

TOZ PATLAMALARI

Begüm Şirinođlu Dođan
Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı
2022

İÇERİK

- *Toz yangın ve patlama istatistikleri*
- *Yanııcı toz nedir?*
- *Tozun yanma ve patlama mekanizmaları*
- *Önleme Yöntemleri*



Ay ne renk?

«Color of Moon» *Marcella Giulia Pace, NASA*

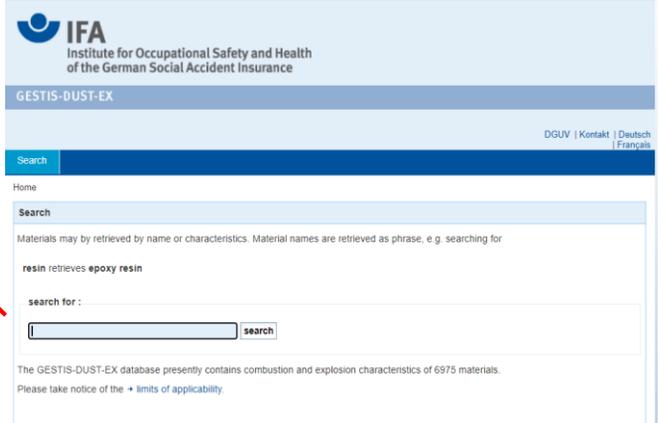
Source: <https://science.nasa.gov/colors-moon>

West Pharmaceutical Patlaması, CSB → 2003 Kinston, NC (US CSB)



Detailed information on: Polyethylene low pressure (→ 357)

characteristic	
→ Particle size <32 µm [% by weight]	94
→ Particle size <20 µm [% by weight]	80
→ Median Value [µm]	13
→ Lower Ex-Limit [g/m ³]	15
→ Max.Ex-Overpressure [bar]	7,6
→ K _{St} Value [bar m/s]	82
→ Explosibility	St 1
→ Ignition Temperature G-G [°C]	360
→ Glowing Temperature [°C]	melts
→ Combustibility BZ	2(2)



The fineness and moisture content indicated in the first column refer to the state of the dust sample as delivered. The "delivered" state may also be identical to the tested state.

The listed combustion and explosion characteristics always apply only to the dust with the conditions described in the same column.

The data of GESTIS-DUST-EX are compiled and updated carefully. Nevertheless, any liability is excluded (cf. → [limits of applicability](#)).

Toz Şeker Yanıcı mıdır? Imperial Şeker Fabrikası, Georgia kuruluş 1894



https://en.wikipedia.org/wiki/Imperial_Sugar

Imperial şeker Fabrikası -2008, Georgia (US CSB)

14 ölüm, 38 yaralanma



Detailed information on:

Sugar (+ 5182)

characteristic	
→ Particle size <500 µm [% by weight]	95
→ Particle size <250 µm [% by weight]	41
→ Particle size <125 µm [% by weight]	17
→ Particle size <63 µm [% by weight]	7
→ Particle size <32 µm [% by weight]	5
→ Median Value [µm]	290
→ Moisture Content [% by weight]	0,1
→ Lower Ex-Limit [g/m ³]	500
→ Max.Ex-Overpressure [bar]	4,7
→ K _{St} Value [bar m/s]	16
→ Explosibility	St 1
→ Minimum Ignition Energy [mJ]	<10 ⁶

explosibility	minimum ignition energie [mJ]
St 1	
St 1	
St 1	300/1000 n.ind.
(St 2)	
St 1	
(St 2)	
St 1	
St 1	
St 1	<10 ⁶
St 1	>10 ⁶
St 1	>10 ⁶
St 1	<2*10 ⁶
St 1	10/30
St 1	10 ⁵ 10 ⁶

+ previous 1 2 3 4 5 next +

Kunshan Zhongrong Metal Ürünleri Fabrikası 2014 , Kunshan China

(Dünya genelinde en çok ölüm gerçekleşen toz patlaması)



<https://www.hazardexonthenet.net/article/79472/Metal-dust-explosion-kills-75-at-China-car-parts-factory.aspx>
<https://www.bbc.com/news/world-asia-china-28636056>

Detailed information on:

Aluminium (+ 2425)

characteristic	
→ Particle size <71 µm [% by weight]	99
→ Particle size <32 µm [% by weight]	71
→ Particle size <20 µm [% by weight]	41
→ Median Value [µm]	23
→ Lower Ex-Limit [g/m ³]	60
→ Max.Ex-Overpressure [bar]	12,4
→ K _{St} Value [bar m/s]	620
→ Explosibility	St 3
→ Minimum Ignition Energy [mJ]	>10
→ Ignition Temperature G-G [°C]	560
→ Glowing Temperature [°C]	n.g.u.450
→ Combustibility BZ	4

Araba tekerleklerinin cilalama işlemi sırasında yangın ve ardından patlama oluştu.

Patlamada en az 75 işçi öldü ve 185 kişi de yaralandı. Patlama, 119 kişinin ölümüne neden oldu.

Alüminyum tozu çok yoğundur, kararsızdır.

Kelebek Mobilya, Düzce 2021



<https://www.canakkaleaynalipazar.com/kelebek-mobilyanin-duzce-fabrikasinda-yangin/20742/>

<https://www.duzcepusula.com/kelebek-mobilya-daki-yangin-sonduruldu/20043/>

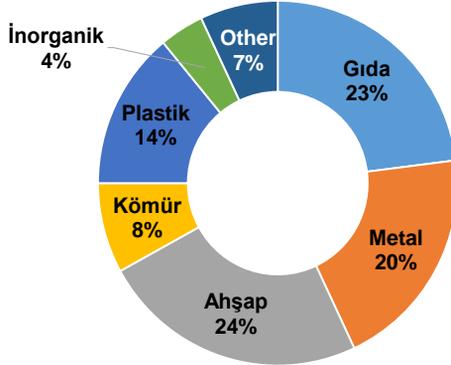
Detailed information on:

Wood, sawdust (↗ 5481)

characteristic			
→ Particle size <500 µm [% by weight]	96		
→ Particle size <250 µm [% by weight]	91	100	
→ Particle size <125 µm [% by weight]	70		
→ Particle size <63 µm [% by weight]	30		100
→ Particle size <32 µm [% by weight]	14		
→ Median Value [µm]	83	<83	<63
→ Moisture Content [% by weight]	6,7	2,7	2,7
→ Lower Ex-Limit [g/m ³]			30
→ Max.Ex-Overpressure [bar]			8,9
→ K _{St} Value [bar m/s]			149
→ Explosibility			St 1
→ Combustibility BZ		5	

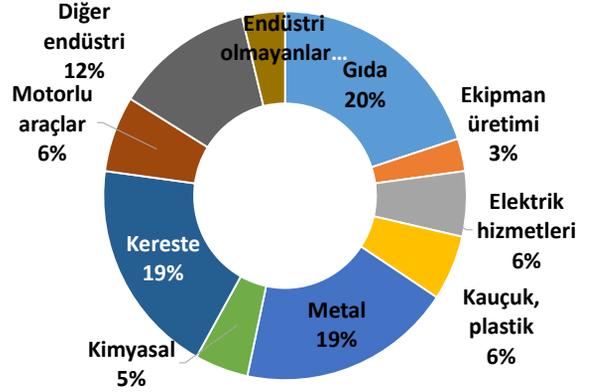
Toz Patlama İstatistikleri, ABD

US CSB Araştırması Öncesi
1980 - 2005



281 toz patlaması, 119 ölüm 718 yaralanma

US CSB Araştırması Sonrası
2006 - 2017



105 toz patlaması, 59 ölüm 303 yaralanma

Dünyada Toz Patlama İstatistikleri (2021, ilk yarısı)

