



**Makine Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü**

# **BUHAR KAZANLARI**

## ***ders notları***

**Prof. Dr. Galip TEMİR**

16/09/2014

## BUHAR KAZANLARI

Prof. Dr. Galip TEMİR

- Kazanların sınıflandırılması
- Kazan şeması - Kontrol elemanları
- Yanma  $\rightarrow$  katı, sıvı, gaz yakıtla ile
- Enerji miktarı
- Duman hacmi
- Entalpi sıcaklık diyagramı
- Kazanlarda ISI hesaplamaları
  - 1. Yıllık Sınovı
- Yüzeysel hesaplamaları
  - 2. Yıllık Sınovı
- Kazan tasarımı
- Final

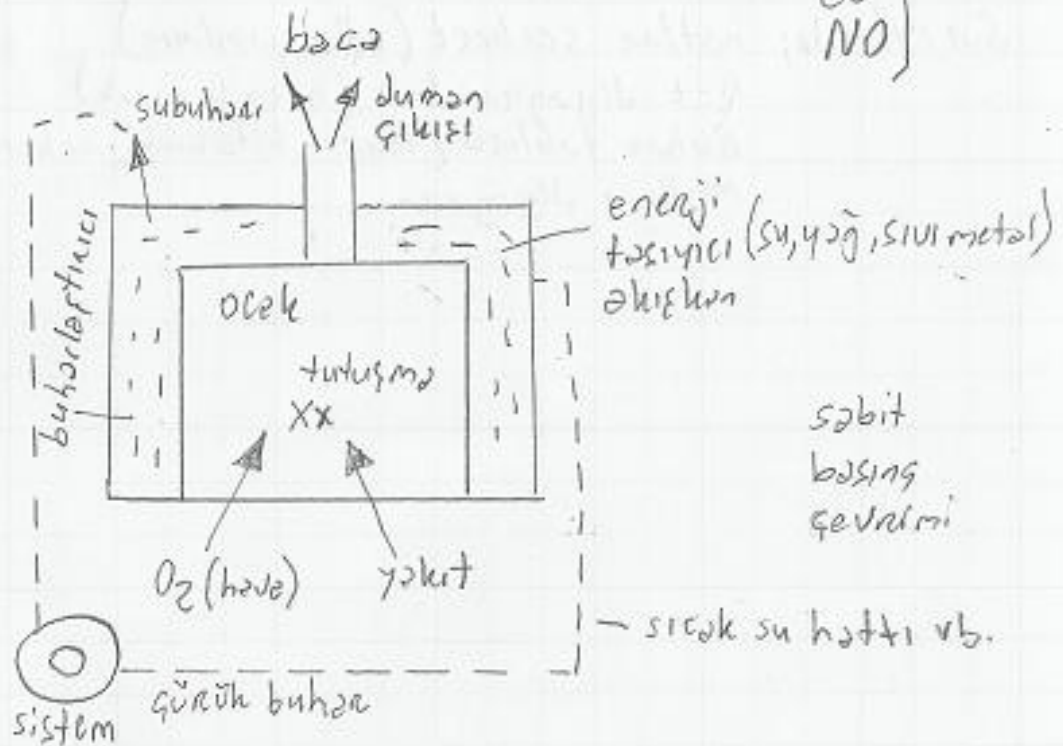
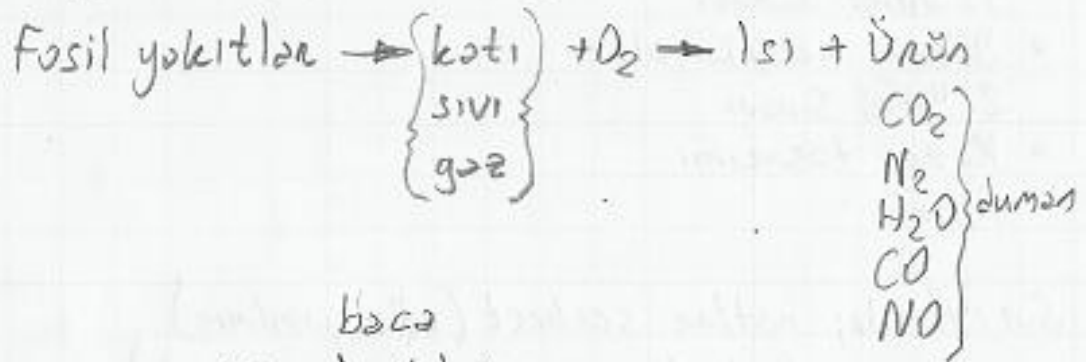
Sınavlarda; notlar serbest (elle yazılmış)  
Q-t diyagramları (hocaya verecek)  
Buhar tablosu (termo kitabının seçkinde)  
Mollere diyagramı.

Kazan: Isı üreten cihazlara kazan adı verilir.

Isı: Sıcaklık farkından dolayı cisimden geçen enerji türüne ısı denir.

Sıcaklık: Farklı enerjili cisimlerin birbirlerine temas etmesi sonucu oluşan termal dengede cisimlerin sahip oldukları ortak fiziksel özelliğe sıcaklık denir. (Teomanın 0. yasası)

Termal denge + mekanik denge + kimyasal denge ile doğada denge yakalanmaya çalışılır.



SIVI ve gaz yakıtlarda tutuşma kütlesi ile sağlanır.

Yanmanın gerçekleştiği oda olan ocakta, sıcaklık  $300^{\circ}\text{C}$ 'ye ulaştığında, yanma kendi kendine devam eder.  
 $300^{\circ}\text{C} \rightarrow$  kendi kendine yanma sıcaklığı

basıncı	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$
	$1 \text{ atm} = 100 \text{ kPa}$
	$= 1 \text{ bar}$
	$= 760 \text{ mm Hg } (0^{\circ}\text{C})$
	$1 \text{ bar} = 0,1 \text{ MPa}$
enerji	$1 \text{ kJ} = 1000 \text{ J} = 1000 \text{ Nm} = 1 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3$
	$1 \text{ kJ/kg} = 1000 \text{ m}^2/\text{s}$
	$1 \text{ kWh} = 3600 \text{ kJ}$
	$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$
güç/ısı geçişi	$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$
	$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$
	$1 \text{ kW} = 3600 \text{ kJ/h}$
	$1 \text{ kWh} = 859,85 \text{ kcal}$
	$1 \text{ Wh} = 0,85985 \text{ kcal}$
	$1 \text{ kcal} = 1,16 \times 10^{-3} \text{ kWh}$
	$1 \text{ kcal} = 1,16 \text{ Wh}$
	$1 \text{ W/m}^2\text{K} = 0,86 \text{ kcal/m}^2\text{K}$
	$1 \text{ kJ/h} = 0,277 \text{ W}$

23/09/2014

## Kazanların Genel Sınıflandırılması

- 1- Yakıtı yakıtı göre,
- 2- Enerji taşıyıcı akışkanına göre,
- 3- Yanma ürününün (dumanın) geçtiği yola göre,
- 4- Su hacmine göre,
- 5- İşletme basıncına göre,

### 1- Yakıtı yakıtı göre kazanlar,



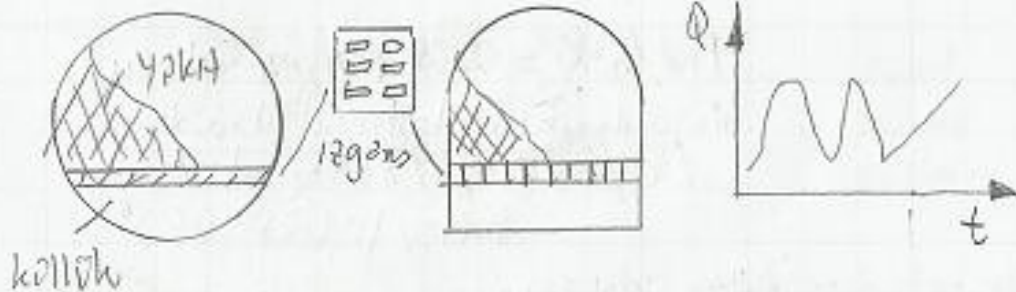
kıta  $\begin{cases} \rightarrow \text{odun} \\ \rightarrow \text{kömür} \end{cases}$  kömür, odun göre 4-5 kat fazla ısı verir.  
sıvı  
gaz

Kömür  $\rightarrow$ 

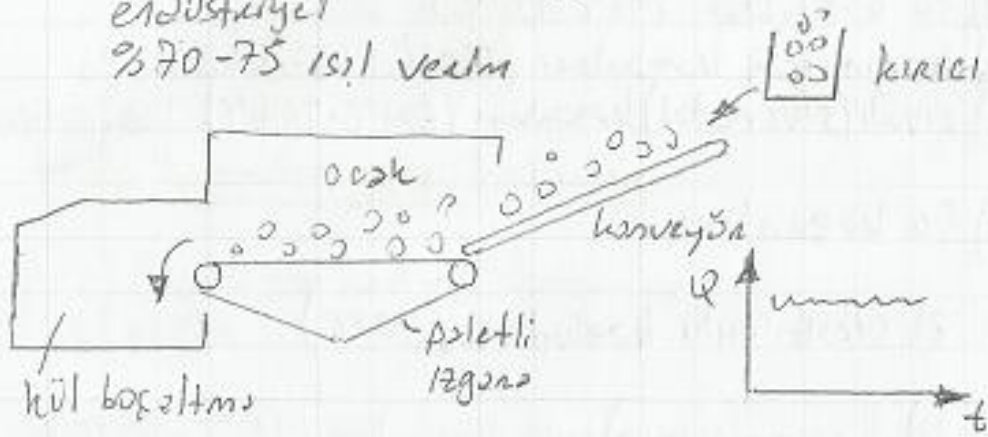
iri taneli kömür	(Tane çapı)
ufak taneli kömür	10-15 cm
töz kömür	~ 5 cm
	1-2 cm

a) iri taneli kömür  
sabit hızla hareketli odak  
Isınma amaçlı  
%65-70 ısı verir

