

III. TEHLİKELİ KİMYASALLARIN YÖNETİMİ
SEMPOZYUMU VE SERGİSİ

KOK PROSESİ EGZOSTERLERDE
PATLAMADAN KORUNMA
DÖKÜMANI HAZIRLANMASI

Erdem ÖZDEMİR
Kimya Mühendisi
İş Güvenliği Bilim Uzmanı

KOK PROSESİ EGZOSTERLERDE PATLAMADAN KORUNMA DÖKÜMANI HAZIRLANMASI

- ▶ Kok Gazı Oluşum Süreci ve Kok Gazı Yapısı
- ▶ Egzosterde Kaçak Senaryo Belirlenmesi
- ▶ Egzosterde Kok Gazı Özgül Isı ve Molekül Ağırlık Hesaplamaları
- ▶ Egzosterde Kok Gazı Alt Patlama Limiti Hesaplamaları
- ▶ Politropik İndeks, Kritik Basınç, Boşalma Hızı Hesaplamaları
- ▶ Asgari Volumetrik Temiz Hava Akış Hızı, Hava Değişim Katsayısı, Teorik V_z hacmi Hesaplamaları
- ▶ Patlayıcı Zone Büyüklüğü, Kalıcılık Süresi ve Zone Bölge Belirlenmesi

KÖMÜR KARBONİZASYONU

Koklaşma Nedir ?

- Yüksek sıcaklıkta kompleks kömür molekülü kapalı ve havasız bir ortamda ısıtılırsa kömür molekülü parçalanır. Böylece oluşan uçucu maddeler kömür bünyesinden çıktıktan sonra ortamda kalan sert, gözenekli, sünger yapılu karbon yüzdesi fazla yapıya kok, bu işleme de koklaşma denir.



KOK ÜRETİMİ

- Koklaşma prosesi, havasız ortamda yüksek sıcaklıkta (1100°C) kömürün karbonizasyonunu içerir. Kok fırınları, silika tuğlalarla yapılmış dar ve uzun kamaralardır.



Kok Gazı Oluşumu

- Kömür harmanlarının, yüksek sıcaklıkta koklaştırılması işlemi sonucunda, kok ve kok gazı oluşur. Kok gazı bir gaz ve buhar sistemidir. Kok gazı, maden kömürü harmanlarının kok kamaralarında, termik parçalanması sırasında oluşan ilk gaz ürünlerinin parçalanması ve oluşan bu gaz ürünlerinin daha farklı bileşikler oluşturacak şekilde yeniden birleşmeleri ile oluşan uçucu ürünlerden meydana gelmiştir. Şarj edilen kömür harmanının niteliğine bağlı olarak kok gazının bileşiminde ve bileşenlerin miktarlarında, ortam sıcaklığının yükselmesiyle önemli derecede değişiklikler olduğu gözlenir.

Kok Gazı Oluşumu

- Koklaşma işleminin farklı etaplarında kamaralardan çıkan kok gazı ana gaz toplama borusuna gelir ve buradan bileşimi sabitlenir. Bu sayede gazın yan ürünler bölümüne sürekli aynı bileşimde gönderilmesi sağlanmış olur. Yarı koklaşmış tabakadan ve plastik kömür tabakasından çıkan ilk uçucu ürünler, kamaranın sıcak tabanında ve yan duvarlarında termik etkiye uğrarlar ve bunun sonucu olarak ilk ürünlerin parçalanması veya ikinci koklaşma işlemi ürünleri oluşmuş olur.