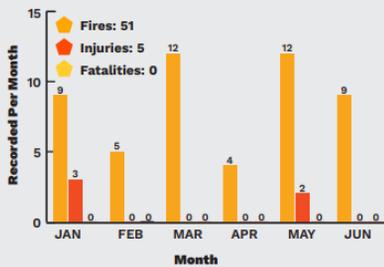
www.dustsafetyscience.com

INCIDENT DATA OVERVIEW

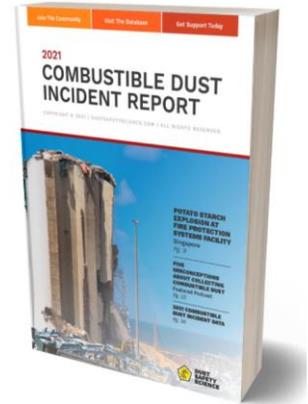
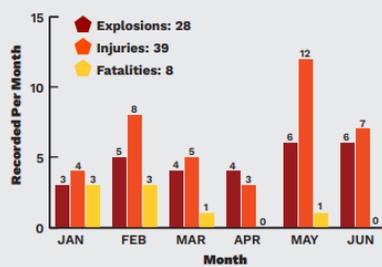
	UNITED STATES					CANADA					INTERNATIONAL				
	2017	2018	2019	2020	2021 (JAN-JUNE)	2017	2018	2019	2020	2021 (JAN-JUNE)	2017	2018	2019	2020	2021 (JAN-JUNE)
Fires	117	158	175	116	38	15	17	22	14	3	37	38	53	35	10
Explosions	28	37	37	26	13	4	4	1	7	2	36	27	37	27	13
Injuries	52	40	42	35	13	9	1	4	2	4	102	73	72	51	27
Fatalities	6	2	1	1	1	0	0	0	0	0	7	21	7	9	7

2021 RECORDED INCIDENTS

Fire Incidents Worldwide



Explosions Incidents Worldwide

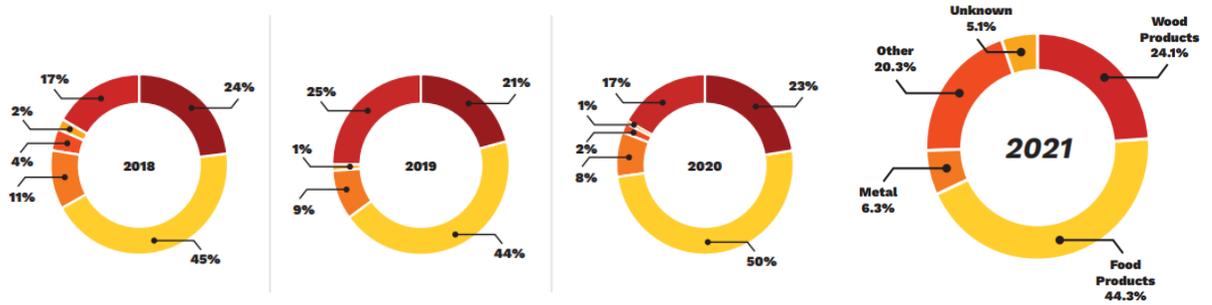


Dünyada Toz Patlama İstatistikleri (2021, ilk yarısı)

www.dustsafetyscience.com

INDUSTRIES INVOLVED

■ Wood & Wood Products
 ■ Agriculture & Food Products
 ■ Automotive & Metal Working
 ■ Power Generation
 ■ Mining
 ■ Other



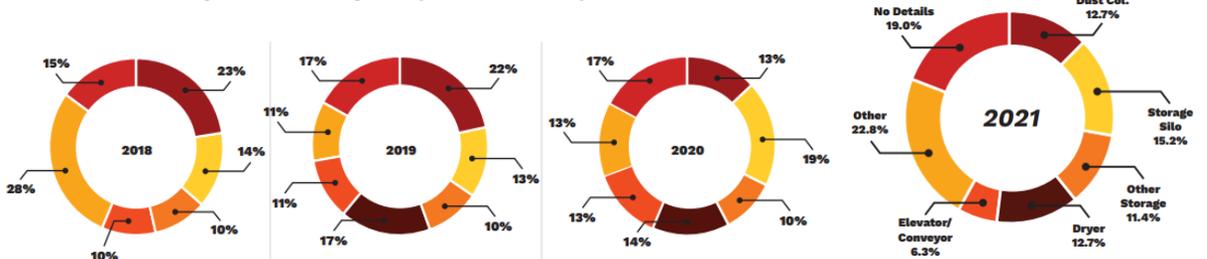
2021 MID-YEAR COMBUSTIBLE DUST INCIDENT REPORT

Dünyada Toz Patlama İstatistikleri (2021, ilk yarısı)

www.dustsafetyscience.com

EQUIPMENT & CAUSES

■ Dust Collector
 ■ Storage Silo
 ■ Other Storage
 ■ Dryer
 ■ Elevator/Conveyor
 ■ Other
 ■ No Details



2021 MID-YEAR COMBUSTIBLE DUST INCIDENT REPORT

YANICI TOZ NEDİR?

Boyut ve şekline bakılmaksızın, havada askıda iken veya belirli bir konsantrasyon aralığında prosesten kaynaklanan oksitleyici bir ortamda, parlama yangını veya patlama tehlikesi oluşturabilen yanabilir katı partiküller. (NFPA 654-2015, Tanımlar, Madde:3.3.6)



- Çok ince bölünmüş veya öğütülmüş (< 500 µm= 0.5 mm)
- Havada askıda kalabilen
- Kendi ağırlığı ile atmosferden ayrışabilen
- Atmosferik basınç ve normal sıcaklıklarda hava ile karışımları patlayabilen katı parçacıklar.

Toz Patlamasına Neden Olan Maddeler

Tarımsal

Süt tozu
Soya unu
Mısır unu ve nişastası
Pirinç unu ve nişastası
Buğday unu ve nişastası
Süt şekeri (laktoz)
Pancar şekeri
Tapyoka
Kakao tozu
Kahve tozu
Pamuk
Sarım sak tozu
Gluten
Patates unu ve nişastası
Baharatlar
Xanthan gum
Çay
Farmakolojik
Aspirin
Parasetamol
İbuprofen

Karbon Tozları

Aktif kömür
Mangal kömürü
Bitümlü kömür
İs
Linyit
Turba (%22 su)
Selüloz
Kimyasal Tozlar
Adipik asit (dikarboksilik asit)
Antrakinon
Askorbik asit
Kalsiyum asetat
Kalsiyum stearat
Karboksil metil selüloz
Dekstrin
Laktoz
Kurşun steatat
Çinko stearat
Metil selüloz

Paraformaldehit
Sodyum askorbat
Sülfür

Metal Tozları

Alüminyum
Bronz
Demir karbonil
Magnezyum
Çinko

Plastik Tozları (polimer)

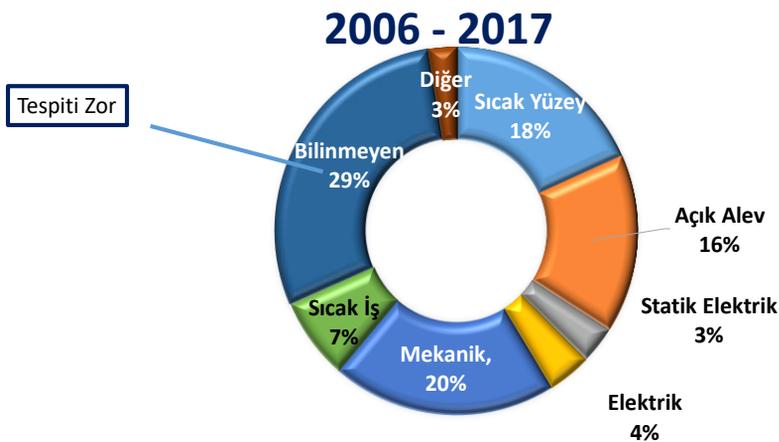
Akrilamid
Akrilonitril
Etilen
Epoksi reçine
Fenolik reçine
Melamin reçine
Melamin (fenol selüloz kalıp uygulamaları)
Metil Akrilat
Vinil asetat
Vinil alkol
Vinil klorit

