 2014 yıllarına ait ortam ölçüm ve toz ölçüm raporları ve 2000'in üzerinde MSDS – Malzeme Güvenlik Bilgi Formu tek tek dikkatlice incelenmiş, kullanılan makine-teçhizatların teknik dökümanları, PKD – Patlamadan Korunma Dökümanı ve Acil Durum Planları incelenerek, bu fabrikada geçmiş yıllarda yaşanmış toz patlaması vakaları tekrar gözden geçirilmiştir.

Anahtar Kelimeler : *Toz Patlaması, Patlamadan Korunma, Partikül, İş Sağlığı ve Güvenliği*

A REVIEW ON THE ANALYSIS AND EVALUATION OF DUST EXPLOSION RISKS IN A PHARMACEUTICAL FACTORY

ABSTRACT

Industrial development has gained momentum in the rapidly developing world. As well as the materials and machines used during production processes, the health and safety of employees are also important. Danger of dust explosion due to dust generated during the process and subsequent dust explosion can result in huge financial losses and loss of life. When the Dust Explosion occurs, the indemnity losses that affect employees and institutions increase the cost of production. Employees do not only adversely affect their health, but also harm the national economy. Industrial dust explosions often create risks during processing, during storage, or during the transfer of materials. Since the heat released at the time of the explosion can reach very high pressure levels, it can cause damage to the workers, serious damage to the machinery and equipment and cause the production to stop.

It is observed that the awareness level of dust explosion hazards and risks in almost all industry branches in our country is not too high and necessary measurements and analyzes are not performed.

When all the researches are examined, it can be seen that dust explosions are preventable. Due to the nature of the pharmaceutical industry, almost all of the raw materials and chemicals used during production are flammable and explosive. Therefore, the risk of explosive atmosphere and dust explosion is always high. Recognizing that all the measures that need to be taken are a whole and that the application is carried out with this consciousness is the most basic element in the fight against dust explosion.

This study is carried out in order to develop precautions and recommendations in order to determine the risks of dust explosion in a factory which produces human medicines in the province of Tekirdag / Turkey.

The importance of dust explosion, its definition, formation, properties, prevention and prevention methods and recommendations to be made are emphasized.

In this study, explosion, explosive atmosphere and explosion protection measures were investigated. The aim of this study is to prevent the risk of dust explosion by preventing the formation of an explosive environment or to determine the measures to minimize the risk if this cannot be done. As a result, to prevent the loss of life and property, to eliminate human and economic losses, creating a safe working environment.

With the special permission received from the managers of the pharmaceutical factory chosen for the research and with condition of not using the company name, The factory has been visited many times with the occupational safety and environmental manager of the factory, The production processes have been monitored, The departments were visited in the order of the system. Specifically, the storing, screening, weighing and granulation departments, which are considered to be the most likely to be experienced by the explosion of dust, have been visited, the environmental measurement and dust measurement reports of 2018, 2016 and 2014, which were made by approved and accredited measurement laboratories, were examined. In addition, more than 2000 MSDS - Material Safety Data Sheets were examined carefully, technical documents of used machinery and equipment, PKD - Explosion Protection Documents and Emergency Plans were examined and dust explosions in previous years were reviewed in this factory.

Key words: *Dust Explosion, Explosion Protection, Particulate, Occupational Health and Safety*

1. GİRİŞ

Bu bölümde Çalışma konusu ve problemin durumu, problem cümlesi, alt problemler, araştırmanın amacı ve önemi, literatür özeti, araştırmaya yönelik sayıtlar, araştırmanın sınırlılıkları ve tanımlara yer verilmektedir.

1.1 Çalışma Konusu

Ulusal boyutları yönünden incelendiğinde İlaç ve Kimya Sektörlerinde toz patlamalarının fazla olması, bu konuda eğitilmiş iş gücü gereksinimini zorunlu kılmaktadır. Problemin çözümü için İş Sağlığı ve Güvenliği eğitimlerinin sektördeki tüm çalışanlara verilmesi gerekir. Toz patlamalarının gaz patlamaları kadar tehlikeli olamayacağına dair Dünya'da genel kabul görmüş, yanlış bir düşünce hakimdir. Oysa ki sanayi de mamül veya ara mamül olarak kullanılan pek çok maddeden kaynaklanan tozlar bir anda yangınlık ve patlayıcılık etkisi gösterebilmektedir. Hatta pek çok insan tarafından oldukça masum görülebilecek un, şeker, nişasta, gibi pek çok temel gıdadan kaynaklanacak tozlar bile uygun ortamın oluşması halinde, toz patlamasına neden olarak çok ciddi kayıp ve hasarlara neden olabilmektedir. Bunun bir sonucu olarak üretimin tamamen durması; sırasıyla işletmeye, endüstriye ve daha sonra milli ekonomiye de zarar verecektir (Çakmak, 2014).

Bu çalışmada patlama, toz patlaması, patlayıcı ortam ve patlamadan korunma önlemleri incelenmiştir. Bu çalışmanın amacı patlayıcı ortam oluşmasını engelleyerek toz patlaması riskini tamamen önlemek veya bu yapılamıyorsa bu riski en aza indirecek önlemleri tespit ederek ortaya koymaktır. Çabalarımız toz patlamaları sonucu, meydana gelebilecek can ve mal kayıplarını önlemek, insani ve ekonomik kayıpları ortadan kaldırıp, güvenli bir çalışma ortamı yaratmaktır.

İlaç endüstrisi, gerek insan ve toplum sağlığı gerekse de uluslararası ticaret ve ihracatın bir öznesi olarak milli ekonomi açısından bir ülkenin en stratejik unsurlarından birisidir ve çok önemlidir. İlaç üretim süreçleri ve proseslerinin kendi

içsel dinamiklerinden kaynaklanan nedenlerden dolayı, bu sektörde çalışan işçiler mesleki risklere, iş kazası ve meslek hastalıklarına tutulma yönünden yüksek risk altındadırlar. Bundan dolayı ilaç sektörü çalışanlarının diğer sektör çalışanlarına göre göreceli olarak daha yüksek sağlık riskleri altında çalıştıkları rahatlıkla söylenebilir.

İlaç ve Kimya fabrikalarında çalışan işçilerin, üretim ve proseslerin özelliklerinden kaynaklanan mesleki tehlike ve risklerden doğan iş kazası ve meslek hastalıklarına maruz kalarak gerek sakatlık durumu, gerek malüliyet, gerekse de gelir kaybına uğrayacak olmaları hem sosyal, hem insani, hem de ekonomik açıdan önlem alınmasını gerektiren bir durumdur (Gültek & Küçük, 2018).

Çizelge 1.1: Dünyada son 20 yılda olmuş büyük çaplı toz patlama olayları

Toz	Yıl	Lokasyon	Ölüm	Yaralanma
Polietilen	2003	Kinston, Amerika	6	38
Fenolik Reçine	2003	Corbin, Amerika	7	37
Alüminyum	2003	Huntington, Hindistan	1	6
Şeker	2008	Wentworth Limanı, Gürcistan	14	36

Kaynak: (Amyotte, 2013)

İncelenen ilaç fabrikasında, toz patlamasına neden olabilecek, üretim ve proses esnasında kullanılan kimyasal maddelerden kaynaklanabilecek yanıcılık ve patlayıcılık niteliği taşıyan tozlar daha çok bunların istiflenmesi, bir yerden başka bir yere taşınması, proses esnasında tartılması ve üretim süreçlerine katılması esnasında risk yaratmaktadır.

Toz patlaması, yanma üçgeni de olarak bilinen oksijen, yanıcı madde ve ısı kaynağı'na ilave olarak, kapalı bir ortam ve havada asılı duran toz partikülleri ile tamamlanan bir sistemin yanma reaksiyonu sonucu ortaya çıkan yüksek basınç ve enerji olarak da tanımlanabilir (Akgün, 2019).

1.2 Problem Cümlesi

Araştırmanın problem cümlesi “Bir İlaç Fabrikasında yaşanabilecek Toz Patlaması Riskleri nelerdir?” şeklinde oluşturulmuştur.

1.3 Alt Problemler

Çalışmanın alt problemleri şunlardır;

1. Olası bir toz patlaması olayının çalışanların sağlığı üzerine olumsuz etkisi var mıdır?
2. Olası bir toz patlaması olayının işyeri ortamı, makine-teçhizat ve üretim süreçleri ile üretimin devamlılığı üzerine olumsuz etkileri var mıdır?
3. Olası bir toz patlaması olayının işletmenin ekonomik durumu üzerine olumsuz etkileri var mıdır?
4. Olası bir toz patlaması olayı işletme ve işletmenin bulunduğu çevrede, çevre sağlığı açısından olumsuz bir durum yaratır mı?

1.4 Tezin Amacı

Araştırmaya konu olan ilaç fabrikasında Toz Patlama risklerinin incelenmesi ve değerlendirilmesi üzerine bir araştırma yaparak, toz patlaması riskini tamamen ortadan kaldıracak veya en aza indirecek önlemlerin ve önerilerin tespit edilmesi ve tartışılmasıdır.

Bir diğer amaç, endüstriyel tesislerde meydana gelebilecek toz patlamalarını önlemeye ve bu riskten korunmaya yönelik güncel uygulamalar ile çalışanların toza maruziyetlerinin önlenmesi ve bu maruziyetten doğacak sağlık risklerinden korunmalarının sağlanması, sınır değerin ve diğer özel önlemlerin belirlenmesidir.

Bu çalışmada patlayıcı ortam oluşmasını engelleyerek toz patlaması riskini tamamen önlemek veya bu yapılamıyorsa bu riski en aza indirecek önlemlerin tespit edilmesi hedeflenmiştir. Bunun sonucunda, meydana gelebilecek can ve mal kayıplarını önlemek, insani ve ekonomik kayıpları ortadan kaldırıp, güvenli bir çalışma ortamı yaratmak ana gayemizdir..

1.5 Literatür Özeti

Toz Patlama vakası teoride engellenebiliyor gibi görülse de, uygulama durumunda bu neredeyse tamamıyla imkan dahilinde değildir. Yani, patlama olayı riskini minimum düzeylere çekmek adına patlama limitlerinde gaz ve hava konsantrasyonu meydana gelmesini önlemek adına alınacak tüm önlemlerin yanında, patlama kaynağı sayılabilecek bütün makine - teçhizat, araç - gereç ve elektrik sistemlerinin patlamaya karşı Ex-Proof tarzda imal ve dizayn edilmeleri çok önemlidir (Tuncay, 2014).

Toz Parlamaları, sanayi tesislerinde sıklıkla görülebilen bir patlama şekli olmasıyla beraber, yanıcı gaz ve türevlerinin alev hızının, ses hızını geçmediği durumda görülür (Üçüncü, 2011).

Toz patlaması olayı bir örnek verilerek anlatılacak olursa; küçük bir odun parçası ateşe atıldığında ortama ısı yayarak yavaş yavaş yanar ve bu olay bir müddet öyle devam eder. Odun, minik parçalara ayrılıp en sonunda talaş formuna geldiğinde artık yanma hızı daha da artacaktır. Bunun nedeni ise yanıcı bir madde olan odun talaşı ve hava arasında temas yüzey alanının daha da genişlemiş olmasıdır. Bu mantıktan hareketle talaş halindeki odun parçalarının biraz daha küçülüp 0,1 milimetre ölçüsünden daha ufak toz partikülleri haline dönüştüğü durumda, uygun ortam şartları altında yanma hızları artacağından tutuşmaları ve patlayıcılık özelliği göstermeleri kolaylaşacaktır. Bunun sonucunda ise maddi hasar, çevre felaketleri, ekonomik kayıplar ve daha önemlisi yaralanma ve can kayıpları sonuçları doğabilecektir (Uzun, Akçın, Atalay & Şekertekin, 2015).

09 Aralık 1996 tarihinde de 96/82/EC seri numaralı “Tehlikeli Maddeleri İçeren Büyük Kaza Risklerinin Kontrolüne İlişkin Direktif (Seveso II Direktifi)” yayımlanarak yürürlük kazanmıştır. Seveso II Direktifi’ni, ülkemiz mevzuatlarına uyumlu hale getiren “Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik” çalışmanın başında da bahsedildiği gibi yayımlanarak yürürlük kazanmıştır. 24 Temmuz 2012 tarihinde yayımlanmış olan ve kısmi anlamda 01 Ocak 2015 ve 01 Temmuz 2015 tarihi itibari ile de Seveso II Direktifi yerine bütünüyle geçeceği bilinen Seveso III Direktifi, ilgili mevzuatın kapsamını daha da genişletmiş bulunmaktadır (Barton, 2002).

ABD’de (Amerika Birleşik Devletleri) Massachusetts eyaletinde 1896 senesinde kurulup faaliyetlerine başlayan NFPA – National Fire Protection Association (Ulusal Yangından Korunma Kurumu), dünya genelinde yangınların meydana gelmesinin önlenmesi, standartlar geliştirilmesi, araştırmalar yapılarak konu hakkında eğitimlerin verilmesi ve tüm bunların neticesinde meydana gelebilecek hasar, maddi kayıp ve ziyanların azaltılmasını amaçlayan Amerika merkezli bir kurumdur.

İlgili NFPA Standardları aynı zamanda toz patlaması ve yangın oluşumunun önlenmesi ile alakalı maddelere de yer vermektedir (Asana, 2015).

Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) 01 Temmuz 2003 tarihinden bu yana mevzuatlarda kendine yer edinen 94/9/EC ATEX yönergeleri, patlayıcı ortamlara ait kısımlar ve ürünlere yönelik sınıflandırmalar tesis edilmesini ve bahsi geçen ortamlarda kullanılacak tüm ürünlerde CE sertifikasına uygunluk zorunluluğunu mevzuatlara yansıtmıştır. Tozlu ortamlarda uygulanması lazım gelen korunma biçimleri dikkate alınarak ilk defa yürürlük kazanmış ATEX yönergeleri, takip eden süreç boyunca, tozdan korunma ve gazdan korunma direktifleri doğrultusunda, patlama bölgeleri ve ürünler göz önünde tutularak alt kategorilere ayrılmıştır (Ergür, 2012).

Toz Patlama vakalarında, Birincil patlama olarak bilinen durum, sıklıkla, depolama siloları ya da imalat tesisi, fabrika ve işyerlerinin kapalı bölümleri gibi kısıtlı bir ortamda meydana gelir. Patlamanın hemen ardından ortaya çıkan, şok dalgası ağır hasarlar oluşturabilir ve çoğu sefer binanın duvarlarını patlatarak yıkabilir ve patlama ardından yanma olayı ile birlikte ortaya çıkması muhtemel toz ve gazların etrafa dağılmasına sebep olur. Bütün yaşanmış büyük hasarlı toz patlama olayları bu tür zincir halkalarının silsile biçiminde birbirlerini tetiklemesinden kaynaklanır (Prakash, Fielding, Gens, Van Genderen & Evans, 2001).

İkincil patlama denilen olay ise, fabrika, tesis ve işletmelerde maruziyete tabi olan yüzeylerdeki toz kümeleri, hasar almış ekipman ve muhafazadan çıkacak patlama dalgası tarafından kaldırıldığında ve bunun ardından hasar alan ekipman ve muhafazadan çıkacak alev tarafından tutuşturularak ortaya çıktığı görülmektedir (Ergun, 2007).

Toz patlamalarına etki eden faktörler şunlardır:

- ✓ Toz zerreciğinin büyüklüğü (partikül ölçüsü)
- ✓ Tozun konsantrasyon özellikleri (oksidan konsantrasyon durumu)
- ✓ Tutuşabilme ısısı (sıcaklık)
- ✓ Toz bulutunun türbülansı
- ✓ Basıncın artması sonucu en yüksek hız
- ✓ Konsantre haldeki inert toz karışımı

✓ Yanıcı gazların mevcudiyeti

Tozun patlayıcılık düzeyinin ölçülmesinde kullanılan 2 adet alet ve yöntem vardır. Bir tanesi “Hartmann Dikey Tüp’ü” bir diğeri ise “201 Küresi”dir. Bahsi geçen yöntemler çalışmanın 4.Bölüm’ünde detayları ile anlatılmıştır.

Toz patlamalarının meydana gelmesini engellemeye yönelik bazı yapısal olmayan tedbirler şu şekilde tasnif edilebilir:

- Üretim prosesleri esnasında yanıcı ve patlayıcı özellik sergileyen toz yerine yanıcı ve patlayıcı özellik sergilemeyen ikame veya alternatif bir toz kullanılması.
- Üretim prosesleri esnasında kullanılacak tozun konsantrasyon miktarının patlayıcı toz / hava karışımı meydana getirmeyecek oranda düşük ölçüde tutulması,
- Üretim prosesleri esnasında kullanılan tozun patlama kompozisyonu sonrası yanabilmesi için ihtiyaç duyulan oksijen konsantrasyonunun oluşumunun engellenmesi,
- Patlamaya sebep olabilecek etkin ateşleyici kaynakların uzakta tutulması (Karaçelebi, 1980).

Büyük ölçekli sanayi tesislerinde görülen veya görülebilecek potansiyel toz patlaması vakalarının temel sebeplerinin de incelendiği bu çalışmada, risklerin en aza indirilmesi için alınabilecek tedbirler ve patlama olayının meydana gelmesi durumunda, hasar ve ziyanın azaltılabilmesi amacıyla alınması gerekli tedbirler tartışılmıştır. Araştırma bu nedenle önemlidir.

Bu güne kadar dünyada meydana gelmiş büyük ölçekli ve ciddi zarar veren toz patlaması vakalarından örnekler verilmiş, ulusal ve uluslararası mevzuat ve standartlar dikkate alınarak, toz patlaması tehlike ve risklerini tamamiyle bertaraf edecek veya en aza indirecek önlemler sunulmuştur.

Bu tez çalışması, araştırmacılara ve bu konuda daha sonra araştırma yapacak bilim insanlarına yol göstereceği olacağı düşünüldüğü için de önemlidir.

Ayrıca bu çalışma kamuoyu nezdinde ilaç ve kimya endüstrileri ile ilgili bir farkındalık oluşturacağı düşünüldüğü için de önemlidir.

Dolayısıyla benzeri araştırmaların yapılabilmesi konusunda ilgililere ışık tutacağı da beklendiği için araştırma önemlidir.

1.6 Araştırmanın Sayıtları

1. Bu çalışmada bir ilaç fabrikasında imalatta kullanılan ve çalışmanın sonunda EK A'da liste halinde sunulan yanıcılık ve patlayıcılık özelliği taşıyan kimyasal maddelerin, MSDS – Malzeme Güvenlik Bilgi Formlarında yazılı yanıcılık ve patlayıcılık eşik değerleri santigrad derece cinsinden dikkate alınmıştır.
2. Alanla ilgili yapılan ulusal ve uluslararası literatür taramasının araştırmanın geçerliliği ve güvenilirliği açısından yeterli olduğu düşünülmektedir,
3. Kullanılan ölçme araçları ve yöntemlerin araştırmanın amacına ulaşabilmesi için uygun olduğu, varsayılmıştır.

1.7 Araştırmanın Sınırlılıkları

Araştırma;

1. 2019 yılında Marmara Bölgesi Tekirdağ İli sınırları içerisinde faaliyet gösteren ve beşeri İlaç üretimi yapan bir ilaç fabrikasında elde edilen 2018, 2016 ve 2014 yıllarına ait Ortam Ölçümü ve toz ölçüm raporları sonuçları, 2018 yılında akredite ve yetkili kurumlarca hazırlanmış patlamadan korunma dökümanı ve acil durum planları ile fabrika yöneticilerinin beyanları, araştırmacıya sağladıkları baskılı materyaller ile elektronik ortamda sundukları veriler ile sınırlıdır.
2. Ulaşılan ulusal ve uluslararası kaynaklarla sınırlıdır.
3. Fabrikada ilaç üretimi esnasında toz patlaması yaratabilecek kimyasal maddelerin yanıcılık ve patlayıcılık düzeyini belirlemede partikül boyutlarının ölçümünün yapılacağı test cihazı hakkında ayrıntılı bilgi Bölüm 6'da verilecektir.

1.8 Tanımlar

Çalışan: Kendi özel kanunlarındaki statülerine bakılmaksızın kamu veya özel işyerlerinde istihdam edilen gerçek kişi (İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, 30 Haziran 2012, Resmi Gazete, sayı:6331/28339).

İş Kazası: İşyerinde veya işin yürütümü nedeniyle meydana gelen, ölüme sebebiyet veren veya vücut bütünlüğünü ruhen ya da bedenen engelli hâle getiren olay (İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, 30 Haziran 2012, Resmi Gazete, sayı:6331/28339).

Kabul edilebilir risk seviyesi: Yasal yükümlülüklerle ve işyerinin önleme politikasına uygun, kayıp veya yaralanma oluşturmayacak risk seviyesini ifade eder (İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirme Yönetmeliği, 29.12.2012, Resmi Gazete Sayısı: 28512).

2. PATLAMA VE PATLAMA TÜRLERİ

2.1 Yanma ve Yangın

Yanma denilen durum tamamen kimyasal bir sürecin sonucudur. Yanma olayı meydana gelmiştir diyebilmek için en azından bir adet yanıcı madde, bir ısı kaynağı ve ortamda yanma olayını başlatıp sürdürmeye yeter düzeyde oksijen moleküllerinin bir araya gelmiş olması gerekmektedir. Patlama ise en uygun konsantrasyonunda tutuşabilen ve parlayıcı özellik gösteren maddenin birden bire çok yüksek hızda ve önüne geçilemez biçimde çok yüksek boyutlara varabilen enerji açığa çıkararak, ses dalgası yayımı ile birlikte yanmaya başlamasıdır (Baysal, 2004).

2.1.1 Yanma nedir?

Yanma olayının oluşabilmesi için gerekli üç adet temel unsurun bir araya gelip tepkimenin oluşması gerekir.



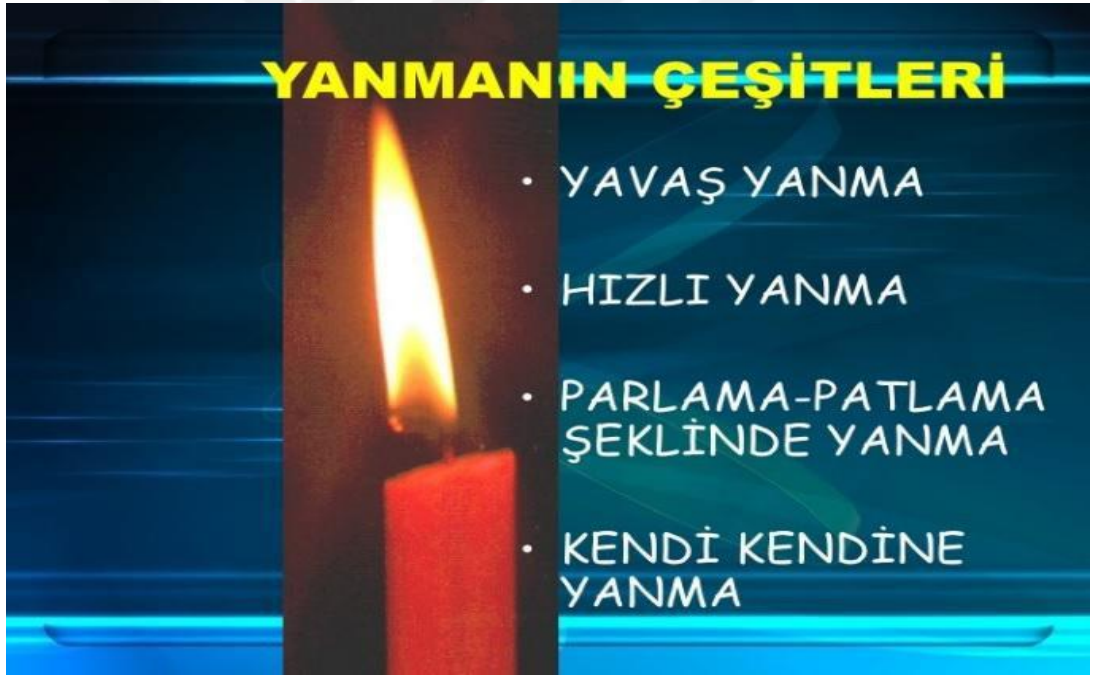
Şekil 2.1: Yanma üçgeni

Kaynak: <https://www.slideshare.net/Teknikakademiisg/yanigin-107971180> Alındığı tarih: 04.07.2019

Bu üç temel unsur yanıcı madde, ısı kaynağı ve oksijendir. Bu temel unsurlardan bir tanesi dahi eksik olursa yanma veya patlama olayı meydana gelmez. Bu üç temel unsur “Yanma Üçgeni” ismiyle ifade edilmektedir (Sezer, 2019).

Yanıcı maddeler doğada katı, sıvı ve gaz biçiminde farklı formlarda mevcut olabilir. Katı formda bulunabilecek yanıcı maddeler, örneğin: plastik, odun tozu, kağıt v.b. Sıvı yapısında doğada bulunabilecek yanıcı maddeler, örneğin: benzin, aseton, eter ve etan, Gaz yapısında doğada bulunabilecek yanıcı maddeler ise örneğin: asetilen, bütan, propan, karbon monoksit ve hidrojen biçiminde ifade edilebilir (Özkılıç, 2011).

Hava içeriğinde % 21 oranında mevcut olan oksijen yanma olayının belki de en önemli bileşenidir. Oksijen rengi, kokusu ve tadı olmayan bir gazdır. Hava içeriğinde normal şartlarda % 21 oranında mevcut olan Oksijenin hava içeriğindeki oranı olağan üstü durumlar haricinde neredeyse sabittir ve değişmez. Yanma olayının başlaması ve sürdürülerek devamlılığının sağlanabilmesi için havadaki gaz karışımında en az %16 oranında oksijen mevcut olmalıdır.



Şekil 2.2: Yanmanın çeşitleri

Kaynak: <https://www.slideshare.net/afet32/yanagin> Alındığı tarih: 04.07.2019

Yanmanın Çeşitleri:

- Yavaş Yanma,
- Hızlı Yanma,
- Parlama, Patlama halinde yanma,
- Kendi Kendine Yanma

2.1.2 Yangın nedir?

İnsan iradesi dışında meydana gelen, cana ve mala zarar verebilecek (sabotaj ve kasıtlı çıkarılan yangınlar hariç), aniden ve/veya birden bire ortaya çıkan fakat istenildiği anda yayılması ve artarak genişlemesi önlenip kısmen veya tamamen söndürülemeyen yanma olayına Yangın adı verilmektedir.

Yangın, başlangıç aşaması, büyüme aşaması, yayılma aşaması, kor haline gelerek sönme aşaması şeklinde dört adet aşamadan meydana gelir (Karamanlı, 2014).

2.2 Patlama, Patlama Ortamı, Patlayıcı Ortam

2.2.1 Patlama nedir?

Patlama olayı, yanma'nın belirgin şartlar altında, çok kısa bir süre içinde birden bire oluşması durumudur. Patlama; "aniden ortaya çıkan gaz genişlemesi sonucu çoğunlukla ısı yayılımı ile ortaya çıkan bir kimyasal tepkime durumu" şeklinde açıklanabilir. Patlama olayı, ortamdaki sıcaklık, ortam nemi, basıncı vb unsurlarla birlikte, üç adet temel bileşenin kapalı bir ortamda bir araya gelmesi ile meydana gelmektedir (Tuna, 2016).



Şekil 2.3: Hadımköy'de 3 katlı fabrikada patlama

Kaynak: <https://www.haberler.com/hadimkoy-de-fabrika-yangini-1-2-11847854-haberi/> Alındığı tarih: 12.06.2019

Patlama, süratli bir Şekilde meydana gelen yanma olayı neticesinde genleşen gazlar sonucu ortaya çıkan basınç derecesinin, içerisinde bulunduğu kapalı alanın mukavemetini kırması ile oluşan tahrip edici güçtür.

Amerikan Milli Yangınla Mücadele Kurumu - National Fire Protection Association (NFPA) 69 a göre patlama: “Yanma olayı yanma neticesinde ortaya çıkan i basınç nedeniyle bir kapalı alanın veya kabın tahrip olması veya parçalanması yüksek basınçlı bir gazın ortama hızlı bir Şekilde yayılması”dır (ATEX Guidelines, 2009).

2.2.2 Patlama ortamı nedir?

Patlama olayının meydana gelebilmesi için;

- Patlayıcı Konsantrasyon,
- Oksijen,
- Ark kaynağı, ısı kaynağı, açık alev, statik elektrik vb ateşleyici unsurların, bir araya gelmesine bağlıdır.

2.2.3 Patlayıcı ortam nedir?

Yanıcı özellik sergileyen maddeler olan gaz, buhar, sis ve tozların atmosfer Şartları içinde hava vasıtasıyla meydana getirdiği ve herhangi bir ateşleyici unsurla temas etmesi halinde bütünüyle yanabilen konsantrasyona Patlayıcı Ortam adı verilmektedir. Genellikle, ateşleyici unsurlar, patlayıcı konsantrasyon ve havada bulunan oksijen bir çok iŐ ve iŐ yeri ortamında zaten yer almaktadır. Bu durumda yeterli ve düzenli bir havalandırma - iklimlendirme sistemi kurulması, patlama limitlerine ulaŐan bir konsantrasyonun oluŐmaması ve patlama enerjisinin meydana gelmemesi açısından yürütülecek uygulamalar, patlamayı engelleme kural ve sisteminin tamamını kapsamaktadır (Sarı, 2007).



Şekil 2.4: Patlayıcı ortam işaretleri

Kaynak: <http://www.uyaritabelasi.com/patlayici-ortam/6798-zy2516-dikkat-patlayici-ortam-ikaz-levhasi.html> Alındığı tarih: 12.06.2019

Patlayıcı ortam olarak bilinen sistem, sadece maksimum ve minimum patlama sınırları içindeki karışımlarda reaksiyon sergilemektedir. Toz patlaması denilen olay ise yanıcı ve patlayıcı özellik gösteren toz partiküllerinin tutuşması sonucu ortaya çıkar. Minimum patlama limiti, alt patlama sınırı kavramıyla tarif edilebilir ve havada mevcut olan yanıcı gaz ve buhar yoğunluğu'nun patlamaya sebebiyet vermediği alt sınır şeklinde tarif edilmektedir. Üst patlama sınırı tarifi ise: havada mevcut olan yanıcı gaz ve buhar yoğunluğu'nun patlamaya sebebiyet vermediği üst sınır şeklinde tarif edilmektedir (Tuncay, 2014).

Patlayıcı ortamlarda patlama olayına neden olabilecek her türlü tehlikenin önlenmesi ve risklerin bertaraf edilerek uygun bir çalışma zemini yaratılması hayati derecede önemlidir. Bu tedbirlerin hayata geçirilmesinin yanı sıra, patlama ve yanmayı engellemenin en önemli ana iki unsuru; patlama limitlerinde gaz ve hava konsantrasyonu ile patlama kaynağı büyüklük değerlerinin sürekli olarak kontrol ve takip edilerek her ikisinin beraber eş zamanlı olarak bir araya gelmelerine devamlı suretle mani olmaktır.

Pratik uygulamada bu bahsedilenlerden en az bir tanesinin oluşmasını engellemekle patlama olayı teoride engellenebiliyor gibi görülse de, uygulama durumunda bu neredeyse mümkün olmamaktadır. Yani, patlama olayı riskini minimum düzeylere çekmek adına patlama limitlerinde gaz ve hava konsantrasyonu meydana gelmesini önlemek adına alınacak tüm önlemlerin yanında, patlama kaynağı sayılabilecek bütün makine - teçhizat, araç - gereç ve elektrik sistemlerinin patlamaya karşı Ex-Proof tarzda imal ve dizayn edilmeleri çok önemlidir (Tuncay, 2014).

Petrol ve petrol türevleri endüstrisi, kimya endüstrisi, doğal gaz santralleri ve madencilik sektörü gibi pek çok endüstride iş ve işin gereklerinden kaynaklanan rutin çalışma ve proses özelliklerinden kaynaklı olarak, patlayıcı ortam ile yüz yüze gelinmektedir. Söz konusu patlayıcı ortamların meydana gelmesini engellemek adına yeterli önlemler alınmadığında ölümlü ve yaralanmalı çok büyük kazalar yaşanacak, ciddi maddi hasarlar meydana gelebilecektir. Bu bilimsel çalışmanın amaçlarından birisi de patlayıcı ortam meydana gelmesini önlemek, önlemek tamamiyle mümkün olamıyorsa olumsuz etkilerinin en aza indirilebilmesi hususunda gerekli önlemlerin hayata geçirilmesi ile ilgili çalışmalara katkıda bulunabilmektir (Eğri, 2008).

2.3 Patlama Çeşitleri

Patlamalar, genel kabul görmüş hali ile fiziksel patlamalar ve kimyasal patlamalar şeklinde sınıflandırılabilir. Ama bununla beraber pek çok patlama sınıflandırması da mevcuttur.

Patlamalar aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir;

- Gaz halindeki maddelerden kaynaklanan patlamalar,
- Kimyasal maddelerden kaynaklanan patlamalar,
- Katı halde bulunan maddelerden kaynaklanan patlamalar,
- Toz patlamaları (inorganik toz, organik toz),
- Basınç patlamaları (Eğri, 2008).

Bu çalışmada bu sınıflandırmalardan bazıları hakkında detaylı bilgiler verilecektir.

2.3.1 Kimyasal patlamalar

Kimyasal türde patlamalar ise kendi içinde, parlama (deflagration) ve infilak (detonation) biçiminde iki gruba ayrılır.

Kimyasal reaksiyonlar sonucunda büyük miktarlarda enerji ortaya çıkar. Bu tarz yüksek enerji ortaya çıkaran reaksiyonlar genellikle ekzotermik reaksiyonlar biçiminde ifade edilir. Söz konusu ekzotermik tepkime yavaş bir biçimde oluşuyorsa açığa çıkan enerji çabucak sönmülenerek yavaş yavaş ortadan kaybolacaktır. Oysa ki diğer taraftan ekzotermik tepkime çok süratli bir biçimde oluşuyorsa, meydana gelen enerji sönmülenmeyecek ve ortamda kalacaktır. Böylelikle bu yüksek enerji, nispeten daha küçük bir alanda birikecek, akabinde bu yüksek enerji ısınmış olan gazın süratle genişmesiyle şok dalgaları üretmesine yol açacaktır. Kimyasal patlamaları öbür ekzotermik tepkimelerden farklı kılan temel unsur, kimyasal tepkimelerin daha süratli bir biçimde ortaya çıkmasıdır. Bununla beraber kimyasal tepkime sonucu meydana gelen enerji mekanik enerjiye dönüştürülebilir. Söz konusu dönüştürme işlemi tepkime sonucu meydana gelen gaz ve türevlerinin genişmesi şeklinde ortaya çıkar. Gaz fazında bir ürün meydana getirilemezse enerji, ısı biçiminde kalacaktır (Akman, 2015).

Parlama (Deflagration)

Parlama, sanayi tesislerinde sıklıkla görülebilen bir patlama şekli olmasıyla beraber, yanıcı gaz ve türevlerinin alev hızının, ses hızını geçmediği durumda görülür (Üçüncü, 2011).

İnfilak (Detonation)

İnfilak olayında, gazda görülen alev hızı, ses hızına eşit veya üstündedir ve hemen ardı sıra şok dalgaları görülür. Herhangi bir sanayi tesisinde meydana gelmiş bir toz patlaması vakasının sahiden de bir infilak vakası mı değil mi anlamak oldukça zordur. Bundan dolayı toz patlamalarına yönelik önlemler almada, infilaktan ziyade parlama olayını dikkate alarak önlemler geliştirmek daha akıllıca olacaktır (Üçüncü, 2011).



Şekil 2.5: Kocaeli'de kimyasal madde deposunda patlama

Kaynak: <https://www.yenisafak.com/gundem/kocaelide-kimyasal-madde-deposunda-patlama-2808132> Alındığı tarih: 12.06.2019

Kimyasal patlamalar endüstride genelde deflagrasyon (parlama) ve detonasyon (infilak) olarak 2 farklı biçimde görülür. Deflagrasyon yani parlama olayında gaz'ın yanma hızı, ses hızından daha düşük ve genellikle 1 ve 100 metre / saniye hızındadır. Detonasyon yani infilak olayında ise alev hızı, şok dalgası yaratarak ses hızını aşmaktadır ve genellikle saniyede 2.000 ve 8.000 metre'ye kadar hızlara ulaşabilir. Detonasyon yani infilak olayında, yanma dalgası, ortaya çıkan şok dalgası ile beraber hareketlilik göstererek Şok dalgası'nın sürekliliğini sağlar. Detonasyon (infilak) olayı, deflagrasyon (parlama) olayına nispeten daha yüksek bir basınç ve daha fazla tahribat ve zarar meydana getirir. Mesela, tamamen izole edilmiş bir ortamda hidrokarbon - hava konsantrasyonu yaklaşık olarak 8 bar mertebesinde bir basınç ortaya koyarken, detonasyon yani infilak halinde meydana gelebilecek potansiyel basınç 20 bar düzeyini geçebilecektir (Karaçelebi, 1980).



Şekil 2.6: Patlama beşgeni

Kaynak: <http://kontrolmedya.com/tesisiniz-toz-patlamasi-riskleri-tasiyor-mu/> Alındığı tarih: 12.06.2019

Detonasyon dalgası yani infilak dalgası denilen olay, yanma dalgası adı verilen olayın alt türlerinden biri olmasına karşın, çoğunlukla yanma dalgası bir parlama olayı (deflagrasyon) şeklinde ifade edilmektedir. Detonasyon dalgası (infilak dalgası) özünde, dalga içinde hali hazırda mevcut bulunan, yüksek ölçüde sıkıştırılmış patlayıcı ortam içinde kimyasal tepkimenin enerjisi sonucu oluşur. Bundan dolayı deflagrasyon denilen parlama olayı bir kimyasal tepkime sonucu sürdürülen ses hızından daha yavaş bir dalgadır. Deflagrasyon yani parlama olayının aksine, detonasyon (infilak) olayı; ses hızından bile daha hızlı bir dalga biçimindedir. Bu tanımlamalardan hareketle Yanma Dalgası denilen kavram “Alev” şeklinde nitelendirilebilir (Çilingir, 2005).