Kok Kamarası üstü ve ana gaz toplama borusu



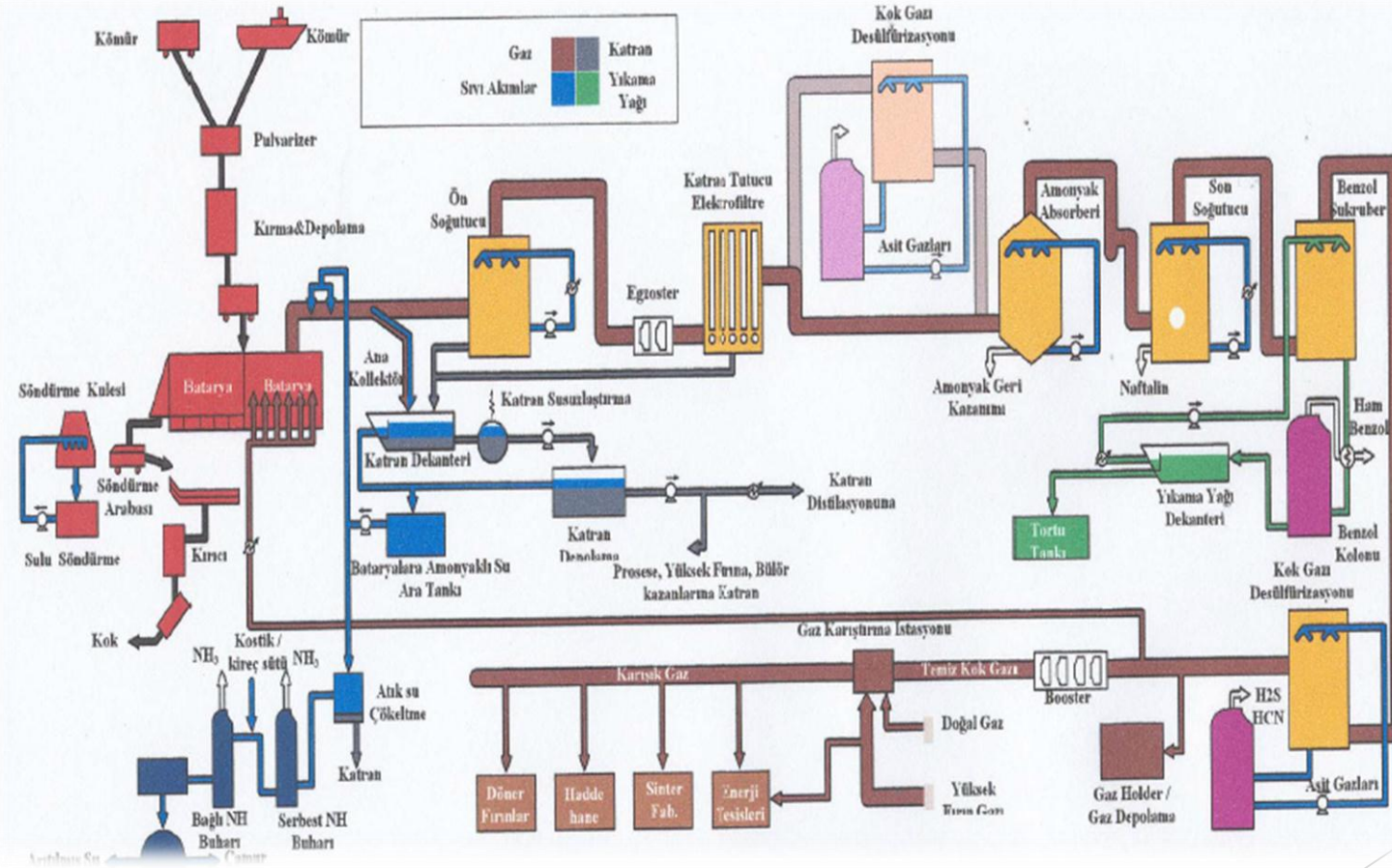
KOKLAŞMA SIRASINDA AÇIĞA ÇIKAN TEHLİKELİ KİMYASALLAR

- Koklaşma sırasında 200°C'nin altında çıkan maddeler su buharı, karbondioksit (CO₂) ve metan (CH₄)'dir. Bunların kömür molekülleri arasında absorbe edilmiş maddeler olması olasılığı büyüktür. 200-400°C arasında su buharı, CO₂ ve CO çıkar. Bu sıcaklıkta kömür molekülleri parçalanmaya başlamıştır. Uçucu madde miktarındaki ani artış 350- 450°C arasında başlar. Bu sıcaklığa ilk kritik sıcaklık adı verilir. Kok gazının hacimce %55-65'ini oluşturan hidrojen (H₂), 350°C'de oluşmaya başlar.

KOK GAZINI TAŞINMASI EGZOSTERLER

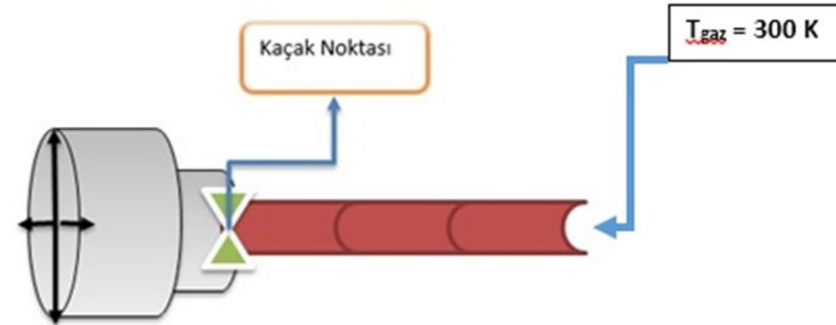
- Kok gazının, kok bataryalarından emilmesi ve bütün yan ürünler aygıtlarından geçirildikten sonra, kok gazının tüketileceği yere kadar basılması, egzoster tarafından sağlanır. Egzosterden önceki tüm aygıt ve borularda vakum, egzosterden sonraki tüm aygıt ve borularda basınç vardır. Emme tarafındaki vakum (eksi(-) basınç) gaz boru hattı ve aygıtların direncine bağlı olarak hesaplanır. Bu vakumun maksimum değeri 400-500 mm su sütunu'dur. Vakumun bu maksimum değerinde bile kok kamaralarında ve ana gaz toplama borusundaki basınç atmosfer basıncından daha fazladır. Bu sayede havanın koklaşma süresince kamaraya girmesi önlenmiş olur.

KOK PROSES ŞEMASI



Örnek Senaryonun Belirlenmesi

Kaza senaryosu Egzoster flanş ve boruları gaz sızıntısı için TS EN 60079-10.1 standartına göre hesaplama yapılacaktır.



Özgül Isı Hesaplamaları

Egzoster tesislerinde kok gazı farklı sıcaklıklarda girer ve çıkar diğer tesislere gönderilir. Patlamadan korunma dökümanın da politropik indeks, kritik basınç ve gaz boşalma hızını hesaplamak için özgül ısı değeri gereklidir. Özgül ısı, sıcaklık ile değişebilen bir değerdir. Karışım gazlarında yaklaşık değerleri bulabilmek için ideal gaz denklemi göz önünde bulundurularak hesaplama yapılacaktır.

- Bunun için Dalton Modeli kullanılacaktır. Bu modele göre karışımların özgül ısıları gibi değerlerinin hesaplanmasında mol fraksiyonları ya da karışım içindeki yüzdeleri kullanılmaktadır. Buna göre aşağıda k sayıdaki gazdan oluşan karışımın özgül ısıları için kullanılacak genel formül verilmiştir.

$$C_{p_{\text{Karışım}}} = \sum_{i=1}^k X_i \times C_{p_i}$$

Özgül Isı Hesaplamaları

- Bilindiği üzere özgül ısı sıcaklığın bir fonksiyonudur. Bu fonksiyon şu şekilde gösterilebilir;

$$c_p = A + BT + CT^2 + DT^3$$

- Her kimyasal için literatürde verilmekte olan A, B, C ve D sabit katsayıları mevcuttur. Kok Gazı karışımında bulunan kimyasallar için bu katsayılar aşağıda verilmiştir.

