

TÜRKİYE KİMYA SANAYİCİLERİ DERNEĞİ



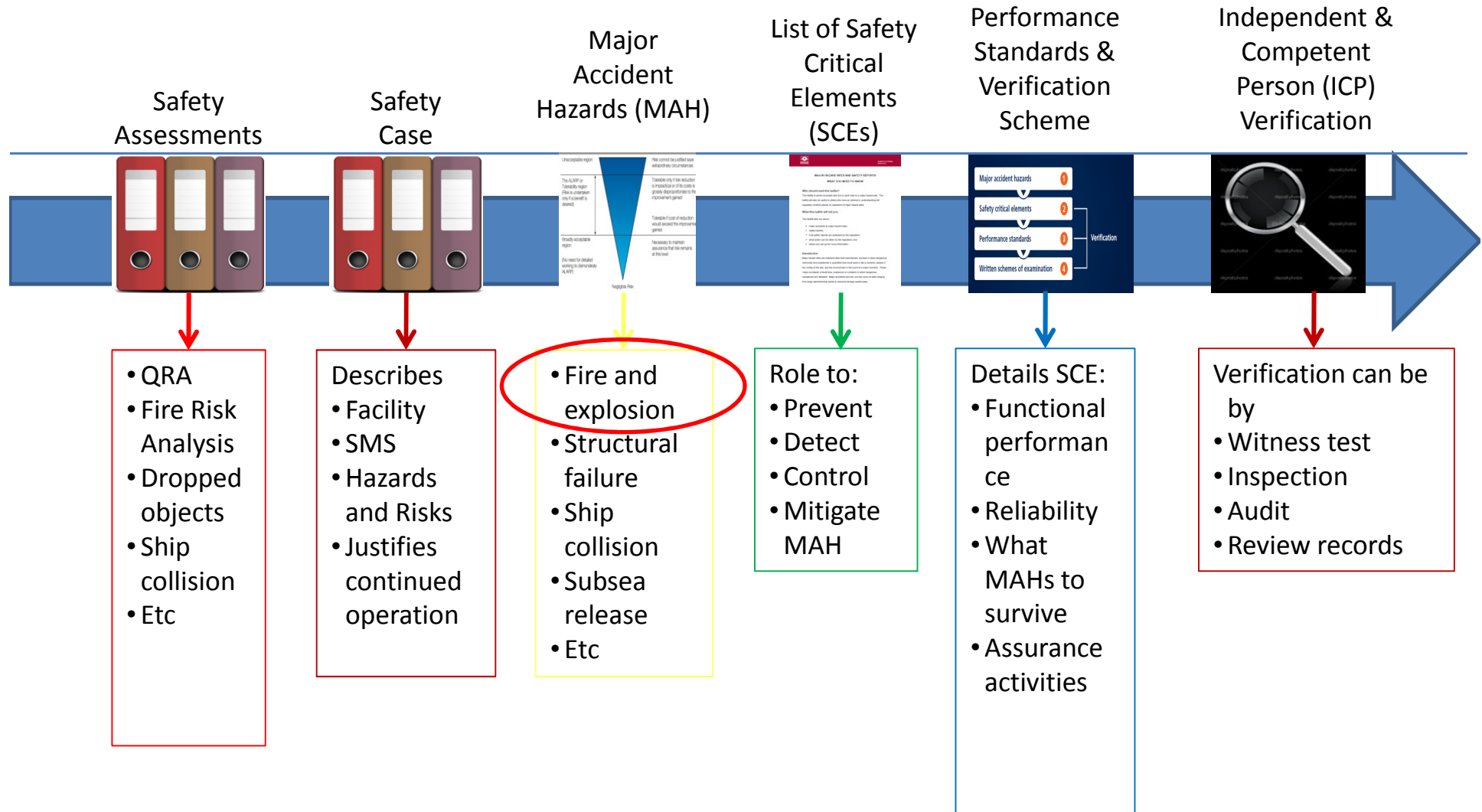
Bekra Senaryolarından Havuz Yangınlarında Isı Akısının Hesaplanması