Deflagrasyon yani parlama olayında, maddenin parçalanarak moleküllerine ayrışması sürecinde oluşan tepkimenin, yanmayan bölgeye iletilmesi olayı termal iletim biçiminde olurken, detonasyon yani infilak olayında bu iletim şok dalgası marifetiyle kendini gösterir. Bundan dolayı detonasyon yani infilak işlemi sürecinde şok dalgası, yanmayan patlayıcı ortamın arasından süratle geçerek henüz yanmamış olan bölgenin tutuşmasını tetikler.

Detonasyon (infilak) olayı, katı ve sıvı formunda patlayıcı madde içeren veya patlayıcı gaz içeren ortamların neredeyse tamamında ortaya çıkabilir. Detonasyon (infilak) olayında meydana çıkan patlama dalgası, patlayıcı özellik sergileyen

maddelerin içerisinde geçmektedir. Patlama dalgası uzun bir geçiş süreci sergilemektedir. Kastedilen geçiş süreci birinci aşamada sabit bir basınca sahip bir borunun içindeki alevlenir gaz ve hava konsantrasyonunun yanışı biçiminde tarif edilebilir. Tutuşmanın oluşması ve enerjinin açığa çıkması halinde yanmaya başlayan gaz genleşir. Parlama (Deflagrasyon) dalgasının ucu, neredeyse alev hızına eşit bir hızda hareket eder. Alev hızı, olması gerekenden daha düşük bir hızla seyrederse yanma olayı sabit bir basınç düzeyinde seyredecektir. Alev hızı, olması gerekenden daha yüksek bir mertebede seyrederse ivmelenmede meydana gelecek değişim sonucu “basınç türbülansı” denilen olay açığa çıkar. Bunun sonucunda alev ön ucu hız kazanarak yanma dalgası birden bire şok dalgası formuna dönüşür. Alev ön ucunun hız kazanması deflagrasyon (parlama) olayının detonasyon (infilak) olayına evrilmesine yol açar. Böylelikle infilak (detonasyon) dalgası, henüz daha yanmamış gazın içerisinde geçerek ses hızını aşarak ivme kazanır (Akman, 2015).

2.3.1.1 Gaz – buhar patlamaları

Gaz ve Buhar Patlamaları;

Gaz Patlaması

Üretimin ve prosesin olduğu her türlü yerde, gerek toz patlamaları gerekse de gaz patlamalarıyla yüz yüze gelme riski her zaman yüksektir. Gaz patlaması, gaz konsantrasyonunun birden bire yanması sonucu meydana gelen hızlı bir basınç yükselmesi şeklindeki durumlar biçiminde ifade edilirken, toz patlaması, optimum oranda hava ve toz konsantrasyonunun meydana getirdiği toz bulutunun bir anda patlaması biçiminde tanımlanabilir (Asana, 2015).

Buhar Patlaması

Basınç altındaki bir tank içindeki gazların, mekanik patlama içerecek biçimde, dışsal koşullardan kaynaklanan sebeplerle (radyant ısı gibi) genişlemesi sonucu tankın çeperlerinin birden bire yırtılarak sökülmesi şeklinde tarif edilebilir.



Şekil 2.7: Malkara'daki süt fabrikasında buhar kazanı patladı

Kaynak: <http://www.halkinhabercisi.com/malkaradaki-fabrikada-buhar-kazani-patladi> Alındığı tarih: 12.06.2019

Bahsedilen tanımdan yola çıkarak, tankın içeriğinde yanıcı özellik sergileyen bir gaz mevcutsa, bu gaz yırtılma gerçekleştiği anda atmosfere yayılacak ve oksijen ile birleşip, gerek ve yeter koşullar sağlandığında “Buhar Bulutu Patlaması (VCE Vapour Cloud Explosion)” ortaya çıkacaktır (Sezer, 2019).

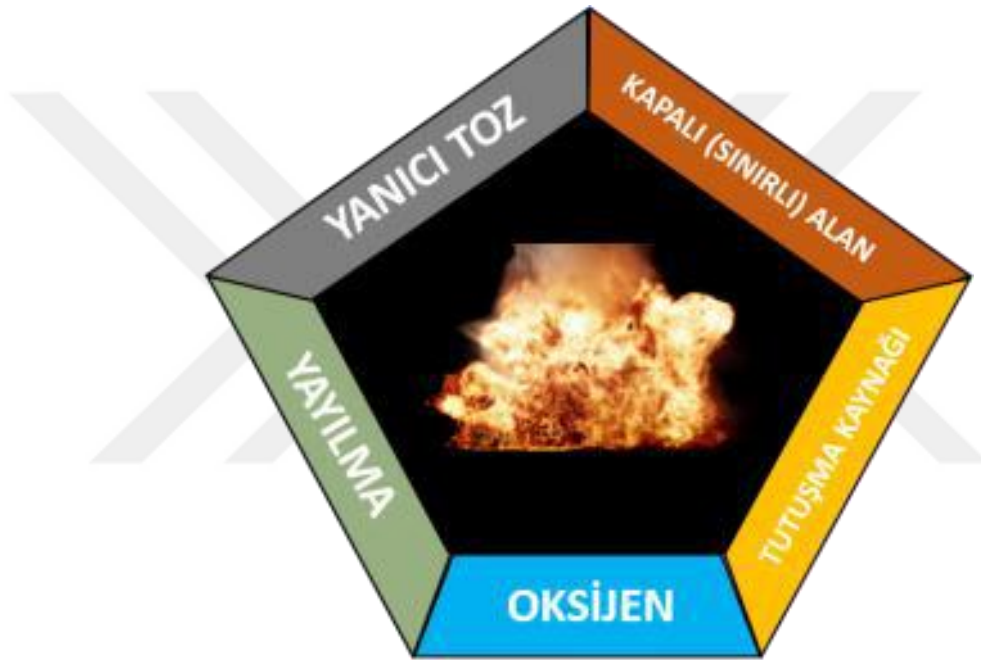
2.3.1.2 Sis patlamaları

Yanıcı özellik sergileyen hemen hemen tüm sıvı madde sisleri, mesela hidrokarbonlar, normal atmosfer basıncı ve sıcaklıklarında, 100 µm'den daha ufak damlacık ölçülerinde ve 100 ile 500 g / m³ değerleri içindeki hacimsel yoğunlukta patlayıcı özellik sergilerler. Burada, söz konusu sıvı yanıcı maddenin kaynama noktasının düşük veya yüksek olmasının hiçbir önemi yoktur. Her halükarda yanıcı özellik sergileyen sıvı maddeye ait damlacıklar hızlıca buharlaşarak yanıcı buhar ve hava konsantrasyonu biçimine dönüşecektir.

Sprey ve sis kavramları çoğunlukla karıştırılabilmektedir. Oysa ki her 2 kavram farklıdır. Sprey, bir yada daha çok nozul'dan sızma sonucu oluşan sıvı formda minik damlalar biçimindedir. Oysa ki Sis, yüksek düzeyde doymuş yakıt buharının yoğunlaşması sonucu meydana gelen bulut çeşididir. Sis damlaları, sprej damlalarına oranla hacimsel anlamda nispeten ufaktır (Sezer, 2019).

2.3.1.3 Toz patlamaları

Kısaca ve basit bir şekilde toz patlaması kavramı şu şekilde ifade edilebilir: Havada asılı vaziyette olup yanıcı, parlayıcı ve patlayıcı özelliğe sahip toz olarak tabir edilen partiküllerin kapalı bir hacimde yüksek basınç ve ısı yaratarak, hızlı ve birden bire yanması sonucu görülen çevreye, insanlara, işletmeye ve ülke ekonomisine zarar verme potansiyeli kuvvetli patlamalardır. Yanma olayı anında, havada asılı vaziyette bulunan yanıcı ve patlayıcı özellik sergileyen toz parçalarının partikül çap ölçüleri küçüldükçe, patlama hızı ve patlama şiddeti daha da yükselir.



Şekil 2.8: Toz patlamaları mekanizması

Kaynak: <https://www.proscon.com.tr/toz-patlamalari/> Alındığı tarih: 12.06.2019

Toz patlaması olayı bir örnek verilerek anlatılacak olursa; küçük bir odun parçası ateşe atıldığında ortama ısı yayarak yavaş yavaş yanar ve bu olay bir müddet öyle devam eder. Odun, minik parçalara ayrılıp en sonunda talaş formuna geldiğinde artık yanma hızı daha da artacaktır. Bunun nedeni ise yanıcı bir madde olan odun talaşı ve hava arasında temas yüzey alanının daha da genişlemiş olmasıdır. Bu mantıktan hareketle talaş halindeki odun parçalarının biraz daha küçülüp 0,1 milimetre ölçüsünden daha ufak toz partikülleri haline dönüştüğü durumda, uygun ortam şartları altında yanma hızları artacağından tutuşmaları ve patlayıcılık özelliği göstermeleri kolaylaşacaktır. Bunun sonucunda ise maddi hasar, çevre felaketleri,

ekonomik kayıplar ve daha önemlisi yaralanma ve can kayıpları sonuçları doğabilecektir (Uzun, Akçın, Atalay & Şekertekin, 2015).

Toz patlaması, optimum oranda hava ve toz konsantrasyonunun meydana getirdiği toz bulutunun bir anda patlaması biçiminde tanımlanabilir (Asana, 2015).

2.3.2 Fiziksel patlamalar

Fiziksel patlama denildiği zaman herhangi bir kimyasal yada nükleer tepkime oluşmayan patlama düşünülmelidir. Kısaca yanma olayının meydana gelmediği her türlü patlama fiziksel patlamadır. Endüstride en fazla karşılaşılan örneği ise, gaz yada sıvı madde muhteviyatına sahip yüksek basınçlı bir tankın yarılarak patlamasıdır. Tank patladığında, muhteviyatındaki yüksek basınçlı gaz genişerek güçlü bir şok dalgası meydana getirir. Gündelik yaşantıda sıklıkla görülebilecek bir diğer örnek: Motorlu kara taşıtı (Otomobil) lastiklerinin aşırı düzeyde şişirilmesi sonucu patlama olasılığıdır (İnce, 2011).

2.3.2.1 BLEVE kaynayan sıvı genişen buhar patlaması (boiling liquid expanding vapor explosion)

BLEVE Kaynayan Sıvı Genleşen Buhar Patlaması (Boiling Liquid Expand Vapor Explosion), Yüksek basınç şartlarında sıvı hale getirilmiş gazlarda görülen bir patlama çeşididir. LPG ve Bütan gibi, basınçlandırılmış tanklar içinde depolaması yapılan, parlayıcı özellik sergileyen tehlikeli madde, ön görülemeyen bir sebeple ortaya çıkan ani bir sıcaklık yükselmesinde tankın aşırı ısınması ile beraber buharlaşmaya başlar (Sezer, 2019).

Buharlaşmaya başlayan madde içinde bulunduğu tankın çeperlerine yüksek bir basınç uygular, sıcaklıkla beraber yumuşayan tankın mukavemeti zayıflar ve yükselen tank iç basıncı birden bire tankın çeperlerini yırtarak patlamasına sebebiyet verir. Bunun neticesinde, tankın savrulan parçaları çevreye, eşyalara ve insanlara zarar verebilir. Buna bir örnek vermek gerekirse; LPG tanklarının patlaması (Gökmen, 2017).



Şekil 2.9: Bleve kaynayan sıvı genleşen buhar patlaması

Kaynak: <https://www.youtube.com/watch?v=0YMXXSARjuw> Alındığı tarih: 12.06.2019

2.3.3 Nükleer patlamalar

Nükleer deformasyon ardından madde'nin enerjiye evrilmesi ile meydana gelen çok ani ve süratli enerji boşalmasıdır. Örneğin: Hidrojen bombası veya uranyum bombası patlaması. Nükleer santrallerde meydana gelen patlama vakaları ile ardından oluşan yangın vakaları nükleer kaza şeklinde nitelendirilir. Bunun sonucunda oluşan en önemli tehlike canlılara ve doğaya radyoaktif sızıntı ve serpmeler ile verebileceği korkunç büyüklükte ve geri dönüşü olmayan hasarlardır. Bunun nedeni sızıntı ve serpinti sonucu ortaya çıkan radyoaktif maddelerin (kanserojen ve mutajen) iyonize ışınma yayan çok tehlikeli maddeler olmasıdır (Gökmen, 2017).

2.4 Patlayıcı Ortamların Sınıflandırılması

Her endüstri dalında, her fabrikada, her işletmede veya her çalışma ortamında çalışma veya ortam koşulları spesifik özellikler göstererek farklılaşabilmektedir. Dolayısıyla her bir farklı endüstri kolu, her bir farklı fabrika, her bir işletme veya her bir çalışma ortamı için uygulanacak sistem, önlem veya tedbirler de birbirinden farklı olmak zorundadır. Bundan dolayı, patlayıcı madde veya patlayıcı konular hakkında profesyonel bilim insanları patlayıcı ortamları, sebep olabileceği potansiyel

tehlikelerin boyutlarını da göz önünde bulundurarak sınıflandırmışlardır. Tedbir, önlem, güvenlik, operasyon ve bakım avantajları ve özellikle iktisadi ve maliyet unsurları da düşünülerek her bir patlayıcı ortam ayrı ayrı göz önünde bulundurularak birbirinden tamamen farklı uygulamalar düşünülmüştür. Patlayıcı ortamların sınıflandırılmasında her bir sınıf için “bölge” veya “zon” tabirleri kullanılır.



Şekil 2.10: Çernobil nükleer faciası

Kaynak: <http://www.diyekonustu.com/ne-olmustu/chernobylde-ne-olmustu-h741.html> Alındığı tarih: 12.06.2019

Patlayıcı ortamları “bölge” veya “zone” olarak sınıflandırmada iki farklı düşünce sistemi belirgin olmuştur. Bu konuda hakim olan ilk sistematik kömür endüstrisinde hakimiyeti belirgin olan Batı Avrupa düşünce sistemi yani “bölge (zone) kavramı”, öteki ise petrol endüstrisinde hakim olan Kuzey Amerika düşünce sistemi yani “saha (division) kavramı”dır (Abbasi & Abbasi, 2007).

Bölgelerin (zone) standart tanımı IEC 79-10 ve EN 50 014 de yapılmıştır. En güncel hali ise ATEX 137’de (AB Parlamentosu talimat No: 99/92’de) gösterilmiştir ve IEC’den farksızdır.

PATLAYICI ORTAM (6 BÖLGE)					
Gaz ,Buhar, Sis			Tozlar		
Bölge 0	Bölge 1	Bölge 2	Bölge 20	Bölge 21	Bölge 22
Sürekli	Ara sıra	Oluşma ihtimali olmayan/ çok kısa süren	Sürekli	Ara sıra	Oluşma ihtimali olmayan/ çok kısa süren

Şekil 2.11: Patlayıcı ortamların sınıflandırılması

Kaynak: Erdoğan, 2019, s.352

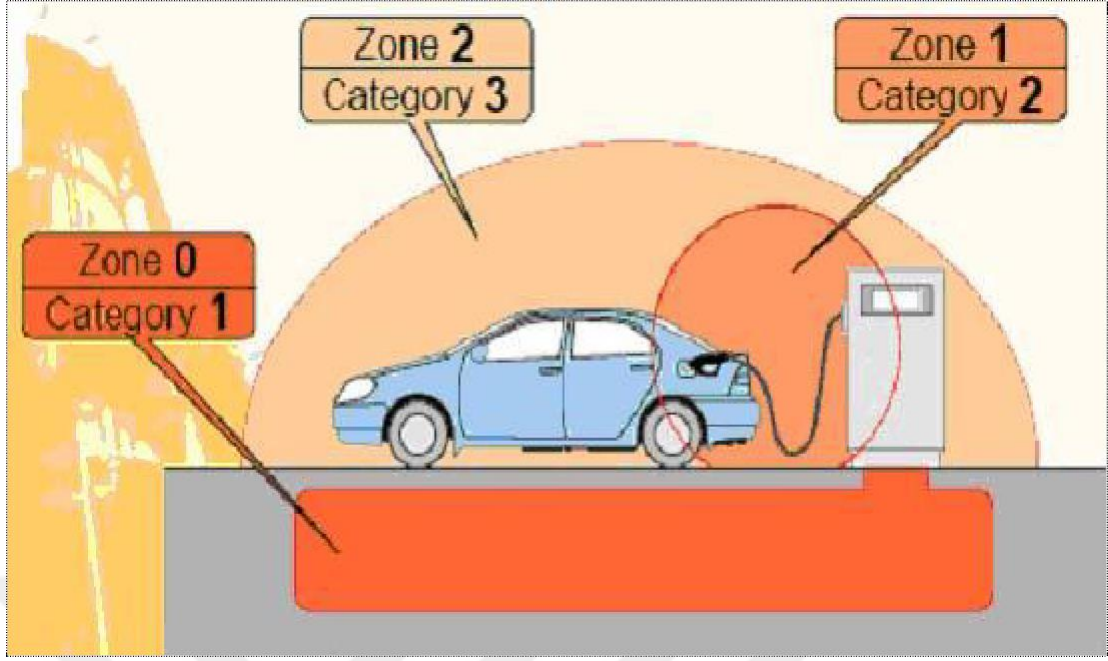
2.4.1 Bölge 0 – bölge 20

“Bölge 0” şeklinde tarif edilen bölgeler, normal çalışma ve ortam şartlarında gaz, buhar ve sis formunda olan ve yanıcı özellik sergileyen unsurların hava ile konsantrasyonu ile oluşabilecek patlayıcı ortamın, oluşma olasılığı yüksek olan ve oluştuğu an uzun süre devam eden yerler “zone 0” grubu içinde yer alır (1.000 saat/yıl).

“Bölge 20” şeklinde tarif edilen bölgeler, normal çalışma ve ortam şartlarında havada bulut halinde bulunan yanıcı toz formundaki unsurların sürekli biçimde uzun sürelerle veya sık sık patlayıcı ortam yaratabilecek yerler “zone 20” grubu içinde yer alır.

2.4.2 Bölge 1 – bölge 21

“Bölge 1” şeklinde tarif edilen bölgeler ise, normal çalışma ve ortam şartlarında gaz, buhar ve sis formunda olan ve yanıcı özellik sergileyen unsurların hava ile konsantrasyonu ile oluşabilecek patlayıcı ortamın meydana gelme olasılığı düşük olan veya hiç olmayan, sadece normal olmayan çalışma ortam ve şartlarında ve şans eseri patlayıcı ortam meydana gelebilen veya meydana gelme potansiyeli olan ve gene meydana geldiğinde de çok kısa süren bölgeleri kapsar (10 - 100 saat / yıl).



Şekil 2.12: Patlayıcı ortam haritası

Kaynak: http://www.kascert.com/goster.aspx?metin_id=832 Alındığı tarih: 07.11.2019

“Bölge 21” şeklinde tarif edilen bölgeler ise, normal çalışma ve ortam şartlarında havada bulut halinde bulunan yanıcı toz formundaki unsurlar ile oluşabilecek patlayıcı ortamın meydana gelme olasılığı düşük olan veya hiç olmayan, sadece normal olmayan çalışma ortam ve şartlarında ve şans eseri patlayıcı ortam meydana gelebilen veya meydana gelme potansiyeli olan ve yine meydana geldiğinde de çok kısa süren bölgeleri kapsar.

2.4.3 Bölge 2 – bölge 22

“Bölge 2” şeklinde tarif edilen bölgeler, normal çalışma ve ortam şartlarında, gaz, buhar ve sis formunda olan ve yanıcı özellik sergileyen unsurların hava ile konsantrasyonu ile oluşabilecek, patlayıcı ortam yaratma potansiyeli olmayan ve bununla beraber arıza, kaza, tamir, bakım v.b. durumlarda da patlayıcı ortam meydana getirme potansiyeli çok düşük olan ve bahsedilen bu durumlarda da çok kısa süren alanlar “Zone 2” kategorisi içinde (<10 saat/yıl) yer almaktadır.

“Bölge 22” şeklinde tarif edilen bölgeler, normal çalışma ve ortam şartlarında, havada bulut halinde bulunan yanıcı toz formundaki unsurlar ile oluşabilecek, patlayıcı ortam yaratma potansiyeli olmayan ve bununla beraber arıza, kaza, tamir, bakım v.b. durumlarda da patlayıcı ortam meydana getirme potansiyeli çok düşük

olan ve bahsedilen bu durumlarda da çok kısa süren alanlar “Zone 22” kategorisi içinde yer almaktadır (Parlak, 2008).



3. PATLAMA HAKKINDA MEVZUAT VE STANDARDLAR

3.1 Türkiye’de Patlama Hakkında Mevzuat ve Standartlar

Her türlü endüstriyel işyerlerinde, patlamalardan korunabilmek amacıyla pek çok spesifik tedbirlerin alınmış olması hayati derecede önem arz etmektedir. Sözü edilen spesifik tedbirlerle alakalı düzenleme, standard ve mevzuatlar mevcut olup, hali hazırda yürürlükte olan 24 Aralık 1973 tarihli ve 14752 seri no’lu Resmi Gazetede yayımlanan “Parlayıcı, Patlayıcı, Tehlikeli ve Zararlı Maddelerle Çalışılan İşyerlerinde ve İşlerde Alınacak Tedbirler Hakkında Tüzük” üzerinde çalışmalar yapılarak son haline getirilmiştir. İlgili tüzük aynı zamanda toz patlaması ve yangın oluşumunun önlenmesi ile alakalı maddelere de yer vermektedir.

1973 yılında Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiş adı geçen tüzükte yer alan maddelerle benzerlik gösteren maddelerin bulunduğu, 11370 no’lu “Yangın Önleme, Parlama ve Patlama, Genel Türk Standardı” patlama tehlikesi mevcut bulunan tesis ve işletmelerde alınabilecek yangın tedbirlerini ihtiva etmektedir. İlgili standard aynı zamanda toz patlaması ve yangın oluşumunun önlenmesi ile alakalı maddelere de yer vermektedir (Sezer, 2019).

28 Haziran 1990 tarih ve 90/394/EC seri no’lu, 27 Haziran 1997 tarih ve 97/42/EC seri no’lu ve 29 Nisan 1999 tarih ve 1999/38/EC seri no’lu AB (Avrupa Birliği) Direktifleri (ATEX) baz alınarak ortaya çıkarılmış “Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Çalışanların Korunması Hakkında Yönetmelik” öncelikle 26 Aralık 2003 tarihli ve 25328 seri no’lu Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlük kazanmış, son olarak ise, 30 Nisan 2013 tarihinde, 28633 seri no’lu Resmi Gazete’de yayımlanmıştır. İlgili yönetmelik aynı zamanda toz patlaması ve yangın oluşumunun önlenmesi ile alakalı maddelere de yer vermektedir.

Yüksek riskli olası patlayıcı ortamlarda kullanılacak makine - teçhizat’ın ve koruyucu sistemlerin güvenilir bir şekilde piyasaya arz edilebilmesi amacıyla,

gereken güvenlik kuralları ve uygunluğunun değerlendirilmesi prosedürlerine ait usul ve esasları ortaya koymak gayesiyle, ilk olarak, 27 Ekim 2002 tarih 24919 seri no'lu Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlük kazanmış, nihayetinde son olarak 30 Aralık 2006 tarih 26392 seri no'lu Resmi Gazetede revize edilerek yeniden yürürlük kazanmış “Muhtemel Patlayıcı Ortamda Kullanılan Teçhizat ve Koruyucu Sistemlerle İlgili Yönetmelik” halen mevzuatımızda güncelliğini korumaktadır. İlgili yönetmelik aynı zamanda toz patlaması ve yangın oluşumunun önlenmesi ile alakalı maddelere de yer vermektedir (Tuncay, Gedikli, Çiftçi ve diğerleri, 2015).

3.2 Dünya’da Patlama Hakkında Mevzuat ve Uluslararası Standardlar

3.2.1 Seveso direktifleri

Avrupa Birliği sınırları içerisinde yer alan “Seveso” isimli yerleşim merkezi, İtalya'nın kuzey-batı kesiminde ve en büyük şehirlerinden biri olan Milano'ya yaklaşık 20 kilometre mesafede, “Lombardi” isimli ilçenin yakınında yer alan nezih bir kasaba ve yerleşim merkezidir. Bu yerleşim merkezine oldukça yakın bir lokasyonda konumlanmış, ICMESA Kimya Şirketi isimli işletme tarafından faaliyetlerini sürdürmekte olan fabrika'ya ait tesislerde 10 Temmuz 1976 tarihinde “Triklorofenol” (TCP) isimli kimyasal maddenin üretilmesi esnasında, imalatın yapıldığı bir reaktörde meydana gelen patlama neticesinde beyaz renkli bir gaz bulutu'nun ortama yayıldığı görülmüştür. Söz konusu bu beyaz renkli toksik kimyasal gaz, bu güne kadar literatürde bilinen en zehirli gazlardan bir tanesi olan “dioksin gazı”dır. Bu olayın hemen ardından, İtalya'nın Seveso isimli bu şirin kasabasında bir biri ardına çok sayıda hayvan ölümleri vakaları meydana gelmiş, patlamanın meydana geldiği tarihten itibaren 5 günlük bir periyod boyunca olağan dışı bulgu ve semptomlarla kasaba sakinlerinin hastahanelere başvurdukları görülmüştür. Vakalara yapılan kontrol ve tetkikler neticesinde, zehirlenme teşhisleri koyularak, Seveso isimli yerleşim yerinde geniş bir alanın neredeyse bütünü kirlenmiş olduğu gözlenmiş ve bölgede yer alan yerleşim alanları ve konutlar tamamiyle tahliye edilmiştir (Eckhoff, 2003).

Bu yıkıcı patlama olayı ve elim kazanın hemen sonrasında, büyük endüstriyel kazaların önlenmesi ve etkilerinin azaltılması amacıyla uzmanlarca hazırlanarak son haline getirilmiş Seveso Direktifi (82/501/EEC) kabul edilerek yürürlüğe girmiştir.

09 Aralık 1996 tarihinde de 96/82/EC seri numaralı “Tehlikeli Maddeleri İçeren Büyük Kaza Risklerinin Kontrolüne İlişkin Direktif (Seveso II Direktifi)” yayımlanarak yürürlük kazanmıştır. Seveso II Direktifi’ni, ülkemiz mevzuatlarına uyumlu hale getiren “Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik” çalışmanın başında da bahsedildiği gibi yayımlanarak yürürlük kazanmıştır. 24 Temmuz 2012 tarihinde yayımlanmış olan ve kısmi anlamda 01 Ocak 2015 ve 01 Temmuz 2015 tarihi itibari ile de Seveso II Direktifi yerine bütünüyle geçeceği bilinen Seveso III Direktifi, ilgili mevzuatın kapsamını daha da genişletmiş bulunmaktadır (Barton, 2002).

- SEVESO I Direktifi 82/501/EEC (24/06/1982)
- SEVESO II Direktifi 96/82/CE (12/09/1999)
- SEVESO II Genişletme Sonucu 2003/105/ CE (17/08/1999)
- SEVESO III Direktifi 2012/18/UE (07/04/2012)

İlgili direktifler aynı zamanda toz patlaması ve yangın oluşumunun önlenmesi ile alakalı maddelere de yer vermektedir.

3.2.1.1 Seveso II ve seveso III direktifleri

Seveso Direktifleri, Seveso II ve Seveso III direktifleri bu yüksek lisans tez çalışmasının önceki kısımlarında da açıklanmış olduğu şekilde, büyük endüstriyel kazaların önlenmesi ve meydana gelmesinin önlenemediği veya önlenemeyeceği şartlar altında risklerinin sıfıra düşürülmesi veya azaltılması amacıyla düzenlenmiş olan yönetmeliklerdir.

Seveso II Direktiflerinin temel amacı, organizasyonel yapısı içerisinde imalat, depolama, lojistik ve / veya satış yapılması gayesiyle tehlikeli maddeleri barındıran fabrika, tesis ve işletmelerde, büyük endüstriyel kazaların önlenmesi, meydana gelebilecek kazaların çalışanlara, çevre halkına, çevreye, doğaya ve hayvanlara olumsuz etkileri ve hasarlarının minimum düzeye indirilebilmesi, etkili bir korumayı ve risk azaltmayı gerçekleştirebilmek gayesiyle alınması lazım olan bütün tedbirlerin tespit edilebilmesi olarak tarif edilebilir. Adı geçen bu direktifler direkt olarak kaza meydana getirebilecek miktarlarda tehlikeli madde barındıran fabrika, tesis ve işletmelere uygulanabilmekteydi ve sadece bu tehlikeli maddelerin ilgili tesis, fabrika ve işletmelerdeki mevcudiyeti durumu ile alakalıydı. Seveso III direktifleri ise

birazdan belirtileceği üzere, bu tehlikeli maddelerin kategorize edilmesi, etiketlenmesi ve ambalajlanmasına yönelik uygulama maddelerini de kapsamına almıştır (Asana, 2015).

Çizelge 3.1: Seveso II ve Seveso III sınıflandırması

Seveso II Sınıflandırması	Seveso III Sınıflandırması
3 – Çok Toksik	Akut Toksik 1
Toksik	Akut Toksik 2: Tüm maruziyet yolları
	Akut Toksik 3: Dermal ve solunum yolları

Kaynak: Asana, 2015, s.26

Seveso III isimli direktif, Seveso II isimli direktiften ayrı olarak, güvenli bir biçimde, kolayca ve hızlıca uygulanabilmesi yönünde basitleştirilebilmesi maksadıyla sadeleştirilmiş ve AB (Avrupa Birliği)'nin kabul etmiş olduğu “Sınıflandırma, Etiketleme ve Ambalajlama” (CLP) mevzuatlarına uyumlu bir biçimde güncel hale getirilmiştir. 01 Temmuz 2015 tarihinden itibaren bütünüyle Seveso II Direktifleri'nin yerini alarak yürürlük kazanacak Seveso III isimli direktif, kısmi anlamda 2015 yılının başlangıcından itibaren yürürlük kazanarak uygulamaya alınmıştır.

İlgili Seveso direktiflerinin tamamı aynı zamanda toz patlaması ve yangın oluşumunun önlenmesi ile alakalı maddelere de yer vermektedir.

Seveso III Direktifleri içeriğine, Seveso II'den ayrı olarak aşağıdaki maddelerde belirtilen konu başlıkları ilave edilmiştir:

- Tehlikeli madde tanımlarının yapılmış olduğu Ek 1 bölümü, maddelerin kategorize edilmesi ile alakalı AB (Avrupa Birliği) mevzuatlarından birisi olan CLP tüzüğüne uygun bir forma sokulması.
- Büyük ölçüdeki endüstriyel kazalarla alakalı, kamuoyu ve halkın doğru, tam, güvenli ve objektif bilgiye ulaşımı ve karar alma sürecinde daha etkin biçimde rol almasını sağlayacak düzenlemelerin yapılması.

- Kontrol ve denetleme mekanizmalarının çok daha ciddi ve yüksek önem derecesinde kurallara tabi tutulması, düzenleyici ve kural koyucu hükümetlerin yetkili kurumlarına ilave sorumluluklar yüklenmesi.

3.2.1.2 Büyük endüstriyel kaza

Büyük Endüstriyel Kaza ifadesi ile anlatılmak istenen, patlama tehlikesi mevcut bulunan fabrika, tesis ve işletmelerde üretim prosesleri ve operasyon süreçlerinde, kontrol edilemeyen sebeplerden kaynaklanarak, fabrika, tesis ve işletmelerin sınırları içerisinde yada dışarısında çevre, doğa ve insan sağlığı açısından o anda ve o andan sonraki zaman dilimi içerisinde çok yüksek tehlikeye neden olabilecek bir adet ve birden çok tehlikeli maddeden kaynaklanabilecek büyükçe bir emisyon, yangın ve / veya patlama durumunun meydana gelme biçimi olarak açıklanabilir (Crowl, 2003).

3.2.1.3 Türkiye'nin Seveso III direktifi'ne uyum çalışmaları ve seveso bildirim

Büyük, Türkiye Cumhuriyeti Devleti'nde Seveso Direktifleri'ne uyum çalışmaları doğrultusunda, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yürütülerek devam ettirilen çalışmalar neticesinde, "Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik" içinde bulunan "Tehlikeli Kimyasal Maddeleri" bünyelerinde bulunduran, patlama tehlikesi mevcut olan fabrika, tesis ve işletmeler, Çevre Bakanlığı'nın web sayfası üzerinden belirli periyodik dönemlerde veya tehlikeli maddeleri bünyesinde bulundurmaya başladığı andan itibaren internet sistemi aracılığıyla bakanlığa beyan etmek zorundadır.

Bahse konu yönetmeliğin içeriği, Seveso II Direktifi temel alınarak düzenlenerek oluşturulmuş olup, bu çalışmanın hazırlandığı dönem itibariyle bütünüyle yürürlük kazanmamıştır. Yönetmeliğe ait içerik maddeleri, zaman içerisinde kademeli bir biçimde zorunluluk esası kazanarak yürürlüğe girecektir ve / fakat Seveso III direktifleri ile alakalı olarak güncelleştirme kapsamında genişletme çalışmaları devam etmektedir.

Ülkemiz'de Seveso III Direktifleri'nin uygulanabilme durumunun yükseltilebilmesi amacıyla "teknik yardım projesi" devam ettirilmekte olup, bahse konu "teknik yardım projesi" kapsamında, AB (Avrupa Birliği)'ndeki uygulamalar yerinde incelenerek çalışmalar geliştirilmiş ve uygulamaya konulmuştur. 2016 yılının Ocak

ayından itibaren ise Seveso III Direktifleri, Türkiye Cumhuriyeti Devleti açısından da yasal ve bağlayıcılık yönünden mecburiyet kesbetmeye başlamıştır.

3.2.2 NFPA standartları (national fire protection association standards)

ABD’de (Amerika Birleşik Devletleri) Massachusetts eyaletinde 1896 senesinde kurulup faaliyetlerine başlayan NFPA – National Fire Protection Association (Ulusal Yangından Korunma Kurumu), dünya genelinde yangınların meydana gelmesinin önlenmesi, standartlar geliştirilmesi, araştırmalar yapılarak konu hakkında eğitimlerin verilmesi ve tüm bunların neticesinde meydana gelebilecek hasar, maddi kayıp ve ziyanların azaltılmasını amaçlayan Amerika merkezli bir kurumdur.

İlgili NFPA Standartları aynı zamanda toz patlaması ve yangın oluşumunun önlenmesi ile alakalı maddelere de yer vermektedir (Asana, 2015).

Toz patlaması ile alakalı risklerin önlenerek ortadan kaldırılması ve / veya risklerinin azaltılması ile kontrol ve denetimlerinin sağlanmasıyla ilgili 2 adet temel NFPA standartı mevcuttur. Bahse konu standartlar aşağıda sunulmuştur:

- 1) NFPA 654 Standardı, “Yanıcı Katı Partiküllerin Kullanılması, İşlenmesi ve Üretilmesinden Kaynaklanan Toz Patlamalarının ve Yangınlarının Önlenmesi Standardı”
- 2) NFPA 484 Standardı, “Yanıcı Metaller Standardı”

3.2.2.1 NFPA 654 standardı

Belirli bazı tozlarla alakalı öteki NFPA standartları dışında kalan (mesela NFPA 484 standardı) bütün yanıcı tozları içeren bu standard (NFPA 654), yanıcı katı partiküllerin ve bunlara ait tozların üretilmesi, işlenmesi, harmonize edilerek karıştırılması, konveyörler vasıtasıyla taşınarak nakledilmesi, paketlenerek ambalajlanması, kullanılması v.b. prosesler yönünden uygulanma alanı bulmaktadır.

İlgili NFPA 654 Standardı aynı zamanda toz patlaması ve yangın oluşumunun önlenmesi ile alakalı maddelere de yer vermektedir.

NFPA 654 standardı, yanıcı tozların tehlikeleri ile alakalı son derece açıklayıcı ve anlaşılır detaylar içermektedir. İlave olarak, bina, işyerleri, fabrika ve tesislerin yapısal zorunluluklarını ve tozlarla yapılacak üretim, imalat ve operasyonel çalışma

proseslerinde kullanılan alet - teçhizat ile donanım - ekipman türlerini belirtir. Öteki NFPA standartlarına atıfta bulunarak, patlama tehlikesi mevcut olan fabrika, tesis, işletmeler ve işyerlerinde uygulanacak patlamadan korunma sistem ve yöntemlerinin seçilmesi ve bunların tasarımına yönelik esasları içeren bu standardta (NFPA 654 standardı) ilave olarak, patlama tehlikesi mevcut olan fabrika, tesis, işletmeler ve işyerlerinde toz patlaması risklerinden korunmaya ilişkin aşağıda verilen unsurları da kapsayan yönetim sistemleri'nin geliştirilerek tasarlanıp uygulamaya alınması ve yürütülmesi faaliyetlerini de düzenler (Asana, 2015).

- Tehlikelerin değerlendirilerek raporlanması,
- Değişikliğin yönetilmesi,
- Bakım, onarım ve kontrollerin yapılması,
- Düzen ve tertipin sağlanması,
- Prosedür yönetimi, uygulanması, denetlenmesi ve eğitimlerin verilmesi.

3.2.2.2 NFPA 484 standardı

Bu standard (NFPA 484 standardı), NFPA 654 standartından bazı farklılıklar göstermektedir. NFPA 484 standardı, alüminyum ve magnezyum tarzındaki kolay tutuşabilme özelliğine haiz, toz partikül boyutları küçük ve ince olan metalleri de kapsayan bir standarddır. Bahsi geçen tozlar, patlama olayı esnasında inanılmaz ölçülerde büyük miktarda enerji açığa çıkarmaya meyilli olduklarından, patlamalardan korunma sistemleri'nin standartları NFPA 654 standardı yönünden uygunluk göstermemektedir.

Genel manada NFPA 484 standardı, makine - teçhizat ve alet - ekipman tasarımları, patlamalardan korunma ve yönetim sistemleri yönünden oldukça detaylı bilgiler sağlayarak, tehlikelerin tespit edilebilmesi gayesiyle ihtiyaç duyulacak testleri kapsamaktadır (Asana, 2015).