TABLO A-2
(Devam)

(c) Sıcaklığın fonksiyonu olarak

$$\hat{c}_{p,i} = a + bT + cT^2 + dT^3$$

[T, K ve $\hat{c}_{p,i}$, kJ/(kmol · K) birimlerinde]

Madde	Kimyasal formülü	a	b	c	d	Sıcaklık aralığı K	% hata En yüksek	Ort.
Azot	N ₂	28.90	-0.1571 × 10 ⁻²	0.8081 × 10 ⁻⁵	-2.873 × 10 ⁻⁹	273-1800	0.59	0.34
Oksijen	O ₂	25.46	1.520 × 10 ⁻²	-0.7155 × 10 ⁻⁵	1.312 × 10 ⁻⁹	273-1800	1.19	0.28
Hava		28.11	0.1967 × 10 ⁻²	0.4802 × 10 ⁻⁵	-1.966 × 10 ⁻⁹	273-1800	0.72	0.33
Hidrojen	H ₂	29.11	-0.1916 × 10 ⁻²	0.4003 × 10 ⁻⁵	-0.8704 × 10 ⁻⁹	273-1800	1.01	0.26
Karbon monoksit	CO	28.16	0.1675 × 10 ⁻²	0.5372 × 10 ⁻⁵	-2.222 × 10 ⁻⁹	273-1800	0.89	0.37
Karbon dioksit	CO ₂	22.26	5.981 × 10 ⁻²	-3.501 × 10 ⁻⁵	7.469 × 10 ⁻⁹	273-1800	0.67	0.22
Su Buharı	H ₂ O	32.24	0.1923 × 10 ⁻²	1.055 × 10 ⁻⁵	-3.595 × 10 ⁻⁹	273-1800	0.53	0.24
Azot oksit	NO	29.34	-0.09395 × 10 ⁻²	0.9747 × 10 ⁻⁵	-4.187 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.97	0.36
Azot oksit	N ₂ O	24.11	5.6632 × 10 ⁻²	-3.562 × 10 ⁻⁵	10.58 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.59	0.26
Azot dioksit	NO ₂	22.9	5.715 × 10 ⁻²	-3.52 × 10 ⁻⁵	7.87 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.46	0.18
Amonyak	NH ₃	27.568	2.5630 × 10 ⁻²	0.93072 × 10 ⁻⁵	-6.6909 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.91	0.36
Kükürt	S ₂	27.21	2.218 × 10 ⁻²	-1.628 × 10 ⁻⁵	3.986 × 10 ⁻⁹	273-1800	0.59	0.38
Kükürt dioksit	SO ₂	25.78	5.795 × 10 ⁻²	-3.812 × 10 ⁻⁵	8.612 × 10 ⁻⁹	273-1800	0.45	0.24
Kükürt trioksit	SO ₃	16.40	14.58 × 10 ⁻²	-11.20 × 10 ⁻⁵	32.42 × 10 ⁻⁹	273-1300	0.29	0.13
Asetilen	C ₂ H ₂	21.8	9.2143 × 10 ⁻²	-6.527 × 10 ⁻⁵	18.21 × 10 ⁻⁹	273-1500	1.46	0.59
Benzen	C ₆ H ₆	-36.22	48.475 × 10 ⁻²	-31.57 × 10 ⁻⁵	77.62 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.34	0.20
Metanol	CH ₃ O	19.0	9.152 × 10 ⁻²	-1.22 × 10 ⁻⁵	-8.039 × 10 ⁻⁹	273-1000	0.18	0.08
Etanol	C ₂ H ₅ O	19.9	20.96 × 10 ⁻²	-10.38 × 10 ⁻⁵	20.05 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.40	0.22
Hidrojen Klorür	HCl	30.33	-0.7620 × 10 ⁻²	1.327 × 10 ⁻⁵	-4.338 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.22	0.06
Metan	CH ₄	19.89	5.024 × 10 ⁻²	1.269 × 10 ⁻⁵	-11.01 × 10 ⁻⁹	273-1500	1.33	0.57
Etan	C ₂ H ₆	6.900	17.27 × 10 ⁻²	-6.406 × 10 ⁻⁵	7.285 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.83	0.28
Propan	C ₃ H ₈	-4.04	30.48 × 10 ⁻²	-15.72 × 10 ⁻⁵	31.74 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.40	0.12
n-Butan	C ₄ H ₁₀	3.96	37.15 × 10 ⁻²	-18.34 × 10 ⁻⁵	35.00 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.54	0.24
i-Butan	C ₄ H ₁₀	-7.913	41.60 × 10 ⁻²	-23.01 × 10 ⁻⁵	49.91 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.25	0.13
n-Pentan	C ₅ H ₁₂	6.774	45.43 × 10 ⁻²	-22.46 × 10 ⁻⁵	42.29 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.83	0.21
n-Heksan	C ₆ H ₁₄	6.938	55.22 × 10 ⁻²	-28.65 × 10 ⁻⁵	57.69 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.72	0.20
Etilen	C ₂ H ₄	3.95	15.64 × 10 ⁻²	-8.344 × 10 ⁻⁵	17.67 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.54	0.13
Propilen	C ₃ H ₆	3.15	23.83 × 10 ⁻²	-12.18 × 10 ⁻⁵	24.62 × 10 ⁻⁹	273-1500	0.73	0.17

Özgül Isı Hesaplamaları

Her kimyasal için literatürde verilmekte olan A, B, C ve D sabit katsayıları mevcuttur.

Kok Gazı karışımında bulunan kimyasallar için bu katsayılar aşağıda verilmiştir.