Tozlar için Tutuşma Kaynakları EN 1127-1 standardı



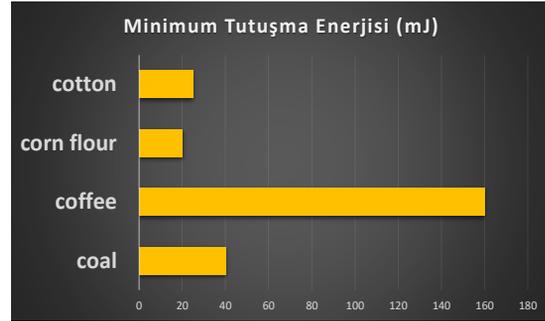
- Kimyasal reaksiyonlar (tozların kendiliğinden tutuşması)
- Açık alevler (kaynak, kesme, ısıtım uygulamaları vb.)
- Sıcak yüzey (buhar boruları vb.)
- Mekanik darbe ve sürtünmeden kaynaklanan kıvılcıklar
- Elektrostatik deşarj kıvılcıkları
- Elektrikli aletler

Toz Patlaması Tutuşma Kaynakları, US CSB



105 toz yanması olayı 59 işçinin ölümüne, 303 işçinin yaralanmasına neden olmuştur.

Elektrik yüklü araca temas ettiğimizde 500 milijoule (mJ) enerjiye sahip bir kıvılcım oluşur.



Substance	MIE (mJ)
ABS	30
acetaldehyde	0.37
acetaldehyde	0.36
acetone	1.15
acetyl cellulose	15
acetylene	0.017
acrolein	0.13
acrylonitrile	0.16
adipic acid	60
alfalfa meal	320-5100
allyl chloride	0.78
aluminium	50
aluminium stearate	15
ammonia	680
antimony	1920
aspirin	25-30
aziridine	0.48
benzene	0.20
benzene	0.22
bisphenol-A	1.8
black powder	320
boron	60
1,3-butadiene	0.13
butane	0.25

butane	0.26	3
n-butyl chloride	0.33	3
cadmium	4000	3
carbon monoxide	<0.3	2
carbon disulphide	0.009	1
carbon disulphide	0.015	3
casein	60	1
cellulose	35	1
cellulose acetate	20-50	3
charcoal	20	3
chromium	140	3
cinnamon	30	1
coal	40	1
coal, pittsburg	250	3
cocoa	100	1
cocoa	100-180	3
coffee	160	3
copal	30	1
cork powder	45	1
cork powder	35-100	3
corn meal	40	1
corn flour	20	1
corn starch	30-60	3
cotton (filler)	25	1
cotton linters	1920	3
cyclohexane	0.22	1
cyclopentane	0.54	1
cyclopentane	0.24	3
1,3-cyclopentadiene	0.67	1
cyclopropane	0.17	1
cyclopropane	0.18	3
dextrine	40	1
dichlorosilane	0.015	3
diethyl ether	0.19	1
diethyl ether	0.2	3

Yangın Üçgeni



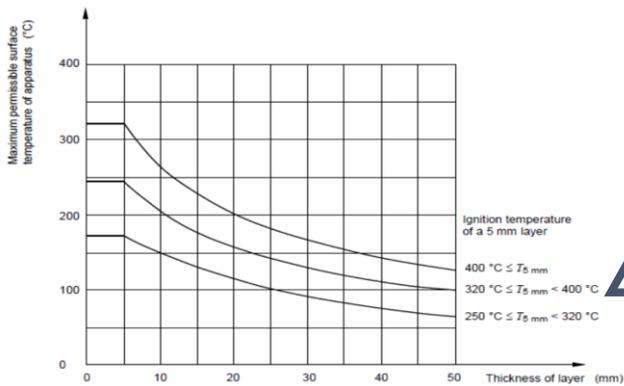
Figure 1. Fire Triangle

Yanıcı toz yakıttır. Ortamda genellikle oksijen bulunur. Oksijene ek olarak veya oksijen yerine başka bir kimyasal oksitleyici, yanma reaksiyonunda oksijenle benzer işleve sahip olabilir.

Yakıt (Toz) + Oksijen → Oksitler + Isı (Zincir Reaksiyonu)

Toz Katman Yangını

Toz kalınlığı – Kendiliğinden Tutuşma Sıcaklığı (AIT)



EN 60079-10-2: Explosive atmospheres Part 10-2: Classification of areas - Explosive dust atmospheres

Toz Parlama Yangını

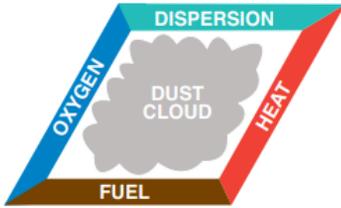


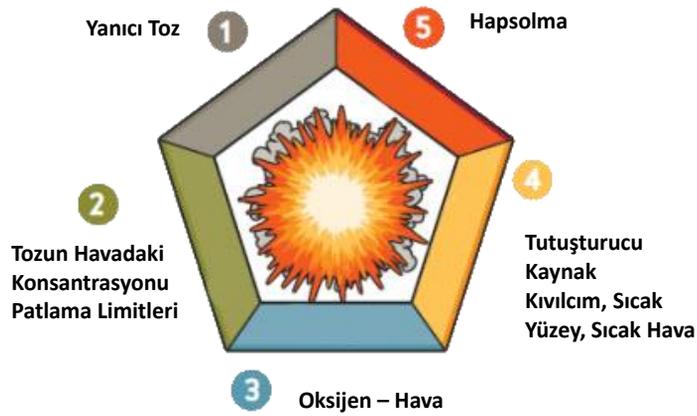
Figure 2. Elements of a Flash Fire²



https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/OSHA_3644.pdf

TOZ PATLAMASI

Patlama Beşgeni (Toz)?



Toz Yangını- Parlama Yangını – Toz Patlaması



Figure 1. Fire Triangle

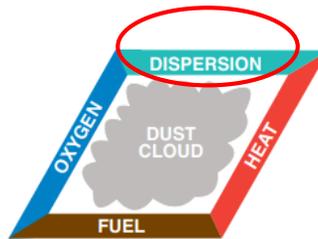
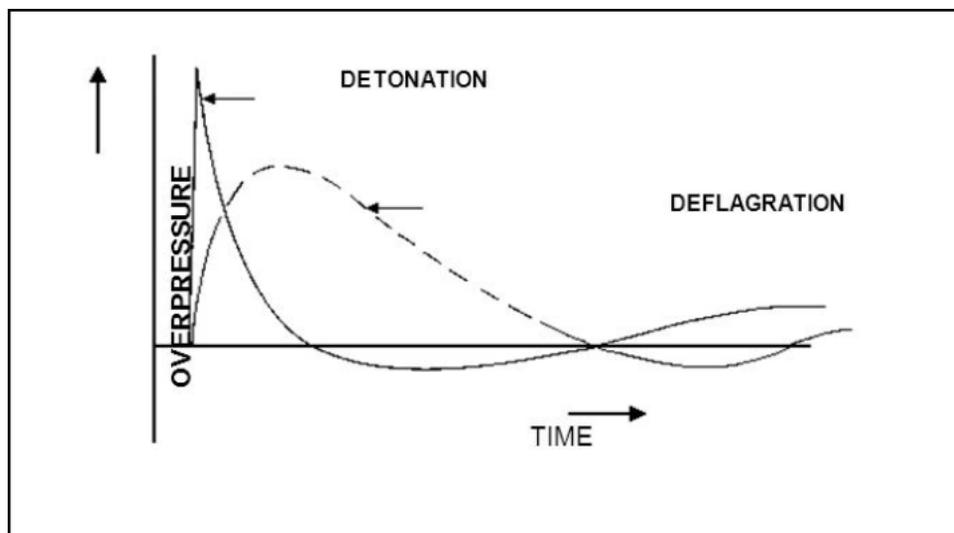