Çizelge 3.2: ABD, Hayes Lemmers Fabrikası toz toplaması olayı sonrası

Kaynak: (Asana, 2015)

2003 yılında Hayes Lemmers şirketine ait Northville, Michigan, ABD fabrikasında meydana gelen patlama olayı ertesinde yapılmış inceleme ve değerlendirmeler ortaya koymuştur ki; bu patlama olayı öncesi, NFPA 484 standartının getirdiği yeniliklerden olan toz toplama sistemlerinin tasarım ve bakımı ve bununla birlikte patlamadan korunma tedbirleri bu işletmede uygulamaya alınmış ve yürütülmüş olsa idi, meydana gelmiş patlama olayı ve Şekil 3.1’de gösterilen hasar ve kayıpların boyutu minimum boyutlarda kalacaktı.

İlgili NFPA 484 Standardı aynı zamanda toz patlaması ve yangın oluşumunun önlenmesi ile alakalı maddelere de yer vermektedir.

3.2.2.3 Diğer NFPA standartları

Her endüstri dalında, her fabrikada, her işletmede veya her çalışma ortamında çalışma veya ortam koşulları spesifik özellikler göstererek farklılaşabilmektedir. Dolayısıyla her bir farklı endüstri kolu, her bir farklı fabrika, her bir işletme veya her bir çalışma ortamı için uygulanacak sistem, önlem veya tedbirler de birbirinden farklı olmak zorundadır. Bundan dolayı, patlayıcı madde veya patlayıcı konular hakkında profesyonel bilim insanları patlayıcı ortamları, sebep olabileceği potansiyel tehlikelerin boyutlarını da göz önünde bulundurarak sınıflandırmışlardır. Tedbir, önlem, güvenlik, operasyon ve bakım avantajları ve özellikle iktisadi ve maliyet

unsurları da düşünülerek her bir patlayıcı ortam ayrı ayrı göz önünde bulundurularak birbirinden tamamen farklı uygulamalar düşünülmüştür. Patlayıcı ortamların sınıflandırılmasında her bir sınıf için “bölge” veya “zone” tabirleri kullanılır.

Patlayıcı ortamları “bölge” veya “zone” olarak sınıflandırmada iki farklı düşünce sistematığı belirgin olmuştur. Bu konuda hakim olan ilk sistematik kömür endüstrisinde hakimiyeti belirgin olan Batı Avrupa düşünce sistematığı yani “bölge (zone) kavramı”, öteki ise petrol endüstrisinde hakim olan Kuzey Amerika düşünce sistematığı yani “saha (division) kavramı”dır (Abbasi & Abbasi, 2007).

Toz patlama olayları ile alakalı unsurlar, yanıcı tozların üretilip işlendiği ve kullanıldığı fabrika, tesis ve işletmeler hakkında yayımlanan öteki NFPA standartları, kapsam ve amaçları aşağıda Çizelge 3.2’de sunulmuştur.

İlgili diğer NFPA Standardlarının bir çoğu aynı zamanda toz patlaması ve yangın oluşumunun önlenmesi ile alakalı maddelere de yer vermektedir.

3.2.3 ATEX yönergeleri (ATmosphere EXplosible - patlayıcı ortam)

ATEX ifadesi, Fransızca dilinde uzun açılımı “Atmosphere Explosible” biçiminde verilen “patlayıcı atmosfer” mealinde Türkçeye tercüme edilerek tanımlanabilecek 2 adet kelimenin ilk heceleri (AT) ve (EX) dikkate alınarak ortaya çıkarılmıştır. Patlayıcı ortamlarda kullanmak için tasarlanmış ve imal edilmiş makine - teçhizat, araç - gereç, alet - ekipman ve korunma amaçlı sistemler biçiminde tanımlanabilmektedir. Sözü edilen kurallar sistematığı, patlayıcı ortamlarda kullanmak maksadıyla tasarlanıp imal edilmiş elektrikli alet ve ekipman sistemine uygulanması gerekli teknik zorunlulukları kapsamaktadır (ATEX Guidelines, 2009).

Amerika Birleşik Devletleri’nde (ABD) 01 Temmuz 2003 tarihinden bu yana mevzuatlarda kendine yer edinen 94/9/EC ATEX yönergeleri, patlayıcı ortamlara ait kısımlar ve ürünlere yönelik sınıflandırmalar tesis edilmesini ve bahsi geçen ortamlarda kullanılacak tüm ürünlerde CE sertifikasına uygunluk zorunluluğunu mevzuatlara yansıtmıştır. Tozlu ortamlarda uygulanması lazım gelen korunma biçimleri dikkate alınarak ilk defa yürürlük kazanmış ATEX yönergeleri, takip eden süreç boyunca, tozdan korunma ve gazdan korunma direktifleri doğrultusunda, patlama bölgeleri ve ürünler göz önünde tutularak alt kategorilere ayrılmıştır.

Çizelge 3.3: Toz patlamalarına ilişkin NFPA standartları

Standart	Adı	Kapsam ve Amaç
NFPA 61	Tarım ve Gıda İşleme tesislerinde Yangın ve Toz Patlamalarından Korunma Standardı, 2002	<ul style="list-style-type: none">• Bulk halindeki tarım ürünlerini veya tozlarını alan, kurutan, kullanan, işleyen, harmanlayan, öğüten, paketleyen, depolayan veya taşıyan tesisler,• Nişasta üreten veya kullanan tesisler,• Yağlı tohum işleyen ve kullanan tesisler
NFPA 68	Patlamanın Havalandırma Yoluyla Giderilmesi Rehberi, 2002	Patlama menfezlerinin tasarımı, boyutlandırılması, kurulması ve bakımına ilişkin teknik rehberlik sağlar.
NFPA 69	Patlama Önleme Sistemleri Standardı, 2002	Patlama önleme, koruma ve zarar azaltma sistemlerini ele alır.
NFPA 70	Ulusal Elektrik Kodu, 2005	Patlayıcı ortamlarda kullanılacak elektrikli donanım ve tesisat gerekliliklerini kapsar. Yanıcı tozların sınıflandırıldığı bölgeleri tanımlar.
NFPA 499	Kimyasal Proses Alanlarındaki Yanıcı Tozların Sınıflandırılması Ve Elektrik Tesisatları İçin Tehlikeli Olarak Sınıflandırılan Bölgeler İçin Önerilen Uygulamalar, 2005	Elektrik tesisatlarının kurulumu için toz işlenen alanların sınıflandırılması hakkında rehberlik sağlar.
NFPA 655	Sülfür Yangınlarının ve Patlamalarının Önlenmesi Standardı	Elementel sülfürü kullanan, öğüten, işleyen, toz haline getiren ya da ezen tesisler için geçerlidir.
NFPA 664	Ahşap İşleme ve Marangozluk Tesislerinde Yangın ve Patlamaların Önlenmesi Standardı	Ahşap ve ahşap ürünlerini işleyen, üreten tesisler ya da talaş tozu oluşan tesisler için geçerlidir.

Kaynak: (Asana, 2015)

ATEX direktifleri doğrultusunda, patlayıcı ortam meydana gelme sıklık ve frekansı ile patlayıcı ortam meydana gelme ihtimali dikkate alınarak risk bölgeleri tespit edilmiştir. Tespit edilmiş olan bu risk bölgeleri göz önünde bulundurularak, patlayıcı özellik sergileyen bu tozlar için, madenler, ilaç, kozmetik, boya ve kimya fabrikaları, enerji santralleri, un ve tahıl öğütülen değirmenler ve tahıl siloları ile çimento üretim tesisleri örnek verilebilir. Sözü edilmekte olan ve sınıflandırılmış bu bölgelerde

kullanılması gerekli ex-proof makine - ekipmanlar da ATEX direktifleri doğrultusunda kategorize edilmiş, “Uygunluk Kategorileri” biçiminde isimlendirilmişler (Ergür, 2012).



Şekil 3.1: ATEX Logoları

Kaynak: <https://www.ipu.co.uk/what-is-atex-directive/>

İlgili ATEX yönergeleri aynı zamanda toz patlaması ve yangın oluşumunun önlenmesi ile alakalı maddelere de yer vermektedir.

3.3 Patlamadan Korunma Dökümanı

Patlamadan Korunma Dokümanı (PKD) tanımı, “Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik” içeriği uyarınca, patlama riski yüksek olan fabrika, bina, tesis ve iş yerlerindeki güvenlik risklerinin tanımlanarak, alınabilecek önlemler doğrultusunda teknik ve operasyonel önlemlerin planlanarak sonrasında uygulamaya alınması hem çalışanlar hem de fabrika, bina, tesis ve iş yerlerinin maliyetlerinin azaltılması yönünden yüksek düzeyde önem taşıyan bir konudur (Özkılıç, 2005).

Patlamadan Korunma Dökümanı (PKD) hazırlama aşamasında, Patlama ile ilgili risklerin tespiti ve değerlendirilmesi sırasında PKD (Patlamadan Korunma Dokümanı) biçiminde bilinen ilgili dokümanda aşağıda belirtilen hususların yer alması son derece önemlidir:

- İlgili kuruluştaki Patlama risklerinin tespit edilerek değerlendirilmiş olduğu,
- “Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik” uyarınca kurumsal sorumlulukların yerine getirilmesi yönünden alınması gerekli olan tedbirler,
- Patlama riski yüksek olan fabrika, bina, tesis ve iş yerlerindeki patlayıcı ortam meydana gelmesi kuvvetle muhtemel sınıflandırılmış bölgeler,

- Patlayıcı ortam risklerinden korunmak amacıyla minimum gerekliliklerin uygulanması gereken yerler,
- Asıl çalışmanın yapıldığı yerler ve erken uyarı aletleri de dahil olmak üzere iş ile ilgili ekipmana ait tasarımın, ekipmanın kullanımı, kontrol ve bakımlarının güvenlik kriterlerine uygun bir biçimde gerçekleştirilmiş olduğu,
- Patlama riski yüksek olan fabrika, bina, tesis ve İşyerinde kullanılmakta olan bütün ekipman ve aletlerin “İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği” ile uyumlu olduğu, bilgilerinin yazılı şekilde mevcut olması önemlidir.

Patlamadan korunma dokümanı (PKD), patlama risklerinin mevcut olduğu fabrika, bina, tesis ve iş yerlerinde henüz daha işin başlamasından önce hazırlanarak uygulamaya alınır. İlgili kuruluştaki, işle ilgili ekipmanda yada operasyon süreçlerinde kayda değer bir değişim, iş yapılan iş alanında bir fiziksel yada hacimsel genişleme yada bir tadilat yapıldıktan sonra tekrardan gözden geçirilerek revize edilir ve güncel hale getirilmiş olur (Resmi Gazete, 30 Nisan 2013, sayı: 28633).

İlgili yönetmelik aynı zamanda toz patlaması ve yangın oluşumunun önlenmesi ile alakalı maddelere de yer vermektedir.

4. TOZ PATLAMASI

4.1 Toz Nedir? Nasıl Oluşur?

İngiltere, Birleşik Krallık BS 2955:1958 standardı tariflemesine istinaden; tozun partikülüne ait büyüklük 1000 μm 'den az olan maddeler "pudra" biçiminde ifade edilirken, tozun partikülüne ait büyüklük 76 μm 'den büyük olan maddeler "toz" biçiminde ifade edilmektedir (Stoces & Jung, 1970).



Şekil 4.1: Toz nedir?

Kaynak: <https://prosafety.com.tr/toz/> Alındığı tarih: 12.06.2019

Sanayi ölçeğindeki imalat proseslerinde girdi olarak kullanılmakta olan veya bu prosesler sonrası açığa çıkarak oluşan tozların %70'inden fazlası patlayıcılık özelliği sergimektedir. Söz konusu ifadeye dayanarak, imalat proses ve süreçlerinde toz tutan alet - ekipman, araç - gereç veya makine - teçhizat kullanan sanayi tesis ve işletmelerinin toz patlaması vakalarıyla yüz yüze kalma ihtimallerinin yüksek olabileceği dikkate alınması gereken bir gerçektir.

4.2 Patlama Nedir?

Patlama'nın genel bir tanımı olmasa da, uzay haciminde meydana gelen hızlı bir artma, ve bunun sonucunda çok yüksek miktarlarda bir enerji'nin açığa çıkarak uzayda dağılması ya da çoğunlukla yüksek ısıların ve yoğun bir gazın bu düzlemde açığa çıkarak yayılması biçiminde kabul görmüş bir tanımla açıklanmaya çalışılsa da, genel kabul görmüş bir kesinliğe sahip, tek bir tanımlamadan bahsedebilmek mevzu bahis değildir. Mevcut uzay hacim boşluğunda, bir anlık ve yüksek basınç artmasına neden olan ve ekzotermik bir durum sergileyen patlama olayı, ani bir basınç dalgası ve süreçlerde meydana gelebilecek kimyasal enerji beraberinde açığa çıkarak meydana gelebilmektedir (Didari, 1986).

4.3 Toz Patlaması Nedir?

Kısaca ve basit bir şekilde toz patlaması kavramı şu şekilde ifade edilebilir: Havada asılı vaziyette olup yanıcı, parlayıcı ve patlayıcı özelliğe sahip toz olarak tabir edilen partiküllerin kapalı bir hacimde yüksek basınç ve ısı yaratarak, hızlı ve birden bire yanması sonucu görülen çevreye, insanlara, işletmeye ve ülke ekonomisine zarar verme potansiyeli kuvvetli patlamalardır. Yanma olayı anında, havada asılı vaziyette bulunan yanıcı ve patlayıcı özellik sergileyen toz parçalarının partikül çap ölçüleri küçüldükçe, patlama hızı ve patlama şiddeti daha da yükselir.

Toz patlaması olayı bir örnek verilerek anlatılacak olursa; küçük bir odun parçası ateşe atıldığında ortama ısı yayarak yavaş yavaş yanar ve bu olay bir müddet öyle devam eder. Odun, minik parçalara ayrılıp en sonunda talaş formuna geldiğinde artık yanma hızı daha da artacaktır. Bunun nedeni ise yanıcı bir madde olan odun talaşı ve hava arasında temas yüzey alanının daha da genişlemiş olmasıdır. Bu mantıktan hareketle talaş halindeki odun parçalarının biraz daha küçülüp 0,1 mili metre ölçüsünden daha ufak toz partikülleri haline dönüştüğü durumda, uygun ortam şartları altında yanma hızları artacağından tutuşmaları ve patlayıcılık özelliği göstermeleri kolaylaşacaktır. Bunun sonucunda ise maddi hasar, çevre felaketleri, ekonomik kayıplar ve daha önemlisi yaralanma ve can kayıpları sonuçları doğabilecektir.

Toz patlaması, optimum oranda hava ve toz konsantrasyonunun meydana getirdiği toz bulutunun bir anda patlaması biçiminde tanımlanabilir (Asana, 2015).

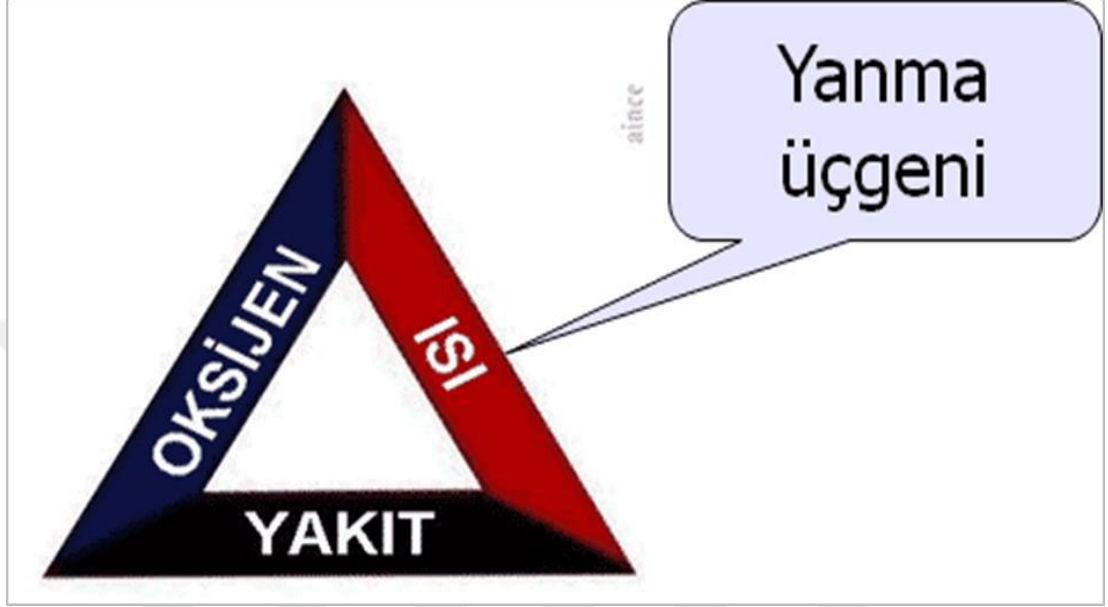


Şekil 4.2: Silolarda toz patlaması

Kaynak: <http://www.tdsmakina.com/yazidetay/8/depolar-da-toz-patlamasini-onlemek> Alındığı tarih: 12.06.2019

Toz patlaması olarak bilinen durum, hava boşluğunda asılı biçimdeki parlayıcı ve patlayıcı özellik sergilemekte olan kimyasal toz partiküllerin aniden, hızlıca ve birden bire yanmaları sonrasında ortaya çıkan bir süreç şeklinde tanımlanabilir. Yanma olayı meydana geldiğinde, hava boşluğunda asılı biçimdeki parlayıcı ve patlayıcı özellik sergilemekte olan ve yanma kabiliyetine haiz katı parçacıkların zerrecik (partikül) ölçüleri küçüldükçe, patlamanın hızı daha da artacak ve patlamanın şiddeti ise olması gerekenden daha yüksek olabilecektir. Toz patlaması durumuna bir örnek verilecek olunursa; misal olarak, küçük bir odun parçası yanmakta olan bir ateşin üstüne atıldığında çok yavaş bir biçimde ve potansiyel ısısını uzunca bir müddet etrafına yaymak suretiyle yanacaktır. Yanmaya devam etmekte olan bu odun parçası daha ufak parçalara ayrılıp talaş formuna döndüğünde ise yanma hızının daha da artmakta olduğu görülecektir, bunun sebebi; yanmakta olan odun parçası (yanıcı madde) ve hava arasındaki temas yüzey alanının artmış olmasından kaynaklıdır. Böylelikle yanmaya devam eden odun parçacıkları gitgide ufalanıp küçülerek 0,1 milimetre veya çok daha ufak ölçülerde partiküller haline geldiğinde ve bu toz zerrecikleri serbestçe yanabilir olacakları bir uzay hacim içinde, hava içeriğinde mevcut olduğunda, bir yandan yanma hızı oldukça artacak diğer

yandan da tutuşması git gide kolaylaşıyor olacaktır. Tüm bu sayılanların sonucunda, bahsi geçen toz - hava konsantrasyonunun, bir proses ekipmanı veya bir iş / işlem bölümü gibi kapalı bir alanda meydana gelmesi sonrası ortamdaki basınç ani ve hızlı bir biçimde artarak tahribat ve zarara neden olabilecektir (Güyağüler, 1987).



Şekil 4.3: Yanma üçgeni

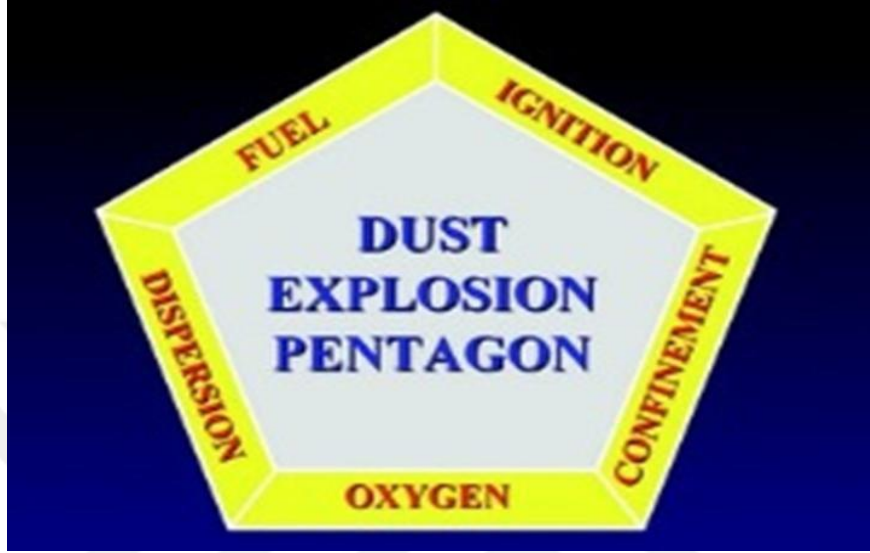
Kaynak: <https://alemiseyir.com/meslek-analizleri-dogalgaz-ve-dogalgaz-yanginlari-dogalgaz/>
Alındığı tarih: 12.06.2019

Toz patlaması tarzı kazalara geniş bir perspektifle bakılıyor olduğunda, bu tür toz patlama vakalarının genel biçimde öğütücü değirmenler, kurutma proses ve ekipmanları, karıştırıcı mikserler, konveyör tarzı bantlı sistemler, besleme hunisi yada depo işlevi gören büyük silolar tarzındaki ekipman veya ortamların içerisinde başladığı görülebilmektedir.

Özellikle içinde olunulan son dönemlerde ve son senelerde, proses / işlem bölümleri arasında vuku bulacak bir patlama olayının borular ve kanallar yoluyla diğer ünitelere de yayılarak sıçraması dikkate değer bir tespittir. İlk önce meydana gelen birincil patlama, kendi aralarında sistematik bağlantılar içeren proses/işlem birimlerine havalandırma/ventilasyon sistemleri yoluyla yayılarak devam eden bir patlamalar silsilesi meydana getirmektedir.

Yanıcı ve patlayıcı özellik sergileyen kimyasal bir tozun patlama meydana getirebilmesi için yanma üçgeninin yanısıra 2 adet daha unsurun bir arada olması

zorunludur. Bu unsurlar, optimum konsantrasyona sahip dağınık formdaki “toz zerrecikleri” ve “sınırlandırılmış toz bulutu”dur. “Toz Patlamaları Beşgeni – Dust Explosion Pentagon” biçiminde ifade edilebilecek ve Şekil 4.4’de görülebilecek söz konusu bu 5 unsurlu sistem toz patlaması meydana getirebilecek tarzda bir yapıdır.



Şekil 4.4: Dust explosion pentagon – toz patlama beşgeni

Kaynak: <http://www.hazardexonthenet.net/article/20287/Recipe-for-a-dust-explosion.aspx> Alındığı tarih: 12.06.2019

Bu şekilde, yanıcı ve patlayıcı özellik sergileyen kimyasal maddeyi ihtiva eden herhangi bir toz bulutu sınırlandırılmış yada yarı sınırlandırılmış bir kabın içinde, sınırlı bir alan içinde yada kapalı bir tesis – fabrika - bina içinde tutuşturulacak olursa, ani ve hızlı bir biçimde yanacak ve patlama olayının gerçekleşecek olması ihtimaller dahilinde olacaktır (Ökten & Yazıcı, 1984).

4.4 Toz Patlaması Çeşitleri

Tehlikeli ve patlayıcı maddeleri barındıran fabrika, tesis ve işletmelerde ve endüstriyel çevrelerde, toz patlama vakaları veya gaz patlaması durumları ile karşılaşılabilme olasılığı oldukça yüksektir. Gaz patlaması vakaları, gaz konsantrasyonunun yanması sonucuyla beraber açığa çıkarak meydana gelebilen ani ve hızlı basınç yükselmesinin neden olduğu durumlar biçiminde ifade edilebilirken, toz patlama olayları ise, optimum konsantrasyonda hava - toz karışımı ile meydana gelen toz bulutunun hızlıca ve birden bire patlaması biçiminde tarif edilebilir.

4.4.1 Birincil patlama

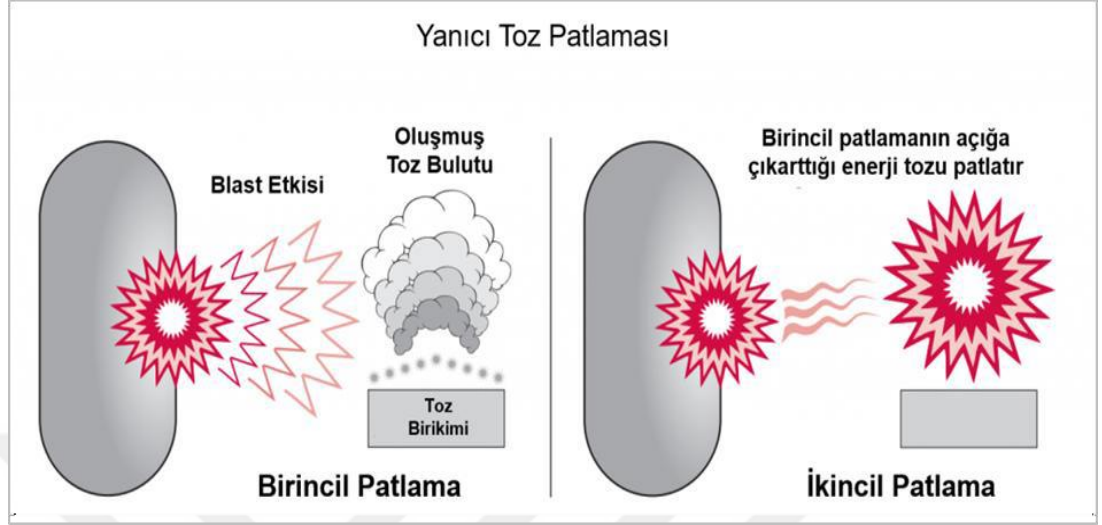
Toz karışımları, proses / işlem odaları (sınırlandırılmış alan) haricinde neredeyse hiç bir zaman oluşmaz, bundan dolayı, en yıkıcı toz patlamaları, proses / işlem ekipmanlarının parçaları (mesela; öğütücü değirmen, karıştırıcı mixerler, elek makineleri, kurutucu makineler, siklonlar, hazneler, filitreler, kova tipi elevatörler, silo tipli depolar, aspirasyon sistemleri ve pnömatik geçmeli sistemler) içerisinde meydana gelmektedir. Bu tipte patlamalara literatürde “birincil patlama” denilse dahi, temelinde başlangıcı bir kaza olayının ortaya çıkmasından daha sonra gelişen durumlardır. “Toz patlaması” ile “yanıcı gaz patlaması” arasındaki en önemli farklardan birisi, patlama olayını kuvvetlendirecek oksijen azlığı sebebiyle, gaz / buhar patlaması olaylarının çok seyrek ölçüde boru sistemleri içerisinde ortaya çıktığı görülmesidir. Aynı zamanda, yanıcı ve patlayıcı özellik sergileyen toz, çoğunlukla toz patlaması şartlarının ortaya çıkmasına müsade eden işlem / proses ekipmanlarında havada asılı vaziyettedir. Bahsi edilen, yeterli olmayan bu basınç, tahliye ekipmanlarına ve havalandırmaya sahip olursa ya da “tasarım basıncı” daha düşük seviyelere indiğinde ekipmanların patlamasına sebebiyet verebilir.

Birincil patlama olarak bilinen durum, az önce de vurgulanmış olduğu şekilde siklon, depolama siloları ya da imalat tesisi, fabrika ve işyerlerinin kapalı bölümleri gibi kısıtlı bir ortamda meydana gelir. Patlamanın hemen ardından ortaya çıkan, şok dalgası ağır hasarlar oluşturabilir ve çoğu sefer binanın duvarlarını patlatarak yıkabilir ve patlama ardından yanma olayı ile birlikte ortaya çıkması muhtemel toz ve gazların etrafa dağılmasına sebep olur. Bütün yaşanmış büyük hasarlı toz patlama olayları bu tür zincir halkalarının silsile biçiminde birbirlerini tetiklemesinden kaynaklanır (Prakash, Fielding, Gens, Van Genderen & Evans, 2001).

4.4.2 İkincil patlama

Birincil patlama denilen olaylar, olayın meydana geldiği yerin yakınlarında bulunması muhtemel tabaka halinde biriken tozları harekete geçirebilir ve devamında birincil patlama sonucu ortaya çıkan ısı ile tutuşabilecek bir toz bulutu meydana getirir. Bu durum aşağıdaki şekilde net bir biçimde görülebilir. Kümelenen toz çok küçük bir yer kaplıyor olabilir, fakat yine de bir defa hareketlenmeye başlar ise rahatlıkla tehlikeli toz bulutları meydana gelmesine sebebiyet verebilir. 1

milimetre'lik 500 kg/m³'lük bir toz kümesi, 100 kg/m³'lük ve 5 m derinliğine sahip bir toz bulutu ortaya çıkarabilir.



Şekil 4.5: Birincil ve ikincil patlamalar

Kaynak: <https://www.proscon.com.tr/toz-patlamalari/> Alındığı tarih: 12.06.2019

İkincil patlama denilen olay ise, fabrika, tesis ve işletmelerde maruziyete tabi olan yüzeylerdeki toz kümeleri, hasar almış ekipman ve muhafazadan çıkacak patlama dalgası tarafından kaldırıldığında ve bunun ardından hasar alan ekipman ve muhafazadan çıkacak alev tarafından tutuşturularak ortaya çıktığı görülmektedir (Ergun, 2007).

“Toz taşıma sistemi” olarak bilinen yapının bir bölümünde ortaya çıkmış “toz patlaması olayı” öteki ekipmanlara bağlı bulunan boru sistemleri aracılığıyla basıncın ya da alevin yayılmasına sebebiyet verebilir. Mesela, spesifik bir biçimde düşürülmüş patlama basıncının 500 mbar'dan daha düşük olduğu havalandırma özellikli torba filtrede meydana gelebilecek bir toz patlaması vakasında, yapılmış olan testler ilgili patlama durumunun giriş borusuna kadar yayılabileceğini ortaya koymuştur. Bu durum, bütün sistem boyunca şiddeti artarak yol alabilen bir patlama durumuna sebebiyet verebilir. Çünkü, boru sistemleri içerisinde yayılmakta olan alevin türbülans sebebiyle hız kazanma eğilimi yüksektir ve ikinci kabın içerisine giren bir jet alevi ile sonlanır. En sonunda, ikinci tank havalandırılmış olsa bile ve içeriğindeki tozun seviyesi tek başına fazla bir tehlikeye neden olmasa bile yüksek basınç altında yüksek yanma oranı sağlanabilir.

4.5 Toz Patlaması İçin Gerekli Şartlar

Genel manada bir toz patlama vakası oluşabilmesi için aşağıda listelenen durumların oluşması gerekmektedir:

- Patlayıcı özellik sergileyen kimyasal toz aynı zamanda yanıcı özellik de sergilemelidir (Yakıt).
- Patlayıcı ve yanıcı özellik sergileyen kimyasal toz 3 boyutlu uzayda, havada askıdayken katı madde formuna dönüşebilmelidir. Zerreciğin boyutunun ölçüsü ne ölçüde ufak olursa patlayıcı tozun oksitlenmesi o ölçüde kolaylaşacak ve patlama olasılığı o biçimde yüksek olabilecektir. Toz bulutu içeriğindeki havada yer alan toz zerreciklerinin konsantrasyonu “kritik tutuşma sınırı” sınırlarında olmalıdır (Uygun konsantrasyon).
- 3 boyutlu uzay - hava’da bir tutuşturucu kaynanakla temas durumunda olan havada asılı katı madde, alev yayılmasının başlayıp, devam ediyor olabilmesi yeteneğine haiz olmalı, yani yeteri düzeyde karışım miktarına kavuşmuş olmalıdır. Bu koşulun sağlanabiliyor olması amacıyla, sınırlandırılmış bir bölge içinde olmalıdır. Bir çok toza ait “patlayıcı süspansiyon” opak renkte bir bulut şeklinde görülmektedir. Pekçok kimyasal madde için “solunum yapılabilir” şeklinde kabul gören düzeyden bile daha yoğun formdadır (Optimum konsantrasyon + Tutuşturucu kaynağı + Sınırlandırılmış bölge).
- Yanıcı ve patlayıcı özellik sergileyen tozun askıda bulunduğu havanın içeriğinde yanma olayını kolaylaştırmak maksadıyla yeteri ölçüde oksijen bulunmalıdır, (Oksitleyici).
- Çevrede yoğunlaşmaya başlayan toz kümeleri ateş alıp alevsiz biçimde yanma reaksiyonu gösterebilir. Fakat, sözü edilen toz kümesi havalanır ise “toz patlaması olayı” meydana gelebilir. Bu durum ‘ikincil toz patlaması’ biçiminde ifade edilmektedir.

4.6 Toz Patlamasına Etki Eden Unsurlar

Toz patlaması olarak bilinen olay, yanıcı ve patlayıcı özellik gösteren tozların fiziksel ve kimyasal durumları ve nitelikleri ile beraber, çevresel etkilere karşı da duyarlıdır. Bu etkiler aşağıda sıralanmıştır:

Çizelge 4.1: Toz patlamalarına etki eden faktörler

Parametre	Artma faktörü	Azalma faktörü
Patlamayı başlatmada tane boyutunun etkisi	50-70 μm < tane boyutu (μm) < 500 μm	Tane boyutu (μm) > 500 μm
Toz maddenin patlayabilirliği	<ul style="list-style-type: none">Düşük patlayıcı konsantrasyonuMinimum tutuşma sıcaklığıDüşük minimum tutuşma enerjisiYanma hızıMaksimum basınç artış hızıCOOH, OH, NH₂, NO₂ gibi grupların varlığıTozun içerisindeki uçucu madde miktarının %10 üzerinde olmasıTanecik boyutunun küçük olmasıArtan oksijen miktarı	<ul style="list-style-type: none">Cl, Br, F gruplarının varlığıİnert madde içeriğinin %10-20 üzeri olmasıTozun barındırdığı nemin %30'un üzerinde olması
Minimum patlayıcı konsantrasyonu	<ul style="list-style-type: none">Artan nem miktarıArtan inert madde miktarı	<ul style="list-style-type: none">Azalan tane boyutuArtan uçucu madde içeriğiArtan oksijen konsantrasyonu
Minimum tutuşma sıcaklığı	<ul style="list-style-type: none">Artan nem miktarıArtan inert madde miktarı	<ul style="list-style-type: none">Azalan tane boyutuArtan uçucu madde içeriğiArtan oksijen konsantrasyonuArtan toz katmanı kalınlığı
Maksimum izin verilebilir oksijen konsantrasyonu	<ul style="list-style-type: none">Düşen toz sıcaklığı	<ul style="list-style-type: none">Artan toz sıcaklığı ile
Maksimum patlama basıncı	<ul style="list-style-type: none">Az da olsa azalan tane boyutu	
Maksimum basınç artış hızı	<ul style="list-style-type: none">Azalan tane boyutuArtan uçucu madde içeriğiArtan oksijen miktarı	<ul style="list-style-type: none">Artan nem miktarıArtan inert madde içeriği

Kaynak: (Asana, 2015)

Toz patlamalarına etki eden faktörler şunlardır:

- ✓ Toz zerreciğinin büyüklüğü (partikül ölçüsü)
- ✓ Tozun konsantrasyon özellikleri (oksidan konsantrasyon durumu)
- ✓ Tutuşabilme ısısı (sıcaklık)
- ✓ Toz bulutunun türbülansı
- ✓ Basıncın artması sonucu en yüksek hız
- ✓ Konsantre haldeki inert toz karışımı
- ✓ Yanıcı gazların mevcudiyeti

4.6.1 Yanıcı gazların mevcudiyeti

Toz bulutunun merkezinde yanıcı - patlayıcı bir gaz mevcut ise, tozun patlayıcılığında mutlaka ve mutlaka bir artış görülecektir. En düşük patlayıcı konsantrasyon düzeyi, en düşük ateşleme ısısı ve en düşük ateşleme enerjisi aniden azalarak en yüksek basınç artış hızı artacaktır (Aktaş, 2014).

Yukarıda açıklanan sebeplere dayanarak; yanıcı özellikteki gaz, toz için olağan düşük patlayıcı sınırın altındaki toz karışımında ve gazın olağan düşük patlayıcı sınır değerlerinin altındaki gaz karışımında patlayıcı hale dönüşebilir. Olağan şartlar altında, patlayıcı özellikte olmayan ve olamayacak ölçülerde parçacık büyüklüğündeki tozu patlayıcı şekle sokabilir. Farzı mahal, St 0 kategorisinde yer alan toz, %1, %3, %5 ve %7 metan karışımlarında St 1, 1/2, 2 ve 3 kategorisine dönüşebilir; tıpkı bu biçimde propan karışımının %0,9 %2,7 ve %4,5 oranlarında St 1, 2/3 ve 3'e dönüşebilir. Hibrid hava – metan / mantar tozları konsantrasyonlarında ise bilim insanlarınca metan karışımındaki artmayla birlikte patlama tehlikesinin yükseldiği gözlemlenmiştir. Poliüretan / siklopentan yada plastik tozu / siklopentan hibrid konsantrasyonlarının siklopentan gazı ihtiva etmeyen toza kıyasla 2 kat fazla duyarlı olduğu bilinmektedir. Hidrokarbon tozları ve gazların konsantrasyonu durumunda “Le Chatelier’in karışım kanunu” dikkate alınabilir.

Le Chatelier’in karışım kanunu: “Denge durumunda olan bir sistematik yapı, reaktif derişimlerde meydana gelen değışiklikler ile ısı ve basınç farklılıklarından etkilenebilir. Bu sistematik yapıya dışsal bir etki uygulanırsa, sistematik yapı bu etkiyi zayıflatmaya yönelik tepki verecektir. Bu duruma Le Chatelier prensibi adı verilmektedir”

Toz & yanıcı gaz konsantrasyonlarının en düşük seviyeli tutuşma enerjisi, tozun kendi kendine tutuşma enerjisinden daha düşüktür.

4.6.2 Basınç artışının hızı

Toz tutuşturulduktan hemen sonra basıncın artmasındaki hız, sadece tozun “patlayıcılığı”nı ölçebilmek amacıyla değil, buna ilaveten, bir çok patlama denetimi tasarımlarının da kilit unsurudur (Kahraman, 2009).