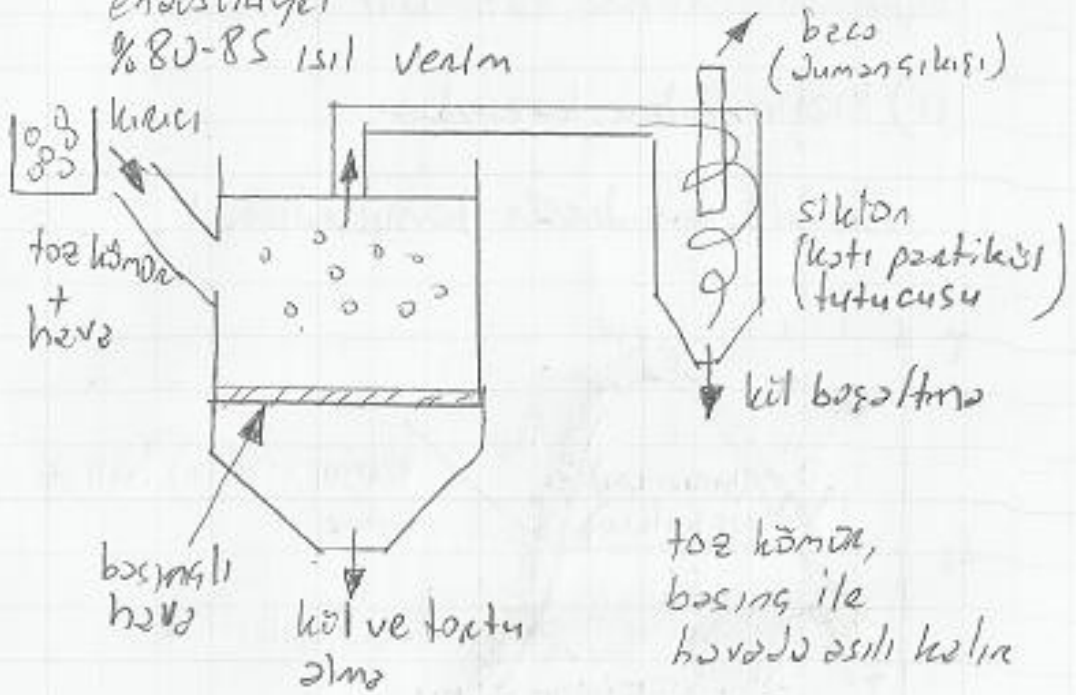
silindirik veya  
yassı silindirik



b) ufak tonelli kömür  
mekanik hareketli izgaralı ocak  
endüstriyel  
%70-75 ısı verim



c) toz kömür  
akışkan yataklı ocak  
endüstriyel  
%80-85 ısı verim



Sıvı yakıtlı (petrol ürünleri) ve gaz yakıtlı (doğalgaz)  
silindirik kazanlarda yakıcıya (kömürcüye)  
genek kalınmaz

## 2- Enerji taşıyıcı akışkana göre kazanlar,

- a) su kazanları ( $90^{\circ}\text{C}-180^{\circ}\text{C}$ )
- b) kızgın yağ kazanları ( $160^{\circ}\text{C}-400^{\circ}\text{C}$ )
- c) sıvı (sıvı metal) kazanları ( $800^{\circ}\text{C}-1000^{\circ}\text{C}$ ) Lab. çalışmalar

### a) Su kazanları

i) Sıcak su kazanları ( $90^{\circ}\text{C}$ )

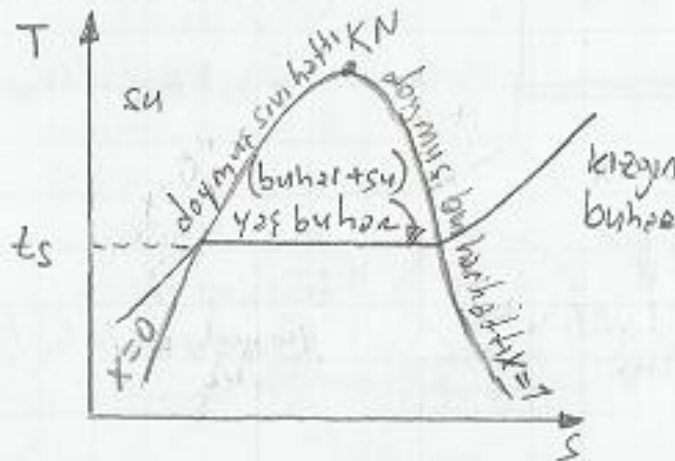
ii) Kaynar (kızgın) su kazanları ( $110^{\circ}\text{C}-180^{\circ}\text{C}$ )

Bu ikisi, konutların ısıtılması amaçlıdır.

iii) Doymuş buhar kazanları

iv) Kızgın buhar kazanları

Bu ikisi, bu jeerin konusudur.



$$x = \frac{m_g}{m_T} = \frac{m_{g,ss}}{m_{g,ss} + m_{llik}} \quad x: \text{kuvaluk derecesi}$$

6  $x=0$ : doymuş sıvı hattı  $x=1$ : doymuş buhar hattı

3- Yemme ürdünön (dumanın) geştirgi yolu göre kazanlar,

- a) Duman barulu kazanlar
- b) Su barulu kazanlar

4- Su hacmine göre kazanlar,

- a) Büyük su hacimli kazanlar
- b) Küçük " " "

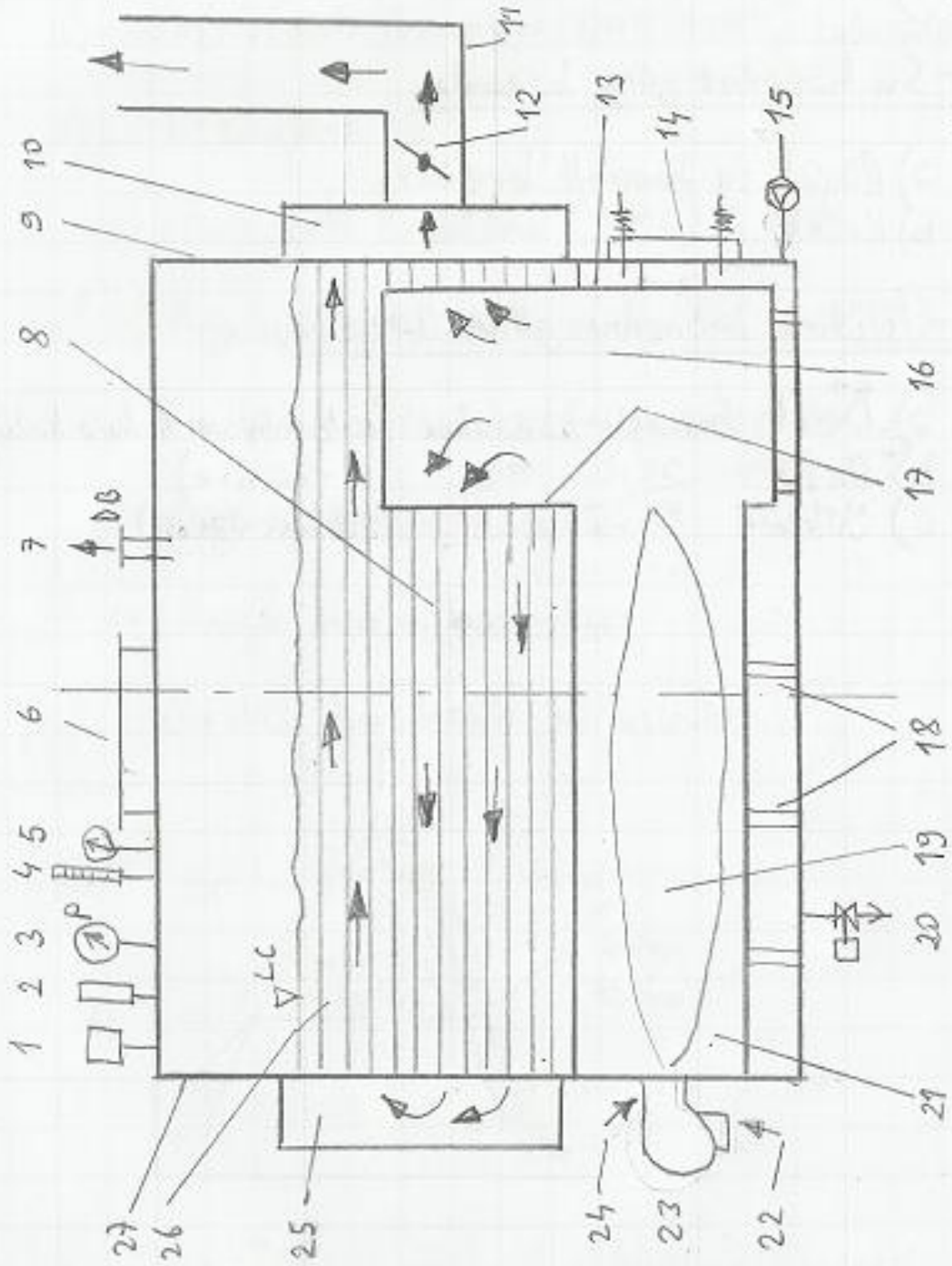
5- İşletme basıncına göre kazanlar,

- a) Düşük basınçlı kazanlar (vakumlu ve 6 bara kadar)
- b) Orta " " " (6-20 bar)
- c) Yüksek " " " (20 bar üzeri)