Figure 2. Elements of a Flash Fire²

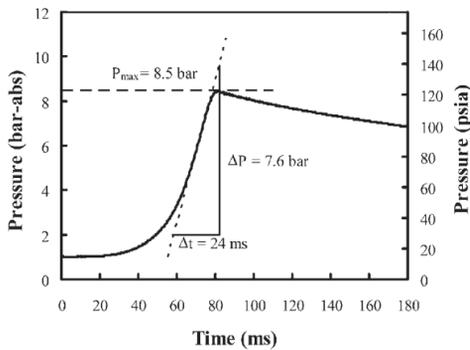


Figure 3. Explosion Pentagon

https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/OSHA_3644.pdf



DEFLAGRATION

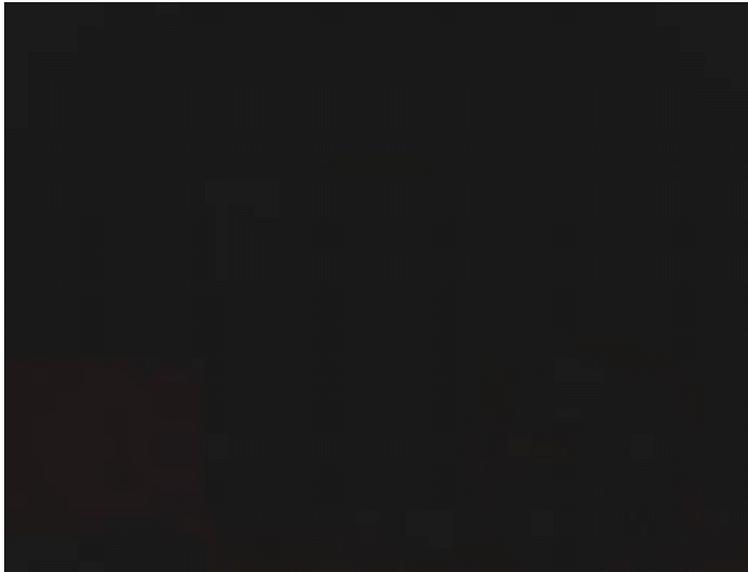


Chemical	Maximum Pressure P_{max} (barg)			Deflagration Index K_G (bar-m/sec)		
	NFPA 68 1998	Bartknecht 1993	Senecal 1998	NFPA 68 1998	Bartknecht 1993	Senecal 1998
Hydrogen	6.9	6.8	6.5	659	550	638
Methane	7.05	7.1	6.7	64	55	46
Ethane	7.8	7.8	7.4	106	106	78
Butane	8.0	8.0		92	92	
Isobutane			7.4			67
Propane	7.9	7.9	7.2	96	100	76
Pentane	7.65	7.8		104	104	
Ethylene			8.0			171
Methyl Alcohol		7.5	7.2		75	94
Ethyl Alcohol			7.0			78
Ethyl benzene	6.6	7.4		94	96	

Propagation of a combustion zone at a velocity that is less than the speed of sound in the the reacted medium (NFPA 68, 2018)

TOZ PATLAMASI

Kapalı alan/Hapsolma?



Ateş Topu

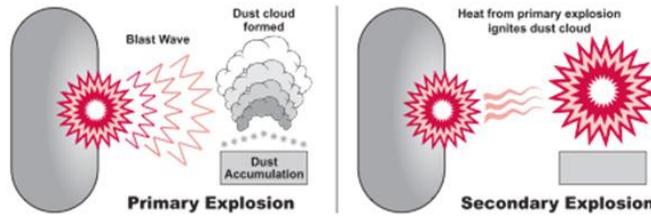


Patlama sırasında veya sonrasında mevcut olan anlık alev topu (NFPA 921)



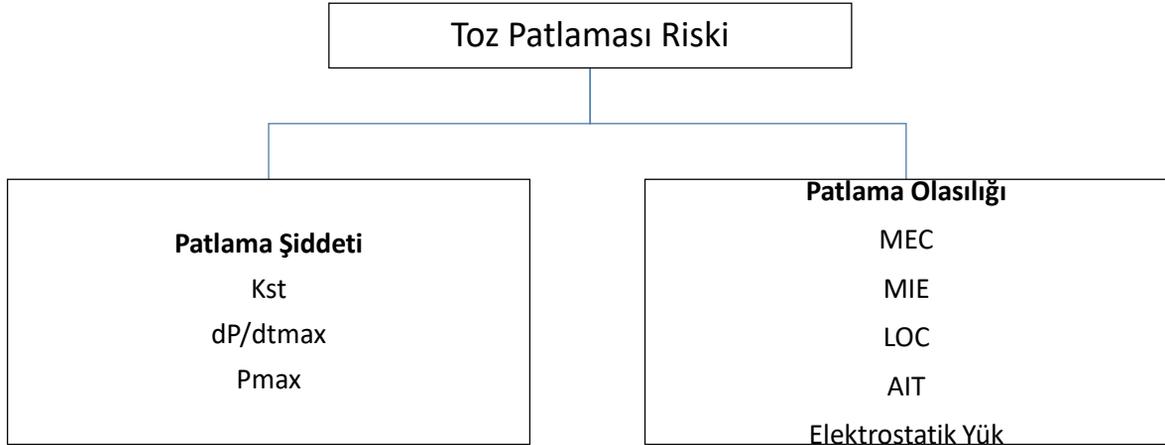
Figure 10. Violent fireball erupting from the facility (elapsed time - 16 seconds)
(Georgia Ports Authority security video).

Toz Patlama Mekanizması : Birincil ve İkincil Patlamalar



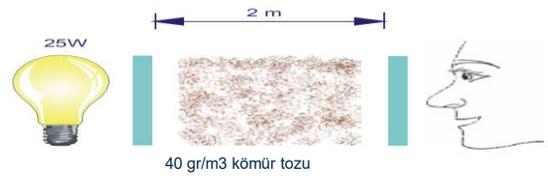
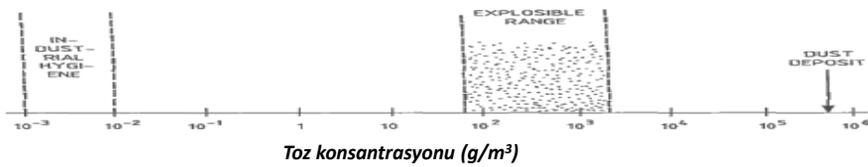
Source: <https://prestivac.com/sites/default/files/the-elements-of-a-dust-explosion-1.jpg>

TOZ PATLAMALARININ ÖNLENMESİ



TOZUN PATLAYICILIKLA İLGİLİ PARAMETRELERİ

Minimum Patlama Konsantrasyonu MEC

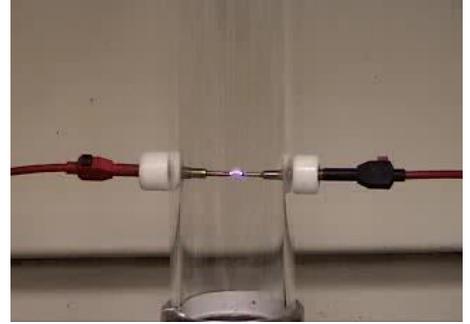


TOZ PARAMETRELERİ

Minimum Tutuşma Sıcaklığı - MIT (Minimum Ignition Temperature)

5 mm kalınlığındaki bir toz parçasının tutuşmasına yeterli olan ısıtılmış serbest duran yüzeyin asgari sıcaklığıdır.

- Toz bulutlarının tutuşma sıcaklığı bileşime bağlıdır.
- Partikül boyutu azaldıkça azalır.
- Toz konsantrasyonu arttıkça azalır.
- Tabaka kalınlığı artıkça azalır.
- Parlayıcı buhar ortamında azalır.