Klasik yanma metodolojisi ışığında, en uygun şartlar altında, mutlak basıncın zaman değişkenine göre fonksiyonu, $P(t)$, değişken olmayan hacim içinde, global bir patlama; kısmi hacim, $V(t)$ 'ye göre değişim göstermektedir:

$$[P(t) - P_0] / [P_{max} - P_0] = k.[V(t) / V_0]$$

Yukarıdaki formülde:

P_0 : Başlangıç aşamasında ölçülen ilk basınç değeri

V_0 : Çemberin hacmi

k : katsayı değer (yanan ve yanmayan gazların sıkıştırılabilirlik değerine istinaden)'dir.

Bir nokta kaynağından çıkan bir parlama aşağıdaki şekilde formülize edilebilir:

$$[V(t) / V_0] = [r(t) / r(o)]^3 = [S_b(t) / r(o)]^3$$

Yukarıdaki formülde:

$r(t)$: Ateş topuna ait yarı çap değerini vermektedir.

$r(o)$: çembere ait yarı çap değerini simgelemektedir.

S_b : Alev hızı'nı vermektedir.

Alev Hızı tespitinde ise aşağıdaki formül kullanılır:

$$S_b = [dr(t) / d(t)] = (P_u / P_b).S_u$$

Yukarıdaki formülde:

(P_u / P_b) : Değişken olmayan basınç koşulları içinde yanmamış gaz yoğunlaşmasının yanmış gaz yoğunlaşmasına oranını vermektedir.

S_u : Yanma Hızı (yanmayan gaz alevleme hızı)'nı vermektedir.

Sb ve Su doğrusal olmayan ortamlardaki toz patlama vakaları için de geçerlidir.

4.6.3 Tutuşma sıcaklığı

Tutuşması muhtemel toz / hava konsantrasyonları bir ısı kaynağı yardımı ile ısıtılacak olur ise, belirli bir sıcaklık seviyesinde alev alarak yanabilir. Bu ölçüde bir tutuşmanın ortaya çıkabileceği en düşük seviyelerdeki sıcaklık düzeyine “minimum tutuşma sıcaklığı” (MTS) denilir. “minimum tutuşma sıcaklığı” (MTS), toz bulutu içerisindeki nem miktarı ve diğer inert gazların mevcudiyetiyle artış gösterir fakat ufalan toz zerreciklerinin ölçüsü ve miktarı artan uçucu maddeler, oksijen karışımının büyüklüğü ve toz tabakasının kalınlığı ile düşecektir (Topuz, 2009).

Tutuşma kaynakları ile patlama engelleyici sistemlerin tasarlanabilmesi maksadıyla MTS'nin ölçülebilir olması mecburidir.

Toz - oksidan yüklü bulut, MTS'den (minimum tutuşma sıcaklığı) daha yüksek ısı düzeylerine maruz kalırsa, toz - oksidan bulutunun “yanma alt sıcaklığı” ya da en düşük patlayabilir karışım oranının düşeceği bilinmelidir. Lakin, “en yüksek kesin yanma basıncı” olarak da bilinen Pmax da düşecektir. Kömür tozu üzerinde bilimsel çalışmalar yapan Cashdollar isimli bilim insanı, yüksek ısılarda kömür madeni ile kimyasal etkileşime girecek az miktarlarda oksidan moleküllerinin mevcut olması sebebiyle söz konusu etkinin ortaya çıkmakta olduğunu kanıtlamıştır. Adı geçen bilim insanı, İki Yüz Bir adet çember test kiti kullanmak suretiyle 60 °C ve 80 °C ısı düzeylerinde “minimum kesin yanma konsantrasyonu”nu (MEC) ölçümleyebilmiştir. Hidrokarbonlar için ise “Burgers & Wheeler Yasası”nın revize edilerek yeniden düzenlenmiş biçimini uygulamak suretiyle 2 adet data noktasının ekstrapolasyonu ile ısı ve “minimum kesin yanma konsantrasyonu” aralarındaki bilimsel etkileşimin grafiksel düzlemdeki eğrisini gösterebilmek için çalışmalar sürdürerek sonuçta bu konuda başarılı olmuştur (Mevsim, 2016).

Relatif nem düzeyi %30 ila %90 aralığındaki atmosferde bazı tozların spesifik tutuşma sıcaklıkları:

- Buğday unu : 410 °C - 430 °C
- Mısır nişastası : 410 °C - 450 °C
- Çavdar tozu : 430 °C - 500 °C

Çizelge 4.2: Bazı maddelerin minimum tutuşma sıcaklıkları

MİNİMUM TUTUŞMA SICAKLIĞI VE ENERJİ SEVİYESİ					
	GAZ		KATI		MİNİMUM TUTUŞMA ENERJİSİ
	°C	°F	°C	°F	
AHŞAP	470	878	260	500	0,04
BUĞDAY UNU	440	824	440	824	0,06
SELÜLOZ	480	896	270	518	0,08
ŞEKER	370	698	400	608	0,03
KAKAO	510	950	240	464	0,10
ALÜMİNYUM	610	1130	326	619	0,01
KAHVE	720	1328	270	518	0,16

Kaynak: <https://www.emoayvaz.com.tr/firefl> Alındığı tarih: 12.06.2019

Tahıl tozları ya da un tozları genellikle 400 °C ile 500 °C’lerde ısıya maruz tutulan yüzey alanlara püskürtülür ise tutuşma olayı meydana gelebilir. Neredeyse 200 °C ısılarda bile optimum şartlar oluşturulduğunda hemen hemen tüm tozlar tutuşarak patlama olaylarının yaşanmasına yol açabilirler.

4.6.4 Toz partikül boyutu

Tozların, atmosferik şartlarda havada birim ağırlık başına düşen yüzey alanları ne ölçüde büyük olursa, patlamadan kaynaklanan potansiyel etkiler de o ölçüde artacaktır. Buna rağmen bir takım özel hallerde, toz zerreciklerin (partikül) ölçülerinin olması gerekenden daha fazla küçülmesi toz partiküllerinin birleşerek öbekenmesi durumunu da ortaya koyabilir. Bu bahsedilen durumun ortaya çıkması durumunda, patlayıcılık olasılığı zayıflar ve bir araya toplanmış toz bulutunun zerrecik boyu ölçüleri 500 µm’i aştığında, tutuşmayacak bir madde formuna dönüşecektir (Tomas, 2016).

Toz zerreciğine ait yüzey alan büyüklüğündeki değişim ile patlayıcılık arasındaki manidarlık ilişkisi doğrusal bir tarzda değişmez fakat birbirlerine olan etkileri güçlüdür. Bahse konu etkinin nedeni ise, toz karışımlarının konsantrasyon yoğunlukları ve uçucu maddelerin yanma hızları ile alakalıdır.

4.6.5 Toz konsantrasyonu

Sadece önceden belirlenmiş değerler aralığındaki toz karışımlarında toz bulutu patlaması vakası yaşanabilir.

Bu değerler aşağıda gösterilmiştir:

- ✓ 50 g/m³ -100 g/m³ : minimum toz karışımı
- ✓ 2 kg/m³ - 3 kg/m³ : maksimum toz karışımı

Hertzberg isimli bilim insanının konu hakkında yapmış olduğu çalışmalara göre, yeni yakıt uçucu kimyasal maddeler imal edilmeden evvel, atmosfer ortamında bulunan katı faz yakıtı uçucu kimyasallarının, spesifik ölçülerde sitokiyometrik bir konsantrasyon oranında, bahsi geçen karışım tutuşturulmalıdır. Minimum karışım limiti, yanmanın sürekliliğini sağlamak maksadı ile gerekli en düşük yakıt parçacığı miktarlarına istinaden tespit edilmektedir. Toz karışımları ile tutuşma enerjisi arasında tamamiyle parabolik bir ilişki mevcuttur. Toz karışım oranları azalırken de, tutuşturma enerjisinde artışlar görülebilmektedir (Öcelan, 2014).

En yüksek toz karışım limitleri de, toz patlamasına neden olabilecek en düşük oksijen miktarına bakılarak tespit edilmelidir.

Yanıcılığa ait karakteristik özelliklerinde ve ilgili diğer testlerde, aynı toza ait patlayıcılık özellikleri farklılıklar sergileyebilir. Sonuç olarak, daha evvelden sözü edilen testlerin uygulanışında ciddi mesafeler ve ilerlemeler sağlanmış olsa bile, gene de elde edilen test sonuçlarında anlamlı olmayan farklılıklar görülebilmektedir ve kontrol stratejileri tasarlanırken çok sayıda test yapılarak özenli davranılmalıdır.

4.6.6 Oksidan konsantrasyonu

“Toz patlama beşgeni” olarak bilinen piktogramın ilgili köşegenlerinden birisini de “Oksidan” oluşturmaktadır. Oksidan denilen bu madde, çoğunlukla atmosferde yer alan oksijendir. Oksijen karışımı, patlama isimli vakasal olayı oldukça geniş alanlara taşıyabilme kabiliyetine sahiptir. Atmosfer şartlarında havada %21’den fazla olan oksijen karışımı, yakıtın yanma hızını olması gereken hızın üzerindeki hızlara çıkarabilecektir, lakin %21’in altındaki oksijen karışımı durumlarında ise, bahsi geçen yanma hızı azalacaktır. Nedeni ise şöyle tarif edilebilir: Yanma işlemi

esnasında oksijen harcanırken, oksijen karışımının bu proses esnasında sürekli olarak ve artan hızda azalmasıdır. Böyle olduğu durumda ise, yanma işlemi ile beraber, yanıcı ve patlayıcı tozların yanması zaman içinde azalarak devam edecektir. Son aşamada ise, yanma prosesi yavaş yavaş sönümlenmeye doğru gidecektir. Bu esnada bir patlamanın meydana gelmesi git gide daha da düşen bir ihtimaldir. Yangının sürekliliğinin sağlanarak devam ettirilebilmesi, oksijen konsantrasyonunun %10'un üzerine çıkarılması ile ancak mümkün olabilecektir.

4.6.7 Karıştırılmış inert toz konsantrasyonu

Chatrathi ve Going isimli bilim insanlarının toz patlamaları konusunda yaptıkları bilimsel araştırmalar ve Kömür, mısır, nişasta, polietilen, antrakinon gibi tozlar üzerine, sodyum bikarbonat, potasyum bikarbonat, monoamonyum fosfat ve kalsiyum karbonatın önleyici etkileri üzerine deney, araştırma ve gözlemleri; yakıt / inert toz konsantrasyonu yönünden yanıcılık eğrileri elde edilebileceğini kanıtlamıştır. Yanıcı ve patlayıcı özellik sergileyen tozlara ait yanıcılık eğrileri, gaz konsantrasyonlarının yanıcılık durumları ile benzer karakteristik özellikler sergilemektedir ve alt yanma limiti, üst yanma limiti ve inertleşme karışımı ile birarada karakterize olur. İnceleme, araştırma, deney ve gözlemlerin sonuçları, yüksek Kst indisi ile metal toz parlamasının söndürülebileceğini ve en yüksek patlama basıncının makul ölçülerde bir düzeye indirilebileceğini kanıtlamıştır. Kullanılmakta olan söndürme ajanının etkililik ve etkinliği, yakıt tozlarının ve inert madde tozunun birbirleriyle uyumluluğuna direkt anlamda bağlıdır. Buna ilaveten, maddelerin özgül sıcaklıkları, ısı iletkenlik durumları, emicilik, parçacık geometrisi ve parçacık ayrışımı, söndürücü maddelerin etkililik ve etkililiğinde hayati derecede önem arz etmektedir (Çakmak, 2014).

4.6.8 Türbülansın rolü

Toz bulutunu meydana getiren minik toz zerreciklerinin (partikül), üç boyutlu uzayda silsile biçiminde ani ve hızlı yer değiştirmeleri sonucu türbülans meydana gelir. Bu türbülansın içinde yanıcı ve patlayıcı toz zerreciklerinin dağınık bir biçimde havada dolaştığı bir türbülans bulutu meydana gelmiştir. Bu türbülans bulutu, ateş yakaladığı anda, türbilans, çırpma tarzında bir duruma sebebiyet verecektir. Bulut içinde yer alan, henüz daha tam yanmamış veya yanmaya devam eden toz zerreciklerinin,

henüz daha yanmamış ılık zerreciklerle buluşması, yeni yanmaya uygun alanlar meydana gelmesine neden olacaktır. Yani, toz bulutu üzerinde meydana gelen bir kıvılcımın hemen peşinden, türbülans içindeki bu bulutta şiddetli bir patlama görülecektir.

Türbülans 2 farklı türde görülmektedir ve yanıcı / patlayıcı tozları ihtiva eden sanayi türü proseslerden kaynaklanmaktadır. Türbülans türlerinden birincisi hava jeti, mikser, çuval filtresi, pnömatik taşıma borusu ve kova asansörü v.b. tarzda imalat prosesleri esnasında meydana gelir. Birinci tür türbülansa çoğunlukla “ilk türbülans” adı verilir.

Türbülans türlerinden İkincisi ise “ikinci tip türbülans” biçiminde adlandırılır. Yanıcı ve patlayıcı toz zerreciklerinden oluşan toz bulutu tutuştuktan hemen sonra, yanma işlemi sürecinde kendiliğinden oluşur.

Yanma hızı ve toz patlamaları ile alakalı öteki kimyasal tepkimelerin karakteristik özelliklerinin tespitinde, yanma hızı ve türbülans tarzı oldukça dikkat edilmesi gereken parametre ve kriterler, toz patlama modellemelerinin tasarlanma aşamasında en çok dikkat edilmesi gereken unsurlardandır (Gültek & Küçük, 2018).

4.7 Toz Patlaması Ölçümünde Kullanılan Yöntem ve Testler

Tozun patlayıcılık düzeyinin ölçülmesinde kullanılan 2 adet alet ve yöntem vardır. Bir tanesi “Hartmann Dikey Tüp’ü” bir diğeri ise “201 Küresi”dir.

Hartmann Dikey Tüpü:

Hartmann Dikey Tüp’ü, tozun patlayıcılık düzeyinin belirlenmesinde faydalanılan ilk alet olarak kullanımı 1980’li yıllara kadar devam etmiştir.

Bu aleti daha detaylı tarif etmek gerekirse, içinde toz partiküllerinin disperse edildiği hava olan, 1,21 L ölçüsünde dikey bir tüp’tür. Tutuşturucu olarak ise ısıtılmış bir tel yada ateşleyici kullanılır. Bu alet yardımıyla, kıvılcımlar üretilerek, toz partikül ölçüsü, toz karışımı içeriği ve muhteviyatı, tutuşma enerjisi, ısı vb. gibi parametreler ölçümlenebilir.



Şekil 4.6: Hartmann dikey tüpü

Kaynak: <https://staub-ex.blogspot.com/2018/02/explosion-severity-test-and-st-class.html> Alındığı tarih: 04.08.2019

201 Küresi:

Hartmann Dikey Tüp'ü ve bu mantıkla çalışan diğer ölçme aletleri 1980'li yıllara kadar sıklıkla kullanılmalarına rağmen, takip eden süreçte rağbet görmediler. Rağbet görmemelerinin temel nedenleri arasında ise, bazı toz türlerinin kıvılcımla çok kolay alevlenmemesi ve daha yüksek ısıda bir ateşleme enerjisine gereksinim duyması.

Bu dezavantajlı durumu düzeltmek gayesiyle, Choie ve diğer araştırmacı bilim adamları Hartmann Dikey Tüp'üne titretici, elek ve tozu harekete geçirici sistemler ilave edip modifikasyon yoluna gittiler (Asana, 2015).

4.8 Patlayıcılığın Tespiti

Patlayıcılığın tespitinde bir takım parametreler dikkate alınmaktadır ve bunlardan en önemlileri aşağıda incelenmektedir. Bir toz patlama vakasının şiddeti aşağıda gösterilen 6 adet parametrenin oluşturduğu bir fonksiyondur:

- Toza ait fiziki ve kimyevi spesifikasyonlar
- Toz / hava karışımı içerisinde yer alan tozun konsantrasyon yapısı

- Toz / hava karışımına ait homojenize ve sirkülasyon durumu
- Ortamda bulunan ateşleme kaynağının konumu, enerjisi ve türü
- Olası patlamanın meydana gelebileceği kabın geometrik tasarım özellikleri
- Ortamdaki patlayıcı toz / hava karışımına ait sıcaklık, basınç ve nem düzeyleri.

Yukarıda sayılmış olan parametreler ışığında incelenmekte olan patlayıcı tozlar, daha sonraki aşamada işbu “yüksek lisans tezi”ne konu olan İlaç Fabrikasının üretim tesislerinin beşeri ilaç imalatı süreç ve proseslerinde kullanılacaktır.

Bu süreç ve proseslerde, proses güvenliği alanında oldukça tanınan firmalar tarafından hazırlanmış paket programlar yardımıyla, beşeri ilaç imalatında kullanılan tozların yanıcılık / patlayıcılık nitelikleri ve patlama modelleri tespit edilebilmektedir.

Toz patlaması vakalarına neden olabilecek patlayıcı tozların yanıcılık ve patlayıcılık parametreleri fiziksel anlamda sabit olmamakla beraber, içerisinde bulunulan ortamın koşullarına ve çalışmanın yöntemine de bağlı olacağı kaçınılmazdır.

Aşağıda, patlayıcılığın tespitinde en çok göz önünde bulundurulmuş bazı parametreler incelenmiştir. Bunlar, toz patlama şiddeti, Minimum patlama sınırı ve minimum tutuşma sıcaklığı parametreleridir (Özkılıç, 2011).

4.8.1 Toz patlama şiddeti

Toz patlama vakası ile toz patlaması şiddeti kavramlarını daha iyi anlayabilmek için aşağıda verilmiş olan soruların yanıtlanması önemlidir:

Soru 1 : Prosesde kullanılacak kimyasal toz malzemeler havaya yayıldıkları esnada patlamaya neden olabilecekler midir?

Soru 2 : Prosesde kullanılacak kimyasal toz karışımı malzemeler hangi yoğunluk mertebesinde patlamaya yol açabileceklerdir?

Çizelge 4.3: Toz patlayıcılığını önlemeye yönelik tedbirler

Koruyucu önlemler	Koruyucu önlemlerin tasarımı için gerekli parametreler
Patlamaları Önleme	
Yanıcı materyallerin yerine başkalarının kullanılması	Yanıcılık, patlayıcılık
Konsantrasyon sınırlandırması	Patlama limitleri
Eylemsizleştirme / Inertleştirme	Oksijen konsantrasyonunun sınırlandırılması
Ateşleme kaynaklarının ortadan kaldırılması	<ul style="list-style-type: none"> • Minimum ateşleme sıcaklıkları (yerdeki, havadaki toz için) • Ayrışma sıcaklığı • Kendiliğinden tutuşma sıcaklığı • İçin için yanma sıcaklığı • Minimum tutuşma enerjisi • Darbe hassasiyeti • Elektrostatik davranış (özdirenç)
Patlamalara Karşı Yapısal Korunma	
Patlamaya dirençli yapı	Maksimum patlama aşırı basıncı (p_{max}) ya da düşürülmüş maksimum patlama aşırı basıncı (p_{red})
Patlama basınç boşaltma	Maksimum patlama aşırı basıncı (p_{max}) ve maksimum basınç artış oranı ($(dp/dt)_{max}$) ya da K_{st} değeri
Patlamamın baskılama yoluyla giderilmesi	Maksimum patlama aşırı basıncı (p_{max}) ve maksimum basınç artış oranı ($(dp/dt)_{max}$) ya da K_{st} değeri
Patlamamın izolasyonu	Geçiş genişliği sınırları Toz bulutunun minimum tutuşma sıcaklığı Minimum tutuşma enerjisi (MIE)

Kaynak: (Asana, 2015)

Çizelge 4.4: Toz patlama parametreleri

Parametre	Birim	Tanım	Risk Bileşeni Seviyesi
P_{max}	bar	Maksimum patlama basıncı (birim hacimde)	Şiddetinin büyüklüğü oranında etkili
$(dP/dt)_{max}$	bar/s	Maksimum basınç artış oranı (birim hacimde)	Şiddetinin büyüklüğü oranında etkili
K_{st}	bar.m/s	Şekli veya hacmi normalize edilmiş basınç artış oranı (birim hacimde)	Şiddetinin büyüklüğü oranında etkili
MEC	gr/m ³	Minimum patlayıcı toz yoğunluğu	Mevcut olma durumunda etkili
MTE	mJ	Minimum tutuşturma enerjisi (elektrik ark)	Mevcut olma durumunda etkili
MIT	°C	Toz bulutunu Minimum tutuşturma sıcaklığı	Mevcut olma durumunda etkili
MOC(LOC)	Hacim %	Minimum veya kısıtlayıcı oksijen yoğunluğu	Mevcut olma durumunda etkili

Kaynak: (Dirik, 2015)

Patlama olayına ilişkin patlama güç ve şiddeti K_{st} sembolü ile gösterilir ve bu değer ile gurupandırılabilir. Burada dikkat edilmesi gereken husus, en yüksek (dP/dt) değerinin toz yoğunluğuna oranının bilinmesidir. Bu değer ise, kapalı alanın hacimsel ölçüsü ile bağlantılıdır.

$$K_{st} = (\sqrt[3]{V}) \left(\frac{dP}{dt} \right)$$

dP/dt : En Yüksek basınc artış oranı

K_{st} : Basınc artış oranı

V : Ortam hacimsel büyüklüğü (patlama olayının gerçekleşeceği yerdeki)

Bu yüksek lisans tez çalışmasının ilk bölümlerinde de ifade edildiği gibi oksijen oranının, toz bulutu içinde azalmaya başlamasıyla beraber patlama şiddeti ve tutuşma hassasiyeti de azalacaktır.

1 m³ hacimli bir kapalı alanda düzenlenen deneyde, hava / azot karışımı üzerinde oksijenin tesiri deneysel anlamda gözlemlendiğinde, oksijen düzeyi azaltıldıkça “basınç artış hızı”nın ve “en yüksek basınç değeri”nin azalıyor olduğu izlenmiştir (Dirik, 2015).

4.8.2 Minimum patlama sınırı

Minimum Patlama Sınırının tespiti amacıyla yapılan test, bir toz patlama vakası durumunu yaratabilmek adına, ortama yayılması gereken olan patlayıcı ve yanıcı nitelikteki tozun miktarını ölçmek için hazırlanmıştır. “Minimum Patlama Sınırı” kavramı, tozlar ile alakalı değil de gazlar için düşünülecek olursa, o zaman “alt patlama sınırı” kavramına tekabül eder. Minimum Patlama Konsantrasyonu (MPK) seviyesi ne ölçüde düşük olur ise, toz patlama vakası yaratabilmek amacıyla gerekli toz miktarı o ölçüde az olacaktır. Bununla birlikte, MPK seviyesi ne ölçüde az ise, patlama için gerekli miktarlarda tozların dağılması ve bunun neticesinde yanma meydana getirebilmesi adına kullanılabilir duruma gelme ihtimali yükselir. MPK değeri ile “tutuşturma enerjisi” arasında sıkı bir bağımlılık mevcut olduğu bilinmektedir. Eğer ki, tutuşturma enerjisi çok büyük ölçülerde ise sonuç, Minimum Patlama Konsantrasyonu’nun, hayatın olağan akışına uymayacak biçimde düşük olduğudur ya da tutuşturma olmadan da ilgili tozların patlama tehlikesi olduğunu göstermektedir.

Minimum Patlama Konsantrasyonu (MPK) seviyesi, toz zerreciklerinin büyüklüğü (partikül ölçüsü) ile direkt olarak bağlantılıdır. Fakat çok ince formdaki tozlar açısından düşünüldüğünde ise tozun büyüklüğünden bağımsızdır. Fakat, hemen tutuşamayacak şekilde bir ölçüye varana kadar “Minimum Patlama Konsantrasyonu” (MPK), 30 mm’nin daha üstündeki toz zerrecikleri için yükseleceği bilinmektedir (Sarı, 2007).

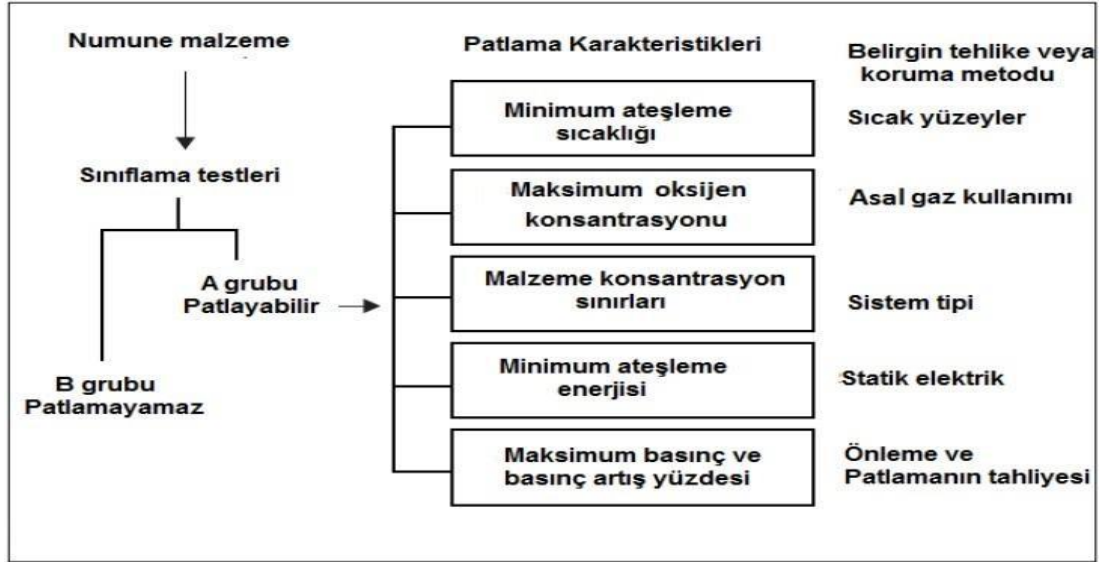
Ortam havasında bulunan yanıcı toz yoğunluğunun patlamaya yol açmadığı alt sınırdır. Örneğin toz konsantrasyon oranının en uygun seviyede düşük tutularak korunabilecek bir ekipman cinsi, Elektro – Statik toz boyama üniteleridir. Elektro - Statik sistemlerde, havada asılı duran zerreciklerin konsantrasyon düzeyi hemen hemen eşittir ve kontrol edilebilmesi kolaydır. Gerçekte, Dünya üzerindeki ülkelerin büyük bir kısmı, “minimum patlayıcı konsantrasyon değeri” öngörülerini ışığında, pek çok endüstride olduğu gibi, İlaç, Kozmetik ve Kimya Endüstrilerinde de spesifik “maksimum izin verilebilir ortalama toz konsantrasyonu” değerlerini belirlemiştir.

Minimum Patlama Sınırı Nasıl Tespit Edilir?

Minimum Patlama Konsantrasyonu (MPK) seviyesi ölçümü, “Dikey Tüp Aparatı” kullanılmak suretiyle yapılabilmektedir.

Ortam havasında dağılmakta olan alevlenebilir toz partikülleri, konsantrasyon anlamında gaz konsantrasyonuna benzer nitelikte karakteristik özellik gösterirler. Patlama limitleri, patlama vakalarının meydana gelebileceği toz - hava karışımlarına ait konsantrasyon değer aralıklarını ifade etmektedirler. Çoğunlukla, gaz kimyasallar yönünden üst ve alt patlama limit değer aralıkları ile hesaplanırken; toz kimyasallar ise alt patlama sınırı (APS) hesaplanarak “minimum patlayıcılık konsantrasyonu” biçiminde ifade edilir ve hacimsel anlamda ölçülmesi g/m³ olarak gösterilir. Söz konusu hesaplamalar, her türlü yanıcı ve patlayıcı toz bulutlarının oluşumunun önlenmesinin, güvenlik yönünden temel bir aksiyon olması gereken durumlarda önemlidir (Sezer, 2019).

Alt patlama limiti'nin tespit edilebilmesi amacıyla aynı anda bir m³ aparatı ile 20 litrelik küre aparatı geniş ölçüde ve yaygınca kullanılabilir.



Şekil 4.7: Patlama testleri akış şeması

Kaynak: (Ergür, 2015)

Şekil 4.7’de Gaz ve Tozların patlayıcılıklarının tespiti ile Minimum patlama limitinin belirlenmesinde kullanılan testlere yönelik sistematik akış diyagramı sunulmaktadır.

4.8.3 Minimum tutuşma sıcaklığı

Minimum Tutuşma Sıcaklığı (MTS) kavramı ile ifade edilmek istenen; ortam havası içinde hareket halindeki toz bulutuna ait en düşük tutuşturulma sıcaklığıdır. MTS, bir toz-hava karışım konsantrasyonun, ortamda sıcak bir yüzeyde tutuşabilme durumunu ifade eder. MTS, en fazla tutuşabilme kabiliyetine sahip toz-hava karışımının ateşlenebildiği en düşük sıcaklık seviyesi şeklinde de bilinmektedir.

Tutuşabilir tarzda, toz - hava konsantrasyonu ısıtılacak olursa, belirli bir seviyeden itibaren alev almaya başlayarak yanacaktır. Bu tarz bir tutuşmanın ortaya çıkabildiği minimum seviyedeki sıcaklık düzeyi, "minimum tutuşturulma sıcaklığı" biçiminde ifade edilebilmektedir. MTS, ortam havasındaki toz bulutunun içerisinde nem yada öteki inert gaz veya tozların mevcudiyetiyle artabilir, keza küçülen partikül büyüklüğü ve artmakta olan uçucu gaz ve toz miktarları, oksijen konsantrasyonun yapısı ve toz tabakasının sahip olduğu kalınlık nedeniyle azalmaktadır (Tuna, 2016).

MTS’nin ölçülebilmesi, tutuşturucu kaynaklarının tehlikelerinin ortadan kaldırılması veya azaltılması, ve patlama bastırma metodları tasarlayarak bunların kullanıma sokulması hayati derecede önemlidir.

Ortam havasında yer almakta olan ve Oksit içeren toz bulutları, MTS' değerinden daha fazla ısıya maruz bırakıldıklarında, “minimum alevlenme sınırı” azalarak toz bulutlarına ait “minimum patlayabilir konsantrasyon değeri” de azalma eğilimine girecektir. Ancak bu aşamadan itibaren “maksimum mutlak patlama basıncı” da azalmış olacaktır.

Ortam havasında yer alabilecek ve nem oranı %30 ila %90 aralığında değişen bazı genel tozlara ait tutuşturulabilme sıcaklık düzeyleri aşağıda verilmiştir:

- ✓ Buğday Unu : 410 °C – 430 °C arası,
- ✓ Mısır Nişastası : 410 °C – 450 °C arası,
- ✓ Çavdar Tozu : 430 °C – 500 °C arası,

Minimum Tutuşma Sıcaklığı (MTS)'den daha fazla seviyedeki yüzey ısılarının olması halinde tutuşma kaçınılmaz olacaktır. Çoğunlukla 50 °C' lik emniyet faktörü genel kabul görmüş bir seviyedir. Fabrika, tesis, bina ve işletmelerin haricindeki yanıcı tozlar ile kirlenmiş bölgelerde, yüzey ısıları 5 mm kalınlığa sahip tabakanın ölçülebilen tutuşma ısısının 75 °C seviyesini aşmamalı ve bir toz süspansiyonuna ait tutuşma ısısının 2/3'ünü geçmemlidir (Sezer, 2019).

4.9 Toz Patlamasını Önlemeye Yönelik Çözümler

Toz Patlama riski taşıyan bina fabrika, tesis ve işletmelerin proses aşamalarında uygulama esnasında alınabilecek bir takım gerekli tedbir ve önlemler aşağıda sunulmaktadır.

4.9.1 Yapısal olmayan tedbirler

Toz patlamalarının meydana gelmesini engellemeye yönelik yapısal olmayan tedbirler aşağıdaki şekillerde sıralanabilir.

- Üretim prosesleri esnasında, yanıcı ve patlayıcı özellik sergileyen toz yerine, yanıcı ve patlayıcı özellik sergilemeyen ikame veya alternatif bir toz kullanılması.
- Üretim prosesleri esnasında kullanılacak tozun konsantrasyon miktarının patlayıcı toz / hava karışımı meydana getirmeyecek oranda düşük ölçüde tutulması,
- Üretim prosesleri esnasında kullanılan tozun patlama kompozisyonu sonrası yanabilmesi için ihtiyaç duyulan oksijen konsantrasyonunun oluşumunun engellenmesi,
- Patlamaya sebep olabilecek etkin ateşleyici kaynakların uzakta tutulması.

4.9.1.1 Oksijen konsantrasyonunun sınırlandırılarak limit değerler içine çekilmesi

İnert hale getirme veya maddenin eylemsizleştirilmesi biçiminde tanımlanabilecek söz konusu yöntemde, ortam içerisine inert özellik sergileyen bir kimyasal madde bırakılır ve bunun sonrasında ortamda bulunan oksijen konsantrasyonunun

miktarında buna bağlı azalma görülür. İnerth hale getirme veya maddenin eylemsizleştirilmesi biçiminde ifade edilebilecek söz konusu işlem genel olarak, Azot ve CO₂ olarak bilinen gazların tank içerisine basılması yoluyla başlatılır. Bu işlem sırasında inerth gazın seçilmesi kesinlikle çok önemlidir. İşlemlerde inerth gazın seçiminde en çok dikkat edilmesi lazım gelen kriterler ortam sıcaklığının seviyesi gibi proses kriterleri ve seçimi yapılacak olan gazın patlayıcı / yanıcı özellik sergileyen toz kimyasal ile tepkime durumuna girmemesi gerektiği konusudur (Karaçelebi, 1980).

Proses uygulamasında İnerth gaz kullanmanın en önemli faydalarından birisi ise, yanma olayı ve bunun sonucunda ise ürünün hasar görerek zarara uğramasının önüne geçilebilmesidir.

İnerth gaz kullanmanın bazı dezavantajları ise aşağıda listelenmektedir:

- Bakım / Onarım maliyetleri ile inerth gaz kullanmaktan kaynaklı maliyet kalemlerinin artması.
- Olası bir kimyasal madde sızıntısı vakası ile karşı karşıya kalınması halinde, işyeri ortamında çalışan işçiler ve ortamda bulunan diğer tüm canlıların boğularak ölme riski ile karşı karşıya kalmaları.

4.9.1.2 Tutuşturucu unsurların ortamdaki uzaklaştırılması

Yalnızca, koruyucu bir tedbir biçiminde düşünülen tutuşturucu unsurların ortamdaki uzaklaştırılması metodu uygulanacaksa, çok geniş kapsamlı bir risk değerlendirmesi yapılmak zorundadır (ATEX Guidelines, 2019).

Büyük ölçekli Endüstriyel tesis, fabrika ve işyerlerinde mevcut olabilecek etkin ateşleme unsurları şu şekilde listelenebilir:

- Mekanik yollarla kıvılcım çıkartabilen ve / veya sürtünme sonucu meydana gelebilecek ısı, rulman, kayışlı ekipmanlar ve diğer ekipmanlar v.s.
- Açık alev kaynakları ve / veya kıvılcım yaratabilecek unsurlar.
- Elektrik kaynaklı ve / veya elektrostatik ortamdaki meydana gelebilecek kıvılcımlar.
- Kendiliğinden ısınma ve akkor maddeler.

- Yüksek sıcaklık değerlerine sahip yüzeyler, yanıcı / patlayıcı tozların en düşük tutuşma enerjilerinin en çok %80'i kadar enerji taşımalıdır.
- Yıldırım düşmesi vakaları.

4.9.2 Toz miktarının azaltılması

Üretim prosesleri esnasında kullanılan toz miktarının azaltılması olarak bilinen tedbirin de tozlarda uygulanabilme ihtimali düşüktür. Bunun sebebi ise; Toz Üretim Prosesleri esnasında kullanılan toz konsantrasyonunun aşağıda belirtilen durumlarda hızlı ve ani bir biçimde değişkenlik gösterebilmesidir (Çilingir, 2005).

- Sedimentasyon (çökme)
- Hava akımlarında oluşabilecek farklılıklar
- Oksijen konsantrasyonunun sınırlandırılarak limit değerler içine çekilmesi (eylemsizleştirilmesi / inert hale getirme).

4.9.3 İkame, yerine koyma yöntemleri

Üretim prosesleri esnasında kullanılan patlayıcı kimyasallar yerine patlayıcı olmayan kimyasal maddelerin kullanılması teorik olarak uygun ve makul bir yöntem olarak görülse bile, iş uygulama noktası geldiğinde pek çok yönden uygulanmasının zor olduğu görülebilecektir (Uzun, Akçın, v.d., 2015).

4.9.4 Mühendislik ve organizasyonel yöntemler

Toz patlaması tarzında büyük risler içeren tehlikelere karşılık olarak, teknik hizmetler ve mühendislik uygulamaları ile beraber, organizasyona yönelik idari uygulamalara da yer verilmelidir. Tüm bunların bir sonucu olarak, yönetimin de organizasyonsal manada aşağıda listelenen yükümlülükleri uyguluyor olması lazım gelmektedir:

- PKD (Patlamadan korunma dokümanı) hazırlama,
- İş yönergeleri hazırlama,
- Çalışanların düzenli biçimde sürekli olarak bilgilendirilmesi,
- KKD (Kişisel Koruyucu Donanım) ve ekipmanların kullanılması,

- Bina, Fabrika, Tesis ve / veya işyeri bölümlerinin ve etrafının temiz ve düzenli tutulması,
- Bina, Fabrika, Tesis ve / veya işyeri bölümlerindeki kısım ve ekipmanın güvenliğinin takip edilmesi ve devamlılığının sağlanması,
- Tehlikeli iş ortamları ve departmanlarda uygulanabilecek özel çalışmalarda yetki unsurununun mevcudiyetinin aranması,
- Teknik bakım ve onarımların zamanında ve bakım sürelerine uygun biçimde yapılması,
- Yüksek riskli olabileceği düşünülen departmanların ve bölümlerde gerekli işaretlemelerin yapılarak veya şeritle çevrilerek işaretlenmesi.