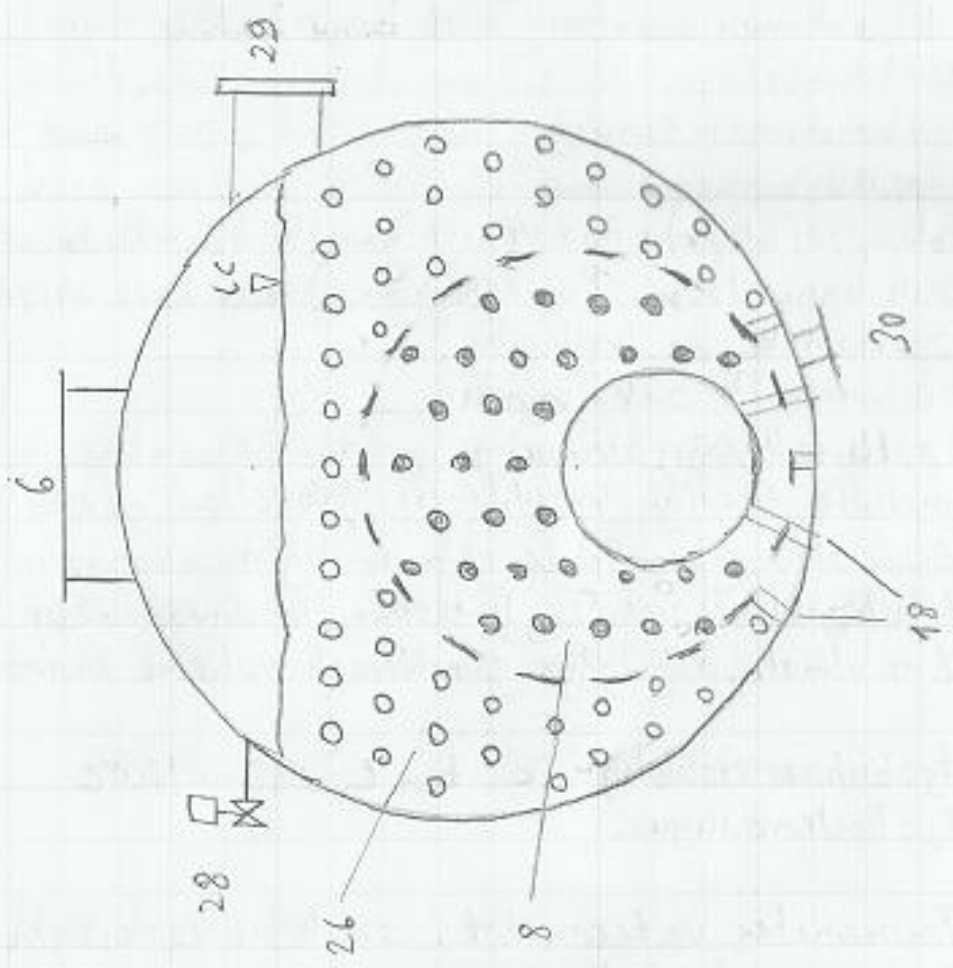
# Kazan İşletmeciliği

30/09/2014



Duman borulu kazan; 20 bar basınç ile 200-210°C su elde edilir.

Yanma, ocak adı verilen kapalı alanda gerçekleştirilir. Yanma sonucu ortaya çıkan gazlar duman borusundan işinden geçer. Duman borusunun dışındaki su buharına ısıya başlar. Sıcak gazlar duman borusundan, borusun da suyu ısıtılır.



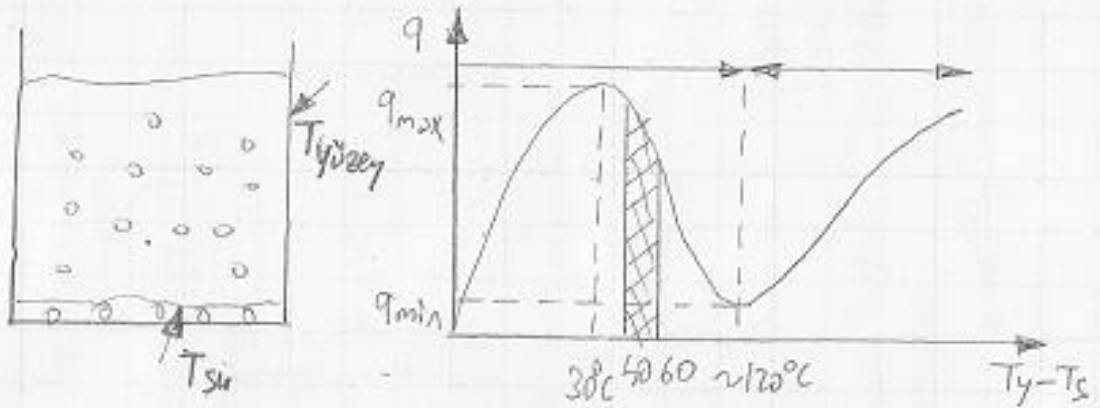
- 1- limit presostatı; ayarlanan değerde basınçın durumunu sağlar, emniyet görevi görür.
- 2- basınç ayar presostatı; basınçtaki değişimi algılayarak basınç ayarını ve kapama görevi görür.
- 3- manometre; kazan içindeki basıncı gösterir
- 4- termometre
- 5- termostat
- 6- tentelikle kapığı; insan girebilecek saptadır.
- 7- doymuş buhar olma aşısı
- 8- kısa duman boruları; ocak boyu kadar
- 9- alev ayarı
- 10- alev duman sandığı
- 11- baca
- 12- damper (klape); gaz ve sıvı yakıtlı kazanlarda sürekli açık konumdadır. Kömürlü kazanlarda hava akışını ayarlamak için kullanılır.
- 13- cehennemlik alev ayarı
- 14- patlama kapığı; alev ocakları geçip cehennemliğe girer. melidde. Girilği koşulda ısı 1000°C'leri geçebilir. Aşırı alev çıkışını diye cehennemliğin arkasına yayılı bir kapak konur. Yayılı sistem ile duvar arası h. min. 1 m olmalı, o bölgeye yanabilecek malzeme konmamalı.

$t_s$ : buhar sıcaklığı       $t_s - t_0 = 60 \sim 100^\circ\text{C}$   
 $t_0$ : besleme suyu.

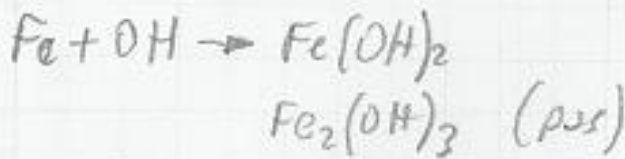
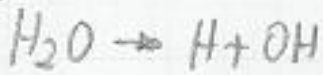
Termometre ve termostat, sıcak su ve kızgın buhar kazanlarında bulunur.  
 Manometre, tüm kazanlarda bulunur.  
 Presostat, doymuş buhar ve kızgın buhar kazanlarında bulunur.

10 15- besleme suyu

- 16- cehennemlik; 600-1000 °C  
 17- cehennemlik ön aşması  
 18- tekviye çubukları; ocak ve cehennemliğin desteklenmesi için.  
 19- alev; ocagin yüzeyinde sarpmamalıdır.  
 20- dip blöf vanası; su içinde zamanla açtan beklentilerle (toçulma), vana en çok 10 sn açılıp kapatılarak dışarı atılır. Vana da zaman rölesi varsa bu işlem otomatik olarak da yapılabilir. Günde 3 kez yapılması gerekir. (Blöf sayısı: 3)  
 21- ocak; (kütlen) 10-12 mm sacdan ve silindiriklerdir.  
 22- hava girişi; bacılan delik fan ile ortamdaki hava emilerek sağlanır. Bacılan ile zemin arasındaki mesafe min. 50cm olmalıdır.



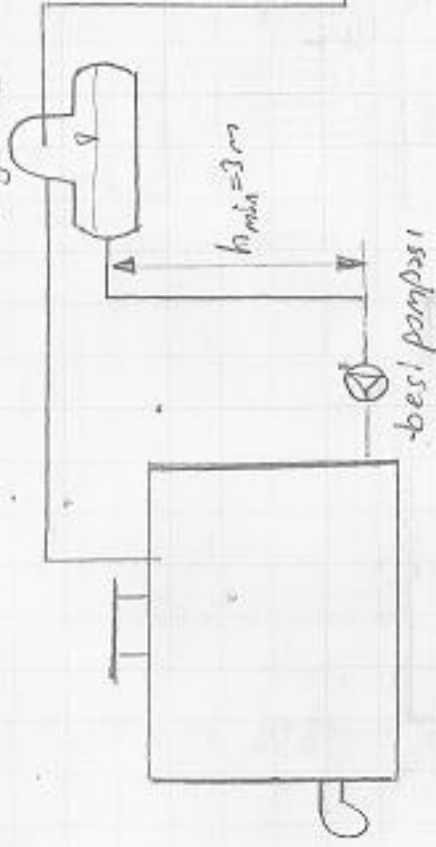
40-60°C ideal kızan gelime sıcaklığı.