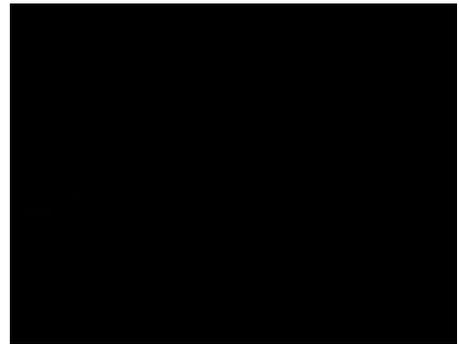
TOZ PARAMETRELERİ

Minimum Tutuşma Sıcaklığı (Toz Bulutu için) –MIT (°C)

IEC 61241-2-1'de MIT'in tespiti için bir test yöntemi mevcuttur. MIT tutuşturma kaynaklarının eliminasyonunda, elektrikli cihazların sınıflandırılmasında ve patlama durdurma sistemlerinin tasarımında önemli bir parametredir. MIT genellikle Godbert-Greenwald fırını veya BAM fırını kullanılarak tespit edilir.

Minimum Kendi Kendine Tutuşma Sıcaklığı – MAIT (°C)

Belirli bir miktardaki toz, kontrollü bir ortamda ısıtılarak hesaplanan bu karakteristik adı üzerinde toz katmanının kendi kendine tutuşmasını sağlayacak minimum ortam sıcaklığını gösterir.



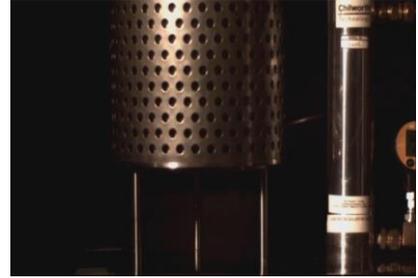
TOZ PARAMETRELERİ

Minimum Tutuşma Enerjisi - MIE(μ J)

Belirli test koşulları altında en optimum toz-hava karışımını tutuşturmak için gereken minimum elektrik kıvılcımcı enerjisidir. (test kondansatöründe biriken minimum enerji)

Bu özellik, örneğin bir üretim alanında bulunan motor, rulman, V-kayış, fırın vb. gibi ısınan elemanların oluşturabileceği riskleri öngörmeye yarar.

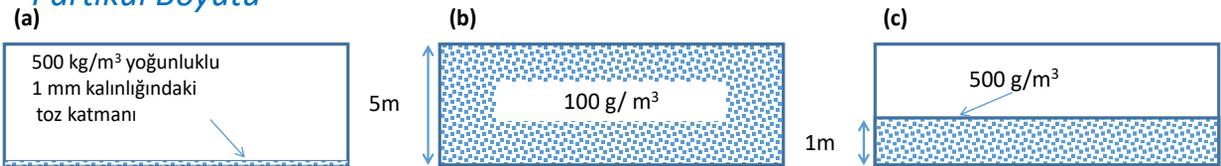
<https://www.youtube.com/watch?v=TTMXlrbaWA>



MIE	Önlemler
500	Elektrostatik ateşlenmeye karşı düşük hassasiyet. Fabrika ekipmanlarına topraklama yapınız.
100	Çalışanların madde ile iç içe olduğu alanlarda çalışanları da topraklayın (+/- 5)
25	Elektrostatik kaynaklı toz patlamalarının en sık olduğu alan (+/- 5).
10	Elektrostatik ateşlenmeye yüksek hassasiyet. Yangın maddelerin kullanılması ve kıvılcım yapabilecek ekipmanların kullanılması sınırlandırılmalı.
1	Aşırı yüksek hassasiyet. Patlayıcı toz konsantrasyonu oluşumunu engelleyin. Yüklenmelerin düzenli izlenerek, yüklenme durumlarında güvenli şekilde boşaltılmasının sağlanması gerekir.

Toz Bulutunun Tutuşma Hassasiyeti ve Patlama Şiddetine Etki Eden Faktörler

Partikül Boyutu



- (a) 1mm kalınlığında ve yığın yoğunluğu 500 kg/m³ olan toz katmanı,
 (b) Ortalama 100 g/m³ yoğunluklu 5 m'lik bir toz bulutu,
 (c) 1m yüksekliğinde kısmi dağılımlı 500 g/m³ yoğunluklu bir toz bulutu oluşturabilir.

$$c_H = \rho_{\text{yığın}} \frac{h}{H}$$

h kalınlığında ve $\rho_{\text{yığın}}$ yoğunluğunda bir toz katmanının, H yüksekliğinde oluşturacağı toz bulutunun konsantrasyonu, c_H :

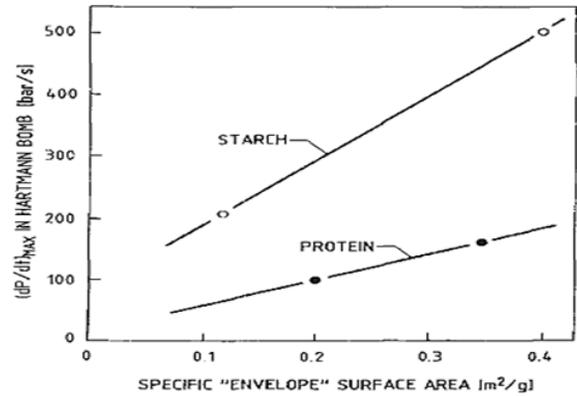
Toz Bulutunun Tutuşma Hassasiyeti ve Patlama Şiddetine Etki Eden Faktörler

Tozun Nem İçeriği

Nem toz bulutunun MIT değerini yükseltmektedir.

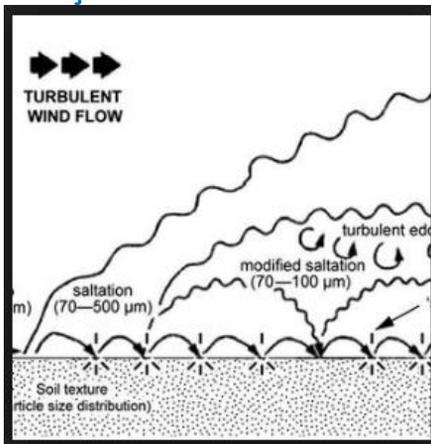
- Örneğin %14 neme sahip unun minimum tutuşma sıcaklığı 470 °C iken, kuru ununki 440 °C dir.
- % 13 neme sahip nişasta için minimum tutuşma sıcaklığı 470 °C iken, kuru nişasta için 400 °C dir.

Tozun Kimyasal Yapısı

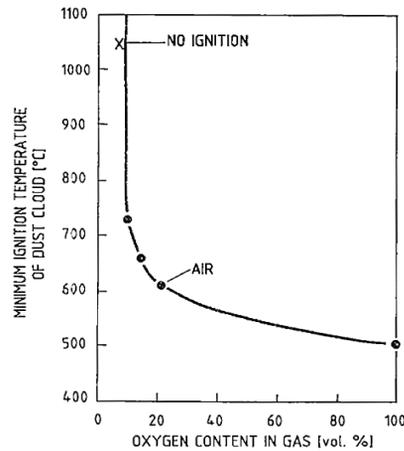


Toz Bulutunun Tutuşma Hassasiyeti ve Patlama Şiddetine Etki Eden Faktörler

Akış hızı



Oksijen Miktarı-LOC



TOZ PARAMETRELERİ

Maksimum Patlama Basıncı- P_{max} (bar) / Deflagrasyon İndeksi (Kst)

P_{max} , belirli test koşulları kapalı bir deney kabında toz bulutunun patlaması sonucu oluşan maksimum basınç

Kst, bir kapalı kaptaki optimum koşullarda gerçekleştirilen toz patlamasının ölçülen maksimum basınç hızını ifade eder.

Examples of K_{st} Values for Different Types of Dusts

Dust explosion class*	K_{st} (bar.m/s)*	Characteristic*	Typical material**
St 0	0	No explosion	Silica
St 1	>0 and \leq 200	Weak explosion	Powdered milk, charcoal, sulfur, sugar and zinc
St 2	>200 and \leq 300	Strong explosion	Cellulose, wood flour, and poly methyl acrylate
St 3	>300	Very strong explosion	Antraquinone, aluminum, and magnesium

The actual class is sample specific and will depend on varying characteristics of the material such as particle size or moisture.
 * OSHA CPL 03-00-008 - Combustible Dust National Emphasis Program.
 ** NFPA 68, Standard on Explosion Prevention by Deflagration Venting.