4.9.5 Diğer önlemler

Toz Tüm yapısal olmayan, organizasyonel ve mühendislik tedbirleri ile prosese yönelik tedbirlerin yanında, aşağıda listelenen tedbirlerin uygulanması da ikame ve / veya tamamlayıcı anlamda toz patlama vakalarından korunma yönünde oldukça önem kazanmıştır:

- Endüstriyel bina, fabrika, tesis ve / veya işyeri bölümleri içerisinde, toz patlama tehlikelerinin mevcut olduğu kısımları, mukavemeti yüksek ve boşluk oluşturmayacak fiziki bariyerler vasıtasıyla birbirinden ayırmak,
- Toz Patlaması riski yüksek düzeyde olan bölümleri, öteki bölümlerden daha uzak bir bölgeye konuşturmak.
- Endüstriyel bina, fabrika, tesis ve / veya işyeri bölümleri içerisinde, NFPA standartlarına uygun biçimde, aktif (sprinkler, dolap, hortum, söndürme tüpü, vb.) ve pasif (yangın kapısı, kaçış yolları, yangına dayanımlı bölümler, vb.) yangın güvenliği korunma tedbirlerini uygulayabilir durumda olmak.
- Toz Patlaması risklerine karşın, uyumlu proses ekipmanlarının, 27 Ekim 2002 tarih ve 24919 seri no'lu T.C. Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlük kazanan "Muhtemel Patlayıcı Ortamda Kullanılan Teçhizat ve Koruyucu Sistemlerle İlgili Yönetmelik"deki sınıflandırmalara uygun olarak seçmek.

Yukarıda sayılan diğer önlemlere ilave olarak toz patlaması risklerine karşı alınabilecek ek tedbirler ise şunlardır: Toz Patlaması Önleme Sistemleri.

4.9.5.1 Patlama kapakları yardımıyla patlamanın tahliye edilmesi

Patlama kapağı olarak bilinen ekipman patlama sırasında silo veya basınçlı / basınçsız kabı yırtarak patlamayı dış dünyaya kontrollü biçimde tahliye etmesiyle bilinir.



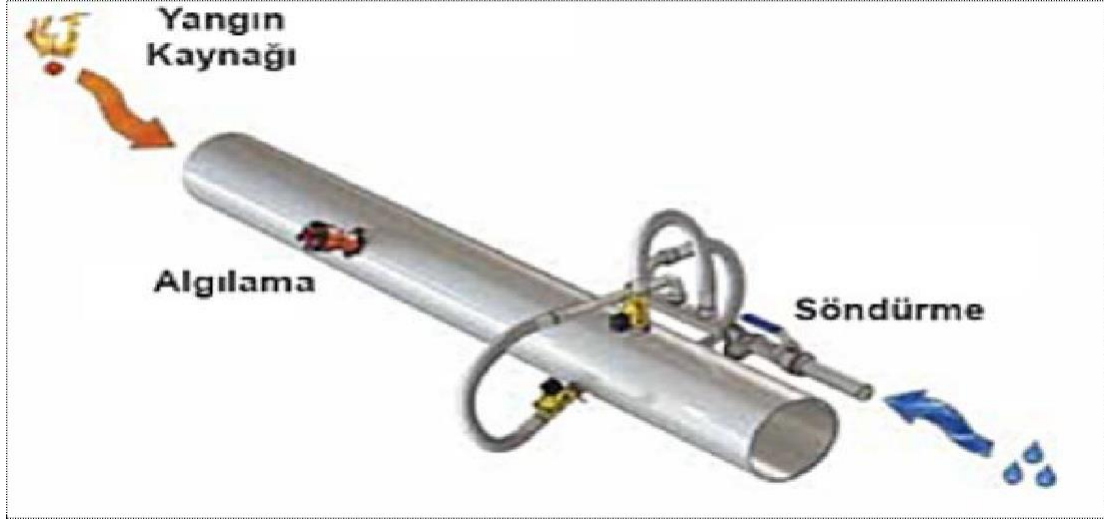
Şekil 4.8: Patlama kapakları ile konvansiyonel patlama tahliyesi

Kaynak: <http://www.prosesguvenligi.com/toz-patlamasindan-korunma/> Alındığı tarih: 12.06.2019

Bunun sonucunda ekipmanlarda meydana gelecek fazla basıncın azaltılması suretiyle ekipmanları patlamanın olumsuz tesirlerinden korumuş olacaktır. Endüstriyel üretim prosesleri sektörden sektöre ve üründen ürüne oldukça geniş anlamda farklılıklar gösterebilir. Bu anlamda proseslerin hiç birisi bir birleriyle tamamen aynı olmaz. Bu sebeple patlama kapakları çok farklı biçim, boyut, özellik ve şekillerde, birbirinden değişik materyallerden ve çok farklı ısı ve sıcaklıklara göre ve de birbirinden farklı değerlerdeki basınç mukavemetlerine göre üretilirler.

4.9.5.2 Kıvılcım algılama sistemi

Kıvılcım algılama sistemi, bina, fabrika, tesis ve / veya işletme içerisinde hareket halinde tehlikeli partiküllerin (yangın kaynağı) algılanması amacıyla kullanılmakta olan bir takım detektörden meydana gelmektedir. Bir partikül, dedektöre algılandığı zaman tehlikeli bir yangın yada patlama oluşmadan evvel, mili saniyeler düzeyinde bir hızla söndürmeye yönelik proses otomatikman aktif hale gelecektir. Dedektör ve söndürme prosesi kontrol paneli üzerinden kumanda edilmektedir.



Şekil 4.9: Kıvılcım algılama prensibi

Kaynak: <https://www.emoayvaz.com.tr/firefl> Alındığı tarih: 12.06.2019

Kıvılcım algılama sistemi bina, fabrika, tesis ve / veya işletmeleri çok tehlikeli yangın ve patlama vakalarından korumaktadır. Sistem, en düşük düzeyde hatalı alarm ile en yüksek düzeyde koruma çözümleri temin etmek mecburiyetindedir.

Kıvılcım algılama sistemi, daha çok kerestecilik sektöründe faaliyet gösteren işletmeler, katı yakıt üretim tesisleri, elektrik enerjisi santralleri, kağıt peçete imalatı yapan fabrika - tesisler, temizlik ürünleri imalatı yapan işletmeler, ambalajlı veya ambalajsız gıda imal eden işletme ve tesisler gibi yangın ve patlama riski yüksek tesislerde kullanım alanı bulmaktadır.

4.10 Toz Patlamalarının Zararlı Etkilerinin Azaltılması

Toz Patlamalarının meydana gelmesini engellemek adına geliştirilecek önlemlere karşın, toz patlaması tehlike ve riski yine de önlenemeyebilir. Toz patlamasının vukuu bulması halinde meydana gelebilecek hasar ve kayıpların azaltılabilmesi amacıyla bazı önlemlere başvurmak doğru olacaktır (Asana, 2015).

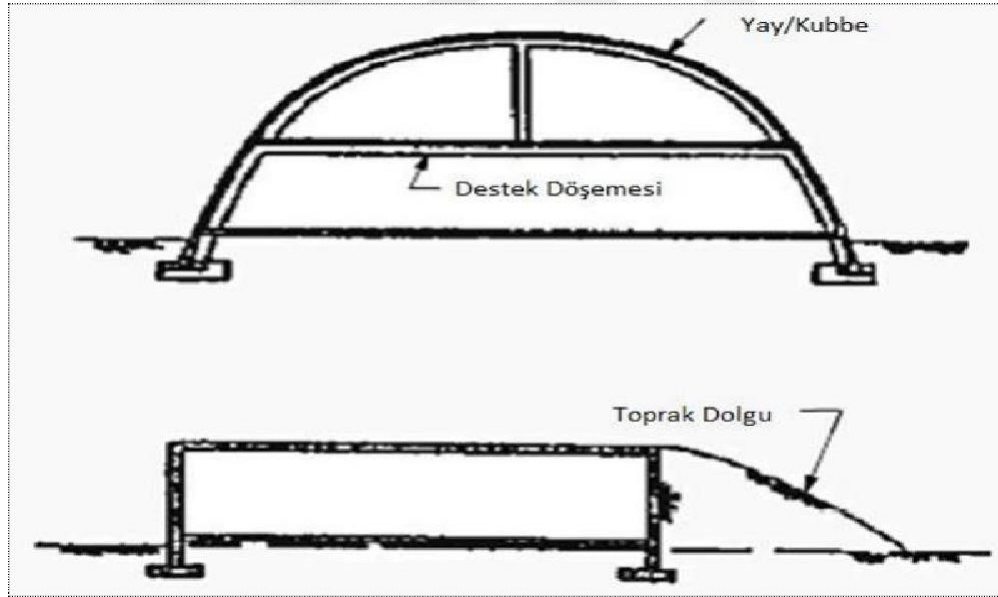
Potansiyel bir toz patlaması vakasının olumsuz sonuçlarını engellemek adına aşağıda gösterilen aksiyonlar uygulamaya sokulabilir:

- Patlama riskine karşı güçlü ve dayanıklı tasarımların geliştirilerek uygulamaya alınması
- Patlama tehlikesi ve riskinin havalandırma, ventilasyon ile bertaraf edilmesi.

- Patlama olayının baskılama metoduyla önlenmeye çalışılması.
- Patlama veya patlama bölgesinin izole edilmesi.

4.10.1 Patlamaya karşı güçlü ve dayanıklı tasarımların geliştirilmesi

Patlama riskine karşı güçlü ve dayanıklı tasarımların geliştirilerek uygulamaya alınması. Endüstriyel tesislerin kuruluş aşamasında, bina, tesis ve ekipmanlar açısından patlamalara karşı mukavemet düzeyi yüksek bir tasarım uygulanmışsa, patlamanın sebebiyet verebileceği hasarlar kontrol altında tutulabilir. Büyük endüstriyel tesis, fabrika, bina ve işletmelerin kuruluşu evresinde, tasarımın uygulanması neredeyse zahmetli ve zor olsa bile, ekipman - alet ve araç - gereç yönünden uygulanması daha olasıdır. Proje aşamasındayken ve uygulama esnasında yatırım maliyetlerinin yüksek oluşu ve bu tasarımları yapılan yapıların ağırlıkları nedeniyle bina ve tesislerin üzerine yük bindirmesi gibi bazı dezavantajlarının da göz önünde bulundurulması gerekmektedir.



Şekil 4.10: Patlamaya dayanıklı bina tasarım örneği

Kaynak: <http://imoistanbul.org/imoarsiv/seminer-notlari-ekim-2016/mustafa-munzuroglu/seminer-notu.pdf> Alındığı tarih: 12.06.2019

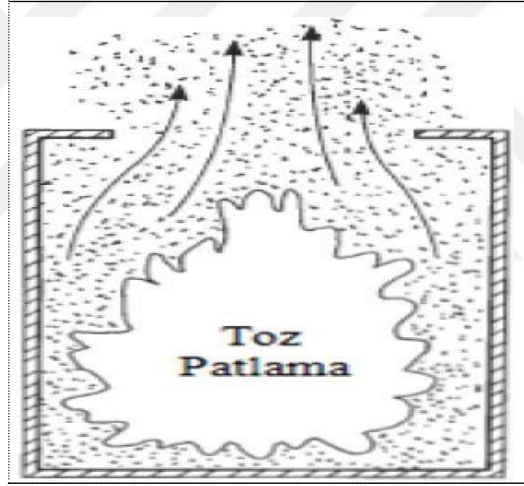
Patlamaya mukavemeti yüksek tasarımlar ile kastedilmek istenen, yüksek basınç değerlerine karşı dayanımlı olan tasarım ve uygulamalardır. Bunlar, Avrupa Birliği AB Standartı EN 14460 ya da Amerika Birleşik Devletleri ABD Makina

Mühendisleri Topluluğu ASME Kısım 8 standartlarına göre tasarımı olarak imal edilmiş olmalıdır.

Tasarım aşamasında göz önünde tutulması gereken 2 ana unsur hayati derecede önemlidir ki bunlar, “nominal kalınlık” ve “müsade edilebilir basınç”tır.

4.10.2 Havalandırma ve ventilasyon önlemleri ile koruma

Patlama tehlikesi ve riskinin havalandırma, ventilasyon tedbirleri ile bertaraf edilmesi. Patlama tehlikesi yüksek, proseslerde ve fabrikalarda bütün üretim aşamaları ve kısımlarda ve de bağlantı noktalarında mevzuatlar çerçevesinde sistemleri kurulmuş olmalıdır. Havalandırma metodu, en çok kullanılan yöntemlerden biri olmakla beraber bir takım avantaj ve dezavantajlara da sahip bulunmaktadır.



Şekil 4.11: Toz toplama sistemi, patlama havalandırması

Kaynak: (Asana, 2015)

Toz Toplama Sistemleri:

Toz Toplama Sistemleri; gıda, ilaç, kimya, plastik, ambalaj, metal işleme, seramik tesisleri, lastik üretimi, temizlik kağıdı ve diğer kağıt imalatları, çimento ve demir - çelik üretimi yapan endüstriyel tesislerde prosesten çıkan zararlı tozların merkezi veya lokal olarak bir üniteye toplanmasıdır.

Endüstriyel tesislerde yapılan bazı üretim işlemlerinde doğal olarak açığa çıkan tozlar, hem ortamda bulunan insanların sağlığını tehdit eder hem de çevreye zarar

verirler. Bu nedenle tozlu çalışmalarda, ortama toz yayılan yerlerde kullanılması gereken en doğru çözüm “toz toplama sistemleri” dir.

Üretim alanında yapılacak olan bir lokal aspirasyon sistemi (akrobat kol) ile, tozların çalışma ortamına yayılmadan direkt olarak kaynağından toplanması ve sistemde kullanılan uygun filtre ekipmanları ile filtre edilerek dış atmosfer ortamına atılması sağlanmaktadır.

Toz Toplama Sistemleri sayesinde ortamda solunulan havanın kalitesi artmaktadır. Bu işlem hava içerisinde ortama bağlı olarak oluşan zerreciklerin ortamdaki ayrıştırılması ile sağlanmaktadır. Havada bulunan zerrecikler toz toplama ünitesinin sağladığı emilim gücü sayesinde ortama yayılmadan kaynaktan toz tutucu filtrelere aktarılır. Toz toplama sistemleri ortam havasından filtrelenerek daha temiz ve sağlıklı bir çalışma ortamı yaratmak için tasarlanan sistemlerdir.



Şekil 4.12: Toz toplama sistemi

Toz Toplama Sistemi (Havalandırma Metodu)’nun Avantajları:

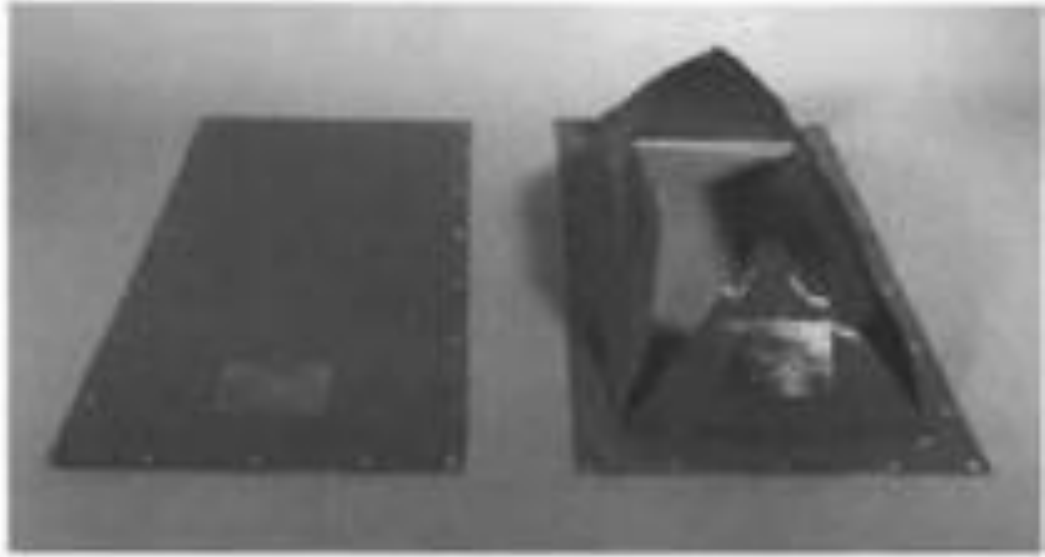
- ✓ Uygulamanın yapılacağı donanım / ekipmanlar, kapalı bir ortam yerine açık havada konumlanmışsa sistemin maliyeti oldukça düşecektir.
- ✓ Bakım, onarım ve periyodik kontrol maliyetleri de düşük kalacaktır.

Toz Toplama Sistemi (Havalandırma Metodu)'nun Dezavantajları:

- ✓ Patlama olayının gerçekleşiyor olduğu anda, proses süreci içerisinde yer alan yanıcı özellik sergileyen materyallerin, mesela; toz toplama sistemi üzerinde yer alan filtrenin yanarak tıkanması.
- ✓ Uygulamanın yapılacağı donanım / ekipmanların, prosesin gerçekleştiği yerde dış ortamda veya dış duvar cephesine yakın bir konumda bulundurma zorunluluğu yaratması.

Patlama Kapağı Kullanımı:

Patlama olayının gerçekleştiği anda, önceden belirlenmiş bir basınç değeri aşıldıktan hemen sonra, patlamanın yönüne doğru açılması için tasarlanmış patlama kapağıdır.



Şekil 4.13: Patlama kapakları

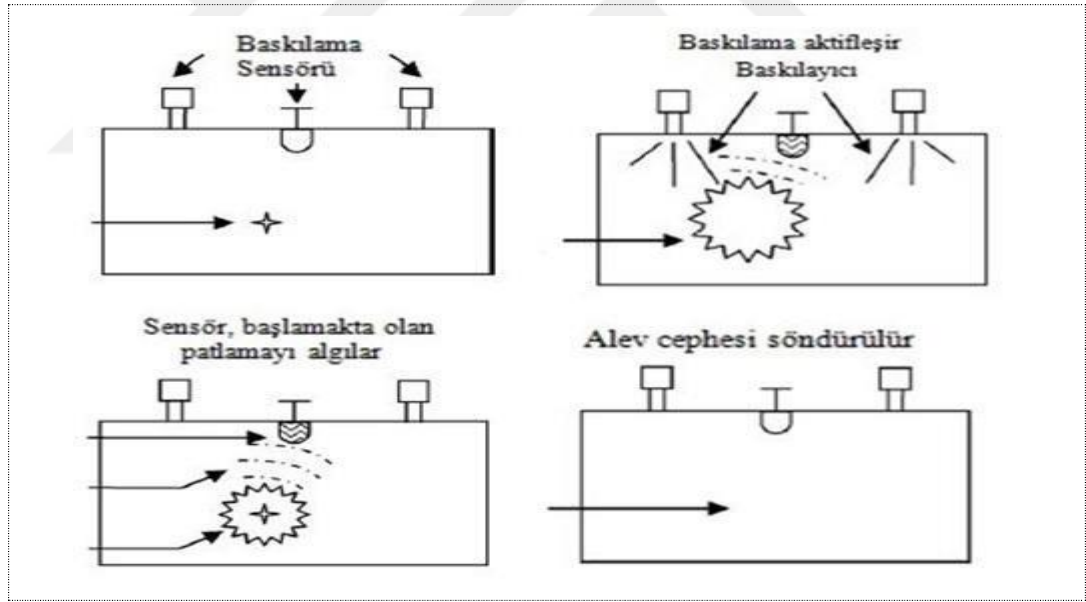
Kaynak: (Asana, 2015)

Yukarıdaki şekilde patlama kapakları için bir örnek görülebilir. Şekilde sol tarafta yer alan kapağın patlama öncesinde hali, sağ tarafta yer alan kapağın ise patlama olayından hemen sonraki açılmış hali görülebilir.

4.10.3 Baskılama metodu ile koruma

Patlama olayı ortaya çıkmadan hemen evvel, alev topu kestirilebilir bir süre içerisinde patlama noktasına varır. Tam da bu aşamada, potansiyel patlamanın öncü ölçümleri, bir takım sensörler kullanılarak önceden algılanarak, söndürücüler otomatikman devreye sokulabilir. Baskılama metoduna ait işleyiş sistematığı aşağıda yer almakta olan şekilde sunulmaktadır. Böylelikle, patlama olayının büyüyerek genişlemesi önlenmiş olur.

Baskılama metodu ile koruma'da alev topu patlama yaratacak kadar büyümeden söndürülebildiğinden dolayı, içerisinde potansiyel patlama olayının vuku bulabileceği kabın yırtılarak parçalanması engellenmiş olacaktır.



Şekil 4.14: Baskılama metodu işleyiş sistemi

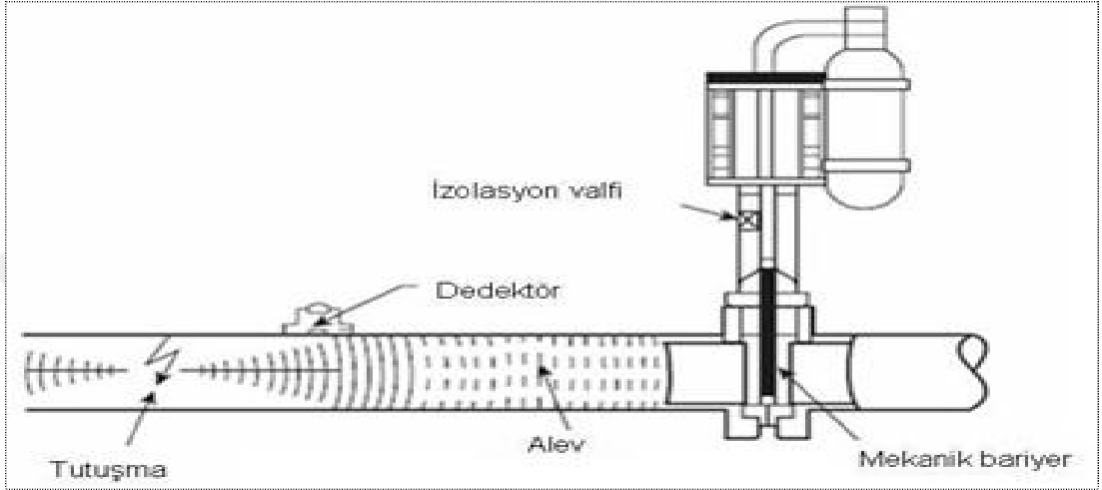
Kaynak: (Asana, 2015)

Baskılama metodu ile koruma sayesinde, alev patlamaya yol açmadan söndürülmüş ve hemen ardından vuku bulabilecek yangınlar engellenmiş olmaktadır.

Havalandırma metoduna kıyasla daha maliyetlidir ve düzenli bakım yapılması gerekmektedir. Bazı metal tozları için ise kesinlikle uygun değildir.

4.10.4 Patlamanın izole edilmesi

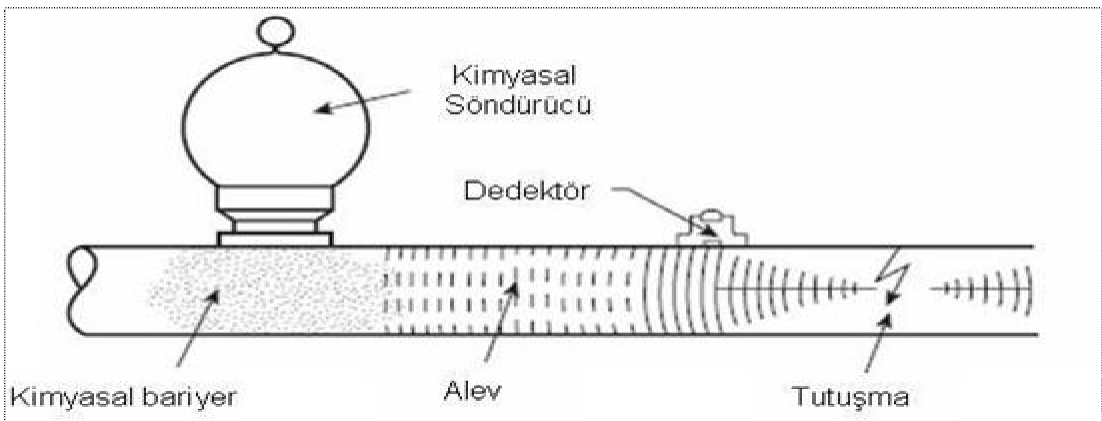
Patlamanın izole edilmesi metodunun en önemli hedefi, birincil patlamanın hemen ardından, proses veya ekipmanlarla direkt veya indirek bağlantısı olan veya hiç bir bağlantısı bulunmayan, öteki kısımlara patlamanın dağılıp ikincil patlama denilen olayın meydana gelmesinin önüne geçilmesi isteğidir (İnce, 2011).



Şekil 4.15: Patlamanın hızlı geçiş valfi ile izolasyonu

Kaynak: (Asana, 2015)

Patlamanın izole edilmesi metodunda “Ani proses durdurma mekanizması” kullanılmaktadır.



Şekil 4.16: Patlamanın kimyasal bariyerle izolasyonu

Kaynak: (Asana, 2015)

Bu mekanizma, proseslerin işlem görmekte olduğu basınçlı kaplar veya tankların bağlantı boru girişlerine valfler takılarak patlama algılama amacıyla önceden yerleştirilen basınç algılama dedektörleri yoluyla faaliyete geçirilebilir. Patlamalar, kimyasal bir maddenin yönlendirilmesi yoluyla veya yalnızca elektromekanik metodlarla izole edilebilmektedir.



5. METODOLOJİ VE YÖNTEM

Bu bölümde araştırmanın yöntemi, veri toplama araçları, evren ve örneklem ve verilerin analizi hakkında bilgilere yer verilmiştir.

5.1 Araştırmanın Yöntemi

Bu çalışma Tekirdağ ili sınırları içerisinde faaliyet gösteren ve beşeri ilaç üretimi yapan, ismi ve markası gizli tutulan bir ilaç fabrikasında karşılaşılabilecek potansiyel toz patlama tehlikesi ve ramak kala olayları ile bunlara karşı alınabilecek tedbirler ortaya konmuş ve tartışılmıştır. Bu tedbirlerden önemli görülen bazıları ise yerinde uygulanarak gözlenmiştir.

Bu tez çalışmasında öncelikle araştırma yapılan konu ile alakalı olarak yerli ve yabancı literatür taranarak araştırmanın kuramsal temelleri inşaa edilmek suretiyle devamında çalışma sürdürülmüştür.

Çalışmada nitel araştırma yöntemi kullanılmış, ilgili konu ile alakalı ulusal ve uluslararası kaynaklardan literatür taranmış, elde edilen veri tabanı araştırmanın bilimsel temellerini ve güvenilirliğini sağlamıştır.

5.2 Evren ve Örneklem

Bu araştırmanın evreni ve örnekleme Trakya Bölgesi'nde faaliyet gösteren ve beşeri ilaç üretimi yapan, ismi ve markası gizli tutulan çalışmaya konu ilaç fabrikasıdır. Çalışma 2019 yılı Mart ve Aralık ayları arasında yapılmıştır.

Her bir örneklem ünitelerine eşit orantılı seçilebilme imkanı verilerek (seçilmiş ünite seçilme olanağının geride kalan diğer tüm üniteler için değişmemesi maksadıyla havuza yeniden koyularak) seçilmiş ünitelerin örnekleme dahil edildiği metod “basit seçkisiz örnekleme” (simple random sampling) olarak bilinmektedir. Burada her bir örnekleme ünitesine eşit oranda seçilme imkanı tanınmasının amacı örneklem

uzaydan her bir ünite örneklemin eşit oranda seçilmesi imkanının sağlanabilmesidir (Büyüköztürk ve diğ., 2017).

Örneklemeden elde edilerek sağlanmış nicel dataları kullanırken en önemli hedef yığın kütleyle yönelik varsayımlar geliştirebilmektir. O halde, İstatistik biliminin ve İstatistikçi'nin esas köklü problemi, örneklemeden sağlanan datalara dayanarak yığın kütle için ne ölçüde genellemeler elde edilebileceği sorunsalıdır (Mazmanoğlu, 2016).

5.3 Veri Toplama Araçları

Bu çalışmada, işyeri ortam ölçüm sonuçları, toz ölçüm sonuçları, patlamadan korunma dökümanı, acil durum planları ve makine - teçhizat ve proseslerin risk değerlendirme formları ile ilaç fabrikasının imalat süreçlerinde girdi olarak kullanılan 2.000'in üzerinde MSDS – Malzeme Güvenlik Bilgi Formu incelenmiş ve tez süresince literatür araştırması yapılmıştır.

Çalışmanın en başında, araştırılacak konunun belirlenmesinin hemen sonrasında problem ve alt problemlerin belirlenip çözümlerinin ortaya konulabilmesi amacıyla patlama ve toz patlaması konusu ile alakalı yerel ve yabancı literatür taranarak araştırmanın kuramsal temelleri oluşturulmuş, sonrasında konu ile alakalı yerel ve uluslararası mevzuat ve standartlar ışığında hazırlanmış olan ortam ölçüm raporları ile patlamadan korunma dökümanı (PKD) ve acil durum risk analizi raporları ve ilaç fabrikasında imalat sürecinde girdi olarak kullanılan 2.000'in üzerinde MSDS – Malzeme Güvenlik Bilgi Formu birer birer dikkatlice gözden geçirilerek, kullanılan makine - teçhizatların teknik dökümanları ve ilaç fabrikasında geçmişte yaşanan iş kazası kayıtları ile yine geçmişte fabrikada yaşanan bir toz patlama vakasının olup olmadığı incelenmiştir.

Özellikle son 20 yılda dünyada ve Türkiye'de meydana gelmiş toz patlaması vakaları incelenerek istatistiki bilgiler alınmış, zarar, hasar, ölüm ve yaralanma boyutları analiz edilmiş konu hakkında yeterli bilgi birikimi sağlanmıştır.

5.4 Verilerin Toplanması

Araştırma için seçilen ilaç fabrikasının yöneticilerinden alınan özel izin ve firma ismi ve markasını kullanmamak şartı ile bir çok defa fabrika ziyaret edilmiş, üretim

süreçlerinin tamamı izlenmiş, fabrikanın iş güvenliği ve çevre müdürü ile iş akış şemasına uygun bir şekilde sırası ile ve sisteme uygun silsile dahilinde departmanlar gezilmiş, özellikle toz patlamasının en çok yaşanabileceği düşünülen İstifleme, Eleme, Tartım ve Granülasyon departmanları ziyaret edilmiş, onaylı ve akredite edilmiş ölçüm laboratuvarlarınca yapılan 2018, 2016 ve 2014 yıllarına ait ortam ölçüm ve toz ölçüm raporları ve 2.000'in üzerinde MSDS Malzeme Güvenlik Bilgi Formu birer birer dikkatlice incelenmiş, kullanılan makine - teçhizatların teknik dökümanları, PKD – Patlamadan Korunma Dökümanı ve Acil Durum Planları incelenerek, bu fabrikada geçmiş yıllarda yaşanmış toz patlaması vakaları ile iş kazası kayıtları tekrar gözden geçirilmiştir.

5.5 Verilerin Analizi

Yukarıda bahsedilen incelemeler neticesinde fabrikada onaylı ve akredite edilmiş ölçüm laboratuvarlarınca yapılmış en son ortam ölçüm ve toz ölçüm raporu sonuçları bir öncekiler ile karşılaştırılmış, tehlike ve riskler belirlenmiş, tespit edilen yeni riskler önem derecelerine göre sıralanarak alınabilecek tedbirler ve yöntemler tartışılmıştır.

6. BULGULAR

Bu bölümde, araştırmaya konu olan ilaç fabrikasının kısa bir tanıtımı yapılarak, üretim durumu ve kapasitesi, fabrikanın, bölümlerinin ve eklentilerinin fiziki yapıları ile üretim metod, yöntem ve süreçleri, iş akış şemaları, üretim yapılan alanlar ve yapılan üretimlerle ilgili bilgiler verilmiştir.

Sonrasında, son üç döneme ait ortam ölçümü sonuçlarından toz ölçüm raporları incelenerek, varsa fabrikada daha önceden yaşanmış toz patlaması vakaları ile, Patlamadan Korunma Dökümanı (PKD) ve Acil Durum Risk Analiz Raporu (ADRAR)'in kısa bir değerlendirmesi yapılarak olası bir toz patlaması riskinin yaratabileceği olumsuz durumlar değerlendirilecektir.

6.1 Araştırmaya Konu Olan İlaç Fabrikasının Tanıtımı

Araştırmanın yapıldığı İlaç Fabrikası, 100 milyon dolarlık bir yatırımla yalnızca Türkiye'nin değil Avrupa'nın da önde gelen beşeri ilaç üretim tesislerinden biridir. Fabrika, 100 bin m²'den daha büyük bir alan üzerinde faaliyet gösteren üretim tesisi, ilaç üretiminin gerektirdiği uluslararası standartlarla uyumlu tek katlı yaygın sistem şeklinde tasarlanmıştır.

Tesiste, katı, yarı katı ve likit üretim formlarında üretim yapılmaktadır. İlaç üretiminin gerektirdiği tüm özel koşullar göz önüne alınarak uluslararası standartlarda inşa edilen tesis, son derece modern bina yönetim sistemleri ile donatılmıştır.

6.1.1 İlaç fabrikasının üretim durumu ve kapasitesi

100 bin m² üzerinde bir alanda faaliyet gösteren, 500'ü aşkın çalışanı ile yıllık 250 milyon kutu üretim kapasiteli üretim tesisi, iş bu yüksek lisans tez çalışmasının yapıldığı 2019 yılı Mart - Aralık döneminde aktif olarak tam kapasite ile rutin üretim faaliyetlerine devam ediyor durumdadır.

Katı Üretim Bölümünde Üretilmekte Olan Ürünler:

- Tablet,
- Film Tablet, Draje
- Kapsül
- Granül Süspansiyon
- Efervesan Tablet

Yarı-Katı Üretim Bölümünde Üretilmekte Olan Ürünler:

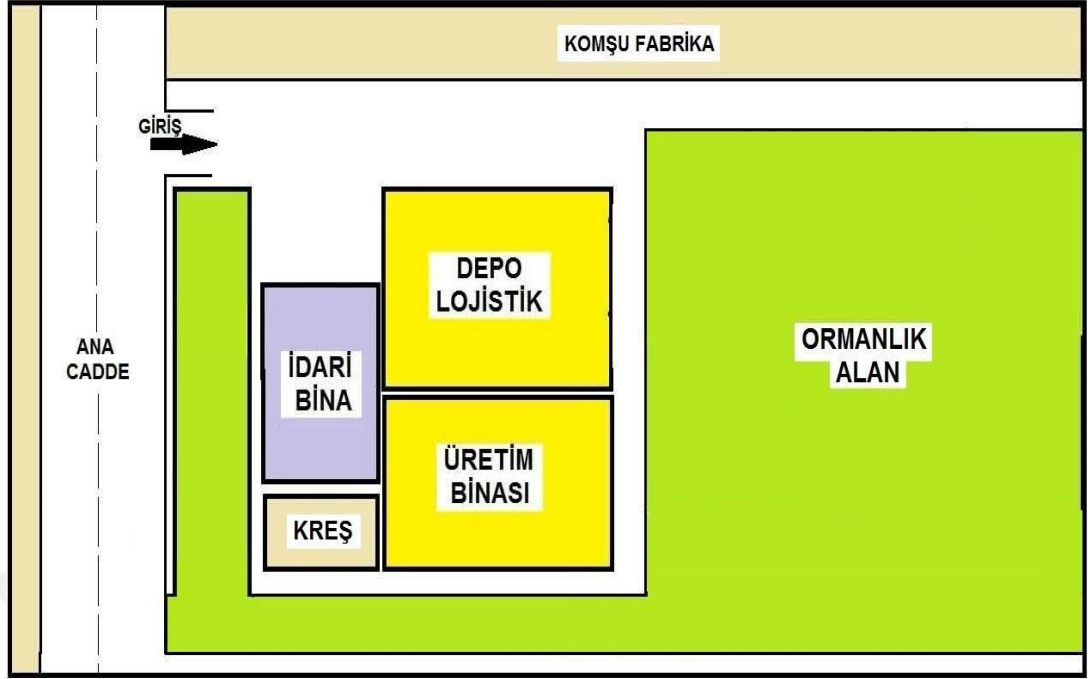
- Merhem
- Krem
- Jel

Likid Üretim Bölümünde Üretilmekte Olan Ürünler:

- Şurup
- Süspansiyon
- Losyon
- Sprey

6.1.2 İlaç fabrikasının fiziki yapısı ve bölümlerin krokisi

Araştırmaya konu İlaç Fabrikası, 100 bin m2'den daha büyük bir alan üzerinde faaliyet göstermektedir. Üretim tesisi, tek katlı yaygın sistem şeklinde tasarlanmıştır.



Şekil 6.1: İlaç fabrikasının fiziki yapısı ve bölümlerin krokisi

Kaynak: İlgili İlaç Fabrikasının Yöneticileri

İlaç imalatı süreci diğer tüm sanayi dallarının imalat süreçlerinden farklı olarak en yüksek derecede hijyen ve özen gerektirir. İlaç üretiminin gerektirdiği tüm özel koşullar göz önüne alınarak uluslararası standartlarda inşa edilen tesis, dünyanın en gelişmiş bina yönetim sistemleri ile donatılmıştır. Yukarıda, söz konusu fabrikanın fiziki durumunu gösteren bir kroki sunulmuştur.

6.1.3 Üretim metodu ve iş akış şeması

Üretim için kullanılacak tüm ekipmanlar, malzemeler, makineler ve oda prosedürlere uygun olarak temizlenmiş, prosedürüne göre etiketlenmiş ve onaylanmış olmalıdır. Sonrasında hammaddeler üretim odasına getirilir.

Üretim alanına getirilen hammaddeler, operatör tarafından kontrol edilir. Üretim makinesine hammadde ilavesi protokoldeki sıraya ve yönteme göre teker teker yapılır.



Şekil 6.2: Tartım Yapılan Laf Kabini

Kaynak: İlgili İlaç Fabrikasının Yöneticileri

Aynı anda farklı imalat tanklarının kapakları açık şekilde aktif hammadde ilavesi yapılmaz.

Aynı anda üretim odasında birden fazla ürüne ait hammadde bulunmamalıdır, alanda sadece aktif olarak ilave işlemlerinin gerçekleştiği ürüne ait hammaddeler bulunmalıdır.