**III. Tehlikeli Kimyasalların Yönetimi Sempozyumu
21-22 Mayıs 2015
Ankara**

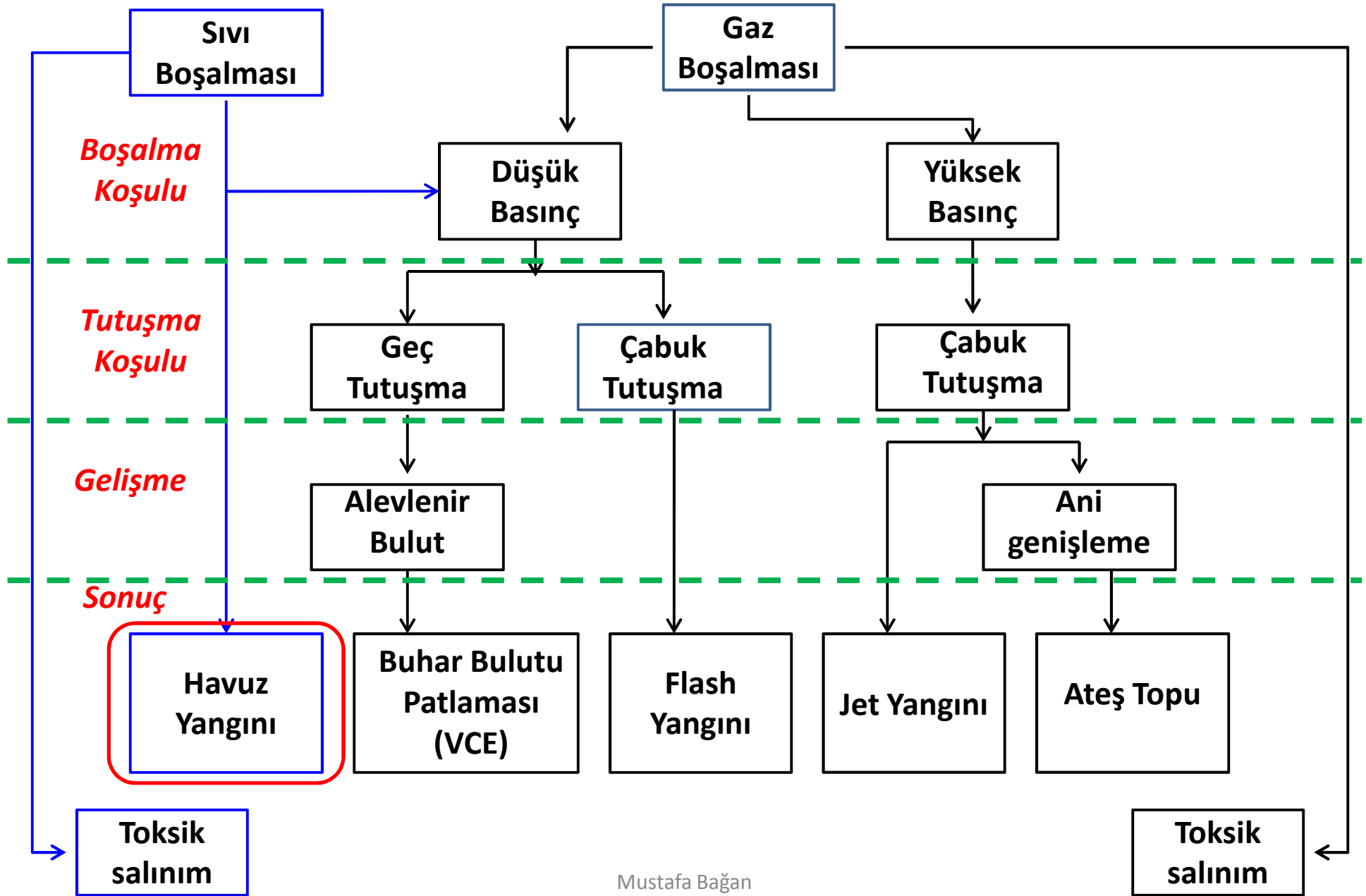
**Mustafa Bağan
Genel Sekreter**



Major Hazard Management Process



Gaz ve Sıvı Boşalmaları



Tutuşma Olasılıkları

Madde kategorisi	Sürekli boşalma kaynağı	Ani boşalma kaynağı	Doğrudan tutuşma olasılığı (0-1)
Kategori 0	< 10 kg/s	< 1,000 kg	0.2
P.N. < 0°C ve K.N. ≤ 35°C	10 – 100 kg/s	1000 – 10,000 kg	0.5
/ Yüksek reaktiflik	> 100 kg/s	> 10,000 kg	0.7
Kategori 0	< 10 kg/s	< 1,000 kg	0.02
P.N. < 0°C ve K.N. ≤ 35°C	10 – 100 kg/s	1000 – 10,000 kg	0.04
/ Düşük reaktiflik	> 100 kg/s	> 10,000 kg	0.09
Kategori 1 P.N. < 21 °C	Tüm akım dereceleri	Tüm miktarlarda	0.065
Kategori 2 P.N. > 21°C ≤ 55 °C	Tüm akım dereceleri	Tüm miktarlarda	0.01
Kategori 3 P.N. > 55 °C ≤ 100°C	Tüm akım dereceleri	Tüm miktarlarda	0
Kategori 4 P.N. > 100°C			

**National Institute of Public Health and the Environment (RIVM), Reference Manual Bevi Risk Assessments version 3.2 – Introduction, 01.07.2009*

Eskalasyon Vektörü*

İlk senaryo	Eskalasyon vektörü	Beklenen ikinci senaryo ⁽¹⁾
Havuz yangını	Isı radyasyonu, alev çarpması	Jet yangını, havuz yangını, BLEVE, toksik boşalma
Jet yangını	Isı radyasyonu, alev çarpması	Jet yangını, havuz yangını, BLEVE, toksik boşalma
Ateş topu	Isı radyasyonu, alev çarpması	Tank yangını
Flash yangını	Alev çarpması	Tank yangını
Mekanik patlama ⁽²⁾	Parça tesiri, yüksek basınç	Hepsi ⁽³⁾
Kısıtlanmış patlama	Yüksek basınç	Hepsi ⁽³⁾