Katsayı	HİDROJEN	O2	N2	METAN	CO	CO2	ETAN	ETİLEN
A	29,11	25,48	28,9	19,89	28,16	22,26	6,9	3,95
B	-0,00196	0,0152	-0,00157	-0,00502	0,001675	0,05981	0,01727	0,01564
C	4,003E-06	-7,2E-06	8,08E-06	1,27E-05	5,37E-06	-3,5E-05	-6,4E-05	-8,3E-05
D	-8,704E-10	1,31E-09	-2,9E-09	-1,1E-10	-2,2E-09	7,47E-09	7,29E-09	1,77E-08

Bu bilgilere göre 300 K sıcaklıkta Hidrojen gazı için örnek bir hesaplama yapalım;

$$c_p = A + BT + CT^2 + DT^3$$

$$c_p = 29,11 - 0,00196 \times 300 + 4,003 \times 10^{-6} \times 300^2 - 8,704 \times 10^{-10} \times 300^3$$

$$c_p = 28,8576 \text{ kJ/kmol.K} = 14,315 \text{ kJ/kg.K}$$

Kok Gazı Özgül Isı Hesaplamaları

$$MA_{Karışım} = \sum_{i=1}^k X_i \times MA_i$$

KOK GAZI 300 K SICAKLIKTA ÖZGÜL ISI DEĞERİ HESAPLAMASI					
	HİDROJEN	METAN	CO	ETAN	ETİLEN
T (K)	300	300	300	300	300
A	29,11	19,89	28,16	6,9	3,95
B	-0,00196	-0,005024	0,001675	0,01727	0,01564
C	0,000004003	0,00001269	0,00000537 2	-0,00006406	-0,00008344
D	-8,704E-10	-1,101E-08	-2,222E-09	7,285E-09	1,767E-08
Cp kj/kmol.K (kok)	28,8587692	19,22763	29,085986	6,512295	1,60949
% kok	0,6533	0,2179	0,072	0,0192	0,0076
MA kg/kmol	2,016	16,04	28,01	30,07	28,054
Cp kj/kg.K (kok)	14,31486567	1,19873005	1,03841435 2	0,216571167	0,05737114 1
Toplam Cp	2,474384732	0,549869651	0,27484829 8	0,016410131	0,00160538 3

KOK GAZI GAZI Cp HESABI						
	Cp	Yi	Ma	Yi*Ma	Mfi=Yi*Ma/M m	Mfi*Cp
Hidrojen	14,3164	0,653 3	2,016	1,31705 3	0,172854205	2,47465
Metan	1,1984	0,217 9	16,04	3,49511 6	0,458710159	0,54971 8
Karbonmonoksit	1,04	0,072 28,01	28,01	2,01672	0,264680758	0,27526 8
Etan	0,2079	0,019 2	30,07	0,57734 4	0,075772466	0,01575 3
Etilen	0,0432	0,007 6	28,05 4	0,21321	0,027982412	0,00120 9
Oksijen	0,92731 2	0,007 3	32	0,2336	0,030658408	0,02843
Azot	1,04010 6	0,076 8	28,01	2,15116 8	0,282326142	0,29364 9

$$C_{p,m} = \sum_{i=1}^2 mf_i C_{p,i}$$

Kok Gazı Alt Patlama Limiti Hesaplamaları

- % LEL_v değerleri hesaplanmış olan karışım gazlarının alt patlama limiti değerlerini LEL_m (kg/m^3) cinsinden ifade etmek için aşağıdaki formül kullanılmaktadır.

$$LEL_m = 0.416 \times 10^{-3} \times MA \times LEL_v$$

- Buna göre hidrojen için örnek hesaplama yapılmış ve aşağıda kok gazı içinde bulunan patlayıcı gazlar ve alt patlama limitleri verilmiştir.

$$LEL_H = 0.416 \times 10^{-3} \times 2,016 \times 4 = 0,0033546 \text{ kg/m}^3$$

Kok Gazı Alt Patlama Limiti Hesaplamaları

► Kok Gazı İçindeki Alevlenir Kimyasal ve Oranları

İçindeki Tehlikeli Kimyasallar	Karışım içindeki %	MA(kg/kmol)	LEL _v (%)	LEL _m (kg/m ³)
Hidrojen	57,4	2,016	4	0,0033
Metan	21,78	16,04	5	0,033
Karbonmonoksit	6,33	28,01	12,5	0,1456
Etan	1,69	30,07	3,12	0,0389
Etilen	0,65	28,054	2,7	0,0315

Kok Gazı Alt Patlama Limiti Hesaplamaları

Karışımların alt patlama limitleri hesaplanırken Le Chatelier'in patlayıcılar için hacimsel oranların karışım kanunu kullanılmaktadır.

$$LEL_{karışım} = \frac{1}{\sum \frac{x_i}{LEL_i}}$$

KOK GAZI ALT PATLAMA LİMİTİ					
	HİDROJEN	METAN	CO	ETAN	ETİLEN
Ma	2,016	16,04	28,01	30,07	28,054
LeL (%v)	4	5	12,5	3,12	2,7
0,000416	0,000416	0,000416	0,000416	0,000416	0,000416
% karışım	0,6533	0,2179	0,072	0,0192	0,0076
LeLm	0,003354624	0,0333632	0,145652	0,039028	0,03151
(LeLm) karışım	0,004938156				

$$LEL_{karışım} = \frac{1}{\sum \frac{x_i}{LEL_i}} = \frac{1}{\frac{0,6533}{0,0033} + \frac{0,2179}{0,0333} + \frac{0,072}{0,1456} + \frac{0,0192}{0,039} + \frac{0,0076}{0,0315}}$$