- 23- b vler; sıvı ve gaz yalıtılmanın hava ile kontaktı ile  
yanmasını sağlar.
- 24- yalıtım gözleri
- 25-  n duman sızdığı; yüzey sıcaklığı  $40^{\circ}\text{C}$ 'yi geismemelidir.  
15 günde bir kontrol edilmeli (Uygulanan kazanlarda yılda 1 kez)
- 26- uzun duman boruları; ocak + cehennemlik boyu kodan
- 27-  n ayna
- 28- tağma ve üst b st vanası; ile yüzeydeki tağulac alınır.
- 29- seviye gözetleme camı; su seviyesini görmek için
- 30- el kapaęı; kazan temizlięi için

Değerler (gaz ayırıcı); korozyon yolunu gösteren besleme suyundan zandırlması işlemi içinde. Sıcaklık 75-110°C'dir, ideal 107°C'dir.

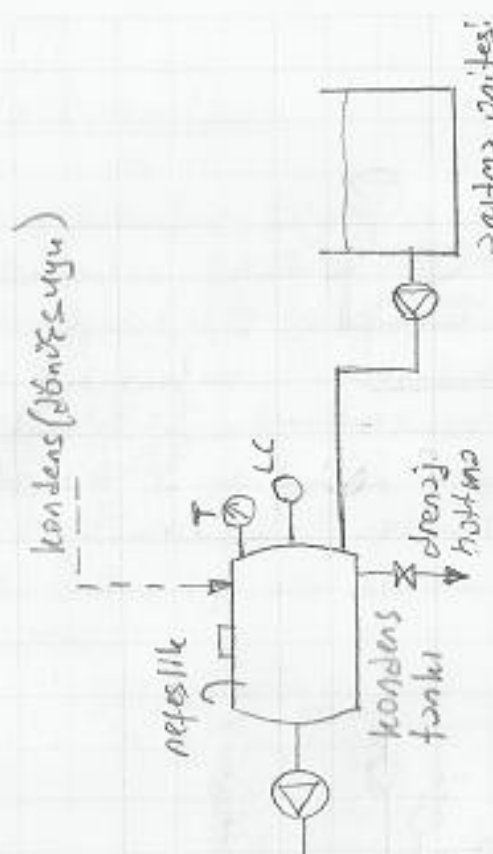
değerler



Kavitezyon olmaması için değerler, kazan besli pompesinden min. 3m yukarıda olmalıdır.

Kavitezyon: SIVI içinde hava kabarcıkları oluşması ile korozyon oluşumu. Korozif gazlar:  $O_2$  ve  $CO_2$

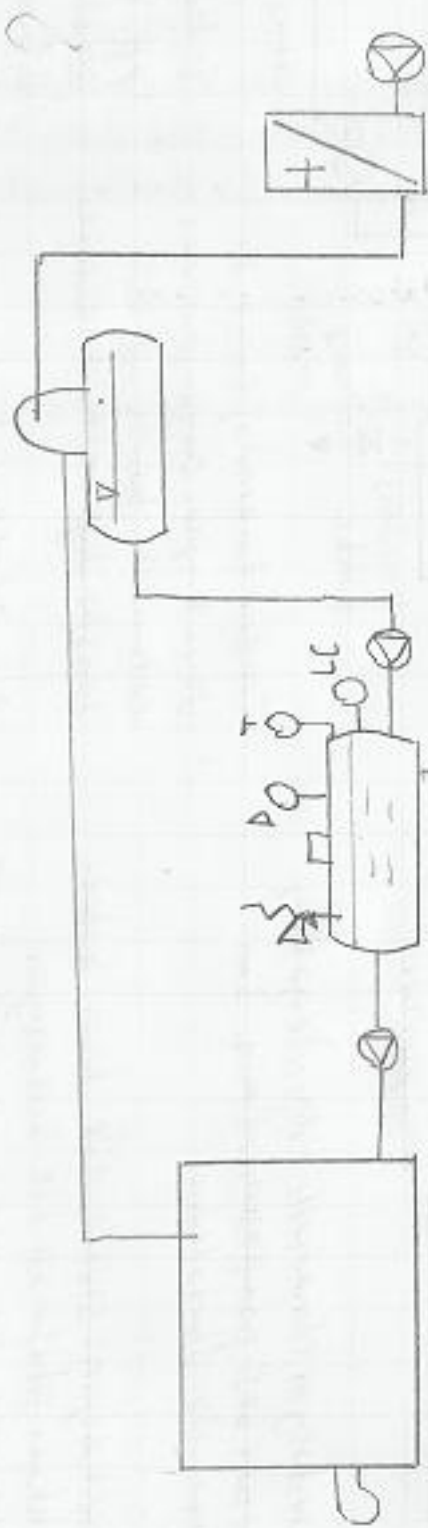
kondens (dönüş suyu)



Kondens tankında, sıcak su veya kaynar suyun basıncı ortamdaki basıncı ile eşit lensin diye nefeslik vardır.

Değerler hattı betonun ya da dökmenden imal edilir.

İstenen su:  
pH: 8-11  
sıcaklık:  
0.1 ohm  
sıcaklığı

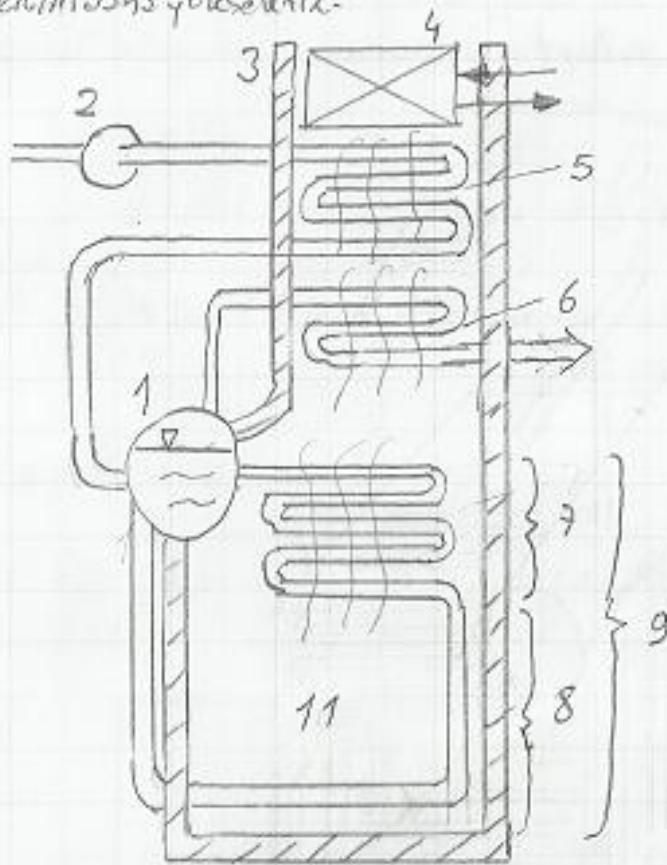


by sistem  
 hasil  
 berapa?

14/10/2014

## Su borulu kazanlar

Duman borulu kazanlar, büyük su hacimli kazanlardır, su borulu kazanlar, küçük su hacimli kazanlardır. Duman borulu kazanların 1/3 su hacmine sahiptirler. Su borulu kazanların tasarımı ve imalatı kolay, bakımı zordur. 4-5 mm et kalınlığındaki 100 bar dayanıklı saclardan imal edilir. 600°C'ye kadar ısıya ulaşır. Basi suyu daha iyi ısıtılmalıdır. Kızgın su hacmi ve basınç daha büyüktür. Daha iyi bir su sirkülasyonu vardır. Verim daha yüksektir.