$K_{st} = (dP/dt)_{max} * V^{1/3}$ formülüne göre hesaplanır.

V: Kap hacmi (m^3),

$(dP/dt)_{max}$ birim zamanda maksimum basınç artış hızı

<https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/3371combustible-dust.pdf>

TOZ PARAMETRELERİ



Dust	5 mm Layer Ignition °C	5cm cube Ramp Ignition °C ¹	MIE mJ^2	Kst bar m/s	Pmax bar	Cloud Ignition °C
Bio-waste	300	135	>1000	69	5.7	480
Coal dust	225	115	>1000	70	7.5	450
Maize Starch	440	208	100	110	9.2	480
Sawdust	315	181	10	115	9.2	470
Calcium Stearate	>450	316	10	130	8.7	560
Sulphur	260	-	3	151	6.8	280
Aluminium	>450	-	3	415	11.2	600

<https://www.ri.se/en/what-we-do/services/combustible-dust-analysis>

Rogers, R & Hawksworth, Stuart & Beyer, Michael & Proust, Christophe & Lalic, D & Gummer, J & Raveau, David. (2006). Ignition of Dust Clouds and Dust Deposits by Friction Sparks and Hotspots.

Toz Patlamasıyla İlgili Bazı Standartlar, Düzenlemeler

OSHA Enforcement

- General Industry (29 CFR 1910)
- [Combustible Dust National Emphasis Program](#). OSHA Directive CPL 03-00-008, (March 11, 2008).
- [Status Report on Combustible Dust --- National Emphasis Program \(PDF\)](#). OSHA, (October 2009), 12 pages. Twenty-five states, Puerto Rico and the Virgin Islands have OSHA-approved State Plans and have adopted their own enforcement policies. For the most part, these States adopt standards that are identical to Federal OSHA. However, some States may have different enforcement policies.
- [Policy Memo on Accumulation Depth for Combustible Dusts](#), (April 2015).

☑ NFPA 61 – Agriculture and Food Industries

☑ NFPA 68 – Deflagration Venting

☑ NFPA 69 – Prevention Systems

☑ NFPA 120 – Coal Mines

☑ NFPA 484 – Combustible Metals

☑ NFPA 499 – Electrical Installations

☑ NFPA 654 – Manufacturing, Processing and Handling Dusts

☑ NFPA 664 – Wood Processing

Europe Enforcement

- HSE HSG103 – Safe Handling of Combustible Dusts

IEC, EN standard

- BS EN 60079-10-2 : Explosive atmospheres Part 10-2: Classification of areas - Explosive dust atmospheres

Toz Patlaması Nasıl Değerlendirilir?



NFPA 652, Dust Hazard Analysis (DHA), 2005

Toz Patlama Şiddeti Testi

Go or No Go Test

P_{max} , $(dP/dt)_{max}$, K_{st}

- “The owner/operator of a facility with combustible particulate solids and dust shall be responsible to identify, sample, analyze, and test materials to ensure the materials are combustible and the hazards are adequately assessed.” (NFPA 652 4. 4. 1)
- “go/no/go” test: “yes, it blows up, or no, it doesn’t” per ASTM E 1226 (NFPA 652 4. 5. 3. 1)

Chemical Properties			Physical Properties						
No	Name	MEC	Size	AIT	Humidity	P_{max}	St class	Kst	MIE
		g/m^3	μm	$^{\circ}C$	%	Bar			mJ
1	Starch	60	28	410	1,9	8,2	1	15 2	3,1

GESTIS STAUB-EX	
Madde hakkında detaylı bilgi:	
Olimesartan Medoxomil / Amlodipin Besilat / Niğasta 1500 / Selüloz / Na CMC (yaklaşık 20: 7: 35: 33: 6) (- 9075)	
Kritik	
- Toz boyutu (D_{50} (m μ - μ))	100 100
- Toz boyutu (D_{10} (m μ - μ))	83 83
- Toz boyutu (D_{90} (m μ - μ))	96 98 100 100
- Toz boyutu (D_{50} (m μ - μ))	43 43 65 65
- Toz boyutu (D_{10} (m μ - μ))	24 24
- Akışkan değer (μm)	48 48 28 28
- Nem ($\mu g/m^3$)	4.1 1.9 1.9 1.9
- AIT Ertisi (g/m^3)	60
- maksimum basınç (Bar)	8.2
- K_{st} değeri (Bar m/s)	152
- Eriti yetersiz	51.1
- Minimum ateşleme enerjisi (mJ)	3.1 3*10
- Patlama sıcaklığı (BAM [$^{\circ}C$])	410
- Yangıcı BZ	3
Bu sonuç, özünü, toz numunesinin teslim durumunu (partikül boyutu) dağılım ve nem) açıklar. Bu durumda toz yama ve patlama davranışları için de incelendiye, sonuçlar da bu sınırdadır.	
Tespit edilen sınırdadır. Başka test koşulları ve buraya ilgili parametreler tablosuna göre.	
Yardımcı değerler: Ortalama dağılım ve sınırları. Bununla birlikte, yasa nedenleriyle bağışçılık olarak sorulabilir kabul edilebilir, ayrıca vücutlarının sınırları da tablo 2.	

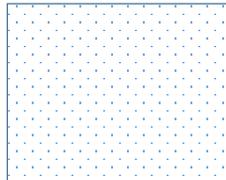
Toz yangını veya patlama tehlikelerini belirleyin Ne Kadar Toz?

- Toz katmanı > 0,4 mm, < 1900 m² alan olarak 5%den daha az (NFPA 654)
- 1 mm toz katman yoğunluğu 500 kg/m³

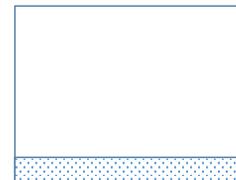
1 mm toz katman yoğunluğu
500kg/m³



5 m toz katman yoğunluğu
100kg/m³



1 m toz katman yoğunluğu
500g/m³



NFPA 652, 2020, 7.2.1.3

Toz flash yangını veya toz patlaması tehlike alanları aşağıdaki dört yöntemden herhangi birine göre belirlenecektir.

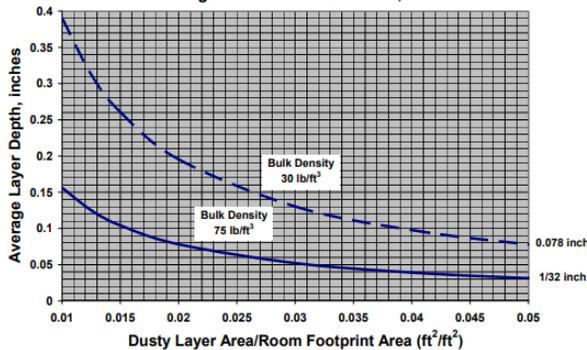
1. Katman Kalınlık Metodu
2. Kütle Metodu A
3. Kütle Metodu B
4. Risk değerlendirme metodu

Katman Kalınlığı Kriteri

Yanmaya veya patlamaya neden olabilecek ortamın belirlenmesinde tozun oluşturduğu tabakanın derinlik kriteri kullanılmaktadır. Katman Kalınlığı Kriteri –1/32 inç + yığın yoğunluğuna ve toplam alana bağlıdır (NFPA 654 -2013 6. 1. 3. 1):

- 20.000 (1.858,045 m²)' ft² den daha küçük alanlarda tozun yayıldığı alanda müsaade edilen derinlik üzerindeki alan, toplam alanın % 5'ini geçmeyecektir.
- 20.000 ft² (1858,045 m²)'den büyük alanlarda 1000 ft² (92,9 m²) temelinde değerlendirme yapılacaktır.