Bir ürüne ait yükleme işleminin sonlandırılmasının ardından (dinlenme-karıştırma prosesi devam etse bile) alanlardaki atıklar Prosedürlere uygun olarak ortamdaki uzaklaştırılır. Tüm ekipmanların üstleri ve üretim alanı Prosedürlere uygun olarak temizlenir.

6.1.3.1 Katı ilaç üretim departmanı

Eleme, Granülasyon, Efervesan, Kapsül Dolu ve Tablet Baskı hatlarından oluşur. Katı Üretimde; Granülasyon bölümünde üretim işlemleri boyunca kurutma ve son karışım sonrasında ürünler tartılır. Tartım işlemlerinden sonra üretim prosedürüne uygun şekilde üretim işlemleri gerçekleştirilir.

Tablet / Kapsül bölümünde, baskı ve dolu işlemleri son karışımı yapılmış granül IBC'lerinin, Kapsül dolu ve / veya Tablet Baskı odalarına götürülüp makineye

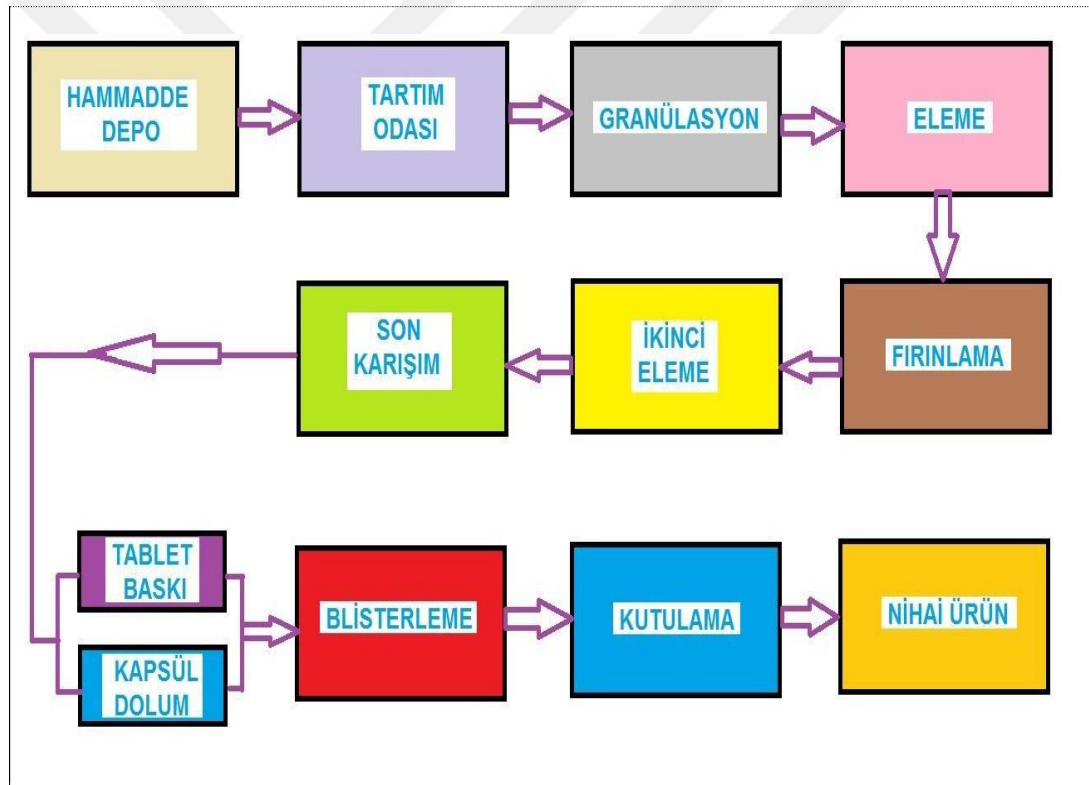
bağlanmasıyla başlar. Üretim boyunca basılan tabletler ve doldurulan kapsüller paslanmaz kaplar içerisine yerleştirilmiş, antistatik PE torbalara doldurulur ve torbaların ağzı klipsle kapatılır ve tartılır. Blisterleme için ürünler ambalaj bölümüne teslim edilir.

Kaplama bölümünde, tablet baskısı bitmiş olan ürünler kaplama işlemine alınır. Kaplama işi bittikten sonra ürünler tartılır ve PE torbalara doldurularak ambalaj bölümüne teslim edilir.

Efervesan Hattı

Efervesan hattında basılan tabletler aynı gün içerisinde tüpe doldurulur.

Katı İlaç Üretimi İş Akış Diyagramı



Şekil 6.3: Katı İlaç üretimi iş akış diyagramı

Kaynak: İlgili İlaç Fabrikasının Yöneticileri

6.1.3.2 Yarı katı üretim departmanı

Yukarıda, Katı üretim departmanı için verilen iş akış süreçleri yarı katı üretim departmanı ile büyük ölçüde benzerdir.

6.2 Fabrikada Kullanılan Patlayıcı Toz Çeşitleri

Araştırmaya konu ilaç fabrikasında üretimde girdi olarak kullanılan ve toz patlama riski yaratabilecek tehlikede yaklaşık 68 adet kimyasal madde mevcuttur (EK A). Bu maddeler fabrika stoklarında, planlanan üretime yetecek miktarlarda ve siparişin durumuna göre tedarik edilmekte ve uygun şartlarda stoklanmaktadır. Aşağıda, bu 68 adet kimyasal maddeden fabrikada ilaç üretiminde en çok kullanılan 14 tanesi hakkında kısa bilgiler verilmiştir.

Çizelge 6.1: Kullanılan toz kimyasallar

S. NO	KULLANILAN TOZ KİMYASALLAR	KG	PARLAMA NOKTASI (°C)	KENDİNDEN TUTUŞMA SICAKLIĞI (°C)
1	CETOSTEARYL ALCOHOL	3500 - 4000		
2	KOLLIDON VA 64	1000 - 1500	215	
3	CARBOPOL 980 NF	500 - 1000	480	
4	CITRIC ACID MONOHYDRATE	100 - 500	173.9	
5	TARTARIC ACID	0 - 50	100	
6	CETHYL ALCOHOL	500 - 1000	149	272
7	L-HPC LH-11	100 - 500	360	
8	MAGNESIUM STEARATE	1000 - 2000	190	
9	BENZOIC ACID	0 - 50	121	
10	LIMON AROMASI TOZ	1000 - 2000	100	
11	BUBBLE GUM	0 - 100	100	
12	MANGO AROMA	0 - 100	100	
13	BLACKCURRANT FLAVOUR	100 - 200	100	
14	BUTHYL HYDROXY TOLUEN	0 - 50	127	

Kaynak: İlgili İlaç Fabrikasının Yöneticileri

6.2.1 Cetostearyl alcohol

Cetostearil Alkol, İlaç ve Kimya sektörlerinde “Setearil Alkol” yada “Setilstearyl Alkol” biçiminde tanınmaktadır. Genel anlamda “Setil” (16 C) veya “Stearil Alkol”den (18 C) ihtiva eden Yağlı bir Alkol konsantresidir. Bu konsantre, Emülsiyon Stabilizatörü, Opaklaştırıcı Ajan yada Köpük Arttırıcı Yüzey Aktif Cismi formunda kullanılabilir veya, sulu ve susuz bir Viskozite Arttırıcı Ajan biçiminde de kullanılabilirliği görülmektedir.

İnsan cildini yumuşatma özelliğine haizdir ve yağ içerisinde su emülsiyonları ve su içerisinde yağ emülsiyonlarında ve su içermeyen formülasyonlarda

kullanılabilmektedir. Çoğunlukla krem tarzı ürünlerin imalatında kullanılan bir kimyasaldır.

Araştırmaya konu İlaç Fabrikasında 3.500 - 4.000 kg/yıl aralığında kullanım miktarı ile üretim proseslerinde en çok kullanılan toz kimyasallardan biridir (https://en.wikipedia.org/wiki/Cetostearyl_alcohol Alındığı tarih: 11.03.2019).

6.2.2 Kollidon VA 64

Kollidon VA 64, olarak bilinen kimyasal aslında Vinilpirolidon-Vinil Asetat Kopolimerleri olarak da tariff edilebilir. Doğrudan sıkıştırma tabletlerinde kuru bağlayıcı olarak, granüleştirci madde olarak, geciktirici olarak yada bir film oluşturucu kimyasal biçiminde yada tat maskeleyen proseslerinde kullanılıyor olduğu görülmektedir.

Mükemmel derecede hızlı ve yüksek bağlama kabiliyetine haiz olan kopovidon olarak, Kollidon VA 64, doğrudan sıkıştırma tabletlerinde kuru bağlayıcı biçiminde ve granülasyon amacıyla çözünür bir bağlayıcı şeklinde de kullanılabildiği bilinmektedir. Bu üstün nitelikleri onu doğal bağlayıcılara nispeten ikame edilebilir ve düşük maliyetli bir alternatif olarak tercih edilmesine sebep olmaktadır. Buna ilaveten, Sıcak Eritmeli Ekstrüzyon proseslerinde bir çözücü biçiminde de kullanılabilir. Kollidon VA 64'ün en büyük avantajlarından biri yüksek nem oranına sahip ortamlarda en uygun çözümlerden birisi olmasıdır.

Araştırmaya konu İlaç Fabrikasında 1.000 – 1.500 kg/yıl aralığında kullanım miktarı ile üretim proseslerinde en çok kullanılan toz kimyasallardan biridir. Parlama Noktası 215 °C'dir (<https://pharmaceutical.basf.com/en/Drug-Formulation/Kollidon-VA64.html> Alındığı tarih: 11.03.2019).

6.2.3 Carbopol 980 NF

Carbopol 980 NF isimli toz kimyasal, üstün derecede verimli bir polimer koyulaştırıcı olarak bilinmektedir. Bu madde, berrak sulu ve hidroalkolik jellerin formülasyonu aşamasında kullanılan en ideal maddelerden birisidir. Bu Polimer kimyasal, mayoneze benzeyen kısa akış reolojisine haiz bir maddedir. Bu kimyasal Toz Patlama tehlikesi için bir risk biçiminde düşünülmektedir.

Toz Patlama Sınıfı ST1 biçiminde gruplandırılır. Bu kimyasal, patlayıcı bir organik toz hava karışımı meydana getirebilir. Bütün organik tozlarda olduğu şekilde havada belirli oranlarda asılı durumda kalan ince toz zerrecikleri (partikül) bir tutuşma unsurunun mevcudiyetinde tutuşabilir ve / veya patlayabilir. Bu maddeden kaynaklı tozlar, elektrostatik deşarj, elektriksel arklar, kıvılcımlar, lehim malzemesi, sigaralar, açık alev yada diğer ısı kaynaklarıyla tutuşmaya karşı hassas kararlılık gösterebilir.

Bu tehlikeli kimyasal madde, bir kıvılcım meydana getirerek deşarj olabilecek statik elektrik yaratma potansiyeli ve yüksek hacim direncine sahiptir. Tek bir kıvılcım dahi, solvent buhar / hava konsantrasyonları için bir tutuşma sebebi olabilir. Bu tehlikeli kimyasal eğer ki bir solvante eklenirse, meydana gelebilecek yanıcı buharları inert hale getirme hazırlığı dahil yüksek güvenlik önlemlerini almaya hazırlıklı olmak faydalı olacaktır. Havada oluşabilecek toz miktarının en düşük seviyeye çekilmesine yönelik önlemler alınması çok faydalı olacaktır.

Araştırmaya konu İlaç Fabrikasında 500 – 1.000 kg/yıl aralığında kullanım miktarı ile üretim proseslerinde en çok kullanılan toz kimyasallardan biridir.

Parlama Noktası 480 °C'dir (https://online.lubrizol.com/sds/SDS.aspx?Product=CBP1055&Language=TR&Template=SD_TR&ShipToCountry=TR Alındığı tarih: 11.03.2019).

6.2.4 Citric acid monohydrate

Sitrik Asit isimli kimyasal madde, bir karbonhidrat substratının mikrobiyal fermantasyonu ile ticari amaçla imal edilmiş doğal şartlarda üretilen bir Meyve Asitidir. Sitrik Asit, gıda, içecek, ilaç ve teknik proseslerde sıklıkla kullanıldığı bilinen organik asit ve pH kontrol maddesidir. Sitrik Asit Monohidrat, rengi olmayan kristalize yada kuvvetli asitik bir tat'a sahip beyaz, kristalize toz biçiminde meydana gelir. Kuru hava şartlarında daha fazla toz formuna girer, su içinde kolay ve hızlı bir şekilde çözünür, Etanol'de (% 96) serbestce çözünür ve Eter içerisinde minimum oranda çözünür.

Sitrik Asit Monohidrat, kesinlikle toksik yani zehirli değildir ve düşük reaktiviteye sahiptir. Oda sıcaklığında saklandığı veya istiflendiğinde kimyasal anlamda kararlı bir maddedir. Sitrik Asit Monohidrat, bütünüyle biyobozunur bir kimyasaldır ve düzenli atık veya kanalizasyon sisteminde atılabilir. Banyo ve duş jelleri, kremler,

saç şekillendiriciler yada dekoratif ürünler için harikulade bir pH düzenleyicisi ve kokusuz tamponlama aracı biçiminde bir göreve sahiptir. Sitrik asit, ECOCERT ve COSMOS gibi kurumların onayladığı bir maddedir.

Araştırmaya konu İlaç Fabrikasında 100 - 500 kg/yıl aralığında kullanım miktarı ile üretim proseslerinde en çok kullanılan toz kimyasallardan biridir. Parlama Noktası 173,9 °C'dir (<https://www.jungbunzlauer.com/en/products/citrics/citric-acid-monohydrate.html> Alındığı tarih: 11.03.2019).

6.2.5 Tartaric acid

Natürel Tartarik Asit, az miktarlarda meyvelerde bulunan fakat yalnızca üzümde çok miktarda bulunan organik bir asittir. Rengi olmayan, kristalize yada beyaz toz biçiminde, kokusu olmayan, güçlü bir asid tadı olan bir maddedir. Natürel Tartarik Asit, bir çok farklı sektörde kullanıldığı için geniş kapsamlı kullanıldığı bilinen bir kimyasaldır.

İlaç Sektörü: Spesifik ilaçların imal edilmesinde (Antibiyotikler, Kardiyo Tonikler vs.) ve Eksipiyon formunda kullanıldığı bilinmektedir. Bu madde, insan metabolizması tarafından metabolize edilemez.

Kozmetik Sektörü: Pek çok natürel vücut kremine baz bileşik formunda kullanıldığı bilinmektedir.

Gıda Sektörü: Reçeller, meyva suları, konserve, alkolsüz içecek ve meşrubatlar vs. imalatında asitli ve natürel koruyucu madde formunda gıda sektöründe sıklıkla kullanılmaktadır. Ekmek üretiminde emülgatörlerde, Efervesan olarak sofralarında ve maya olarak tatlılarda kullanıldığı da bilinmektedir.

Şarapçılık Sektörü: Şarap asidliğini eski haline döndürmek yada düzeltmek amacıyla kullanılmaktadır.

Yapı Sektörü: Alçı ve Çimento imalat sektörlerinde geciktirici olarak; Seramik sektöründe ise akışkanlaştırıcı olarak kullanılıyor olduğu bilinmektedir.

Dünyada, Distillie Mazzari şirketi tarafından üretilen Natürel Tartarik Asit, hem "Kosher" hem de "Helal" standartlarına sahiptir.

Araştırmaya konu İlaç Fabrikasında 0 - 50 kg/yıl aralığında kullanım miktarı ile üretim proseslerinde en çok kullanılan toz kimyasallardan biridir. Parlama Noktası 100 °C'dir (<https://mazzarispa.com/en/products/natural-tartaric-acid/> Alındığı tarih: 11.03.2019).

6.2.6 Cethyl alcohol

Cetyl alcohol (Setil Alkol) isimli kimyasal madde, bitkisel yağlardan üretilmektedir. Bu, çok amaçlı kalınlaştırıcı ajanın diğer önemli bir özelliği ise, aynı anda nemlendirme kabiliyetinin de olmasıdır. Krem ve losyonlara ilave edildiğinde viskoziteyi yükseltir, emülsiyonun yapısını daha iyi hale getirir ve sabitlenmesini sağlar, ilaveten formüllere opak bir görünüm, kadifemsi bir doku hissi vermekte olduğu da bilinmektedir.

INCI ismi: Cetyl alcohol

Öteki isimleri: Palmityl alcohol

Görünüşü: Beyaz pullar veya boncuklar biçiminde.

İlaç ve Kozmetik Sektöründe Uygulamalar: Krem, losyon, merhem, şampuan, saç kremi, balsam, makyaj ürünleri.

Araştırmaya konu İlaç Fabrikasında 500 – 1.000 kg/yıl aralığında kullanım miktarı ile üretim proseslerinde en çok kullanılan toz kimyasallardan biridir. Parlama Noktası 149 °C'dir. Kendinden Tutuşma Sıcaklığı ise 272 °C'dir (<http://www.surya.com.tr/urun-133-cetyl-alcohol.html> Alındığı tarih: 11.03.2019).

6.2.7 L-HPC LH-11

L-HPC (Düşük ikame edilmiş hidroksipropilselüloz)

L-HPC isimli kimyasal madde, glikoz birimindeki hidroksipropil birimlerinin küçük bir bölümündeki selülozun düşük ikame edilmiş bir hidroksipropil eteridir. Hidroksipropilselüloz (MS * = 3) hem su içerisinde hem de alkol içerisinde çözünebiliyorken, L-HPC (MS * = 0.2-0.4) suyun içerisinde şişer ve çözünemez.

L-HPC maddesi, katı dozaj biçimleri için bir bağlayıcı ve bir dağıtıcı şeklinde kullanılabilir. 1977 yılında ilk defa piyasaya sunulmuştur ve akabinde 1986 yılında JP'de, 1990 yılında NF'de ve 2016 yılında EP'de listelenmiştir. Bu kimyasal madde

pek çok aktif kimyasalla geniş bir uyumluluk göstermektedir. Formülasyon çalışmaları için mükemmel bir bağlayıcı ve parçalayıcıdır.

L-HPC LH-11 kimyasalı için genel uygulama şu biçimdedir: Doğrudan sıkıştırma ve kapama önleyici Islak granülasyon.

L-H PC kimyasal maddesinin en önemli avantajları aşağıda listelenmiştir:

- Aktif bileşenlerle harikulade uyumlu olması
- Daha iyi çözünme için daha küçük parçacıklara bölünebilmesi
- Tabletleme işlemlerinde kullanılabilmesi amacıyla anti-capping etkisine sahip olması
- Pelet ekstrüzyonu ve tabletleme prosesleri için çok uygun olması.

Araştırmaya konu İlaç Fabrikasında 100 - 500 kg/yıl aralığında kullanım miktarı ile üretim proseslerinde en çok kullanılan toz kimyasallardan biridir. Parlama Noktası 360 °C'dir (<http://www.metolose.jp/en/pharmaceutical/l-hpc.html> Alındığı tarih: 11.03.2019).

6.2.8 Magnesium stearate

Magnezyum stearate isimli kimyasal madde, Mg (C) formülü ile ifade edilen kimyasal bir bileşiktir. Bu kimyasal madde, 2 adet eşdeğer Stearat (stearik asit anyonu) ve 1 adet Magnezyum Katyonunu (Mg^{2+}) ihtiva eden tuzdan meydana gelen bir sabundur. Magnezyum Stearat, beyaz renkli, su içerisinde çözünemeyen bir tozdur. Bu kimyasal maddenin kullanıldığı uygulamalar, bu maddenin yumuşaklığını, pek çok çözücünün çözünmezliğini ve düşük toksisiteyi kullanır. İlaç ve kozmetik imalatında salım maddesi ve bileşen veya yağlayıcı olarak kullanım alanı bulur. Magnezyum Stearat, Sodyum Stearat ve Magnezyum Tuzlarının beraber reaksiyona girmesi yada Magnezyum Oksid ve Stearik Asit'in bir araya getirilmesi neticesinde üretilir.

Magnezyum stearat isimli kimyasal madde, tıbbi tabletlerin, kapsüllerin ve tozların üretiminde çoğunlukla bir yapışma önleme maddesi biçiminde kullanılmaktadır. Bu sebepten dolayı, Magnezyum stearat isimli kimyasal madde ayrıca, kimyasal tozların katı tabletlere sıkıştırılması prosesi esnasında, bileşenlerin imalat malzeme ve

ekipmanlarına yapışmasını önlemek amacıyla yağlama maksadıyla kullanıldığı için de faydalıdır. Magnezyum stearat isimli kimyasal madde, tabletler için sıklıkla kullanıldığı bilinen bir yağlayıcı maddedir. İlave olarak, daha az ıslanabilirlik özelliğine sahip olmasından mütevellit ve tabletlerin daha yavaş parçalanmasına ve ilacın daha yavaş ve hatta daha düşük çözünmesine sebep olur.

Magnezyum stearate isimli kimyasal madde, kuru kaplama proseslerinde de çok yoğun olarak kullanılabilir. Preslenmiş şekerlerin imalatında, magnezyum stearat, bir serbest bırakma unsuru biçiminde görev yapar ve şekeri, nane gibi sert maddelerle bağlamak amacıyla kullanılır. Magnezyum stearate isimli kimyasal madde, bebek ürünlerinde de kullanılan yaygın bir maddedir.

Araştırmaya konu İlaç Fabrikasında 1.000 – 2.000 kg/yıl aralığında kullanım miktarı ile üretim proseslerinde en çok kullanılan toz kimyasallardan biridir. Parlama Noktası 190 °C'dir (https://en.wikipedia.org/wiki/Magnesium_stearate Alındığı tarih: 11.03.2019).

6.2.9 Benzoic acid

Benzoik Asid isimli kimyasal madde, çoğunlukla salisilik asid'le birlikte keratolitik yada antiseptik olarak toz veya merhem formunda kullanılan bir kimyasal maddedir.

Kullanım Alanları:

- Kozmetik sektöründe, şampuanların, parfümlerin, traş köpüklerinin, saç spreylerinin ve saç boyalarının muhteviyatında benzoik asit kullanılmaktadır.
- Motorlu taşıtların antifrizlerinde soğutucu bölümüne ilave edilen kimyasalların içerisine ilave edilmektedir.
- Tütün ilaçlamada ve diğer böcek öldürücü ilaç muhteviyatlarında da kullanılmaktadır.
- Analitik kimya labotaruvarlarında standard referans şeklinde kullanılabilir.
- Dermatoloji'de, Merhem formunda cilt üzerindeki mantar hastalıklarının tedavisinde kullanılmaktadır.
- Gıdalarda mikrobik bozunmayı engellemek maksadıyla kullanılmaktadır.

- Kullanımının en yaygın görüldüğü alanlar meyve suyu, marmelat, reçel, gazlı içecekler, turşular, ketçap ve benzeri ürünlerin imalat aşamalarıdır.
- Benzoik asit ve tuzları, asitli gıdalar ile az asitli gıdaların imalatında koruyucu katkı maddesi biçiminde de kullanım alanı bulmaktadır. Benzoik asit, pek çok organik maddenin sentezlenmesi için değerli bir ön maddedir.
- Ticari olarak üretilen benzoik asidin %90'ı direkt biçimde fenole ve kaprolaktama dönüştürülmektedir.

Araştırmaya konu İlaç Fabrikasında 0 - 50 kg/yıl aralığında kullanım miktarı ile üretim proseslerinde en çok kullanılan toz kimyasallardan biridir. Parlama Noktası 121 °C'dir (<http://www.askimya.com/en/products/benzoic-acid-206.html> Alındığı tarih: 11.03.2019).

6.2.10 Limon aroması tozu

Limon aroması Tozu, su-yoğun ortamlarda çözünebilen sıvı bir aromadır. Limon aroması tozu; çikolata, kek, gofret, sakız, aromalı içecek, buzlu içecek, meybuza, dondurma, şekerleme, tatlılar, lokum, pastacılık v.s. gibi pek çok gıdanın imalat süreçlerinde ve ilaç, kozmetik, tütün, nargile gibi sektörlerde de kullanılmaktadır. Bununla beraber, matba, mürekkep, plastik, lastik v.s. gibi imalat proseslerinde kötü kokunun hakim bulunduğu endüstriyel ürünlerde kokuları yok etmek veya güzelleştirmek amacıyla kullanılabilir. Bunlarla beraber, ilave olarak limon kokusu ve limon tadının olmasının arzulandığı pek çok yerde de kullanılıyor olduğu görülmektedir.

Limon aroması tozunun tavsiye edilen kullanım miktarı, yaklaşık 1 kg ürünün içersine 1 Gram kadar konulması makbuldür. (Binde bir). Pek çok sektörlerde kullanıldığı gibi, ilaç, kozmetik ve kimya sektörlerinde de sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Toz patlama riski yaratması yüksek bir maddedir.

Araştırmaya konu İlaç Fabrikasında 1.000 – 2.000 kg/yıl aralığında kullanım miktarı ile üretim proseslerinde en çok kullanılan toz kimyasallardan biridir. Parlama Noktası 100 °C'dir (<https://www.molarkimya.com/urun/limon-aromasi-1-kg-1-kg> Alındığı tarih: 11.03.2019).

6.2.11 Bubble gum

Bubble Gum Aroma, adından da anlaşılabilceği üzere bir sakız aromasıdır. Su bazlı bir çözücü, taşıyıcı ve propilen glikol olarak da bilinir. Tavsiye edilen kullanım miktarı: %7 – 10'dur. Pek çok sektörlerde kullanıldığı gibi, ilaç, kozmetik ve kimya sektörlerinde de sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Toz patlama riski yaratması yüksek bir maddedir.

Araştırmaya konu İlaç Fabrikasında 0 - 100 kg/yıl aralığında kullanım miktarı ile üretim proseslerinde en çok kullanılan toz kimyasallardan biridir. Parlama Noktası 100 °C'dir (<https://urun.n11.com/gurme-urunler/30-ml-bubble-gum-aromasi-P216635663> Alındığı tarih: 11.03.2019).

6.2.12 Mango aroma

Mango Aroma Tozu isimli madde, tropical şeftali olarak bilinen bir meyveden üretilmektedir. Sağlık yönünden pek çok faydası bilinen mango kesildiğinde ortaya harikulade bir görüntü ve koku çıkar. Mango Aroma Tozu isimli madde, Güney Amerika, Afrika ve Asya ülkelerinde üretilmektedir. Pek çok vitamin yönünden zengin olan bu meyve insan metabolizmasını dinç tutması ile bilinmektedir. Mango tüm dünyada meyvalerin kraliçesi biçiminde tariff edilmektedir. Saç bakımı ve cilt sağlığı yönünden oldukça yararlı bir meyvedir. Bu meyvenin saç sağlığı ve cilt bakımı yönünden bu kadar önemli olmasının en önemli nedeni canlandırıcı, toksin arındırıcı ve temizleyici özelliklerinin bulunmasıdır. Pek çok sektörlerde kullanıldığı gibi, ilaç, kozmetik ve kimya sektörlerinde de sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Toz patlama riski yaratması yüksek bir maddedir.

Araştırmaya konu İlaç Fabrikasında 0 - 100 kg/yıl aralığında kullanım miktarı ile üretim proseslerinde en çok kullanılan toz kimyasallardan biridir. Parlama Noktası 100 °C'dir (<http://www.bilgibaba.org/yazi/mango-meyvesi-nedir-sagliga-faydalanir-nelerdir> Alındığı tarih: 11.03.2019).

6.2.13 Blackcurrant flavour

Siyah Frenk Üzümü Aroması olarak da tanınan kimyasal bir maddedir. Siyah frenk üzümü bazlı, karbonat içermeyen ve gazlı alkolsüz içecek ve meyve suyu konsantresi üretimleri başta olmak üzere pek çok sektörlerde kullanıldığı gibi, ilaç, kozmetik ve

kimya sektörlerinde de sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Toz patlama riski yaratması yüksek bir maddedir.

Araştırmaya konu İlaç Fabrikasında 100 - 200 kg/yıl aralığındakullanım miktarı ile üretim proseslerinde en çok kullanılan toz kimyasallardan biridir. Parlama Noktası 100 °C'dir (<https://en.wikipedia.org/wiki/Ribena> Alındığı tarih: 11.03.2019).

6.2.14 Butyl hydroxy toluen

Kimyasal anlamda 2,6-ditert-bütıl-p-cresol (DBPC) olarak da isimlendirilen bütillendirilmiş hidroksi toluen (BHT) isimli kimyasal madde, gıda antioksidanı biçiminde kullanılabilen ve bu fenol türevler serbest radikallerle reaksiyona girmek suretiyle, gıda'nın rengi ve lezzeti üzerinde değişikliklere sebebiyet veren otooksidasyonun hızını azaltabilmektedir.

BHT, yağ içerisinde çok iyi çözünebilir, fakat su içerisinde çözünemeyen, rengi beyaz ve kristalize özelliğe sahip bir kimyasal olarak, 760 mmHg basınç altında kaynama noktası 265 °C olan bir maddedir. Bu kimyasal, BHA gibi bitkisel yağlarda düşük aktiviteye sahip olmasına rağmen, öteki antioksidanlar ile birlikte kullanıldığı zaman yağ ilave edilen gıdayı koruma niteliğinden faydalanılmaktadır. BHA, BHT ile sinerjist etki sergilerken, galatlar ile sinerjist etki sergilememektedir.

BHT'nin plastik, lastik ve petrol bazlı ürünlerde kullanımı, gıda alanındaki kullanım miktarlarından daha fazladır. Buhar uçuculuğu özelliğine haiz olmasından dolayı ambalaj imalatındakullanılan BHT, BHA gibi ambalajlardan gıda içerisine penetre olabilmektedir. Söz konusu prosesde, antioksidanlar ya direct olarak ambalajların mumsu iç katmanının imalinde kullanılan mumların içine ilave edilmekte, veya ambalaj üstüne emülsiyon biçiminde yedirilmektedir.

Araştırmaya konu İlaç Fabrikasında 0 - 50 kg/yıl aralığında kullanım miktarı ile üretim proseslerinde en çok kullanılan toz kimyasallardan biridir. Parlama Noktası 127 °C'dir (<http://www.yilmazkimya.com.tr/urunler/detay/id/15/bht-butıl-hidroksi-toluen> Alındığı tarih: 11.03.2019).

6.3 İlaç Fabrikasında Toz Patlama Riskine Karşı Alınan Önlemler

Çalışmaya konu olan ilaç fabrikasında toz patlama riskine karşı tüm süreçler titizlikle hazırlanmış, denetimi ve takibi sürekli izlenmektedir. Gerekli risk değerlendirmeleri

yapılarak çalışanlara gerekli eğitimler verilmiş ve periyodik olarak verilmeye devam edilmektedir. Yönetici ve hissedarlara gerekli bilgilendirmeler yapılmış ve alınması gerekli tedbirler ile süreçleri takip etmeleri sağlanmıştır. Toz patlaması risklerini ortadan kaldırmaya yönelik, kaynağında önlem, teknik ve mühendislik önlemleri, organizasyonel önlemler ile KKD (Kişisel Koruyucu Donanım) kullanımına yönelik tüm tedbirlerin alınmış olduğu tespit edilmiştir. Toz patlamasına yol açabilecek ürünlerin tedarik aşamasından başlayarak fabrikaya taşınmasından, fabrika alanı içerisine girdikten itibaren mal kabul, tartım ve ölçüm, depolama, istifleme, saklama, üretim süreçlerine kadar geçen süre ve üretimin her aşamasında ve sonrasında mamül hale geldikten itibaren kalite kontrol, ambalajlama ve lojistiğe teslim edip fabrika alanından dışarıya çıkana kadar geçen süreçler en yüksek tedbirler alınarak izlenmektedir. Ayrıca ilgili yasa, yönetmelik ve diğer mevzuatlar uyarınca alınması gerekli tedbirler ve araç - gereç, teknik imkanlar sağlanmış, gerekli risk değerlendirmelerinin zamanında ve eksiksiz yapıldığı anlaşılmıştır.



Şekil 6.4: Ex Proof zemin

Kaynak: İlgili İlaç Fabrikasının Yöneticileri



Şekil 6.5: Ex Proof bağlantı noktaları

Kaynak: İlgili İlaç Fabrikasının Yöneticileri



Şekil 6.6: Ex Proof aydınlatma ve havalandırma

Kaynak: İlgili İlaç Fabrikasının Yöneticileri



Şekil 6.7: Toz toplayan akrobat kollar

Kaynak: İlgili İlaç Fabrikasının Yöneticileri

Tüm fabrikada, mevcut elektrikli makine ve teçhizatlar topraklanmış, toz ile ilgili çalışmaların yapıldığı alanlar Exproof (statik elektriğe karşı korunaklı) alanlardır.

Patlayıcı özellik gösteren kimyasal tozların Tartım İşlemleri “Laf Kabinleri” altında yapıлып, özel poşetlere konulan hammaddeler tam kapalı bir sistem altında ilgili makinelere beslenmektedir.

Eleme işlemleri sırasında ise alanda tozların çekilebilmesi için “Akrobat Kollar” kullanılmış ve tüm tozlar toz toplama sistemlerinde toplanmaktadır.

Bu tesis toz patlamalarına karşı korunaklı ve örnek bir tesistir. Bu tesis standardlarında tasarlanacak tüm tesislerde risk minimize edilmiş olacaktır.

6.4 Toz Ölçüm Raporları ve Sonuçlarına İlişkin Bulgular

Aşağıda, bu Yüksek Lisans tez çalışmasında, çalışmaya konu olan ilaç fabrikasında toz patlama risklerinin belirlenmesi amacıyla, 2014, 2016 ve 2018 yıllarında fabrikada yapılan ortam ölçüm raporlarından Toz ölçüm sonuçları incelenmiş ve bulgular ortaya çıkarılmıştır.

6.4.1 Toz ölçüm sonuçları (2018 yılı)

İş Sağlığı ve Güvenliği Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü Başkanlığı (İSGÜM) tarafından sertifika ile yetkilendirilen, unvanı ve markası çalışma boyunca ve sonrasında gizli tutulacak İstanbul merkezli akredite bir kurum tarafından yapılan ölçüm sonuçları aşağıda sunulmuştur.

2018 yılında ilgili ilaç fabrikasında belirli noktalarda yapılan gravimetric toz ölçüm sonuçları aşağıda incelenmiştir. Toz maruziyet ölçümleri HSE / MDHS 14/3 General Methods For Sampling and Gravimetric Analysis of Respirable and Inhalable Dust Standardına göre yapılmıştır ve Toz Partikül Ölçümlerinde Kullanılan Cihazlar şunlardır:

- Glian Toz ve Gaz Örnekleme Pompası - 1
- Glian Toz ve Gaz Örnekleme Pompası – 2
- Flowmetre (Primer Akış Kalibratörü)

Çizelge 6.2: Toz ölçüm sonuçları (2018 yılı)

Ölçüm Yapılan Bölüm	Ölçüm Yapılan Kişi	Çalışma Süresi (Saat)	Sıcaklık °C	Nem %	Sınır Değer Solunabilir Kısım mg/m3	Sınır Değer Toplam Toz mg/m3	Ölçüm Sonucu (mg/m3)
5 Farklı Nokta	5	8 Saat	21 - 22	41- 42	5,0	15,0	0,13 ± 0,69

Kaynak: İlgili İlaç Fabrikasının Yöneticileri

Değerlendirme: 2018 Yılı Solunabilir Toz Maruziyeti Ölçüm sonuçları incelendiğinde elde edilen değerlerin Tozla Mücadele Yönetmeliğinde yer alan 5 mg / m3 sınır değerinin altında kaldığı görülmektedir.

6.4.2 Toz ölçüm sonuçları (2016 yılı)

İş Sağlığı ve Güvenliği Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü Başkanlığı (İSGÜM) tarafından sertifika ile yetkilendirilen, unvanı ve markası çalışma boyunca ve sonrasında gizli tutulacak Tekirdağ merkezli akredite bir kurum tarafından yapılan ölçüm sonuçları aşağıda sunulmuştur. 2016 yılında ilgili ilaç fabrikasında belirli noktalarda yapılan gravimetric toz ölçüm sonuçları aşağıda incelenmiştir. Toz maruziyet ölçümleri HSE / MDHS 14/3 General Methods For Sampling and Gravimetric Analysis of Respirable and Inhalable Dust Standardına göre yapılmıştır ve Toz Partikül Ölçümlerinde Kullanılan Cihazlar şunlardır:

- Toz Örnekleme -1 Flowmetre C 149 (BUCK Marka Lp5 Model)
- Toz Örnekleme -2 Flowmetre C 150 (BUCK Marka Lp5 Model)
- Hassas Terazi C 79 (RADWAG Marka)

Çizelge 6.3: Toz ölçüm sonuçları (2016 yılı)

Ölçüm Yapılan Bölüm	Ölçüm Yapılan Kişi	Çalışma Süresi (Saat)	Sıcaklık °C	Nem %	Sınır Değer Solunabilir Kısım mg/m ³	Sınır Değer Toplam Toz mg/m ³	Ölçüm Sonucu (mg/m ³)
Alan 1	1	8 Saat	21 - 22	40-50	5,0	15,0	0,10 –0,60

Kaynak: İlgili İlaç Fabrikasının Yöneticileri

Değerlendirme: 2016 Yılı Solunabilir Toz Maruziyeti Ölçüm sonuçları incelendiğinde elde edilen değerlerin Tozla Mücadele Yönetmeliğinde yer alan 5 mg/m³ sınır değerinin altında kaldığı görülmektedir.

6.4.3 Toz ölçüm sonuçları (2014 yılı)

İş Sağlığı ve Güvenliği Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü Başkanlığı (İSGÜM) tarafından sertifika ile yetkilendirilen, unvanı ve markası çalışma boyunca ve sonrasında gizli tutulacak Tekirdağ merkezli akredite bir kurum tarafından yapılan ölçüm sonuçları aşağıda sunulmuştur.