$$LEL_m karışım = 0,0049 \text{ kg/m}^3$$

$$LEL_{\%v} karışım = \frac{1}{\sum \frac{x_i}{LEL_i}} = \frac{1}{\frac{0,6533}{4} + \frac{0,2179}{5} + \frac{0,072}{12,5} + \frac{0,0192}{3,12} + \frac{0,0076}{2,7}}$$

$$LEL_{\%} karışım = 4,51$$

Kok Gazı Molekül Ağırlık Hesaplamaları

$$MA_{\text{Karışım}} = \sum_{i=1}^k X_i \times MA_i$$

KOK GAZI 300 K SICAKLIKTA MOLEKÜL AĞIRLIK HESAPLAMASI						
	HİDROJEN	METAN	CO	ETAN	ETİLEN	
% kok	0,6533	0,2179	0,072	0,0192	0,0076	
MA kg/kmol	2,016	16,04	28,01	30,07	28,054	10,56

Kok gazı molekül ağırlığı 10,56 kg/kmol olarak hesaplanmıştır.

Kok Gazı Politropik İndeks Hesabı

- ▶ Adyabatik politropik indeksi, γ

- ▶
$$\gamma = \frac{M \cdot C_p}{M \cdot C_p - R}$$

- ▶
$$\gamma = \frac{\frac{10,56 \text{ kg}}{\text{kmol}} \cdot 3638,67 \text{ J} \cdot \text{kg} / \text{K}}{10,56 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \cdot 3638,67 \text{ J} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{K}} - \frac{8314 \text{ J}}{\text{kmol} \cdot \text{K}}}$$

- ▶ $\gamma = 1,24$

Kritik Basınç Hesaplamaları

P_c	Krtik Basınç
P_0	Kabın Dışındaki Basınç
α	Politropik İndeks
$P_c > P$	Boğulmamış Gaza Göre Hesaplama (Ses Altı Hızda Gaz Yayılması)
$P_c < P$	Boğulmuş Gaza Göre Hesaplama (Ses Hızında Gaz Yayılması)

► Kritik Basınç, P_c

► $P_c = P_0 \left(\frac{\gamma + 1}{2} \right)^{\gamma / \gamma - 1}$

► $\gamma = 1,24$

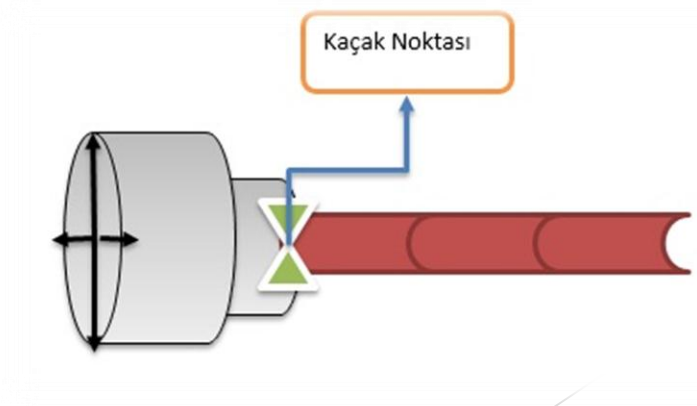
► $P_0 = 101325 \text{ Pa}$

► $P_c = 184350 \text{ Pa}$

Boşalma Hızı Hesabı

- $P < P_c$ olduğundan boğulmamış gaza göre hesaplama yapılmalıdır.

Kaza senaryosuna göre deprem vb. bir sebeple Egzoster flanş ve boruları için hesaplama yapılacaktır. Binada 1 adet egzoster mevcuttur. Egzoster vakum sonrası çalışma basıncı 12427 Pa'dır. Yapılan senaryo deprem anında 100 cm² 'lik flanş kaçağıdır.



Boşalma Hızı Hesaplamaları

- ▶ Boşalma Kaynağı : Egzoster Flanş Boru $g : 9,81 \frac{m}{s^2}$
- ▶ Kesit Alanı : $0,01 m^2$ $c_p : 3316,55$
- ▶ Boşalma Derecesi : Tali Boşalma $P_0 : 101325 Pa$
- ▶ Emniyet Faktörü $k : 0,5$ $R : 8314 J/kmol.K$
- ▶ Çalışma Basıncı $P : 12427 Pa$ $M_A : 10,56 kg/kmol$
- ▶ Alt Patlama Limiti : $0,0049 \frac{kg}{m^3}$ $T : 293 K$

$$(dG/dt)_{max} = Sp \sqrt{\frac{M}{RT} \frac{2\gamma}{\gamma-1} \left[1 - \left(\frac{p_0}{p} \right)^{(\gamma-1)/\gamma} \right] \left(\frac{p_0}{p} \right)^{1/\gamma}}$$

$$(dG/dt)_{max} = 0,01 \times 121427 \sqrt{\frac{10,56}{8314 \times 293} \frac{2 \times 1,27}{1,27-1} \left[1 - \left(\frac{101325}{121427} \right)^{(1,27-1)/1,27} \right] \left(\frac{101325}{121427} \right)^{1/1,27}}$$

$$(dG/dt)_{max} = 1,307 kg/s$$

Asgari Volumetrik Temiz Hava Akış Hızı

Asgari volumetrik temiz hava akış hızı:

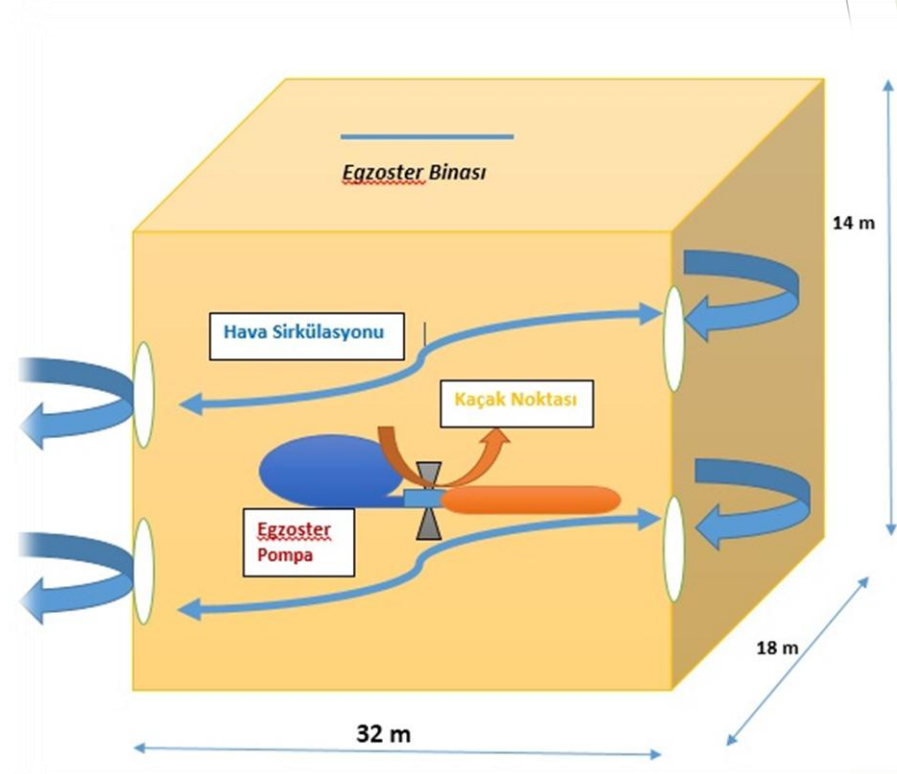
$$(dV/dt)_{min} = \frac{(dG/dt)_{max}}{k \times LEL} \times \frac{T}{293}$$

$$(dV/dt)_{min} = \frac{1,307}{0,5 \times 0,0049} \times \frac{293}{293} = 465,34 \text{ m}^3/\text{s}$$

Bir yanıcı madde yayılmasının alt patlama limitinin altında gereken yoğunluğa düşürülmesi için kullanılması gerekli olan teorik asgari havalandırmanın tespiti yapılmıştır.

Hava Değişim Katsayı Hesaplamaları

Yapılan hava akım hızı hesaplamalarında kullanılmak üzere orta noktaya gelecek şekilde anemometre ile yapılan ölçümlerde, hava akım hızı 1,6 m/s bulunmuştur. Ancak egzozter binası kısmen kapalı alandadır. Bu nedenle hesaplamalarda havalandırma değerlendirilirken kalite faktörü engellenmiş hava akışı olarak değerlendirilecektir.



Hava Değişim Katsayı Hesaplamaları

Hava Değişim Sayısı

Burada C birim zamandaki hava değişimi sayısıdır ve aşağıdaki denklemden hesaplanır:

$$C = \frac{dV_o/dt}{V_o}$$

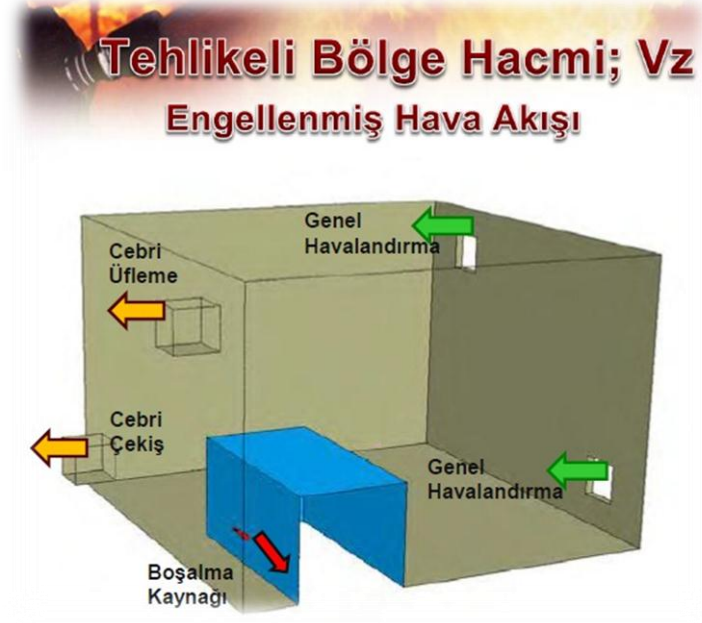
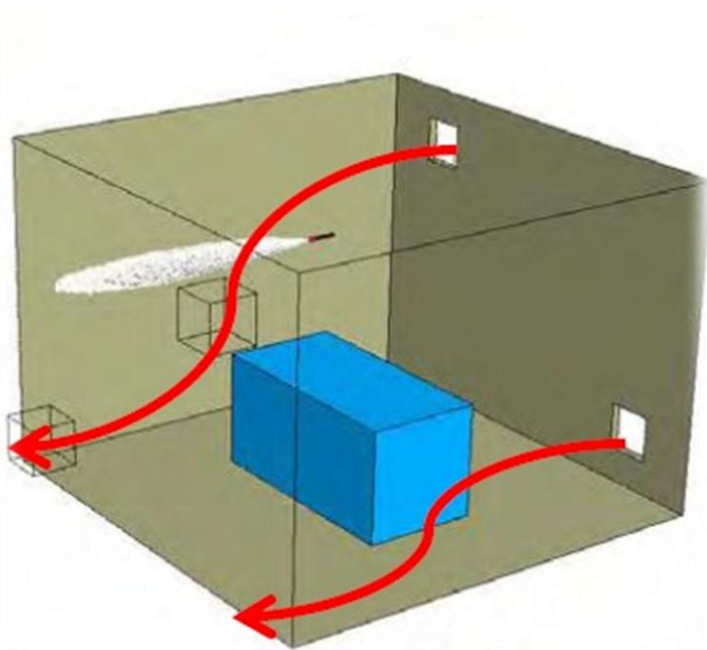
dV_c/dt = Değerlendirilen hacimden geçen toplam temiz hava akış hızı,

V_o = Toplam hacim.