Figure A.6.1.1.1 Dust Deflagration Hazard Limitation - Average Layer Depth with Reduced Accumulation Area for Buildings or Rooms less than 20,000 ft²



$$\text{Toz tabakasında müsaade edilen derinlik (inç) LD} = \frac{(1/32) \times 75 \text{ (lb/ft}^3\text{)}}{\text{Tozun Kütle yoğunluğu (lb/ft}^3\text{)}}$$

Dust Accumulation Area	Layer Depth Criterion
1000 ft ²	1/32 inches
100 ft ²	0.3 inches
50 ft ²	0.6 inches
25 ft ²	1.3 inches
16 ft ²	2.0 inches
9 ft ²	3.5 inches
4 ft ²	7.8 inches
2 ft ²	15.7 inches

Kütle Metodu A

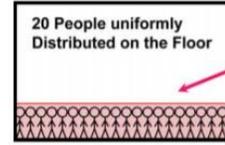
Patlama olması için gerekli toz miktarı (kapalı alan)

$$M_{basic-exp} = 0,004 \times A_{floor} \times H$$

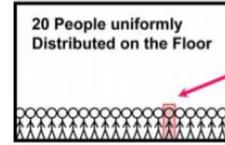
$M_{basic-exp}$: Binanın hasar görme kriterine dayalı toz kütlesi (kg)

A_{floor} : Alanın yüzeyi (m²) veya 2.000 m²

H : En düşük tavan yüksekliği veya 12 m alınır.



Occupied Volume =
 $A_{floor} \times \text{Nominal Height}$



5% of Occupied Volume

Parlama yangını oluşması için gereken toz miktarı

$$M_{basic-fire} = 0,002 \times A_{floor}$$

$M_{basic-exp}$: Kişilerin hasar görme kriterine dayalı toz kütlesi (kg)

A_{floor} : Alanın yüzeyi (m²) veya 2.000 m²

Kütle Metodu B

$$M_{exp} = \left[\frac{P_{es}}{DLF} \right] \left[\frac{C_w}{P_{max}} \right] \frac{A_{floor} \times H}{\eta_D}$$

$$M_{fire} = \rho \times C_w \left[\frac{P_{initial}}{P_{initial} + P_{max}} \right] \frac{A_{floor} \times D}{\eta_D}$$

Bölüm adı	m ²	Örnek - m ²	Örneğin miktarı- kg	Sahadaki tahmini miktar kg
Proses	700	4	0,75	131,5 (for 700 m2)
Paketleme	250	2	0,2	25
Sevkiyat	50	3	0,15	2,5
Kirişler	80	3	0,1	2,67
Asma katlar	120	3	0,1	4
Toplam	1200			165,42

$$M_{exp} = \left[\frac{P_{es}}{DLF} \right] \left[\frac{C_w}{P_{max}} \right] \frac{A_{floor} \times H}{\eta_D}$$

$$M_{exp} = \left[\frac{0,036}{1,5} \right] \left[\frac{0,60}{7} \right] \frac{1000 \times 9,5}{0,25} = 78 \text{ kg}$$

$$M_{fire} = \rho \times C_w \left[\frac{P_{initial}}{P_{initial} + P_{max}} \right] \frac{A_{floor} \times D}{\eta_D}$$

$$M_{fire} = 0,05 \times 0,6 \left[\frac{1}{1+7} \right] \frac{1000 \times 2}{0,25} = 30 \text{ kg}$$

78 kg (Mexp)
30 kg (M fire)
< 165,42 kg



Önlemler NFPA 654



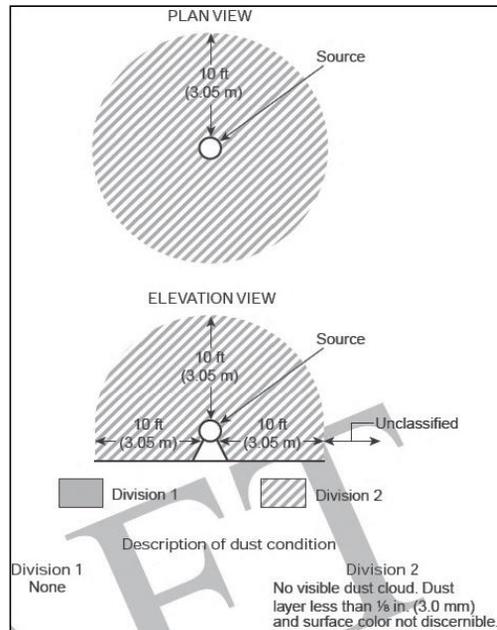
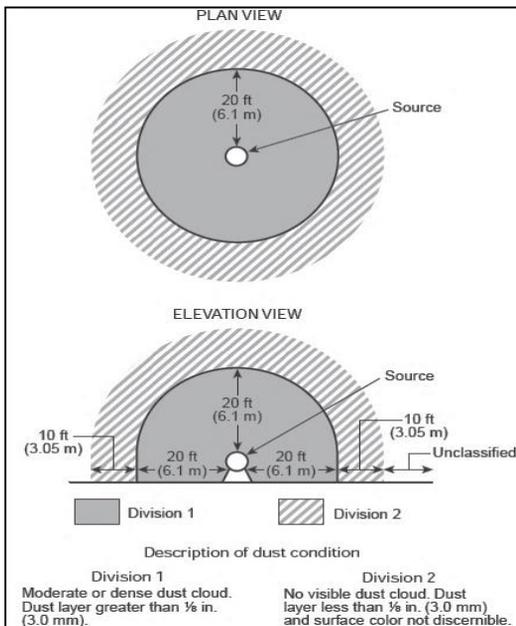
Table A.8.4.1.3(a) Unscheduled Housekeeping

Accumulation on the Worst Single Square Meter of Surface	Longest Time to Complete Unscheduled Local Cleaning of Floor-Accessible Surfaces	Longest Time to Complete Unscheduled Local Cleaning of Remote Surfaces
>1 to 2 times threshold dust mass/accumulation	8 hours	24 hours
>2 to 4 times threshold dust mass/accumulation	4 hours	12 hours
>4 times threshold dust mass/accumulation	1 hour	3 hours

Table A.8.4.1.3(b) Unscheduled Housekeeping Accumulations

Accumulation on the Worst Single Square Meter of Surface	Average Depth at 75 lb/ft ³ (1200 kg/m ³)	Average Depth at 30 lb/ft ³ (481 kg/m ³)
>0.2–0.4 lb/ft ² (>1 to 2 kg/m ²)	>1/32–1/16 in. (0.8–1.7 mm)	>3/64–3/32 in. (2.1–4.2 mm)
>0.4–0.8 lb/ft ² (>2 to 4 kg/m ²)	>1/16–1/8 in. (1.7–3.3 mm)	>3/32–5/16 in. (4.2–8.3 mm)
>0.8 lb/ft ² (>4 kg/m ²)	>1/8 in. (>3.3 mm)	>3/16 in. (>8.3 mm)

NFPA 499 ve NFPA 654





IEC 60079-10-2

INTERNATIONAL
STANDARD

NORME
INTERNATIONALE



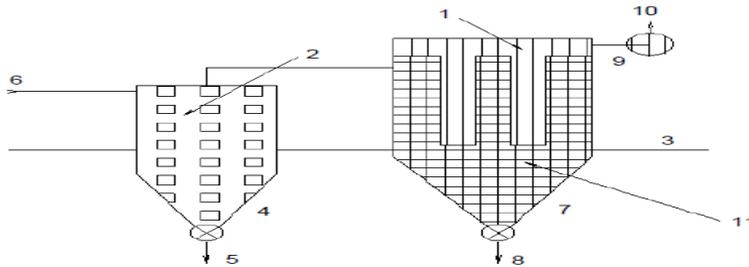
Explosive atmospheres –
Part 10-2: Classification of areas – Explosive dust atmospheres

Atmosphères explosives –
Partie 10-2: Classement des emplacements – Atmosphères explosives
poussiéreuses

combustible dust

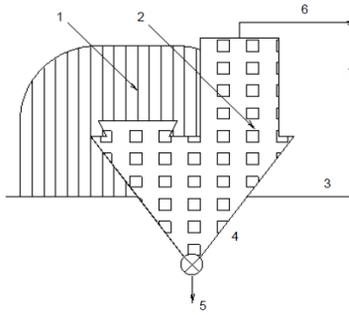
finely divided solid particles, 500 µm or less in nominal size, which may form an explosive mixture with air at atmospheric pressure and normal temperatures