2014 yılında ilgili ilaç fabrikasında belirli noktalarda yapılan gravimetric toz ölçüm sonuçları aşağıda incelenmiştir. Toz maruziyet ölçümleri HSE / MDHS 14/3 General Methods For Sampling and Gravimetric Analysis of Respirable and Inhalable Dust Standardına göre yapılmıştır ve Toz Partikül Ölçümlerinde Kullanılan Cihazlar şunlardır:

- TSI DUSTTRAK 8532 Portatif Partikül Ölçüm Cihazı

Çizelge 6.4: Toz ölçüm sonuçları (2014 yılı)

Ölçüm Yapılan Bölüm	Sınır Değer Solunabilir Kısım mg/m ³	Sınır Değer Toplam Toz mg/m ³	Ölçüm Sonucu (mg/m ³)
4 Farklı Nokta	5,0	15,0	0,040 – 3,43

Kaynak: İlgili İlaç Fabrikasının Yöneticileri

Değerlendirme: 2014 Yılı Solunabilir Toz Maruziyeti Ölçüm sonuçları incelendiğinde elde edilen değerlerin Tozla Mücadele Yönetmeliğinde yer alan 5 mg/m³ sınır değerinin altında kaldığı görülmektedir.

6.5 Potansiyel Bir Toz Patlaması Olayı Halinde Etkileri Ne Olur?

Toz patlaması vakalarında en büyük zarar ve hasara havada kontrolsüzce uçuşan bina ve malzeme - ekipman parçaları neden olabilmektedir.Yapı veya binanın patlama meydana gelmiş kısmındaki hasar ve titreşim, yapı veya binanın ortak alanlarından olan duvar, temel vs gibi yapının öteki hacimlerine de zarar verebilecektir. Mesela, bir hububat silosunda meydana gelebilecek bir patlama olayı, birbirleriyle bağlantılı olan veya yan yana biçimde sıralanmış öteki siloları da etkileyebilecektir. Buna ilave olarak, ikincil bir patlamanın yapıyı veya binayı hasara uğratabileceği kısımların da risk analizlerinin ayrı ayrı yapılması önem arz etmektedir. Patlama riski çok düşük olsa bile ve / fakat üretimi sekteye uğratabilecek kısımlar buna bir örnektir. Tersini durumda ise, patlama riski yüksek olarak bilinen fakat izole edilmiş, herhangi bir ölüm / yaralanma veya üretimin sekteye uğramasına nispeten daha az sebebiyet verebilecek kısımlar daha az sayısal risk puanıyla değerlendirilir ise daha uygun ve doğru sonuçlara ulaşılabilir (<http://www.isteguvenlik.tc/tozpatlamalari.pdf>, Alındığı tarih: 23.05.2019).

Patlayıcı ortam ile alakalı bir risk değerlendirme işleminde, patlayıcı ortamların ortaya çıkmasına neden olabilecek şartların oluşmasına ve patlayıcı ortam meydana getirme ihtimali ile ilk tutuşmayı başlatabilecek tutuşma kaynağının mevcudiyetinin eş - anlı (aynı zaman dilimi içinde) oluşması durumu mutlaka analiz edilerek gerekli önlemler alınmalıdır.

6.6 Patlamadan Korunma Dökümanı (PKD)'ye İlişkin Bulgular

İlgili ilaç fabrikası nezdinde yapılan incelemeler ve fabrika yöneticiler tarafından yazılı, sözlü ve baskılı olarak araştırmacıya sunulan bilgi ve belgelerden biri olan patlamadan korunma dökümanı (PKD) incelendiğinde bu dökümanın ilgili kanun ve yönetmelikler uyarınca doğru, eksiksiz, objektif ve tam olarak toz patlamaları dahil tüm olası patlama senaryolarını ve tüm riskleri içerecek şekilde 2018 yılında akredite ve yetkili bir kuruma hazırlattırıldığı tespit edilmiştir. İlgili döküman (PKD) 265

sayfa uzunluğundadır. Bu döküman, araştırmacıya fabrika ismi gizli tutulmak ve sadece tez çalışmasında isim belirtmeden kullanmak koşuluyla elektronik ortamda PDF formatında sunulmuştur.

PKD içeriğinde toz patlaması riskleri ile ilgili bulgular:

İlgili PKD'nin içeriğinde toz patlaması tehlikeleri ile ilgili olarak: “Fabrikanın ısınma sisteminden veya dışsal bir ısı kaynağı aracılığı ile patlayıcı/yanıcı tozun çok az bir kısmı bile akkor biçimine dönüşerek patlamaya yol açabilir. Patlayan bu çok az kısımlık bölüm ortamdaki öteki tozları havaya dağıtarak “yanıcı/patlayıcı toz bulutu” meydana getirebilir. Oluşan bu bulut ilkinden daha şiddetli patlar ve patlayan bulut tekrardan bir toz bulutu meydana getireceği için toz patlaması silsile biçiminde bir etkileşime ve diğer bir tabirle “yürüyen bir patlama” olayına dönüşebilir. Toz patlaması, tehlike anlamında gaz patlamasından daha tehlikeli ve zarar vericidir” ifadesi yer almaktadır” ifadesi yer almaktadır.

İlgili PKD'nin farklı bir bölümünde toz patlaması tehlikeleri ile ilgili olarak: “Patlamayı absorbe etme (explosion suppression) sistemleri ile, patlama olduğu anda patlama enerjisini soğutmak ve yayılmasını engellemek amacıyla kurulan sistemler mevcuttur. Özellikle toz patlamasına karşı etkindir” ifadesi yer almaktadır.

6.7 Acil Durum Risk Analizi Raporu (ADRAR)'a İlişkin Bulgular

İlgili ilaç fabrikası nezdinde yapılan incelemeler ve fabrika yöneticileri tarafından yazılı, sözlü ve baskılı olarak araştırmacıya sunulan bilgi ve belgelerden biri olan Acil Durum Risk Analizi Raporu (ADRAR) incelendiğinde bu dökümanın ilgili kanun ve yönetmelikler uyarınca doğru ve objektif olarak olası patlama senaryolarını ve tüm riskleri içerecek şekilde 2018 yılında akredite ve yetkili bir kuruma hazırlattırıldığı tespit edilmiştir.

Acil Durum Risk Analizi Raporu (ADRAR) içeriğinde toz patlaması riskleri ile ilgili bulgular:

İlgili Acil Durum Risk Analizi Raporu (ADRAR)'ın geneli incelendiğinde spesifik olarak toz patlamaları riskleri için ayrı bir değerlendirme yapılmadığı, genel anlamda bütün patlama çeşitleri ile ilgili tehlike ve risklerin tek bir bölüm altında incelenip değerlendirilmiş olduğu bulgusuna ulaşılmıştır.

6.8 Fabrikada Önceden Yaşanmış Toz Patlaması ve Ramak Kala Vakaları

6.8.1 Yaşanmış toz patlaması vakaları

Çalışmaya konu ilaç fabrikasının yöneticileri ve İş Güvenliği Uzmanlarının ifadelerine göre araştırmaya konu ilaç fabrikasında ticari faaliyetlerine ve üretime başladığı ilk günden bugüne kadar geçen süreçte meydana gelen veya kayıtlara geçen hiç bir toz patlaması vakası yaşanmadığı tespit edilmiştir.

6.8.2 Yaşanmış ramak kala vakaları

Çalışmaya konu ilaç fabrikasının yöneticileri ve İş Güvenliği Uzmanlarının ifadelerine göre araştırmaya konu ilaç fabrikasında bugüne kadar hiç bir toz patlaması vakası yaşanmamış olmasına rağmen, üretim süreç ve proseslerinin çeşitli aşamalarında zaman zaman toz patlaması riski yaratabilecek Ramak Kala vakaları (kıl payı atlatılan kaza) gözlemlendiği beyan edilmiştir.

Zaman zaman gözlemlenmekte olan bu Ramak Kala Vakalarından en önemli olan 3 adet örnek Ramak Kala Vakası aşağıda detaylarıyla incelenmiş ve öneriler sunulmuştur.

RAMAK KALA VAKASI 1: Eleme Makinesi'nde Anlık Parlama Olayları ve Önlem Olarak Pelet Malzeme Kullanımı

Ramak Kala Olay: Araştırmaya konu olan ilaç fabrikasında ramak kala formlarının incelenmesi sonucu granülasyon işlemleri için yapılan eleme işleminde kullanılan elek makinesinde anlık parlama olayı yaşanmış ve “ramak kala olay” olarak kayıt altına alındığı tespit edilmiştir.

Bu ramak kala olay için araştırmacının yapmış olduğu araştırmalar sonucunda fabrika yetkililerine “Pelet Malzeme Kullanımı” sayesinde parlama olaylarının önüne geçileceği önerisinde bulunulmuştur. Bu öneri fabrika yetkilileri ile paylaşıldıktan sonra fabrika yetkilileri de çeşitli araştırmalar yaparak araştırmacının önerisini kabul etmiş ve toz halinde kullanılan malzemenin partikül çapı 0,5 mm'den büyük olan pelet malzeme kullanımına karar verilmiştir. Pelet malzeme kullanımı sayesinde toz oluşumu engellenmiş ve parlama olayının önüne geçilmiştir.

Fabrikada, Pelet malzeme kullanımına geçmeden önce Eleme Makinesinde parlama olayını yaşanma olasılığı % 81 civarında iken pelet malzeme kullanımı sonrasında parlama olayının yaşanma olasılığı % 19 seviyelerine kadar düşürülmüştür.

Bu oranın daha da düşürülmesi için yapılan çalışmalar neticesinde, eleme yapılan alana “Akrobat Kol” montajı yapılmış ve “Akrobat Kol”. Toz Toplama Sistemine bağlanmıştır. Bu sayede ortamda toz oluşumunun önüne geçilerek, parlama riski önemli ölçülerde azaltılmıştır.

Araştırmaya konu olan fabrikada pelet malzeme ve akrobat kol kullanımı sonrasında yapılan eleme işlemlerinde parlama olayı meydana gelme riski minimum seviyelere indirilerek başarı sağlanmıştır.

Tozların, atmosferik şartlarda havada birim ağırlık başına düşen yüzey alanları ne ölçüde büyük olursa, patlamadan kaynaklanan potansiyel etkiler de o ölçüde artacaktır.

Toz patlamalarında kullanılan malzemelerin partikül çapı önemlidir. Kullanılan toz kimyasalların yerine partikül çapı daha büyük olan pelet malzeme kullanımı sağlanmalıdır. Böylece aynı etkiye sahip olan kimyasalın partikül boyutu büyüdüğü için patlama riski de azalacaktır. *Pelet Madde*; partikül çapı 0,5 mm'den büyük malzemedir. Patlama riski olan toz partikül büyüklüğü 0,5 milimetreden düşüktür. Partikül çapı küçüldüğü ölçüde toz zerreciklerinin oksidasyonu artacağından dolayı zerreciğin ısınması kolaylaşarak patlayıcılık özelliği yükselir. Tersisi durumda ise patlayıcılık azalır (Üçüncü, 2011).



Şekil 6.8: Pelet malzeme

Pelet malzeme kullanmanın önemi:

İlaç fabrikalarında ve bunun yanı sıra büyük ölçekli sanayi tesislerinde görülen veya görülebilecek potansiyel toz patlaması vakalarının temel sebeplerinin analiz edilerek değerlendirilmesi ve Pelet Malzeme Kullanımı ile, risklerin en aza indirilmesi amaçlanmıştır. Pelet Malzeme Kullanımı bu nedenle önemlidir.

Pelet malzeme kullanımının amacı:

Pelet Malzeme Kullanımının amacı; ilaç fabrikalarında meydana gelme olasılığı olan toz patlama risklerini kullanılan malzemelerin partikül çapı büyütülerek ortadan kaldırmayı amaçlamaktadır.

RAMAK KALA VAKASI 2: IBC Toz Tanklarında Anlık Parlama Olayları ve Önlem Olarak Azot Gazı Kullanımı

Ramak Kala Olay: Araştırmaya konu olan ilaç fabrikasında jel imalatı esnasında kıvam verici toz kimyasal, “IBC Toz Tank”ına eklenip karıştırma işlemi yapılırken tankın içinde gerçekleşen “parlama olayı” ramak kala olay olarak kayıt altına alınmıştır. Bu olay karışımı yapılan ürünün bozulmasına da neden olmuştur.

Araştırmacının yapmış olduğu olay incelemesi ve edindiği bilgiler doğrultusunda ortamdaki Oksijen seviyesinin düşürülerek parlama olayının önlenebileceği bilgisine

ulaşmıştır. Ortamdaki oksijen düzeyini “Azot” veya “Karbondiyoksit” gibi gazlarla düşürmek maliyetli fakat etkili bir yöntem olduğu bilinmektedir.

Araştırmacı bu önerisini fabrika yetkilileri ile paylaşarak sistemin detayları hakkında yetkililere bilgi verilmiştir. Fabrika yetkilileri de yaptıkları araştırmalar ve bütçe çalışmaları sonucunda araştırmacının önerisini kabul ederek uygulamaya alınmasına karar vermişlerdir. Edinilen tüm bilgiler doğrultusunda olayla ilgili aksiyonlar alınmıştır. Sistem sağlıklı bir şekilde kurulmuştur. Bu sistemde ürünün korunması adına Azot Gazı kullanımına karar verilmiştir. Jel üretimleri esnasında IBC Tanklarına Azot Gazı basılarak parlama olayları engellenmiş ve olası bir patlama olayının yaşanmasının önüne geçilmiştir.

Patlama olayının gerçekleşmesi için gerekli olan yapının yani oksijen + yanıcı madde + sıcaklık kaynağı + ortamda asılı bulunan toz + kapalı alan unsurlarından biri ortamda olmadığında patlama olayı gerçekleşmez.

Bu sistemde IBC Tankların içine ürün konulduktan sonra kapak kapatılmadan önce IBC Tank içine Azot Gazı basılarak tankın içindeki Oksijen seviyesi düşürülmüş ve parlama olayının önüne geçilmiştir. Bu olay durgunlaştırma olayıdır. Durgunlaştırma % 100 etkili bir sistemdir. Fakat Azot boğucu bir gaz olduğu için çalışanların da bu gaza maruziyetini kontrol altına almak gerekmektedir.

Bu yönde de çalışma yapan Araştırmacı ve yetkililer, üretimin yapıldığı odanın içine “Oksijen Metre” yerleştirilmesine karar vermişlerdir. Bu sayede çalışma ortamının Oksijen seviyesi sürekli olarak kontrol altına alınmıştır. Sistem yetkililere uyarı verme özelliğine sahiptir.

Bu, IBC Toz Tanklarında Anlık Parlama Olayları (ramak kala olay) ile ilgili alınan aksiyon neticesinde çalışmaya konu olan fabrikada yapılan üretim işlemlerinde IBC Tank içerisinde parlama olayı yaşanmamıştır.

Bu öneriden önce IBC Toz Tankların içinde parlama yaşanması olasılığı % 93 seviyelerinde iken, önerinin hayata geçirilmesi ile birlikte parlama olayı ortadan tamamen kalkmış % 0 seviyesine düşmüş ve çok büyük bir başarıya ulaşılmıştır. Sistem % 100 etkilidir.

Durgunlaştırma Önlemi:

Ekipmandaki Oksijen düzeyini, karbondioksit, Azot vb. gibi gazlar karıştırarak patlama oluşabilecek şartların altına indirmektir. En önemli dezavantajı ekipmanın izole edilmesini gerektirmesidir. Ayrıca kullanıcıların etkilenmemesi için gaz oranları sürekli izlenerek kontrol altında tutulmalıdır. %100 etkili olan ancak oldukça pahalı bir sistemdir.

Söz konusu metodla, IBC Toz Tanklarının içerisine inert özellik sergileyen Azot Gazı bırakılarak IBC Toz Tanklarının içindeki Oksijen uzaklaştırılmıştır. Böylece patlama olayının gerçekleşebilmesi için gerekli olan Oksijen seviyesinin altına düşülmüş ve patlama riziki ortadan kaldırılmıştır. IBC Toz Tanklarının kapakları lastik contalıdır ve içlerinde bulunan gazın dışarıya çıkmasını engelleyici şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca çalışanların etkilenmemesi için ortamlara “Oksijen Metre” yerleştirilmiştir. Oksijen Metre sayesinde ortamda bulunan Oksijen seviyesi kontrol edilmektedir.



Şekil 6.9: IBC toz tankı

IBC toz tanklarında azot gazı kullanımı durgunlaştırma tedbirinin önemi:

İlaç fabrikalarında ve bunun yanı sıra büyük ölçekli sanayi tesislerinde görülen veya görülebilecek potansiyel toz patlaması vakalarının temel sebeplerinin analiz edilerek değerlendirilmesi ve “IBC Toz Tanklarında Azot Gazı Kullanımı Durgunlaştırma Tedbiri” ile, risklerin en aza indirilmesi amaçlanmıştır. IBC Toz Tanklarında Azot Gazı Kullanımı Durgunlaştırma tedbiri bu nedenle önemlidir.

IBC toz tanklarında azot gazı kullanımı durgunlaştırma yöntemi'nin amacı;

İlaç fabrikalarında meydana gelme olasılığı olan toz patlama risklerini kapalı hacim olan IBC Toz Tanklarının içinde bulunan oksijenin uzaklaştırılarak patlama olayını ortadan kaldırmayı amaçlamaktadır. Patlama için gerekli olan kapalı hacim, yanıcı malzeme, oksijen üçlüsünden birinin olmaması halinde patlama olayı gerçekleşmeyecektir.

RAMAK KALA VAKASI 3: Ortam Nem Düzeyi'ne Bağlı Anlık Parlama Olayları ve Önlem Olarak Nem Düzeyinin Kontrol Altında Tutulması:

Ramak Kala Olay : Araştırmaya konu olan ilaç fabrikasında parlayıcı özelliğe sahip olan toz kimyasallar ile yapılan çalışmalarda nem seviyesinin % 30 un altına düştüğü durumlarda parlama olayı yaşandığı ile ilgili ramak kala vakalarının kayıt altına alındığı araştırmacı tarafından tespit edilmiştir.

Bu vakalar ile ilgili araştırmacının yapmış olduğu araştırmalar neticesinde bazı toz kimyasallar ile yapılan üretim işlemlerinde ve depolama esnasında ortamdaki nem oranının % 30' un altına düşmemesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

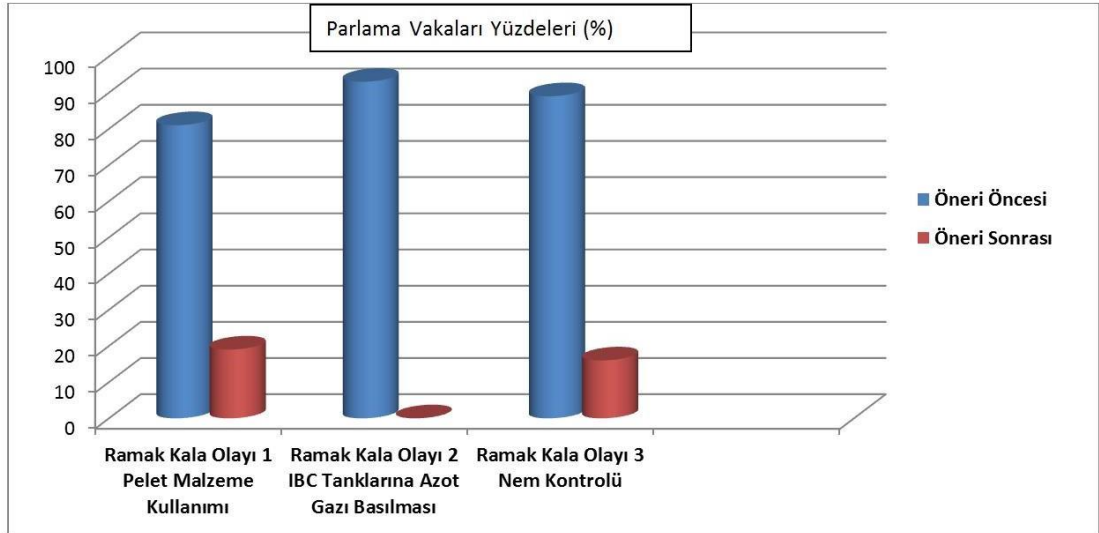
Özellikle kış aylarında havanın soğuması ile birlikte havanın içerisinde bulunan nem oranının çok düşmesi ortam neminin aynı seviyede tutulabilmesini zorlaştırmaktadır. Bu konuda nem seviyesinin sürekli takibi gerekmektedir. Araştırmacı nem kontrolü ile ilgili önerisini fabrika yetkilileri ile paylaşmıştır.

Fabrika yetkilileri, araştırmacının önerisi doğrultusunda yaptıkları değerlendirmeler neticesinde “Nem Kontrol Yöntemi”ni kabul etmişlerdir. Yetkililer bu konuda derhal aksiyon almışlardır. Fabrikada üretim ve depolama alanlarında ortam nemini sürekli kontrol altında tutan ve nem seviyesindeki en ufak bir hareketi sinyal vererek uyarıda bulunan bir sistem kurmuşlardır.

Sistem; nem seviyesi düştüğünde tüm yetkililere elektronik ortamda E-mail ve SMS mesaj olarak bilgi vermektedir. Bu sayede nem seviyesi 7 gün 24 saat sürekli kontrol altında tutulmaktadır. Bu sistem sayesinde “Efervesan” üretimi yapılan alanlar dışında kalan diğer alanların nem seviyeleri % 30 nem oranında sabit tutulmaktadır. Efervesan üretiminde ise nem oranı % 30 un daha altında olmalıdır.

Bu nem izleme sistemi kurulduktan sonra depolama veya üretim alanlarında toz parlamalarına rastlanmamış olduğu yapılan incelemeler sonucunda tespit edilmiştir. Öneriden önce, üretim ve depolama alanlarında parlama yaşanma risk oranı %89 iken öneriden sonra parlama yaşanma olasılığı % 16 seviyelerine kadar düşmüştür. Bu sonuç büyük bir başarıdır. Üretim ve depolama işlemleri Ex-proof alanlarda yapılarak parlama riski ortadan kaldırılmaktadır.

Ortamdaki nem oranının da patlamaya etkisi vardır. Nem oranı %30’un altına düştüğünde maksimum patlama basıncı artar. Tozlu çalışmalarda ortamdaki nem düzeyi %30’un üzerinde tutularak patlama riski minimize edilir. Kış aylarında havanın soğuması ile birlikte havanın nem oranı azalır ve patlama riski artar. Çalışma ortamlarının nem oranları sürekli kontrol altında tutulmalı ve artan nem seviyeleri klima santralleri vasıtası ile %30 ve daha yüksek seviyede tutulmalıdır. İlaç sektöründe efervesan ürünlerde %30 nem seviyesi kullanılması uygun değildir. Bu önlem efervesan ürünlerde kullanılamaz.



Şekil 6.10: Ramak kala parlama vakaları yüzdeleri

Ortam nemi kontrol önleminin önemi:

Bu önlemin uygulanması ile ilaç sektöründe ve endüstriyel tesislerde toz patlama olaylarını minimum seviyeye indirdiği için önemlidir.

Ortam nemi kontrol yönteminin amacı:

İlaç fabrikalarında meydana gelme olasılığı olan toz patlama risklerini nem kontrol önlemi ile ortadan kaldırmayı amaçlamaktadır. Nem seviyesi % 30 ve üzeri değerlerde tutularak patlama riski minimize edilmektedir. Bu önlem Efervesan ürünler için uygulanması tavsiye edilen bir yöntem değildir.



7. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu bölümde, araştırmaya konu olan ilaç fabrikasında son üç döneme ait (2018, 2016 ve 2014 yılları) ortam ölçümü sonuçlarından toz ölçüm raporları, patlamadan korunma dökümanı (PKD) ve Acil Durum Risk Analizi Raporlarından (ADRAR) elde edilen bulgular ile ulaşılan sonuçlar verilerek, bu sonuçlar neticesinde olası bir toz patlaması riskinin yaratabileceği olumsuz durumlar değerlendirilerek tartışılmış ve öneriler geliştirilmiştir.

7.1 Sonuçlar

Altıncı bölüm Bulgular'dan yola çıkarak yapılmış olan tespitler ışığında aşağıda verilen sonuçlar elde edilmiştir.

Toz partikül ölçüm raporları ile ilgili sonuçlar:

Toz Partikül Ölçüm Sonuçları (2018 Yılı):

Çizelge 7.1: Toz partikül ölçüm sonuçları (2018 yılı)

Ölçüm Yapılan Bölüm	Ölçüm Yapılan Kişi	Çalışma Süresi (Saat)	Sıcaklık °C	Nem %	Sınır Değer Solunabilir Kısım mg/m ³	Sınır Değer Toplam Toz mg/m ³	Ölçüm Sonucu (mg/m ³)
5 Farklı Nokta	5	8 Saat	21 - 22	41- 42	5,0	15,0	0,13 ± 0,69

Kaynak: İlgili İlaç Fabrikasının Yöneticileri

1) 2018 Yılı İçinde Toz Partikül Ölçümü Yapılan “5 Farklı Birim”de:

Toz Partikül Ölçüm Sonucu = **0,13 ± 0,69 (mg/m³) < 5,0 (mg/m³) (Sınır Değerin Altında)**

Toz Partikül Ölçüm Sonuçları (2016 Yılı):

Çizelge 7.2: Toz partikül ölçüm sonuçları (2016 yılı)

Ölçüm Yapılan Bölüm	Ölçüm Yapılan Kişi	Çalışma Süresi (Saat)	Sıcaklık °C	Nem %	Sınır Değer Solunabilir Kısım mg/m3	Sınır Değer Toplam Toz mg/m3	Ölçüm Sonucu (mg/m3)
Alan 1	1	8 Saat	21 - 22	40-50	5,0	15,0	0,10 ± 0,60

Kaynak: İlgili İlaç Fabrikasının Yöneticileri

2) 2016 Yılı İçinde Toz Partikül Ölçümü Yapılan “Alan 1”de:

Toz Partikül Ölçüm Sonucu = **0,10 ± 0,60 (mg/m3) < 5,0 (mg/m3) (Sınır Değerin Altında)**

Toz Partikül Ölçüm Sonuçları (2014 Yılı):

Çizelge 7.3: Toz partikül ölçüm sonuçları (2014 yılı)

Ölçüm Yapılan Bölüm	Sınır Değer Solunabilir Kısım mg/m3	Sınır Değer Toplam Toz mg/m3	Ölçüm Sonucu (mg/m3)
4 Farklı Nokta	5,0	15,0	0,040 ± 3,43

Kaynak: İlgili İlaç Fabrikasının Yöneticileri

3) 2014 Yılı İçinde Toz Partikül Ölçümü Yapılan “4 Farklı Birim”de:

Toz Partikül Ölçüm Sonucu = **0,040 ± 3,43 (mg/m3) < 5,0 (mg/m3) (Sınır Değerin Altında)** olduğu görülmektedir.

Patlamadan korunma dökümanı (PKD) ile ilgili sonuçlar:

4) İncelenen İlgili PKD'nin içeriğinde toz patlaması tehlikeleri ile ilgili olarak: “Fabrikanın ısınma sisteminden veya dışsal bir ısı kaynağı aracılığı ile patlayıcı/yanıcı tozun çok az bir kısmı bile akkor biçimine dönüşerek patlamaya yol açabilir. Patlayan bu çok az kısımlık bölüm ortamdaki öteki tozları havaya dağıtarak “yanıcı/patlayıcı toz bulutu” meydana getirebilir. Oluşan bu bulut ilkinden daha şiddetli patlar ve patlayan bulut tekrardan bir toz bulutu meydana getireceği için toz patlaması silsile biçiminde bir etkileşime ve diğer bir tabirle “yürüyen bir patlama” olayına dönüşebilir. Toz patlaması, tehlike anlamında gaz patlamasından daha tehlikeli ve zarar vericidir” ifadesi yer almaktadır” ifadesi yer almaktadır.

5) İncelenen İlgili PKD'nin içeriğinde ayrıca yine, toz patlaması tehlikeleri ile ilgili olarak: "Patlamayı absorbe etme (explosion suppression) sistemleri ile, patlama olduğu anda patlama enerjisini soğutmak ve yayılmasını engellemek amacıyla kurulan sistemler mevcuttur. Özellikle toz patlamasına karşı etkindir" ifadesi yer almaktadır.

Acil durum risk analizi raporu (ADRAR) ile ilgili sonuçlar:

6) İlgili Acil Durum Risk Analizi Raporu (ADRAR)'ın geneli incelendiğinde spesifik olarak toz patlamaları riskleri için ayrı bir değerlendirme yapılmadığı, genel anlamda bütün patlama çeşitleri ile ilgili tehlike ve risklerin tek bir bölüm altında incelenip değerlendirilmiş olduğu sonucuna varılmıştır.

Fabrikada önceden yaşanmış toz patlaması ve ramak kala vakaları ile ilgili sonuçlar:

7) *Yaşanmış toz patlaması vakaları:* Çalışmaya konu ilaç fabrikasının yöneticileri ve İş Güvenliği Uzmanlarının ifadelerine göre araştırmaya konu ilaç fabrikasında ticari faaliyetlerine ve üretime başladığı ilk günden bugüne kadar geçen süreçte meydana gelen veya kayıtlara geçen hiç bir toz patlaması vakası yaşanmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

8) *Yaşanmış ramak kala vakaları:* Çalışmaya konu ilaç fabrikasının yöneticileri ve İş Güvenliği Uzmanlarının ifadelerine göre araştırmaya konu ilaç fabrikasında bugüne kadar hiç bir toz patlaması vakası yaşanmamış olmasına rağmen, üretim süreç ve proseslerinin çeşitli aşamalarında zaman zaman toz patlaması riski yaratabilecek Ramak Kala vakaları (kıl payı atlatılan kaza) gözlemleniyor olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Zaman zaman gözlemlenmekte olan bu Ramak Kala Vakalarından en önemli olan 3 adet örnek Ramak Kala Vakası bu yüksek lisans tez çalışmasının Bulgular bölümünde yer alan, "6.8.2 Yaşanmış ramak kala vakaları" başlığı altında detaylarıyla incelenerek tartışılmış ve öneriler sunulmuştur.

9) Fabrikada, Pelet malzeme kullanımına geçmeden önce Eleme Makinesinde parlama olayını yaşanma olasılığı % 81 civarında iken pelet malzeme kullanımı

sonrasında parlama olayının yaşanma olasılığı % 19 seviyelerine kadar düşürülmüş olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

10) IBC Toz Tanklarına Azot Gazı basılması önerisinden önce, IBC Toz Tankların içinde parlama yaşanması olasılığı % 93 seviyelerinde iken, önerinin hayata geçirilmesi ile birlikte parlama olayı ortadan tamamen kalkmış % 0 seviyesine düşmüş ve çok büyük bir başarıya imza atılmış olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

11) Ortamdaki Nem Düzeyinin Kontrol Altında Tutulması önerisinden önce, üretim ve depolama alanlarında parlama vakası yaşanma oranı %89 iken öneriden sonra parlama yaşanma olasılığı % 16 seviyelerine kadar düştüğü sonucuna ulaşılmıştır.

7.2 Tartışma

Bu Yüksek Lisans Tezi çalışmasının sonuçlarından yola çıkılarak yapılan bilimsel tartışmalar aşağıda sunulmuştur.

Toz partikül ölçüm raporlarının sonuçları ile ilgili tartışma:

2018 Yılı Solunabilir Toz Maruziyeti Ölçüm sonuçları incelendiğinde:

Çizelge 7.1'e göre, ilaç fabrikasında toz partikül ölçümlerinin yapıldığı tüm alanlarda ve departmanlarda elde edilen sonuç değerlerin 05.11.2013 tarih ve 28812 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan "Tozla Mücadele Yönetmeliği"nde yer alan 5 mg/m³ sınır değerinin altında kaldığı görülmektedir. İlgili dönemde ilaç fabrikasının ilgili departmanlarında toz patlama riski yaratacak boyutta bir toz patlama tehlikesi bulunmadığı söylenebilir.

2016 Yılı Solunabilir Toz Maruziyeti Ölçüm sonuçları incelendiğinde:

Çizelge 7.2'ye göre, ilaç fabrikasında toz partikül ölçümlerinin yapıldığı tüm alanlarda ve departmanlarda elde edilen sonuç değerlerin 05.11.2013 tarih ve 28812 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan "Tozla Mücadele Yönetmeliği"nde yer alan 5 mg/m³ sınır değerinin altında kaldığı görülmektedir. İlgili dönemde ilaç fabrikasının ilgili departmanlarında toz patlama riski yaratacak boyutta bir toz patlama tehlikesi bulunmadığı söylenebilir.

2014 Yılı Solunabilir Toz Maruziyeti Ölçüm sonuçları incelendiğinde:

Çizelge 7.3'e göre, ilaç fabrikasında toz partikül ölçümlerinin yapıldığı tüm alanlarda ve departmanlarda elde edilen sonuç değerlerin 05.11.2013 tarih ve 28812 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan "Tozla Mücadele Yönetmeliği"nde yer alan 5 mg/m³ sınır değerinin altında kaldığı görülmektedir. İlgili dönemde ilaç fabrikasının ilgili departmanlarında toz patlama riski yaratacak boyutta bir toz patlama tehlikesi bulunmadığı söylenebilir.

Patlamadan korunma dökümanı (PKD) ile ilgili tartışma:

30 Nisan 2013 tarihli, 28633 seri numaralı T.C. Resmi Gazete'de yayımlanıp yürürlük kazanan "Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik"e göre belirli şartlara haiz tesis ve işletmelerin işverenleri PKD – Patlamadan Korunma Dökümanı hazırlamak mecburiyetindedirler.

İlgili ilaç fabrikası nezdinde yapılan incelemeler ve fabrika yöneticiler tarafından yazılı, sözlü ve baskılı olarak araştırmacıya sunulan bilgi ve belgelerden biri olan Patlamadan Korunma Dökümanı (PKD) incelendiğinde bu dökümanın ilgili kanun ve yönetmelikler uyarınca doğru, eksiksiz, objektif ve tam olarak toz patlamaları dahil tüm olası patlama senaryolarını ve tüm riskleri içerecek şekilde 2018 yılında İstanbul merkezli akredite ve yetkili bir kuruma hazırlattırıldığı tespit edilmiştir. İlgili döküman (PKD) 275 sayfa uzunluğundadır. Bu döküman, araştırmacıya fabrika ismi gizli tutulmak ve sadece tez çalışmasında isim belirtmeden kullanmak koşuluyla elektronik ortamda PDF formatında sunulmuştur.

PKD içeriğinde yer alan, toz patlaması riskleri ile ilgili veriler:

İlgili PKD'nin 22. sayfasında toz patlaması tehlikeleri ile ilgili olarak: "Fabrikanın ısınma sisteminden veya dışsal bir ısı kaynağı aracılığı ile patlayıcı/yanıcı tozun çok az bir kısmı bile akkor biçimine dönüşerek patlamaya yol açabilir. Patlayan bu çok az kısımlık bölüm ortamdaki öteki tozları havaya dağıtarak "yanıcı/patlayıcı toz bulutu" meydana getirebilir. Oluşan bu bulut ilkinden daha şiddetli patlar ve patlayan bulut tekrardan bir toz bulutu meydana getireceği için toz patlaması silsile biçiminde bir etkileşime ve diğer bir tabirle "yürüyen bir patlama" olayına dönüşebilir. Toz patlaması, tehlike anlamında gaz patlamasından daha tehlikeli ve zarar vericidir" ifadesi yer almaktadır" ifadesi yer almaktadır.

İlgili PKD'nin 25. sayfasında toz patlaması tehlikeleri ile ilgili olarak: "Patlamayı absorbe etme (explosion suppression) sistemleri ile, patlama olduğu anda patlama enerjisini soğutmak ve yayılmasını engellemek amacıyla kurulan sistemler mevcuttur. Özellikle toz patlamasına karşı etkindir" ifadesi yer almaktadır.

Acil durum risk analizi raporu (ADRAR) ile ilgili tartışma:

Araştırmaya konu İlaç fabrikası nezdinde yapılan incelemeler ve fabrika yöneticiler tarafından yazılı, sözlü ve baskılı olarak araştırmacıya sunulan bilgi ve belgelerden biri olan Acil Durum Risk Analizi Raporu (ADRAR) incelendiğinde bu dökümanın ilgili kanun ve yönetmelikler uyarınca doğru ve objektif olarak olası patlama senaryolarını ve tüm riskleri içerecek şekilde 2018 yılında İstanbul merkezli akredite ve yetkili bir kuruma hazırlattırıldığı tespit edilmiştir. İlgili döküman (ADRAR) 155 sayfa uzunluğundadır. Bu döküman, araştırmacıya fabrika ismi gizli tutulmak ve sadece tez çalışmasında isim belirtmeden kullanmak koşuluyla elektronik ortamda PDF formatında sunulmuştur.

İlgili Acil Durum Risk Analizi Raporu (ADRAR)'ın geneli incelendiğinde spesifik olarak toz patlamaları riskleri için ayrı bir değerlendirme yapılmadığı, genel anlamda bütün patlama çeşitleri ile ilgili tehlike ve risklerin tek bir bölüm altında incelenip değerlendirilmiş olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Acil Durum Risk Analizi Raporu (ADRAR)'da Toz Patlaması tehlike ve risklerine hiç yer verilmemiş olması ve buna bağlı olarak bu risklerin değerlendirilmemiş olması bu ölçekteki bir ilaç fabrikası için ciddi bir eksiklik olarak düşünülmektedir ve bu durum ilgili ilaç fabrikasının iş sağlığı ve güvenliği birimi yetkilileri ve fabrika yöneticileri ile de paylaşılmıştır.

Fabrikada önceden yaşanmış toz patlaması'na neden olabilecek ramak kala vakaları ile ilgili tartışmalar:

Çalışmaya konu ilaç fabrikasının yöneticileri ve İş Güvenliği Uzmanlarının ifadelerine göre, üretim süreç ve proseslerinin çeşitli aşamalarında zaman zaman toz patlaması riski yaratabilecek Ramak Kala vakaları (kıl payı atlatılan kaza) gözlemleniyor olduğu bilinmektedir.

Zaman zaman gözlemlenmekte olan bu Ramak Kala Vakalarından en önemli olan 3 adet örnek Ramak Kala Vakası bu yüksek lisans tez çalışmasının Bulgular bölümünde yer alan, “6.8.2 Yaşanmış ramak kala vakaları” başlığı altında detaylarıyla incelenerek tartışılmış ve öneriler sunulmuştur.