BLEVE	Parça tesiri, yüksek basınç	Hepsi ⁽³⁾
Toksik boşalma	-	-

(1) Öngörülen senaryo kabın içerdiği miktara da dayanmaktadır.

(2) Kabın ilk yırtılmasından sonra, bir çok senaryo oluşabilir (ör. Havuz yangını, ateş topu, toksik boşalma)

(3) İlk kolonda listelenen ilk senaryolardan herhangi birisi eskalasyon vektörleri ile oluşabilir

* Cozzani, V., Gubinelli, G. and Salzano, E., "Escalation Thresholds in the Assessment of Domino Accidental Events"

Mustafa Bağan

Isı Akısının Etkileri

Isı Akısı kW/m ²	Etkiler
1	Yazın öğle zamanı güneşten alınan ısı
2	1 dakika maruz kalma sonucu acı duyma için minimum doz
< 5	15-20 saniye içinde acı duyma ve 30 saniyede yaralanma
> 6	Yaklaşık 10 saniye sonra acı duyma hızlı kaçma tek olasılık
12,5	Orta seviyede maruz kalmada önemli ölüm şansı <ul style="list-style-type: none">• Yangının uzağındaki izolasyonlu ince çelik levha yeterli termal strese ulaşarak yapısal çökmeye neden olabilir.• Odun uzun süre maruz kalmada tutuşur.
25	<ul style="list-style-type: none">• Uzun süre maruz kalma sonucu odunda kendiliğinden tutuşma• Koruması olmayan çelik termal strese ulaşarak çökmeye neden olur.
35	<ul style="list-style-type: none">• Ani maruz kalan kişilerle önemli ölme şansı• Selülozik materyal 1 dakikalık maruz kalma sonucu tutuşur

**HSE, 2008. Indicative Human Vulnerability to the Hazardous Agents Present Offshore for Application in Risk Assessment of Major Accidents, HID Semi Permanent Circular.*