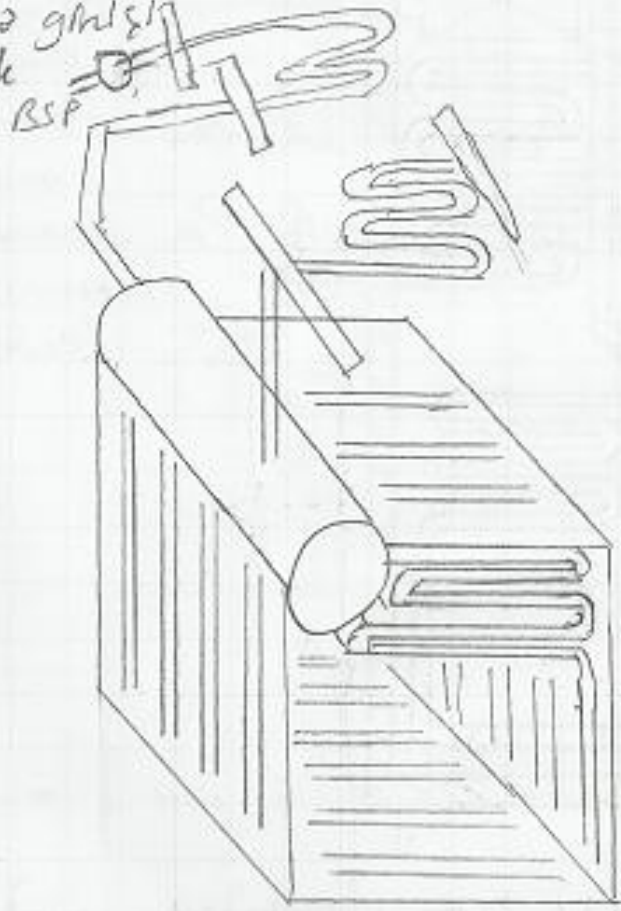


Drum üzerindeki otomasyon sağlayıcı elemanlar;  
2 emniyet ventili  
termometre  
manometre  
termometre

(La Mont kızgın buhar kazanı)



- 1-Depo (Jepo)
- 2-BSP ; besleme suyu pompası
- 3-kazan zanaatı; ateş tuğlası, yalıtım malzemesi (kaya yünü- taş yünü) ve sac malzemeden oluşur.
- 4-hava ısıtıcısı; hava ısıtıldıktan sonra ocığa verilişine yardım ettiği sağlanır.
- 5-ekonomizyer; (ön ısıtıcı) ile besleme suyu duvara girmeden önce ısıtılırsa yine yardım ettiği olur.
- 6-kızdırıcı; depodan alınan buhar kızdırıcı bobinlerinde kızdırılarak kızgın buhar elde edilir.
- 7-konveksiyon yolu ile ısı olan buharlaştırıcı
- 8-radyasyon " " " " " "
- 9-toplam buharlaştırıcı
- 10-hava girişi
- 11-ocak



Kömürlü katmanlarda;

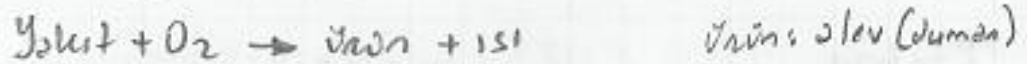
12gana yörceyi ve besleme yörceyi vardır. Kömürün 6 yörceyden 4'ü ısı transfer yörceyidir, buralarda kaplıdır.

Sıvı yakıtlı ve doğalgazlı katmanlarda;

6 yörceyin 5'i ısı transfer yörceyidir. 6. yörceye buralar vardır. 12gana yoktur.

## Yanma

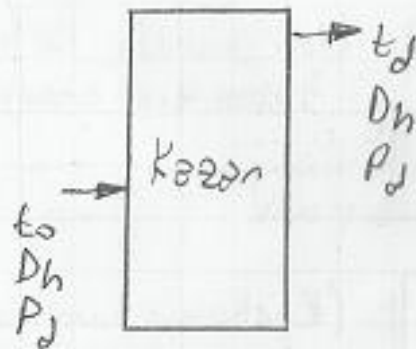
Yakıt elementlerinin oksijen gazı ile kimyasal reaksiyona girmesi olayına yanma adı verilir.



Yanma  $\begin{cases} \nearrow \text{sabit basınç altında} \rightarrow \text{kazanlar} \rightarrow Q = \Delta H \\ \searrow \text{sabit hacim altında} \rightarrow \text{ister yanmalı} \rightarrow Q = \Delta U \\ \text{motorlar} \end{cases}$

$$Q = \Delta H \quad (\text{entolpi farkı})$$

$$Q = Dh (h_d - h_o) \quad \text{kw, kcal/h}$$



kıvı yakıt  $\rightarrow$  kömür

sıvı yakıt  $\rightarrow$  petrol ürünleri

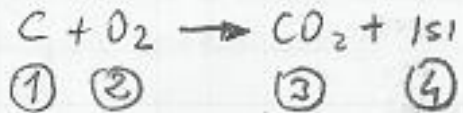
gaz yakıt  $\rightarrow$  doğalgaz

## Yanmanın tahlihi

- 1) Belirli miktarda yakıttan alınabilecek enerji miktarı
- 2) Yakıtı yakmak için gerekli hava miktarı
- 3) Yanma ürünü miktarı (Juman hesabı)
- 4) Yanma ürünü için entalpi - sıcaklık diyagramı

$$Q = UA \Delta T_m$$

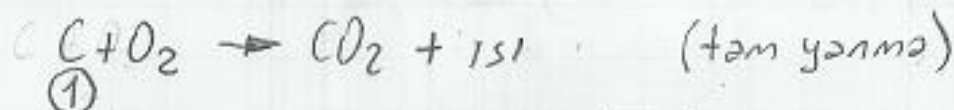
$$\begin{array}{l} \rightarrow Re \text{ Reynolds} \\ \rightarrow Nu \text{ Nusselt} \\ U \end{array}$$



## Yakıtların kimyasal analizi

Karbon	C	$C + O \rightarrow CO + (isi)_1$
Kükürt	S	$CO + O \rightarrow CO_2 + (isi)_2$
Hydrojen	H	$C + O_2 \rightarrow CO_2 + (isi)_3$ tam ve mükemmel yanma
Oksijen	O	$C + O_2 \rightarrow CO_2 + CO + C + O_2 + (isi)_4$ eksik yanma
Azot	N	
Su	W	
Kül	a	

### 1) Enerji miktarı hesabı



12 kg C  $\times$  97,200 kcal (tam yanmada 12 kg C'dan 97,200 kcal enerji alınır.)

$$\frac{C}{100} \times X$$

$$X_C = \frac{97.200}{12} \cdot \frac{C}{100} \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \right] \quad (\text{Karbonun tam yanmasıyla alınan enerji miktarı})$$

Tam yarımda, yama sonucu meydana gelen gazlarda hiçbir yama maddesi bulunmazdır.

Eksik yarımda, yanabilen maddelerin yanmayarak kül halinde kalması veya baca gazında yanmamış kısımlar oluşumu gerektirir.

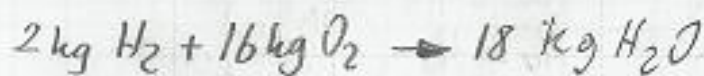


$$\begin{array}{r} 32 \text{ kg S} \quad \times \quad 80.000 \text{ kcal} \\ \frac{S}{100} \quad \times \end{array}$$

$$X_S = \frac{80.000}{32} \cdot \frac{S}{100} \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \right]$$



$$2 \text{ kg } H_2 \quad 57.200 \text{ kcal}$$



$$\frac{O}{H} = \frac{8}{1}, \quad H = \frac{O}{8}$$

$\left( h - \frac{O}{8} \right)$  kimyasal reaksiyona girer hidrojen miktarı

$$\frac{2 \text{ kg H}_2}{h - \frac{0}{8}} \times \frac{57.200 \text{ kcal}}{100} = x$$

$$x_h = \frac{57.200}{2} \cdot \frac{h - \frac{0}{8}}{100} \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \right]$$

Katı ve sıvı yakıtlar için;

Yakıtın üst ısı değeri:

$$H_o = \frac{97.200}{12} \cdot \frac{c}{100} + \frac{80.000}{32} \cdot \frac{s}{100} + \frac{57.200}{2} \cdot \frac{h - \frac{0}{8}}{100}$$

$$H_o = 81c + 25s + 286 \left( h - \frac{0}{8} \right) \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \right]$$

1 kg yakıttan alınabilecek max. enerji miktarı

Yakıtın alt ısı değeri:

$$H_u = H_o - \left( \frac{9h + w}{100} \right) \cdot 600$$

$$H_u = 81c + 25s + 286 \left( h - \frac{0}{8} \right) - 6(9h + w) \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \right]$$

(yanma ürünü (duman) içindeki suyun buharlaşmasına) harcanan enerji miktarı

üst ısı değeri = alt ısı değeri + (suyun buharlaşma ısı) (ısı)

$$Q = D_h (h_g - h_o)$$

$$\frac{Q}{H_u} = B_h \text{ (yakıt miktarı)} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]$$

ideal bir kazaandaki yakıt tüketimi

Isıl Değer: 1 kg yakıtın tam yanması sonucu açığa çıkan ısı enerjisi ne denir. Birimi  $\text{kJ/kg}$ ,  $\text{kcal/kg}$ ,  $\text{kJ/Nm}^3$

Gaz yakıtlar için;

$$H_u = 30,2 (\text{CO}) + 25,7 (\text{H}_2) + 85,5 (\text{CH}_4) + z (\text{C}_m \text{H}_n)$$

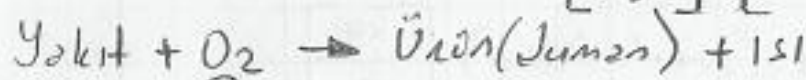
$$\left[ \frac{\text{kcal}}{\text{Nm}^3} \right]$$

$\text{Nm}^3 \rightarrow$  normal  $\text{m}^3$  (normal şartlar altında)

normal şartlar = 1 bar (760 mm Hg),  $0^\circ\text{C}$

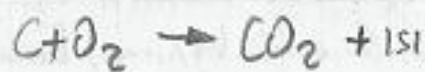
$\text{C}_m \text{H}_n$	$\text{C}_2 \text{H}_2$	$\text{C}_2 \text{H}_4$	$\text{C}_2 \text{H}_6$	$\text{C}_4 \text{H}_8$	$\text{C}_4 \text{H}_{10}$	$\text{C}_6 \text{H}_6$
z	136	143,2	153,7	271,9	290,5	335,2