Hava Değişim Katsayı Hesaplamaları

- Kapalı Ortam Özellikleri ;

- Hava Değişim Katsayısı $C = \frac{1,6 \text{ m/s}}{14 \text{ m}} = 0,114 \text{ s}^{-1}$



Teorik V_z hacmi Hesaplamaları

- ▶ Teorik V_z hacmi Hesaplamaları ;

- ▶
$$V_z = \frac{f \times dv/dt}{C}$$

- ▶ f : Kalite Faktörü = 3

- ▶ C : Hava Değişim Katsayısı = $0,114 \text{ s}^{-1}$

- ▶ $\frac{dv}{dt}$: Asgari Volumetrik Temiz Hava Akış Hızı =

$$465,34 \text{ m}^3/\text{s}$$

- ▶ $V_z = 12246 \text{ m}^3$

f : Kalite Faktörü	1	Çok İyi Havalandırma
Havalandırma Katsayısı	2	
Havalandırma Katsayısı	3	
Havalandırma Katsayısı	4	
Havalandırma Katsayısı	5	
Havalandırma Katsayısı	5	

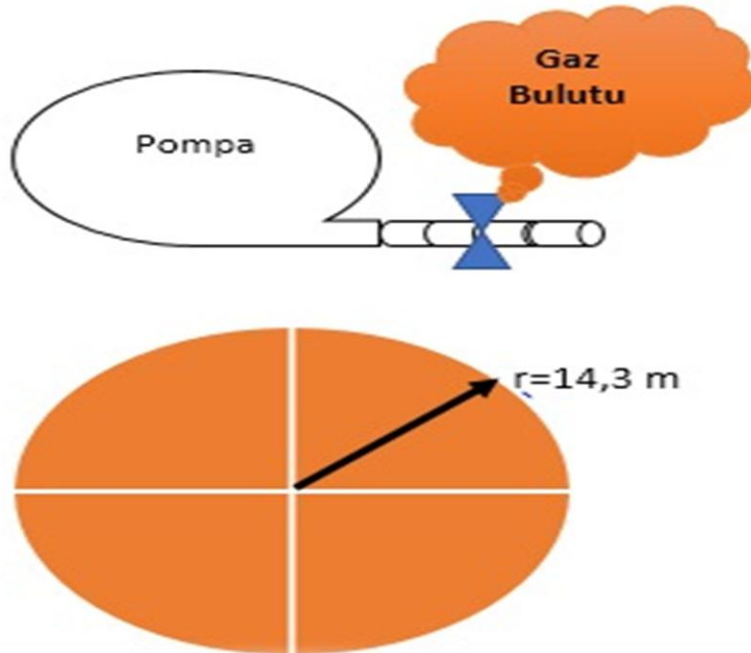
Patlayıcı Zone Büyüklüğü

Patlayıcı zone büyüklüğü:

$$z = \frac{4}{3}\pi r^3$$

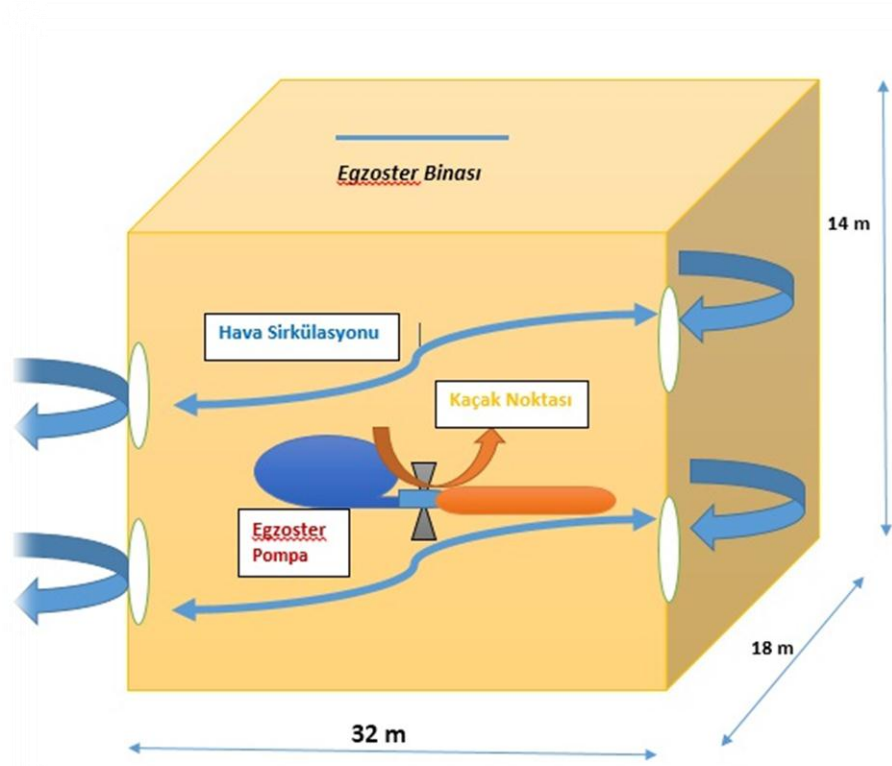
$$12246 = \frac{4}{3}\pi r^3$$

$$r = 14,3 \text{ m}$$



TEHLİKELİ BÖLGE HACİM HESAPLAMALARI

- Egzoster binası ; boy 32 m, genişlik 18 m ve yükseklik 14 m'dir.
- $V_0 = \text{Taban Alanı} \times \text{Yükseklik}$
- $V_0 = 32 \times 18 \times 14$
- $V_0 = 8064 \text{ m}^3$