Havuz yangınları

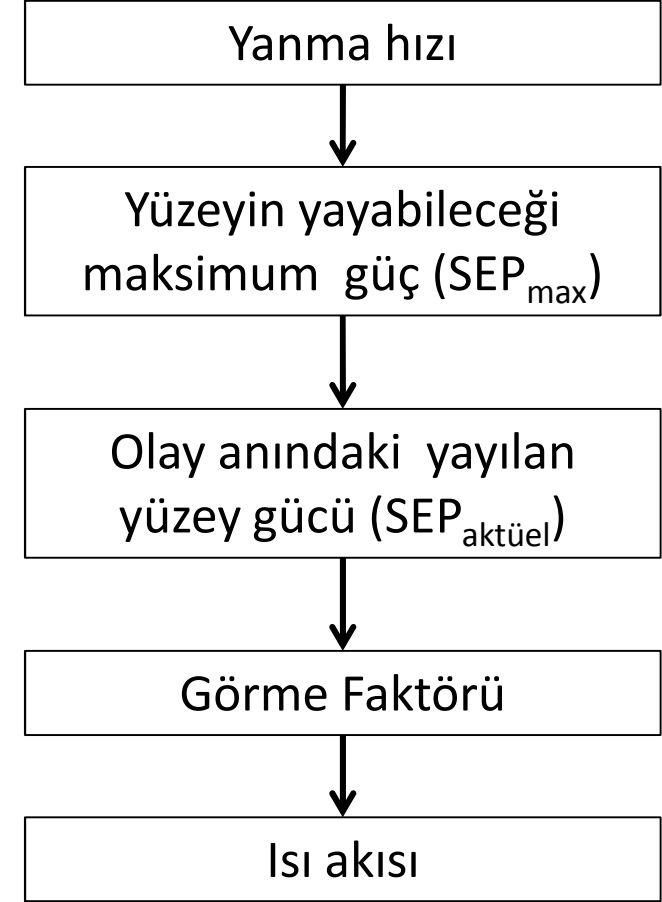
Bir havuz yangınında aşağıdaki konular izlenebilir :

- ❑ Yangının karakteristiği çoğunlukla meteorolojik koşullara ve özellikle **rüzgarın hızına bağlıdır.**
- ❑ Yangının **süresi** buharlaşan alevlenir **maddenin miktarına** bağlıdır.
- ❑ **Yanma hızı**, Alevlenir maddenin havuzdan **buharlaşma hızına** eşittir.
- ❑ Yangın ve alevlenir madde arasında **bir ısı geri beslemesi vardır.** Bir noktaya kadar alevlerden, alevlenir madde havuzuna ısı transferi olur bu da **buharlaşma hızını ve alevi arttırır.** Ve yangının karakteristiğini değiştirir.



Isı akısı

- ❑ Havuz yangınlarının ısı akısını hesaplamak için genelde aşağıdaki metodoloji kullanılır :
 - ✓ Öncelikle yanma hızı hesaplanır
 - ✓ Yanma hızından da yüzeyin yayabileceği maksimum güç hesaplanır (SEP_{max})
 - ✓ Olay anındaki yayılan yüzey gücü ($SEP_{aktüel}$)
 - ✓ Daha sonra görme faktörü ve
 - ✓ Isı akısı hesaplanır.



$$Isı akısı = q' = SEP_{aktüel} F_{görüş} \tau_a$$

Isı Akısı Hesaplamasında Kullanılan Bazı Modellemeler

❑ a) Nokta-kaynak modellemesi

- ✓ Bu metod alevin şeklini göz önünde bulundurmaz, ısı-akısının bir nokta-kaynaktan yayıldığını öngörmektedir.

❑ b) Katı-alev (Solid-Flame) Modelleri

- ✓ Bu metod alevin katı şeklinde olduğunu ve sadece yüzeyinden yayıldığını öngörmektedir.

❑ c) Alan Modelleri

- ✓ Bu model veya Akışkanların dinamik modelleme hesaplaması (CFDs) Navier-Stokes modellemesinin nümerik sonuçlarına dayanmaktadır.

❑ d) Entegral Modeller

- ✓ Entegral modeller, yarı-ampirik metod ile CFD modellemesi arasında bir metottur.

❑ e) Kuşak (Zone) Modelleri

- ✓ Bu metoda göre alan homojen bölümlere ayrılır ve daha sonra toplam olarak değerlendirilir.

Örnek

28.3 m³ malzeme saçıldı ve 0,02 m kalınlığında havuz oluştu. Rüzgarın yönünde 20 m uzaklıktaki ısı akısını hesaplayın .