2) Hava miktarı hesabı (L)  $\left[ \frac{\text{Nm}^3}{\text{kgy}} \right]$   $\left[ \frac{\text{kg hava}}{\text{kgy}} \right]$  hacimsel, kütleli



(2)

Hava; hacimsel olarak %21 O<sub>2</sub>, %79 N<sub>2</sub>'den oluşmakta  
kütleli olarak %23 O<sub>2</sub>, %77 N<sub>2</sub>'den oluşmakta



$$12 \text{ kg} + 32 \text{ kg}$$

$$1 \text{ kmol C} \quad 22.4 \text{ Nm}^3 \text{ O}_2$$

$$\begin{array}{r} 12 \text{ kg C} \quad 22.4 \text{ Nm}^3 \text{ O}_2 \\ \frac{c}{100} \quad \times \end{array}$$

$$x_c = \frac{22.4}{12} \frac{c}{100} \left[ \frac{\text{Nm}^3 \text{ O}_2}{\text{kgy}} \right] \quad \text{hacimsel C oranı}$$

$$\begin{array}{r} 12 \text{ kg C} \quad 32 \text{ kg O}_2 \\ \frac{c}{100} \quad \times \end{array}$$

$$x_c = \frac{32}{12} \frac{c}{100} \left[ \frac{\text{kg O}_2}{\text{kgy}} \right] \quad \text{kütleli C oranı}$$



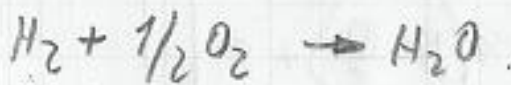
$$\begin{array}{r} 32 \text{ kg} + 32 \text{ kg} \\ \frac{s}{100} \end{array} \quad \times \quad \begin{array}{r} 22,4 \text{ Nm}^3 O_2 \\ x \end{array}$$

$\frac{s}{100}$  : kütle oranı

$$X_s = \frac{22,4}{32} \frac{s}{100} \left[ \frac{\text{Nm}^3 O_2}{\text{kgy}} \right] \text{ hacimsel } S \text{ oranı}$$

$$\begin{array}{r} 32 \text{ kg } S \\ \frac{s}{100} \end{array} \quad \times \quad \begin{array}{r} 32 \text{ kg } O_2 \\ x \end{array}$$

$$X_s = \frac{32}{32} \frac{s}{100} \left[ \frac{\text{kg } O_2}{\text{kgy}} \right] \text{ kütleli } S \text{ oranı}$$



$$\begin{array}{r} 2 \text{ kg} + 16 \text{ kg} \\ h - \frac{0}{8} \\ 100 \end{array} \quad \times \quad \begin{array}{r} 11,2 \text{ Nm}^3 O_2 \\ x \end{array}$$

$$X_h = \frac{11,2}{2} \frac{h - \frac{0}{8}}{100} \left[ \frac{\text{Nm}^3 O_2}{\text{kgy}} \right] \text{ hacimsel } H \text{ oranı}$$



$$2 \text{ kg } H_2 \quad 16 \text{ kg } O_2$$

$$\frac{h - \frac{O}{8}}{100} \quad \times$$

$$X_h = \frac{16}{2} \frac{h - \frac{O}{8}}{100} \left[ \frac{\text{kg } O_2}{\text{kgy}} \right] \quad \text{kütlesel H oranı}$$

$$O_{min} = \frac{1}{100} \left[ \frac{22.4}{12} C + \frac{11.2}{2} \left( h - \frac{O}{8} \right) + \frac{22.4}{32} S \right]$$

$$O_{min I} = \frac{1}{100} \left[ 1.867 C + 5.6 \left( h - \frac{O}{8} \right) + 0.7 S \right] \left[ \frac{\text{Nm}^3 O_2}{\text{kgy}} \right]$$

\* (bu kullanılmaz) hacimsel 1 kg yakıtı yakmak için gereken min  $O_2$

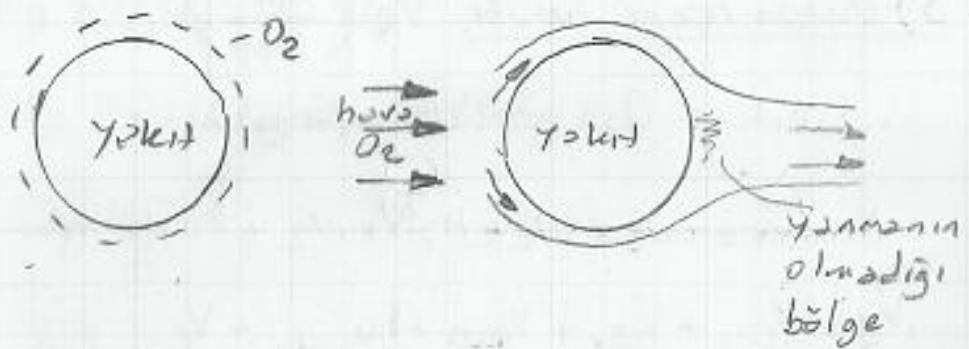
$$O_{min II} = \frac{1}{100} \left[ 2.67 C + 8 \left( h - \frac{O}{8} \right) + S \right] \left[ \frac{\text{kg } O_2}{\text{kgy}} \right]$$

kütlesel

$$L_{min I} = \frac{O_{min I}}{0.21} \left[ \frac{\text{Nm}^3 \text{ hava}}{\text{kgy}} \right]$$

$$L_{min II} = \frac{O_{min II}}{0.23} \left[ \frac{\text{kg hava}}{\text{kgy}} \right] \quad \text{1 kg yakıtı yakmak için gereken min. hava}$$

21/10/2014



yanma için gaz yakıt, kömüre göre daha az hava verilir.

$$\lambda = \frac{L}{L_{min}} \quad (\text{hava fazlalık katsayısı})$$

$\lambda > 1$  olması (yakıtta fazla oksijen)

$\lambda < 1 \Rightarrow$  yakıt tam yanmıyordur. (yakıtta fazla karbon)

verilen hava miktarının ideal hava miktarına oranı

$$\lambda = \frac{L_{gerçek}}{L_{ideal}}$$

$$L_I = \lambda L_{minI} \quad \left[ \frac{\text{Nm}^3 \text{ hava}}{\text{kgy}} \right]$$

$$L_{II} = \lambda L_{minII} \quad \left[ \frac{\text{kg hava}}{\text{kgy}} \right]$$

$\lambda = 1$  stokiyometrik yanma

- doğalgaz ;  $\lambda = 1.05 \div 1.2$
- sıvı yakıt ;  $\lambda = 1.1 \div 1.4$
- toz kömür ;  $\lambda = 1.3 \div 1.4$
- üfle taneli kömür ;  $\lambda = 1.4 \div 1.6$
- isi taneli kömür ;  $\lambda = 1.6 \div 2.0$

3) Duman həcmi hesabı.  $V_R \left[ \frac{\text{Nm}^3}{\text{kgy}} \right]$



(3)

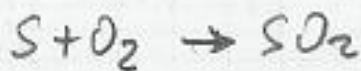
Duman =  $\text{CO}_2 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{N}_2 + \text{fazla hava}$

$$V_R = V_{\text{CO}_2} + V_{\text{SO}_2} + V_{\text{H}_2\text{O}} + V_{\text{N}_2 \text{ min}} + V_{\text{fazla hava}}$$



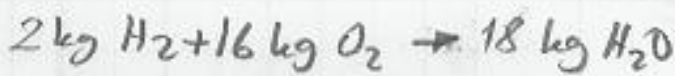
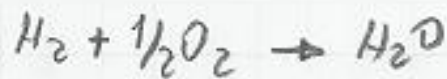
$$\begin{array}{ccc} 12 \text{ kg C} & \times & 22,4 \text{ Nm}^3 \text{CO}_2 \\ \frac{\text{c}}{100} & & x \end{array}$$

$$x = V_{\text{CO}_2} = \frac{22,4}{12} \frac{\text{c}}{100} \left[ \frac{\text{Nm}^3 \text{CO}_2}{\text{kgy}} \right]$$



$$\begin{array}{ccc} 32 \text{ kg S} & \times & 22,4 \text{ Nm}^3 \text{SO}_2 \\ \frac{\text{s}}{100} & & x \end{array}$$

$$x = V_{\text{SO}_2} = \frac{22,4}{32} \frac{\text{s}}{100} \left[ \frac{\text{Nm}^3 \text{SO}_2}{\text{kgy}} \right]$$



$$\frac{18 \text{ kg H}_2\text{O}}{\frac{g_{h+w}}{100}} \quad \times \quad 22,4 \text{ Nm}^3 \text{ H}_2\text{O}$$

$$x = V_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{22,4}{18} \frac{g_{h+w}}{100} \left[ \frac{\text{Nm}^3 \text{ H}_2\text{O}}{\text{kgy}} \right]$$