Tesis Dışındaki Temiz Hava Çıkışı Siklon ve Filtre



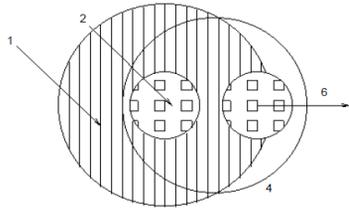
- 1 - zone 22
- 2 - zone 20
- 3 - Zemin
- 4 - siklon
- 5 - ürün
- 6 - giriş ağzı
- 7- filtre
- 8-küçük parçacıklı toz kabı
- 9- çekiş fanı
- 10- çıkış silosuna
- 11-zone 21

- **Zone 20:** Siklonun içi sürekli patlayıcı atmosfer içerir
- **Zone 21:** Normal koşullarda siklonun toplayamadığı küçük miktardaki partikülü yakalayan filtrenin kirlı tarafı, aksi halde Zone 20 olacaktır.
- **Zone 22:** Filtrenin temiz tarafı. Filtre çalışmaz ise filtrenin temiz hava çıkışından yanabilir toz çıkacaktır.



Tesis İçinde Emiş Sistemli Torba Boşaltma İstasyonu

- 1- zone 22
- 2 - zone 20
- 3 - zemin
- 4 - boşaltma hunisi
- 5 - proses hattına
- 6 - toz emiş sistemi



- Zone 20: Huninin içi, sürekli patlayıcı ortam meydana gelmektedir.
- Zone 22: İkincil salım dereceli kaynak olan menhol, zemine kadar genişletilmiş alan
- İyi tasarlanmış toz emiş sistemi nedeniyle dışarıya toz kaçmaz

Nasıl önleriz?

Tutuşma kaynaklarının bertarafı

Tutuşma kaynakları var mı? (kıvılcım, açık alev vb. sparks...) Ex ekipman seçimi doğru mu?

Toz elektrikli ekipmanların içine girebilir mi?

Temizlik

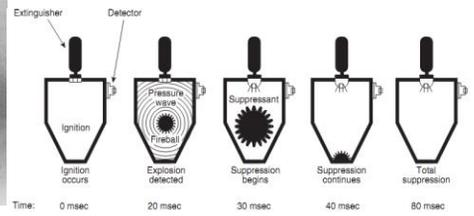
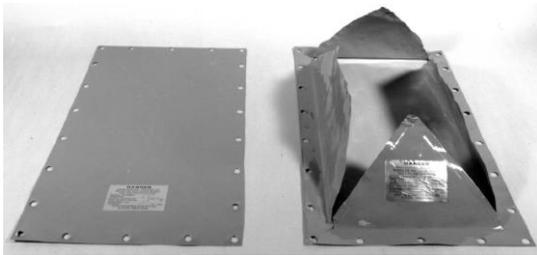
İş yerinizin sigara içmeme politikası var mı? Sigara ve tutuşturucu kaynakları üretim alanlarından uzak tutmak için önlemler var mı?

Tozun birikebileceği "gizli" alanları kontrol ettiniz mi?

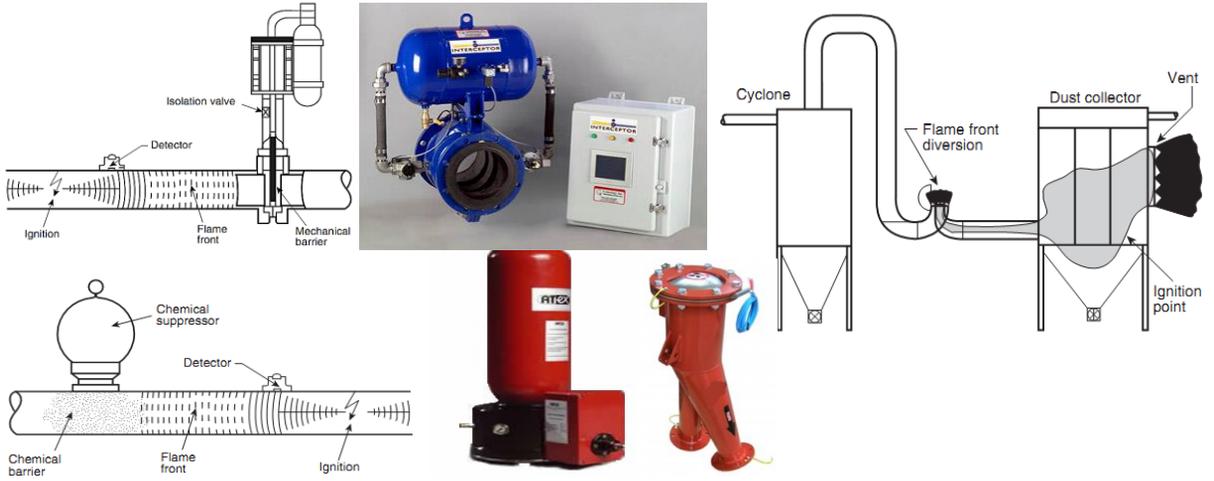
Eğitim, farkındalık

Çalışanlar yanıcı toz ve tehlikelerinin farkında mı?

Çalışanlar güvenli çalışma konusunda eğitim almış mı?



Mekanik veya kimyasal izolasyon, patlama saptırma



Teşekkür Ederim

«Color of Moon» *Marcella Giulia Pace, NASA*



- Chemical Safety and Hazard Investigation Board: [Combustible Dust Hazard Investigation](#) (November 2006).
- Chemical Safety and Hazard Investigation Board: "Dust Incidents, 2006–2017" ([PDF](#), October 2018).
- <https://www.csb.gov/recommendations/mostwanted/combustibledust/>
- Rogers, R & Hawksworth, Stuart & Beyer, Michael & Proust, Christophe & Lalic, D & Gummer, J & Raveau, David. (2006). *Ignition of Dust Clouds and Dust Deposits by Friction Sparks and Hotspots*.
- BS EN 60079-10-2 : Explosive atmospheres Part 10-2: Classification of areas - Explosive dust atmospheres.
- NFPA 499 NFPA 499, *Recommended Practice for the Classification of Combustible Dusts and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas*, 2013 Edition
- NFPA 654 *Standard for the Prevention of Fire and Dust Explosions from the Manufacturing, Processing, and Handling of Combustible Particulate Solids*
- NFPA 652, *Standard for the Prevention of Fire and Dust Explosions from the Manufacturing, Processing, and Handling of Combustible Particulate Solids*,
- NFPA 68, *Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting*
- Rolf K. Eckhoff, Chapter Seven - Dust Explosions, Editor(s): Rolf K. Eckhoff, *Explosion Hazards in the Process Industries (Second Edition)*, Gulf Professional Publishing, 2016,
- <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Hazardous-materials/RFEstimationOfFireballDimensionsFromNFPA68.aspx>
- www.dustsafetyscience.com
- <https://www.aiche.org/ccps/resources/glossary/process-safety-glossary>
- <https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/3371combustible-dust.pdf>
- ÇASGEM Ders Notları
- Ergün E., *Proses Güvenliği 2021 sempozyum sunumu*
- <http://www.prosesguvenligi.org/assets/Uploads/MBagan-Proses-Guvenligi.pdf>

Metal Sektörü için İleri Okumalar

https://www.researchgate.net/publication/326822945_Metal_Dust_Explosion_Hazards_A_Technical_Review/link/602d96f9299bf1cc26d23b94/download

<https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=484>

<https://www.brandforsk.se/en/research-projects/2019/dust-explosion-risks-in-the-metalworking-industry/>

Endüstride Sık Kullanılan Metal Tozları

Alüminyum

Bronz

Demir karbonil

Magnezyum

Çinko