- ✓ Kaynama sıcaklığı, T_b : 423 K
- ✓ Yanma ısı, ΔH_c : 45,000 kJ/kg
- ✓ Buharlaşma ısı, ΔH_v : 370 kJ/kg
- ✓ Spesifik ısı kapasitesi, C_p : 2.21 kJ/kg K
- ✓ Ortam sıcaklığı, T_a : 298 K
- ✓ Is, duman yüzeyi yayma gücü SEP_{duman} : 20 kW/m²
- ✓ Rüzgar hızı, u_w : 5 m/s
- ✓ Havanın yoğunluğu, ρ_{hava} : 1.21 kg/m³
- ✓ Havanın viskozitesi η_{hava} : 16.7 μ Pa s
- ✓ Suyun satüre buhar basıncı, P^0_w : 2,320 Pa
- ✓ Bağıl nem, RH : 0.7

1. Yanma Hızı

$$m' = \frac{c_1 \Delta H_c}{\Delta H_v + C_p (T_b - T_a)}$$

Mudan
Metodu

- m' : Yanma hızı, kg/m²s
 c_1 : 0,001 kg/m²s (sabit)
 ΔH_c : Sıvının yanma ısı, kJ/kg
 ΔH_v : Sıvının buharlaşma ısı, kJ/kg
 C_p : Sıvının spesifik ısı kapasitesi , kJ/kg K
 T_b : Sıvının kaynama noktası K
 T_a : Ortam sıcaklığı K

2) Yüzey Yayma Gücü $SEP_{max} = F_s [1 / 1+4 (L/D)] m' \Delta H_c$

✓ F_s = Radyant ısı fraksiyonu

✓ L = alevin yüksekliği

✓ D = Havuzun çapı

3) L/D Hesaplanması

$$L/D = 10,615 [m' / \rho_{hava} \times (gD)^{1/2}]^{0,305} (u^*)^{-0,03}$$

Pritchard-Binding Metodu

$$u^* = u_w [gm'D / \rho_{hava}]^{-1/3}$$

L	=	Alev yüksekliği, m
D	=	Havuzun çapı, m
ρ_{hava}	=	mevcut ortam koşullarında havanın yoğunluğu (kg/m ³)
m'	=	Yanma hızı
g	=	yer çekimi ivmesi (=9,814 m/s ²)
u^*	=	birimsiz rüzgâr hızı
u_w	=	Rüzgâr hızı

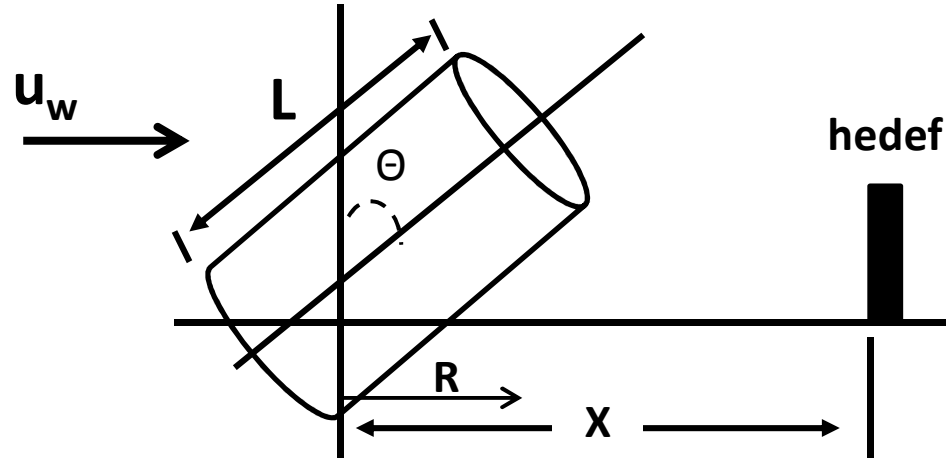
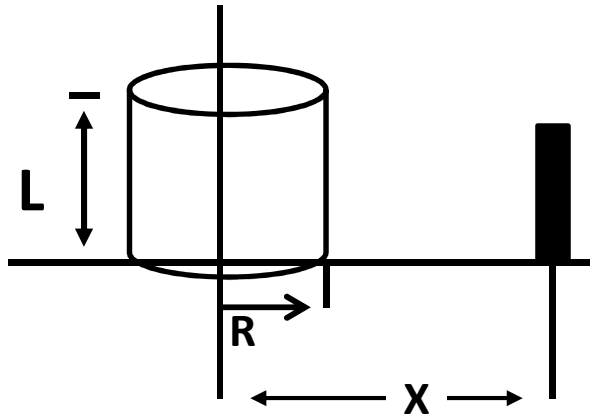
4) SEPaktüel