% 21 O<sub>2</sub>, % 79 N<sub>2</sub> (hæmel oran)

$$\frac{N_2}{O_2} = \frac{79}{21}$$

$$N_{2 \text{ min I}} = \frac{79}{21} O_{2 \text{ min I}} = 3,76 O_{2 \text{ min I}} \quad (\text{hæmel} \rightarrow \text{I})$$

$$V_{\text{FAZLA HAUA}} = d L_{\text{min}} - L_{\text{min}}$$

$$V_{\text{FH}} = (d-1) L_{\text{min}}$$

$$L = d L_{\text{min}}$$

$$V_R = \frac{1.867}{100} c + \frac{0,7}{100} s + \frac{1.254}{100} (g_{h+w}) + 3,76 O_{\text{min I}} + (d-1) L_{\text{min}}$$

$$\left[ \frac{\text{Nm}^3}{\text{kgy}} \right]$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$V_R(P, t) = V_R \frac{t+273}{273} \frac{P_0}{P} \left( \frac{m^3}{kg} \right)$$

$P_0$ : atm basıncı  
 $P$ : çalışma basıncı  
 $t$ : °C

$$P_0 = P \Rightarrow V_R(t) = V_R \frac{t+273}{273}$$

#### 4) Duman için Entalpi - Sıcaklık Diyagramı (I-t)

$$V_R = V_{CO_2} + V_{SO_2} + V_{H_2O} + V_{N_2} + V_{FH}$$

$$V_R \cdot i = V_{CO_2} \cdot i_{CO_2} + V_{SO_2} \cdot i_{SO_2} + V_{H_2O} \cdot i_{H_2O} + V_{N_2} \cdot i_{N_2} + V_{FH} \cdot i_{FH}$$

$i$ : kuru gazların belli bir sıcaklıktaki entalpi

$$\left[ \frac{kcal}{Nm^3} \right] \quad \left[ \frac{kcal}{kmol} \right] \quad \left[ \frac{kJ}{Nm^3} \right] \quad \left[ \frac{kJ}{kmol} \right] \quad V_i = \frac{Nm^3 \cdot kcal}{kg \cdot Nm^3}$$

$$\bar{I} = \bar{I}_{CO_2} + \bar{I}_{SO_2} + \bar{I}_{H_2O} + \bar{I}_{N_2} + \bar{I}_{FH}$$

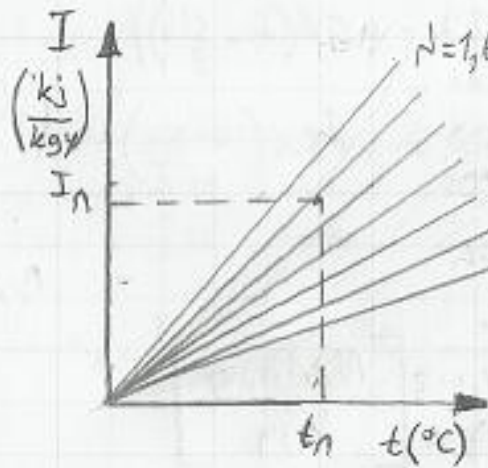
$$t = 0^\circ C \rightarrow \bar{I}_{000C} = \dots \quad \lambda = 1.1, 6$$

$$t = 100^\circ C \rightarrow \bar{I}_{1000C} = \dots \quad \cdot$$

$$\vdots \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot$$

$$\vdots \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot$$

$$28 \quad t = 2500^\circ C \rightarrow \bar{I}_{25000C} = \dots \quad \cdot$$



entalpi-sıcaklık diyagramı  
(I-t)

Örnek: Bir sıvı yakıtın kimyasal analizinde ağırlıklı olarak %85 C, %3 S, %0,6 O<sub>2</sub>, %10 H, %0,4 H<sub>2</sub>O(l) olduğu görülmüştür. Yapılan değerlendirmeye sonucunda geriye kalan maddelerin yanmaya istekle etmeyen minerallerden oluştuğu belirlenmiştir.

a) yakıtın iltisıl değeri belirleyiniz.

b) yakıtı yakmak için 27°C sıcaklığında ve 1 bar basınçta taze hava kullanılması durumunda yakıt, 1,2 hava fazlalık katsayısıyla tam ve mükemmel yanma oluşumu şeklinde yakılmaktadır. Yakıtı yakmak için gerekli hava miktarını birim kütle yakıt için m<sup>3</sup> olarak belirleyiniz.

a) H<sub>y</sub> = ?

b) 27°C, 1 bar, α = 1,2 ⇒ L<sub>y</sub>(27°C, bar) = ? (Nm<sup>3</sup>/kg<sub>y</sub>)

$$a) H_y = 81c + 25s + 286 \left( h - \frac{o}{8} \right) - 6(9h + w)$$

$$= 81(85) + 25(3) + 286 \left( 10 - \frac{0,6}{8} \right) - 6(9(10) + 0,4)$$

$$H_y = 9256,15 \text{ (kcal/kg}_y)$$

$$b) \quad O_{min I} = \frac{1}{100} \left( 1,867c + 0,7s + 5,6 \left( h - \frac{O}{8} \right) \right)$$

$$= \frac{1}{100} \left( 1,867 \cdot 85 + 0,7 \cdot 3 + 5,6 \left( 10 - \frac{0,6}{8} \right) \right)$$

$$O_{min I} = 2,16 \left[ \frac{Nm^3}{kgy} \right]$$

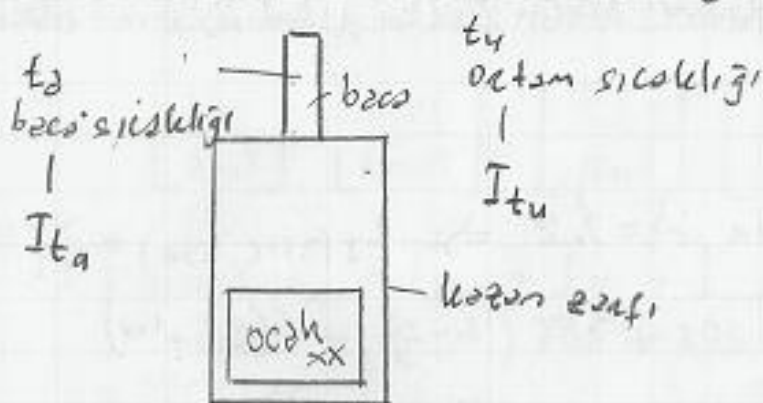
$$L_{min I} = \frac{O_{min I}}{0,21} = \frac{2,16}{0,21} = 10,3 \left[ \frac{Nm^3 \text{ hava}}{kgy} \right]$$

$$L_I = d \cdot L_{min I} = 1,2 \cdot 10,3 = 12,36 \left[ \frac{Nm^3}{kgy} \right]$$

$$L(27^\circ C, 1 \text{ bar}) = L_I \cdot \frac{t + 273}{273} = 12,36 \cdot \frac{27 + 273}{273} = 13,59 \left[ \frac{Nm^3}{kgy} \right]$$

\* "120°C de yakılmaktadır, hava debisi bulunur z."  
 Sıcaklıkta da sınırlanabilir.

### Kazan verimi ve odunla yakma sıcaklığı



kazan yüzey sıcaklığı  $50 \div 60^\circ C$  olmalıdır.  
 80°C su elde ediliyorsa baca gazi sıcaklığı bunun  $50^\circ C$   
 30 fazlası, yani  $130^\circ C$  gibi bir sıcaklıkta olur.

kayıplar:

ocak kaybı  $\rightarrow K_0 = 0.01 \div 0.02$  (% 1-2)

yüzey kaybı  $\rightarrow K_2 = 0.03 \div 0.05$  (% 3-5)

baca kaybı  $\rightarrow K_B$

$$H_4 K_B = I_{bq} - I_{tv} \quad K_B = \frac{I_{bq} - I_{tv}}{H_4} \quad K_B: \text{baca kaybı}$$

baca kayıpları:

doğalgaz,  $K_B = 0.05 \div 0.10$

sıvı yakıt,  $K_B = 0.08 \div 0.12$

kömür,  $K_B = 0.10 \div 0.20$

$$\frac{H_4 - (K_0 H_4 + K_2 H_4 + K_B H_4)}{H_4} = \eta_k \quad \text{kazan verimi}$$

$$\boxed{\eta_k = 1 - (K_0 + K_2 + K_B)}$$

$$\frac{H_4 - K_0 H_4}{H_4} = \eta_F \quad \text{ocak verimi}$$

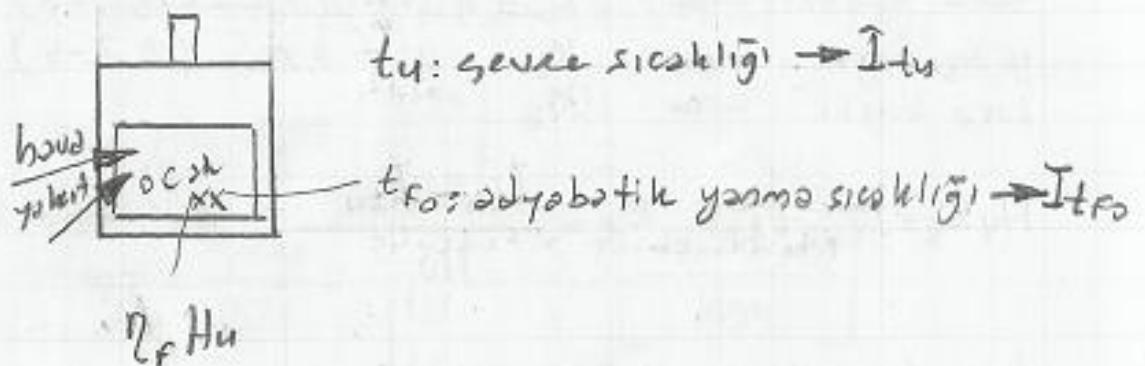
$$\boxed{\eta_F = 1 - K_0}$$

$$\frac{H_4 - K_2 H_4}{H_4} = \eta_{\text{yüzey}} \quad \text{yüzey verimi}$$

$$\boxed{\eta_{\text{yüzey}} = 1 - K_2}$$



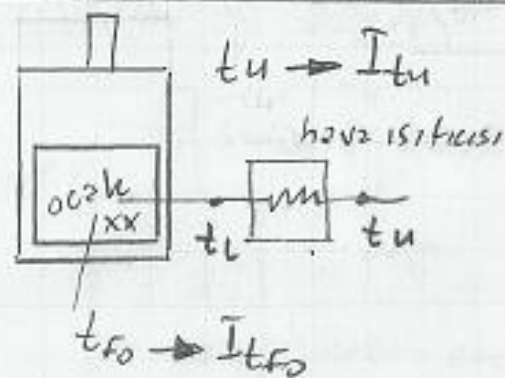
Isitilmemiş hava ile yarımada adyabatik yanma sıcaklığının daki dumanın entalpisi