Havalandırma Derecesinin Tahmin Edilmesi

- ▶ Yapılan hesaplamalarda V_z değeri V_0 değerinden büyüktür.
- ▶ Buna göre ; $V_0 < V_z$ olduğundan düşük havalandırma olarak nitelendirilir.

$$V_z < 0,1$$

YÜKSEK HAVALANDIRMA

$$0,1 < V_z < V_0$$

ORTA HAVALANDIRMA

$$V_z > V_0$$

DÜŞÜK HAVALANDIRMA

Havalandırmanın Kullanılabilirliği

- ▶ Havalandırmanın kullanılabilirliğinin patlayıcı gaz ortamının mevcut olması ve oluşması üzerinde etkisi vardır. Bundan dolayı, kuşak tipini belirlerken havalandırmanın kullanılabilirliğinin de (derecesi ile beraber) hesaba katılması gerekir. Havalandırma için üç kullanılabilirlik seviyesi düşünülmelidir:
- ▶ **İyi:** Havalandırma pratik olarak sürekli mevcuttur,
- ▶ **Orta:** Havalandırmanın normal çalışmada sürekli mevcut olması beklenir. Kesintilere seyrek oluşmaları ve kısa süreli olmaları kaydıyla izin verilir.
- ▶ **Kötü:** İyi veya orta standardını karşılamayan havalandırmadır, fakat kesintilerin uzun sürelerle oluşması beklenmez. Kötü kullanılabilirlik şartlarını bile karşılamayan havalandırmanın bölgenin havalandırmasına katkıda bulunduğu düşünülmemelidir.

Kalıcılık Süresinin Hesaplamaları

- ▶ $t = \frac{-f}{C} \times \ln \frac{LeL \times k}{X_0}$
- ▶ X_0 LEL ile aynı birimlerde ölçülmüş olan (%vol veya kg/m³), yanıcı maddenin başlangıç yoğunluğu. Patlayıcı gaz ortamında bir yerlerde yanıcı madde yoğunluğu %100 olabilir (genellikle sadece boşalma kaynağının çok yakınında). Ancak t hesaplanırken X_0 için alınacak uygun değer özel duruma bağlıdır. Burada diğer hususların yanı sıra etkilenen hacim ile birlikte boşalmanın sıklığı ve süresi dikkate alınmalıdır.
- ▶ C Birim zamandaki hava değişimi sayısı,
- ▶ t C ile aynı birimdedir. C saniyede hava değişimi ise t 'nin birimi saniyedir.
- ▶ f Engellenmiş hava akışına izin veren bir faktör, V_z belirlemede uygulanan sayısal değer aynıdır,
- ▶ k LEL_m 'ye uygulanan emniyet faktörü; $(dV/dt)_{min}$ belirlemede uygulanan sayısal değer aynıdır.

f : Kalite Faktörü	1 Çok İyi Havalandırma
Havalandırma Katsayısı	2
Havalandırma Katsayısı	3
Havalandırma Katsayısı	4
Havalandırma Katsayısı	5 Çok Kötü Havalandırma

$$LEL_{\% \text{ karışım}} = \frac{1}{\sum \frac{x_i}{LEL_i}} = \frac{1}{\frac{0,6533}{4} + \frac{0,2179}{5} + \frac{0,072}{12,5} + \frac{0,0192}{3,12} + \frac{0,0076}{2,7}}$$

$$LEL_{\% \text{ karışım}} = 4,51$$

Kalıcılık Süresinin Hesaplamaları

$$\text{▶ } t = \frac{-3}{0,114} \times \ln \frac{4,51 \times 0,5}{100}$$

$$\text{▶ } t = 99,79 \text{ sn} = 1,66 \text{ dk}$$

- ▶ Hesaplanan kalıcılık süresi 1,66 dakikadır. Bu da yayılımın sürekli gaz ortamı oluşturacak şekilde olmadığını göstermektedir. Ancak havalandırma kapılar kapatıldığında çok engellendiğinden, bu alan için yayılımın **ZONE 0** olarak kabul edilmesi yerinde olacaktır.

ZONE ATAMASININ YAPILMASI

Teorik V_z değeri V_0 değerinden büyük olduğu için; havalandırma, (TS EN 60079 standardında belirtildiği üzere) düşük olarak alınmalıdır. Tabloya göre bu alanın kuşaklandırma bölgesinin yayılımı **Zone 0 veya Zone 1** bulunmaktadır.

Boşalma Derecesi	Havalandırma						
	Yüksek			Orta			Düşük
	Kullanılabilirlik Derecesi						
	İyi	Orta	Kötü	İyi	Orta	Kötü	İyi, Orta veya Kötü
Sürekli	ZONE 0 NE Tehlikesiz ^a	ZONE 0 NE ZONE 2 ^a	ZONE 0 NE ZONE 1 ^a	ZONE 0	ZONE 0 +	ZONE 0 +	ZONE 0
Ana	ZONE 1 NE Tehlikesiz ^a	ZONE 1 NE ZONE 2 ^a	ZONE 1 NE ZONE 2 ^a	ZONE 1	ZONE 1 +	ZONE 1 +	ZONE 0 c A
Tali ^b	ZONE 2 NE Tehlikesiz ^a	ZONE 2 NE Tehlikesiz ^a	ZONE 2	ZONE 2	ZONE 2	ZONE 2	ZONE 0 c VEYA ZONE 1

**DİNLEDİĞİNİZ İÇİN
TEŞEKKÜRLER**