$$SEP_{aktüel} = SEP_{max} (1-s) + SEP_{duman} s$$

5) Görme Faktörü

Mudan Metodu

Rüzgar Olması Halinde



Rüzgar Olmaması halinde !

6) Isı Akısının Hesaplanması

$$\text{Isı akısı} = q' = SEP_{\text{aktüel}} F_{\text{görüş}} \tau_a$$

$$\tau_a = c_4 [P_w (X-R)]^{-0,09}$$

P_w = Su buharının havadaki nisbi (bağıl) buhar basıncı, (Pa)

X = Alevin merkezinden alıcıya olan uzaklık (m)

R = Havuzun çapı (m)

c_4 = Sabit : $2,02 \text{ Pa}^{0,09} \text{ m}^{0,09}$

Havadaki bağıl buhar basıncı aşağıdaki denklemlerle hesaplanabilir :

$$P_w = RH P_w^0$$

P_w^0 = Su buharının havadaki nisbi (bağıl) buhar basıncı, (Pa)

$R-H$ = Bağıl nem (0-1)

R = Havuzun çapı (m)

c_4 = Sabit : $2,02 \text{ Pa}^{0,09} \text{ m}^{0,09}$

1) Yanma hızı

$$m' = \frac{c_1 \Delta H_c}{\Delta H_v + C_p (T_b - T_a)}$$

$$=(0,001 \times 45.000) / [370 + 2,21(423 - 298)] = 0,069 \text{ kg/m}^2\text{s}$$

2) L/D Boyutu

$$L/D = 10,615 [m' / \rho_{\text{hava}} \times (gD)^{1/2}]^{0,305}$$

$$u^* = 1,74 \quad L = 74$$

3) SEP_{max} = 77,5 kW/m²

4) SEP_{aktüel} = SEP_{max} (1-s) + SEP_{duman} s s = 0,8

$$SEP_{\text{aktüel}} = 77,5 (1 - 0,8) + 20 \times 0,8 \text{ kW/m}^2 = 31,5 \text{ kW/m}^2$$

5) Görüş faktörü

Alevin yüzeyi $F_{\text{görüş}} = 0.938$ ($F_v = 0.324$, $F_h = 0.881$)

Alev yüzeyinden 20m mesafede $F_{\text{görüş}} = 0.629$ ($F_v = 0.331$, $F_h = 0.535$)

6) Isı akısının hesaplanması

Isı akısı = $q' = SEP_{\text{aktüel}} F_{\text{görüş}} \tau_a$

Alevin yüzeyi $q' = 31,5 \times 0.938 \times 1 = 29,5 \text{ kW/m}^2$ ($\tau_a = 1$)

Alev yüzeyinden 20 m mesafede $q' = 31.5 \times 0.629 \times 0.79 = 15,65 \text{ kW/m}^2$ ($\tau_a = 0,29$)

Havanın yoğunluğu, $\rho_{\text{hava}} : 1,21 \text{ kg/m}^3$

Havanın viskozitesi $\eta_{\text{hava}} : 16,7 \text{ } \mu\text{Pa s}$

Suyun satüre buhar basıncı, $P^0_w : 2,320 \text{ Pa}$

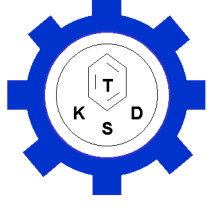
Bağıl nem, $RH : 0.7$



200

100

25



TÜRKİYE KİMYA SANAYİCİLERİ DERNEĞİ

***Dinlediğiniz için Teşekkür Ederiz !
Sorular ?***

www.tksd.org.tr

**Mustafa Bağan
Genel Sekreter**