Eleme Makinesi'nde Anlık Parlama Olayları ve Önlem Olarak Pelet Malzeme Kullanımı:

Araştırmaya konu olan ilaç fabrikasında ramak kala formlarının incelenmesi sonucu granülasyon işlemleri için yapılan eleme işleminde kullanılan elek makinesinde anlık parlama olayı yaşanmış ve “ramak kala olay” olarak kayıt altına alındığı tespit edilmiştir. Bu ramak kala olay için araştırmacının yapmış olduğu araştırmalar sonucunda fabrika yetkililerine “Pelet Malzeme Kullanımı” sayesinde parlama olaylarının önüne geçileceği önerisinde bulunulmuştur. Pelet malzeme kullanımı sayesinde toz oluşumu engellenmiş ve parlama olayının önüne geçilmiştir. Fabrikada, Pelet malzeme kullanımına geçmeden önce Eleme Makinesinde parlama olayını yaşanma olasılığı % 81 civarında iken pelet malzeme kullanımı sonrasında parlama olayının yaşanma olasılığı % 19 seviyelerine kadar düşürülmüştür.

IBC Toz Tanklarında Anlık Parlama Olayları ve Önlem Olarak Azot Gazı Kullanımı:

Araştırmaya konu olan ilaç fabrikasında jel imalatı esnasında kıvam verici toz kimyasal, “IBC Toz Tank”ına eklenip karıştırma işlemi yapılırken tankın içinde gerçekleşen “anlık parlama olayları” ramak kala olay olarak kayıt altına alınmıştır. Ortamdaki oksijen düzeyini “Azot” veya “Karbon dioksit” gibi gazlarla düşürmek maliyetli fakat etkili bir yöntem olduğu bilinmektedir. Bu öneriden önce IBC Toz Tanklarının içinde parlama yaşanması olasılığı % 93 seviyelerinde iken, önerinin hayata geçirilmesi ile birlikte parlama olayı ortadan tamamen kalkmış % 0 seviyesine düşmüş ve çok büyük bir başarıya ulaşılmıştır.

Ortam Nem Düzeyi'ne Bağlı Anlık Parlama Olayları ve Önlem Olarak Nem Düzeyinin Kontrol Altında Tutulması:

Araştırmaya konu olan ilaç fabrikasında parlayıcı özelliğe sahip olan toz kimyasallar ile yapılan çalışmalarda nem seviyesinin % 30 un altına düştüğü durumlarda parlama olayı yaşandığı ile ilgili ramak kala vakalarının kayıt altına alındığı araştırmacı tarafından tespit edilmiştir. Bazı toz kimyasallar ile yapılan üretim

işlemlerinde ve depolama esnasında ortamdaki nem oranının % 30' un altına kesinlikle düşmemesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Fabrikada üretim ve depolama alanlarında ortam nemini sürekli kontrol altında tutan ve nem seviyesindeki en ufak bir hareketi sinyal vererek uyarıda bulunan bir sistem kurmuşlardır. Öneriden önce, üretim ve depolama alanlarında parlama yaşanma oranı %89 iken, öneriden sonra parlama yaşanma olasılığı % 16 seviyelerine kadar düşmüştür. Bu sonuç büyük bir başarıdır.

Araştırmacı'nın, ilgili ilaç fabrikası hakkında genel değerlendirmesi:

İlaç fabrikasının tamamında, mevcut elektrikli makine ve teçhizatlar topraklanmış, toz ile ilgili çalışmaların yapıldığı alanlar Exproof (statik elektriğe karşı korunaklı) alanlardır.

Patlayıcı özellik gösteren kimyasal tozların Tartım İşlemleri "Laf Kabinleri" altında yapıp, özel poşetlere konulan hammaddeler tam kapalı bir sistem altında ilgili makinelere beslenmektedir. Eleme işlemleri sırasında ise alanda tozların çekilebilmesi için "Akrobat Kollar" kullanılmış ve tüm tozlar toz toplama sistemlerinde toplanmaktadır.

Bu tesis toz patlamalarına karşı korunaklı ve örnek teşkil eden yüksek standartlara haiz bir tesistir. Bu tesis standartlarında tasarlanacak tüm diğer tesislerde risk minimize edilmiş olacaktır.

İlaç Fabrikasında Toz Patlamasına Karşı Alınan Önlemler

Alanlarda bulunan Akrobat Kollar ve makinelere bağlı olan toz toplama kanalları sayesinde ortamda bulunan tozlar toz toplama cihazlarına iletilmektedir. Toz toplama sistemlerinin emiş gücü sayesinde çekilen tozlar filtrele aktarılır. Bu filtreler zararlı hava kirleticileri tutarak havanın temizlenmesini sağlar.

7.3 Öneriler

Çalışmanın sonuç ve tartışmalarından yola çıkılarak yapılan öneriler aşağıda sunulmuştur.

1- İlgili ilaç fabrikasında 2018 yılında hazırlanan Acil Durum Risk Analiz Raporu (ADRAR)'da toz patlamaları riskleri için ayrı bir değerlendirme yapılmadığı tespit

edilmiştir. Bu durum son derece önemli ve çok ciddi bir eksikliklerdir. ADRAR'ın toz patlama risklerini de içerecek biçimde acilen güncellenmesi önerilmektedir.

2- Bu tür toz patlaması riskleri teknik önlemler, mühendislik önlemleri ve organizasyonel önlemlerle azaltılabilirse de en etkin yöntem, çalışanlara verilecek toz patlaması tehlike ve risklerini de içeren, iş sağlığı ve güvenliği eğitimleridir. Eğitim konusuna daha özenli yaklaşılması önerilmektedir.

3- Toz patlaması risklerinin yüksek olabileceği proses ve mekanlarda, ortam temizliği çok önemlidir. Ortamda gaz ve toz birikmesine müsaade edilmemelidir. Etkin ortam temizliği ve bakım konusuna özel önem verilmesi ve kayıt altına alınması gerektiği önerilmektedir.

4- Ortamda ve prosesde kullanılacak teçhizat veya makinelerin yüzey sıcaklıklarına çok dikkat edilmesi gerekir. Keza makinelerin proses esnasında çalışırken maruz kalacağı yüzey sıcaklıkları da toz patlaması vakası yaşanmasına sebep olabilmektedir. Bundan dolayı bu tür ekipman ve cihazların proses anında toza uyumlu olan cihazlardan seçilmiş olması önerilmektedir.

5- Statik elektrik nedeniyle ortaya çıkabilecek tehlikelerin egale edilebilmesi özellikle çalışanlara verilecek İSG eğitimleri ve onlara iş güvenliği kültürünün aşılması yoluyla olabilmektedir.

6- Statik elektrik boşalmasına ince duyarlı endüstrilerde (mesela: ilaç, kimya, mekatronik vs.) yüksek teknolojiye teknik unsurların kullanıma alınması önerilmektedir.

7- İlaç, kimya ve kozmetik sektörlerinde patlayıcı gaz, patlayıcı toz ve patlayıcı sıvı ihtiva eden endüstrilerde, kati surette toz yada hibrid konsantrasyon örneklerinin patlama ve tutuşma karakteristik incelemesinin araştırılması önerilmektedir.

8- Risk analizi yapılırken kati surette geçmiş ramak kala vakası kayıtlarının ve çalışanların konu ile alakalı fikirlerinin de dikkate alınması önerilmektedir.

9- Hiç bir risk analiz metodu, süreçlere dair tehlike ve riskler konusunda fikir yürütebilecek kadar uzmanlaşma olmadan risklerin derecelerinin ölçülmesi hususunda anlamlı değerler ortaya koyamaz. Bu bakımdan, risk analiz komitesi üyelerinin, toz patlaması tehlikesi ve risklerine ilave olarak, değerlendirmenin

yapılacağı departman veya proses hakkında da bilgili uzmanlardan oluşturulması önerilmektedir.

10- Toz patlama riskini önlemek amacıyla proses aşamalarında veya çevrede bulunan tutuşturucu unsurların ortamdaki yok edilmesi lazımdır. Elektrikli makine - ekipmanlar olası patlama riski bulunan bölgenin dışına çıkarılmalı, ya da kablo v.b. kanal sistemleri ile gerekli aparatlara eklenmelidir. Eğer bunlardan hiç biri yapılamıyorsa patlamaya karşı korunaklı (ex-proof) makine - teçhizatların tercih edilmesi önerilmektedir.

11- Uluslararası NFPA 654 standartları dikkate alınarak aksiyon alınmalıdır. Optimum toz ve gaz emiş sistemler tesis edilmeli ve uygun temizlik ve bakım programları hayata geçirmek suretiyle faaliyetlerin sürdürülmesi önerilmektedir.

12- İlaç imalat süreçleri ve prosesleri bir çok spesifik işlemler ile tehlikeli kimyasal maddelerin sebep olduğu kazalar ile bilinmektedir. İlaç üretiminin karakteristik özelliklerinden gelen bu risklere karşı etkin bir güvenlik yönetimi, risk unsurlarının tespit edilebilmesi, çalışan ve işverenlerin potansiyel riskler hakkında eğitime tabi tutulması ve muhtemel kaza simülasyonlarına bağlı olarak ihtiyaç duyulan tedbirlerin alınması ile bu riskleri eyleme getirmek, eğer bu mümkün olamıyorsa da riskleri kabul edilebilir ölçülere çekilme noktasında gerekli atmosferin sağlanabilmesi önerilmektedir.

13- Araştırmaya konu olan ilaç fabrikasında granülasyon işlemleri için yapılan eleme işleminde kullanılan elek makinesinde anlık parlama olaylarını engellemek için hammaddede seçiminde partikül çapı 0,5 mm'den büyük olan "Pelet Malzeme Kullanımı" önerilmektedir. Toz patlamalarında kullanılan malzemelerin partikül çapı önemlidir. Kullanılan toz kimyasalların yerine partikül çapı daha büyük olan pelet malzeme kullanımı sağlanmalıdır. Böylece aynı etkiye sahip olan kimyasalın partikül boyutu büyüdüğü için patlama riski de azalacaktır.

14- Araştırmaya konu olan ilaç fabrikasında jel imalatı esnasında kıvam verici toz kimyasal, "IBC Toz Tank"ına eklenip karıştırma işlemi yapılırken tankın içinde gerçekleşen "anlık parlama olayları" ramak kala olay olarak kayıt altına alınmıştır. Bunu engellemek için IBC Toz Tank"ına "Azot" veya "Karbondiyoksit" gazı

basılarak ortamdaki oksijen seviyesi düşürülmüş ve parlama riski ortadan kaldırılmış olacaktır.

15- Ortam Nem Düzeyi'ne Bağlı Anlık Parlama Olayları'na Önlem Olarak Nem Düzeyinin Kontrol Altında Tutulması önerilmektedir. Bir çok parlayıcı kimyasal toz %30'un üzerindeki nemli ortamlarda parlama reaksiyonu vermemektedir. Fabrikada bu tür riskli ortamlarda Ortam nem düzeyinin %30 seviyelerinin üzerinde tutulmasını sağlayacak teknik imkanların yaratılması önerilmiştir. Öneri fabrika yöneticileri tarafından dikkate alınmış ve uygulamaya konulmuştur.

Toz patlamalarından korunmada önemli rol oynayan toz toplama cihazları ile ilgili öneriler.

- 1-** Toz toplama ünitelerinin kapalı alanlar yerine açık alanlarda konumlandırılması önerilir.
- 2-** Toz toplama ünitelerinin patlama kapaklarının uygun ortama (emniyetli saha) açılması önerilir.
- 3-** Toz toplama ünitelerinin patlama kapaklarının uygun ortama açılmasını sağlayan kanal sisteminin paslanmaz malzemeden seçilmesi önerilir.
- 4-** Toz toplama ünitelerinin patlama kapaklarını uygun ortama taşıyan kanal uzunluğunun 1,5 – 2 mt.'yi geçmemesi önerilir .
- 5-** Toz toplama ünitelerinin altında bulunan kovaların anahtar ile açılıp kapanma özelliğine sahip olması önerilir.
- 6-** Toz toplama ünitelerine ait ATEX sertifikalarının cihazların üzerinde görünür yerde olması önerilir.
- 7-** Toz toplama sistemlerinde uygun noktada patlama izolasyon valfinin bulunması önerilir .
- 8-** Toz toplama sistemlerinde kullanılan kanalların paslanmaz ve klempili olması önerilir.

8. KAYNAKLAR

- Abbasi, T. & Abbasi, S. A.** (2007). “Dust explosions–Cases, causes, consequences, and control. Journal of Hazardous Materials”, 140(1-2), s.44-51.
- Akgün, O.** (2009), “Toz Patlaması” 2.Proses Emniyeti Sempozyumu, 9-10 Nisan 2019, Bilişim Vadisi, Gebze, Kocaeli.
- Akman, A.** (2015), “Bir Patlayıcı Madde Üretim Tesisindeki Risk Faktörlerinin Belirlenmesi ve Patlama Riskine Yönelik Etki Analizi”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, T.C. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kazaların Çevresel ve Teknik Araştırması Ana Bilim Dalı, Ankara, s.36.
- Aktaş, E.** (2014), “Metal İş Koluna Bağlı Otomotiv Sektöründe Üretim Yapan Tesisde Yangın Ve Patlamaya Sebep Olabilecek Faktörlerin Ve Çevre Tesislere Etkilerinin Belirlenmesi”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, T.C. Yeni Yüzyıl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dalı, İstanbul, s.81
- Amyotte, P. D.** (2013). “An introduction to dust explosions: understanding the myths and realities of dust explosions for a safer workplace”, Butterworth-Heinemann, s.23.
- Asana, M. G.** (2015), “Endüstriyel Tesislerde Toz Patlamaları Modellenmesi ve Risk Azaltılması”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, T.C. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul, s.3-49.
- ATEX Guidelines**, European Commission Enterprise and Industry, 3rd Edition - June 2009, s.33.
- Barton, J.** (2002). “Dust Explosion, Prevention and Protection”, Gulf Publishing Company, Massachusetts, s.20.
- Baysal, S.** (2004), Yangın Eğitim Notları, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı Eğitim ve Araştırma Merkezi, Ankara, s.21.
- British Standards-5958**, (1991). “Code of Practice for Control of Undesirable static electricity Part 1, General considerations; Part 2: Recommendations for particular industrial situations”, British Standard Institutions, London.
- BS EN 1127**. “Explosive atmospheres-Explosion prevention and protection”, British Standard.

- Büyüköztürk, Ş., Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş. & Demirel, F.** (2010), “Bilimsel Araştırma Yöntemleri”, Ankara: Pegem Yayıncılık, s.88.
- Crowl, D. A.** (2003). “Understanding Explosions”, New York CCPS, s.19.
- Çilingir, H.** (2005). “ATEX Talimatları ve Pnömatik”, IV. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi, s.217.
- Didari, V.** (1986). “Kömür Tozu Patlamalarına Karşı Önlemler”. Madencilik Dergisi, Sayı 1, s.78.
- Dirik, C.** (2015), “Statik Elektrik Kaynaklı Toz Patlamalarının FMEA Risk Analizi Yöntemi ile İncelenmesi ve Deneysel Analizi”, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, T.C. Gediz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dalı, İzmir, s.9.
- Eckhoff, R.** (2003). “Dust Explosions in the Process Industries”, 3rd ed., USA: Gulf Professional Publishing, s.27.
- Eğri, N.** (2008), “Patlayıcı Ortamlarda İş Güvenliği”, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara, s.10.
- Ergun, A. R.** (2007), “Yeraltı Maden İşletmelerinde Gaz ve Toz Patlamaları ve Önlemler”, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara s.77.
- Ergür, H. S.** (2015). “Pnömatik Sistemlerde Sağlık ve Güvenlik”. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 56 Sayı 662, s.70.
- Ergür, H. S.** (2012). “Makine Endüstrisinde Karşılaşılan Toz Patlaması Olayı ve ATEX Yönergeleri”. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 25 Sayı 2, s.9.
- European Commission DG Employment and Social Affairs Health, Safety and Hygiene at Work.** (2003). “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”
- Gökmen, S.** (2017). Yangın ve Güvenlik Sistemleri Dersi Notları (Yayımlanmamış Ders Notları). Gedik Üniversitesi, İstanbul, s.14-15.
- Güyagüler, T.** (1987). “Toz”, Madencilik Dergisi, Sayı 6, s.13-18.
- İnce, A.** (2011). “Patlayıcı Atmosferlerin (ATEX) Patlama Davranışları”, Elektrik, Kimya, Maden, Petrol, Jeoloji ve Çevre Mühendisleri Odaları ATEX Sempozyumu. (Bildiri), Ankara, s.4-10.

- İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu**, 30.06.2012, Resmi Gazete Sayısı: 28339
- İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirme Yönetmeliği**, 29.12.2012, Resmi Gazete Sayısı: 28512.
- Kahraman Ö.** (2009), “Bir otomobil fabrikasında İş sağlığı ve güvenliği alanında HTEA (FMEA) yöntemi ile risk analizi”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, s.35.
- Karaçelebi, A. S.** (1980), “Toz Raporu”, T.T.K. İnsangücü Eğt. Yay. Sayı 38, s.142.
- Karamanlı, A. İ.** (2014). Yangın Savunma Ders Notu, EOSB Eskişehir Sanayi Odası Organize Sanayi Bölgesi İtfaiye Amirliği, Eskişehir, s.5.
- Mazmanoğlu, A.** (2016). Herkes İçin Temel İstatistik Yöntemleri ve Uygulamaları 1. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık, s.6.
- Mevsim, R.** (2016), “Risk Assessment by Fault Tree Analysis Of Methane Explosions in Turkish Hard Coal Enterprises Underground Mines, A Thesis Submitted to the Graduate School Of Natural and Applied Sciences”, Middle East Technical University, Master of Science in Mining Engineering Department, Ankara, s.51.
- OSHA 3371-08.** (2011), Hazard Communication Guidance for Combustible Dusts, Department of Labour, USA.
- Öcelan, S.** (2014). “Petrokimya tesislerinde iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili risk faktörleri ve risk değerlendirmesi”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, s.66
- Ökten, G. & Yazıcı, S.** (1984), “Kömürün depolanmasında karşılaşılabilecek sorunlar ve alınacak önlemler”, Madencilik Dergisi, Cilt XXIII, sayı 2, s.49.
- Özkılıç, Ö.** (2005). “İş Sağlığı ve Güvenliği, Yönetim Sistemleri ve Risk Değerlendirme Metodolojileri”, TİSK Dergisi, Ankara, s.14.
- Parlak, E.** (2008), “Patlama Riskli Ortamlarda Kullanılacak Ekipman Seçimi ve Patlama Korumalı (Ex-Proof Malzemeler)”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, T.C. Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Kocaeli, s.29.
- Prakash, A., Fielding, E. J., Gens, R., Van Genderen, J. L. & Evans, D. L.** (2001), “Data fusion for investigating land subsidence and coal fire hazards in a coal mining area”, International Journal of Remote Sensing, v. 22, no. 6, s.27.
- Sarı, M. K.** (2007). “Patlayıcı Ortamlar ve Patlayıcı Ortamlarda Kullanılan Elektrik Aygıtları Hakkında Genel Bilgi” s.21-48.

- Sezer, P.** (2019), “Alüminyum Toz Patlamalarının İncelenmesi ve Reaktif-Proaktif Önlem Çalışmaları”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, T.C. İstanbul Gedik Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dalı, İstanbul, s.7-109.
- Stoces, B., Jung, H., Çev. Saltoğlu, S.** (1970), “Maden İşletmelerinde Toz ve Silikozla Mücadele”, İ.T.Ü. Yayınları, İstanbul, s.55.
- Simşek, A.** (2019), “Bir Un Fabrikasında TS EN 60079-10-2 Standardına Göre Toz Kaynaklı Patlayıcı Ortam Değerlendirilmesinin Yapılması ve Bu Değerlendirmenin İlgili NFPA Standartları İle Karşılaştırılması”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, T.C. Üsküdar Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği A.B.D., İstanbul, s.53-61
- T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı,** (2013). “Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik”, T.C. Resmi Gazete, Tarih: 30 Nisan 2013, Sayı:28633, Ankara.
- T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı,** (2006). “Muhtemel Patlayıcı Ortamlarda Kullanılan Teçhizat ve Koruyucu Sistemler İle İlgili Yönetmelik”, T.C. Resmi Gazete Tarih: 30 Aralık 2006, Sayı:26392, Ankara
- T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı,** (2013). “Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik”, Ankara.
- T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı,** “Maden ve Taş Ocakları İşletmelerinde ve Tünel Yapımında Alınacak İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Önlemlerine İlişkin Tüzük”, Ankara: 25380 / 21.02.2004.
- T.C. Resmi Gazete,** (1993) 21634. “Zararlı Kimyasal Madde ve Ürünlerin Kontrolü Yönetmeliği”
- T.C. Türk Standartları Enstitüsü,** (2009). “Patlayıcı ortamlar- Bölüm 10-1: Tehlikeli bölgelerin sınıflandırılması-Patlayıcı gaz atmosferler TS-EN 60079-10-1:2009” Ankara.
- Tomas, K.** (2006). “Asetilen üretimi yapan tesislerde kazaya sebep olabilecek faktörlerin belirlenmesi ve çevresel etkilerinin incelenmesi”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, s.23.
- Topuz, E.** (2009). “Endüstriyel tehlikeli maddeler için çevresel risk değerlendirme yaklaşımı”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, s.40.

Tuncay, H. S., Gedikli, F. G., Çiftçi, S. E., Layık, E. E., Kuyucu, M., Yalçın, L., Öztürk, A. (2015), “Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunmalarına İlişkin Uygulama Rehberi”, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara s.14.

Tuncay, H. S. (2014), “Yakıt İstasyonları Özelinde Patlayıcı Ortamların Araştırılması ve Patlayıcı Ortamlarda İş Sağlığı ve Güvenliği Rehberinin Hazırlanması”, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara, s.19.

Uzun, A. G., Akçın, H., Atalay, C. & Şekertekin, A. (2015). “Endüstriyel Alanlarda Risk Haritalarının Oluşturulması”, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası. 15.Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara, s.131.

İnternet Kaynakları

ATEX Belgelendirme, ATEX Eğitimleri, ATEX 94/9/EC, ATEX 137, Exproof', <http://www.atexbelgelendirme.com> , Erişim tarihi: 08.09.2018.

Çakmak, M. & Uluyurt, B. (2014). “Büyük endüstriyel Kazalar”, www.rec.org.tr/dyn_files/42/4520-REC2.pdf , Erişim Tarihi: 07.09.2018.

Gültek, S. & Küçük, S. (2018), “Toz Patlaması ve Tozdan Kaynaklanan Güvenlik Risklerinin Yönetimi”, <https://docplayer.biz.tr/9402588-Toz-patlama-si-ve-tozdan-kaynaklanan-guvenlik-risklerinin-yonetimi.html> Erişim Tarihi: 07.09.2018 - 18:03:00, s.5-6.

OSHA (Avrupa İş sağlığı ve Güvenliği Ajansı) web sitesi, <http://osha.europa.eu/> , Erişim Tarihi: 09.09.2018 - 11:44:00.

Özkılıç, Ö. (2011). “ATEX Direktifleri Çerçevesinde Zone Sınıflandırması ve Haritalandırma” http://www.emo.org.tr/ekler/55f949fa81982c4_ek.pdf , Erişim tarihi: 08.09.2018, s.11-12.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “Avustralya Kömür Madenleri ve Arge Kuruluşlarına Yapılan İncelemelerle İlgili TeknikRapor”, https://www.researchgate.net/publication/304571780_AVUSTRALYA_KO_MUR_MADENLERI_VE_ARGE_KURULUSLARINA_YAPILAN_INCELEMELERLE_ILGILI_TEKNIK_RAPOR , Erişim Tarihi: 03.09.2018 - 15:13:00.

Tuna, B. (2016), “Yanıcı Toz Patlaması Nasıl Olur?” Video, <http://www.buraktuna.net/yanici-toz-patlama-si-nasil-olur/> Erişim Tarihi: 07.09.2018 - 17:58:00.

Url-1 <https://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0%C5%9F_g%C3%BCvenli%C4%9Fi#cite_note-1>, Alındığı tarih: 10.08.2019.

- Url-2** < <http://www.isteguvenlik.tc/tozpatlamalari.pdf> >, Alındığı tarih: 10.08.2019.
- Url-3** <https://en.wikipedia.org/wiki/Cetostearyl_alcohol>, Alındığı tarih: 11.03.2019.
- Url-4** <<https://pharmaceutical.basf.com/en/Drug-Formulation/Kollidon-VA64.html>>, Alındığı tarih: 11.03.2019.
- Url-5** <https://online.lubrizol.com/sds/SDS.aspx?Product=CBP1055&Language=TR&Template=SD_TR&ShipToCountry=TR >, Alındığı tarih: 11.03.2019.
- Url-6** < <https://www.jungbunzlauer.com/en/products/citrics/citric-acid-monohydrate.html> >, Alındığı tarih: 11.03.2019.
- Url-7** < <https://mazzaripa.com/en/products/natural-tartaric-acid/>>, Alındığı tarih: 11.03.2019.
- Url-8** < <http://www.surya.com.tr/urun-133-cetyl-alcohol.html> />, Alındığı tarih: 11.03.2019.
- Url-9** < <http://www.metolose.jp/en/pharmaceutical/l-hpc.html> >, Alındığı tarih: 11.03.2019.
- Url-10** < https://en.wikipedia.org/wiki/Magnesium_stearate >, Alındığı tarih: 11.03.2019.
- Url-11** < <http://www.askimya.com/en/products/benzoic-acid-206.html>>, Alındığı tarih: 11.03.2019.
- Url-12** < <https://www.molarkimya.com/urun/limon-aromasi-1-kg-1-kg> >, Alındığı tarih: 11.03.2019.
- Url-13** < <https://urun.n11.com/gurme-urunler/30-ml-bubble-gum-aromasi-P216635663>>, Alındığı tarih: 11.03.2019.
- Url-14** < <http://www.bilgibaba.org/yazi/mango-meyvesi-nedir-sagliga-faydalari-nelerdir> >, Alındığı tarih: 11.03.2019.
- Url-15** < <https://en.wikipedia.org/wiki/Ribena> >, Alındığı tarih: 11.03.2019.
- Url-16** < <http://www.yilmazkimya.com.tr/urunler/detay/id/15/bht-butil-hidroksitoluen> >, Alındığı tarih: 11.03.2019.
- Url-17** < <https://www.slideshare.net/Teknikakademiisg/yanigin-107971180> >, Alındığı tarih: 04.07.2019.
- Url-18** < <https://www.slideshare.net/afet32/yanigin> >, Alındığı tarih: 04.07.2019.

Url-19 < <https://www.haberler.com/hadimkoy-de-fabrika-yangini-1-2-11847854-haberi/> >, Alındığı tarih: 12.06.2019.

Url-20 < <http://www.uyaritabelasi.com/patlayici-ortam/6798-zy2516-dikkat-patlayici-ortam-ikaz-levhasi.html/> >, Alındığı tarih: 12.06.2019.

Url-21 < <https://www.yenisafak.com/gundem/kocaelide-kimyasal-madde-deposunda-patlama-2808132> >, Alındığı tarih: 12.06.2019.

Url-22 < <http://kontrolmedya.com/tesisiniz-toz-patlama-riskleri-tasiyor-mu/> >, Alındığı tarih: 12.06.2019.

Url-23 < <http://www.halkinhabercisi.com/malkaradaki-fabrikada-buhar-kazani-patladi> >, Alındığı tarih: 12.06.2019.

Url-24 < <https://www.proscon.com.tr/toz-patlamlari/> >, Alındığı tarih: 12.06.2019.

Url-25 < <https://www.youtube.com/watch?v=0YMXXSARjuw> >, Alındığı tarih: 12.06.2019.

Url-26 < <http://www.diyekonustu.com/ne-olmustu/chernobyilde-ne-olmustu-h741.html> >, Alındığı tarih: 12.06.2019.

Url-27 < <https://prosafety.com.tr/toz/> >, Alındığı tarih: 12.06.2019.

Url-28 < <http://www.tdsmakina.com/yazidetay/8/depolar-da-toz-patlamasini-onlemek> >, Alındığı tarih: 12.06.2019.

Url-29 < <https://alemiseyir.com/meslek-analizleri-dogalgaz-ve-dogalgaz-yanginlari-dogalgaz/> >, Alındığı tarih: 12.06.2019.

Url-30 < <http://www.hazardexonthenet.net/article/20287/Recipe-for-a-dust-explosion.aspx> >, Alındığı tarih: 12.06.2019.

Url-31 < <https://www.proscon.com.tr/toz-patlamlari/> >, Alındığı tarih: 12.06.2019.

Url-32 < <https://www.emoayvaz.com.tr/firefl> >, Alındığı tarih: 12.06.2019.

Url-33 < <http://www.prosesguvenligi.com/toz-patlamasindan-korunma/> >, Alındığı tarih: 12.06.2019.

Url-34 < <https://www.emoayvaz.com.tr/firefl> >, Alındığı tarih: 12.06.2019.

Url-35 < <http://imoistanbul.org/imoarsiv/seminer-notlari-ekim-2016/mustafamunzuroglu/seminer-notu.pdf> >, Alındığı tarih: 12.06.2019.

Üçüncü, K. (2011), “Toz Patlamaları”, <http://www.isteguvenlik.tc/tozpatlamalari.pdf> Erişim Tarihi: 10.09.2018 - 09:55:00, s.10-12.

EKLER

EK A: İlaç Fabrikasında Üretim Sürecinde Kullanılan ve Toz Patlaması Riski Yaratabilecek Kimyasal Maddeler Listesi

	Kimyasalın Adı	Parlama Noktası (°C)	Kendinden Tutuşma Sıcaklığı (°C)
1	Butil Hidroksit Toluen	127	
2	Magnesium Stearate	190	
3	Poloxamer 188	260	
4	Toluen Sulfenamid	202	524
5	N-Trikosan	113	524
6	Aceto Acetamide	113	
7	Antrasen+C	121	
8	Aliminium Chloride	150	
9	Anthranilic Acid	150	
10	Anthrone	113	
11	Sodium Acetate	250	
12	Benzene Sulfanic Acid	100	
13	Benzoic Acid	121	
14	4Chloroaniline	132	
15	Sitric Acid Monohidrate	173.9	
16	Dimethyl Sulfone	143	
17	Hekzametilentetramin	250	
18	Heptadeconoic Acid	250	
19	Hidrokinon	165	
20	2Metoksifenil Asetik Acid	117	
21	Civa(II)Tiyosiyanat	120	
22	D Mantinol	170	
23	Malakit Yeşili Okzalit	113	
24	Metil Palmitat	113	
25	1-Octadecanol	195	

	Kimyasalın Adı	Parlama Noktası (°C)	Kendinden Tutuşma Sıcaklığı (°C)
26	2-Ntro Benzaldehyde	113	
27	4-Nitro Benzoyl Chloride	102	
28	4-Nitrophenol	169	
29	Ninhydrin	100	
30	Oktan-1-Sülfonic Acid	100	
31	2-Methyl 5nitroimidazole	165	
32	4-Methylamino Phenol Sulfate	531	
33	Miristi Acid	165	
34	Butylated Hydroxytoluene	127	
35	Phthalic Acid	168	
36	Sorbitol	100	
37	Civa(II) Tiyosiyanat	120	
38	Polysarbate 60	149	
39	Benzoik Acid	121	
40	BLACKCRRANT	100	
41	Kolliwax CSA50 (cetyl stearyl alcohol)	170	
42	Cithrol GMS 40 PA - (SG)	100	
43	Tutti Frutti Aroma Verici	100	
44	Buble Gum Aroma	100	
45	Mango Aroma Verici	100	
46	Limon Aroma Verici	100	
47	Polaxomer 188	260	
48	SPBRU S2 MBAL - SO - (MV)	193,5	
49	Vanilin	159,8-160,8	
50	Lactic Acid	110	
51	L-Menthol	101	
52	Montane 60 Pha Premium	100	
53	Ctric Acid Monohydrate	173,9	
54	Portakal Aroması	100	
55	Sodium Acetate Trihydrate	250	607
56	Cetyl Alcohol	149	272
57	Kiraz Aroma Verici	100	
58	L-HPC LH-11	360	
59	Tartaric Acid	100	
60	Kollidon VA 64	215	
61	Yellow Soft Paraffin	150	
62	Lactose Monohydrate	350-500	
63	Beeswax Substitutue 6621	200	
64	Carbopol 980NF	480	
65	Span 60	100	
66	Chocolate Flower	100	
67	White Besswax	150	
68	Salgın PPS	180	600

ÖZGEÇMİŞ



Adı Soyadı	Fatma Nilüfer DOĞRUKALP
Doğum Yeri Tarihi	İstanbul, 02.06.1979
Uyruğu	T.C.
Cep telefonu	+90 545 930 36 45
E-mail	nsenel1979@gmail.com

EĞİTİM DÜZEYİ

	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	T.C. İstanbul Gedik Üniversitesi – İSG Tezli Y.L.	2018-Devam
Lisans	Anadolu Üniversitesi – İktisat Bölümü	2015
Ön Lisans	Atatürk Üniversitesi – İSG Bölümü	2016
Ön Lisans	Sakarya Üniversitesi – İnşaat Bölümü	1999

İŞ DENEYİMİ

Görev	Kurum	Süre (Yıl – Yıl)
İş Güvenliği Uzmanı	İlaç Fabrikası	2011-Devam

Yabancı Dil

Dil	Anlama	Konuşma	Yazma
İngilizce	İyi	İyi	İyi

BİLDİRİ SUNULAN ULUSLARARASI KONGRE & SEMPOZYUM VE YAYINLAR

Bildiriler

- Doğrukalp, F. Nilüfer; Öncel, Dr. Öğr. Üyesi Hasan Uğur, (2019), Bir İlaç Fabrikasında Toz Patlama Risklerinin Analizi ve Değerlendirmesi Üzerine Yöntem Geliştirilmesi, 3.Uluslararası Eğitim ve Değerler Sempozyumu ISOEVA 2019, 10-13 Ekim 2019, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi

BİLDİRİ ÖZETİ

BİR İLAÇ FABRİKASINDA TOZ PATLAMA RİSKLERİNİN ANALİZİ VE DEĞERLENDİRMESİ ÜZERİNE YÖNTEM GELİŞTİRİLMESİ

Fatma Nilüfer DOĞRUKALP

T.C. İstanbul Gedik Üniversitesi, nsenel1979@gmail.com

Dr. Öğretim Üyesi Hasan Uğur ÖNCEL

T.C. İstanbul Gedik Üniversitesi, ugur.ancel@gedik.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmanın amacı Tekirdağ, Kapaklı İlçesi, Çerkezköy Organize Sanayi Bölgesi'nde faaliyet gösteren ve Beşeri ilaç üretimi yapan bir ilaç fabrikasında insan hayatı ve çalışan sağlığına olumsuz etkileri olabilecek üretimde kullanılan kimyasal maddelerden kaynaklanan Toz Patlaması risklerinin incelenmesi ve değerlendirilmesi üzerine bir araştırma yaparak toz patlaması riskini tamamen ortadan kaldıracak veya en aza indirecek önlemlerin tespit edilmesi ve tartışılmasıdır. Araştırmanın problem cümlesi "Bir ilaç Fabrikasında yaşanabilecek Toz Patlaması Riskleri nelerdir?" biçiminde oluşturulmuştur. Bu tür riskler teknik, mühendislik ve organizasyonel önlemlerle azaltılabilir de en etkin yöntem çalışanlara verilecek iş sağlığı ve güvenliği eğitimleridir. Büyük ölçekli sanayi tesislerinde görülen veya görülebilecek potansiyel toz patlaması vakalarının temel sebeplerinin de incelendiği bu araştırmada, risklerin en aza indirilmesi için alınabilecek tedbirler ve patlama olayının meydana gelmesi durumunda, hasar ve ziyanın azaltılabilmesi amacıyla alınması gerekli tedbirler tartışılmıştır. Çalışmada nitel araştırma yöntemi kullanılmış, ilgili konu ile alakalı ulusal ve uluslararası kaynaklardan literatür taranmış elde edilen veri tabanı araştırmanın bilimsel temellerini ve güvenilirliğini sağlamıştır. Bu araştırmanın örnekleme Tekirdağ, Kapaklı ilçesi Çerkezköy Organize Sanayi Bölgesi içinde yer alan ve beşeri ilaç üretimi yapan bir ilaç fabrikasıdır. Çalışma 2019 yılı Mart ve Ekim ayları arasında yapılmıştır. Bu çalışmada, son üç döneme ait (2018, 2016 ve 2014 yıllarına ait) işyeri ortam ölçüm sonuçları, toz ölçüm sonuçları, patlamadan korunma dökümanı, acil durum planları, makine-teçhizat ve proseslerin risk değerlendirme formları ve üretimde kullanılan iki bin'in üzerinde tehlikeli kimyasala ait malzeme güvenlik bilgi formları (MSDS) incelenmiş ve çalışma süresince literatür araştırması yapılmıştır. İlaç fabrikasının yöneticilerinden alınan özel izin ve firma ismi kullanmamak şartı ile bir çok defa fabrika ziyaret edilmiş, üretim süreçlerinin tamamı izlenmiş ve elde edilen bilgi, belge ve veriler analiz edilerek şu sonuçlara ulaşılmıştır. 2018, 2016 ve 2014 yılları Solunabilir Toz Maruziyeti Ölçüm sonuçları incelendiğinde elde edilen değerlerin Tozla Mücadele Yönetmeliğinde yer alan 5 mg/m³ sınır değerinin altında kaldığı görülmektedir. Yine, 2018, 2016 ve 2014 yıllarına ait Risk Değerlendirme tutanakları incelendiğinde tespit edilen risk düzeylerinin 20 sayısal değerinin altında olduğu ve bunun Fine-Kinney Risk Analizi Metoduna göre "Önemsiz, Kabul Edilebilir Risk, Aksiyon Almak Gerekmez" anlamına geldiği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Toz patlaması, patlamadan korunma, iş sağlığı ve güvenliği.