$$\eta_F H_u = I_{tfo} - I_{tu}$$

$$I_{tfo} = \eta_F H_u + I_{tu} \quad \left[ \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] \quad \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \right]$$

Isitilmiş hava ile yarımada adyabatik yanma sıcaklığının daki dumanın entalpisi



$$\eta_F H_u + q_L = I_{tfo} - I_{tu}$$

$$q_L = mc \Delta t \quad (\text{birim kitle havanın enerjisi})$$

$$q_L = \dot{V} \rho c_{pL} (t_L - t_u) \quad c_{pL} : \text{hava ısıtıcısı}$$

şagol ısısı

$$\dot{I}_{tfo} = \eta_F H_u + q_L + \dot{I}_{tu}$$

$$\dot{I}_{tfo} = \eta_F H_u + \dot{V} \rho c_{pL} (t_L - t_u) + \dot{I}_{tu} \quad \left[ \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] \quad \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \right]$$

$$\dot{I}_{tu} = 100 \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \right] \quad (\text{normal şartlarda})$$

çevre sıcaklığındaki damanın entalpisı

$$\dot{I}_{tu} = 100 \text{ kcal/kg} = 418 \text{ kJ/kg}$$



$$t_{f0} \rightarrow t_f \rightarrow t_1 \rightarrow t_2 \rightarrow t_3 \rightarrow t_4 \rightarrow t_5$$

- $D_h$  : besleme suyu debisi (kg/h) (kazanda üretilen buhar miktarı)  
 $P_D$  : işletme basıncı (bar)  
 $t_0$  : besleme suyu sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $t_{ek0}$  : ekonomajzerden çıkan su sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $t_g$  : işletme basıncında suyun doyma sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $t_D$  : kazanda üretilen kızgın buhar sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $t_{f0}$  : ocak sıcaklığı (adiyabatik yama sıcaklığı) ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $t_f$  : ocak sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $t_1$  : kısa duman borularına dumanın giriş sıcaklığı (kredansın sonu sıcaklığı) ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $t_2$  : ön duman sandığı sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $t_3$  : orta duman sandığı sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $t_4$  : hava ısıtıcı önü, ekonomajzer sonu sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $t_5$  : bura sıcaklığı ( $t_a$ ) ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $t_u$  : çevre sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $t_L$  : yakma havası sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $h_g$  : doymuş buhar entalpisini ( $\text{kJ/kg}$ ) ( $x=1$ )  
 $h_0$  : besleme suyu " "  
 $h_{ek0}$  : ekonomajzer suyu " "  
 $h_D$  : kızgın buhar " "  
 $B_h$  : kazanda üretilen yakıt miktarı (kg/h) ( $\text{Nm}^3/\text{h}$ )  
 $L_{m,n}$  : 1 kg yakıtı yakmak için gerekli mlt.n. hava miktarı ( $\text{Nm}^3/\text{kg}$ )  
 $M_H$  : yakma havası debisi ( $\text{Nm}^3/\text{h}$ )  
 $c_{pe}$  : hava ısıtıcısı özgül ısı ( $\text{kcal}/\text{Nm}^3\text{C}$ ) ( $\text{kJ}/\text{Nm}^3\text{C}$ )  
 $\alpha$  : hava fiziksel katsayısı  
 $Q_s$  : ocakta soğutma transfer edilen ısı miktarı ( $\text{kJ/h}$ )  
 $Q_{su}$  : cehennemlik etrafındaki suya soğutma transfer olan ısı ( $\text{kJ/h}$ )  
 $\epsilon$  : radyasyon ile ısı transfer katsayısı  
 $F_s$  : ocak yüzeyi ( $=\pi d L_n$ )  
 $h_g$  : doymuş sıvı entalpisini ( $\text{kJ/kg}$ ) ( $x=0$ )  
 $t_g$  : doymuş sıvı sıcaklığı = doymuş buhar sıcaklığı 35  
 $(P=s b t \text{ için})$

Enerji denklemleri (P=15-20 bar kızgın buharlardan geçen için)

Ocak

$$Q_s = \beta h (I_{tfo} - I_{tf}) = c F_s \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \quad K_2 \text{ ihmal ediliyor}$$

$c$  : radyasyon yolu ile ısı transfer katsayısı

$$\text{kızgın buhar için } c = 3 \div 4 \left( \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{K}^4} \right)$$

$$F_s : \text{ocak yüzeyi} = \pi d L \cdot n$$

$d$  : ocak çapı

$L$  : ocak (küçük) boyu

$n$  : ocak sayısı

(ocak sayısı 1'den çok olabilir)

$$T_1 = t_f + 273 \text{ K} \quad (\text{ocak sıcaklığı})$$

$$T_2 = t_s + (40 \div 60) + 273 \text{ K} \quad (\text{yüzey sıcaklığı})$$

ort. so

$t_s$  : ocak iç yüzey sıcaklığı  
(suyun doyma sıcaklığı)

$$\text{Ocak yükü} = \frac{Q_{\text{toplam}}}{V_{\text{ocak}}}$$

$$Q_{\text{toplam}} : \beta h H_u + Q_{\text{hava ısıtıcı}}$$

Cebennemlik

$$Q_c = \beta h (I_{tf} - I_{t1}) = Q_{su} + \underbrace{D_h (h_D + h_b)}_{Q_{K120}} = Q_{su} + Q_{K120}$$

### Kısa Duman Borulacı

$$Q_{KDS} = B_h (I_{t1} - I_{t2}) (1 - K_z) \quad K_z: \text{yüzey kaybı}$$

### Uzun Duman Borulacı

$$Q_{UDS} = B_h (\bar{I}_{t2} - \bar{I}_{t3}) (1 - K_z)$$

### Ekonomiyzer

$$Q_{eko} = B_h (\bar{I}_{t3} - \bar{I}_{t4}) (1 - K_z) = D_h (h_{eko} - h_0)$$

### Hava ısıtıcısı

$$h_0 = 4.18 \cdot t_0 \text{ (kJ/kgy)}$$

$$Q_{HI} = B_h (\bar{I}_{t4} - \bar{I}_{t5}) (1 - K_z) = m_H c_{p2} (t_L - t_u)$$

$$(\bar{I}_{t5}) = B_h \eta L_{min} c_{p2} (t_L - t_u)$$

$$(m_H = \eta L_{min} B_h) \quad m_H: \text{yokma havası debisi (Nm}^3/\text{h)}$$

### Kızdırıcı

$$Q_{KIZ} = D_h (h_D - h_0)$$

$$B_h = \frac{D_h (h_D - h_0)}{\eta_k H_u}$$

### Faydalı ısı

$$Q_{FI} = Q_S + Q_C + Q_{KIZ} + Q_{KDS} + Q_{UDS} + Q_{eko}$$

$$Q_{FI} = D_h (h_D - h_0) = B_h \eta_k H_u = B_h (\bar{I}_{t5} - \bar{I}_{t3}) (1 - K_z)$$

$$\bar{I}_{t5} = \eta_k H_u + \eta L_{min} c_{p2} (t_L - t_u) + \bar{I}_{t3}$$

$$K_B = \frac{\bar{I}_{t4} - \bar{I}_{t5}}{H_u} \quad K_B: \text{baş kaybı} \quad \bar{I}_{t4} = 100 \text{ kcal/kgy} = 418 \text{ kJ/kgy}$$

$$Q_{FI} - Q_{eko} = D_h (h_D - h_{eko}) = B_h (\bar{I}_{t5} - \bar{I}_{t3}) (1 - K_z) \quad 37$$

P=8-14 bar kızgın buhar üretici kazan

Ekonomiyere olmaktan dışarıdan alınan sıcak su direkt kazana veriliyor.

P=8-14 bar doymuş buhar üretici kazan

Kızdırıcı ünitesi kaldırılıyor.

P=1-7 bar doymuş buhar üretici kazan

Hava ısıtıcısı kaldırılıyor.

Hava ısıtıcısı

$$Q_{H1} = \dot{m}_1 (T_{H1} - T_{H2}) = \dot{m}_2 c_p (T_{H2} - T_{H1})$$

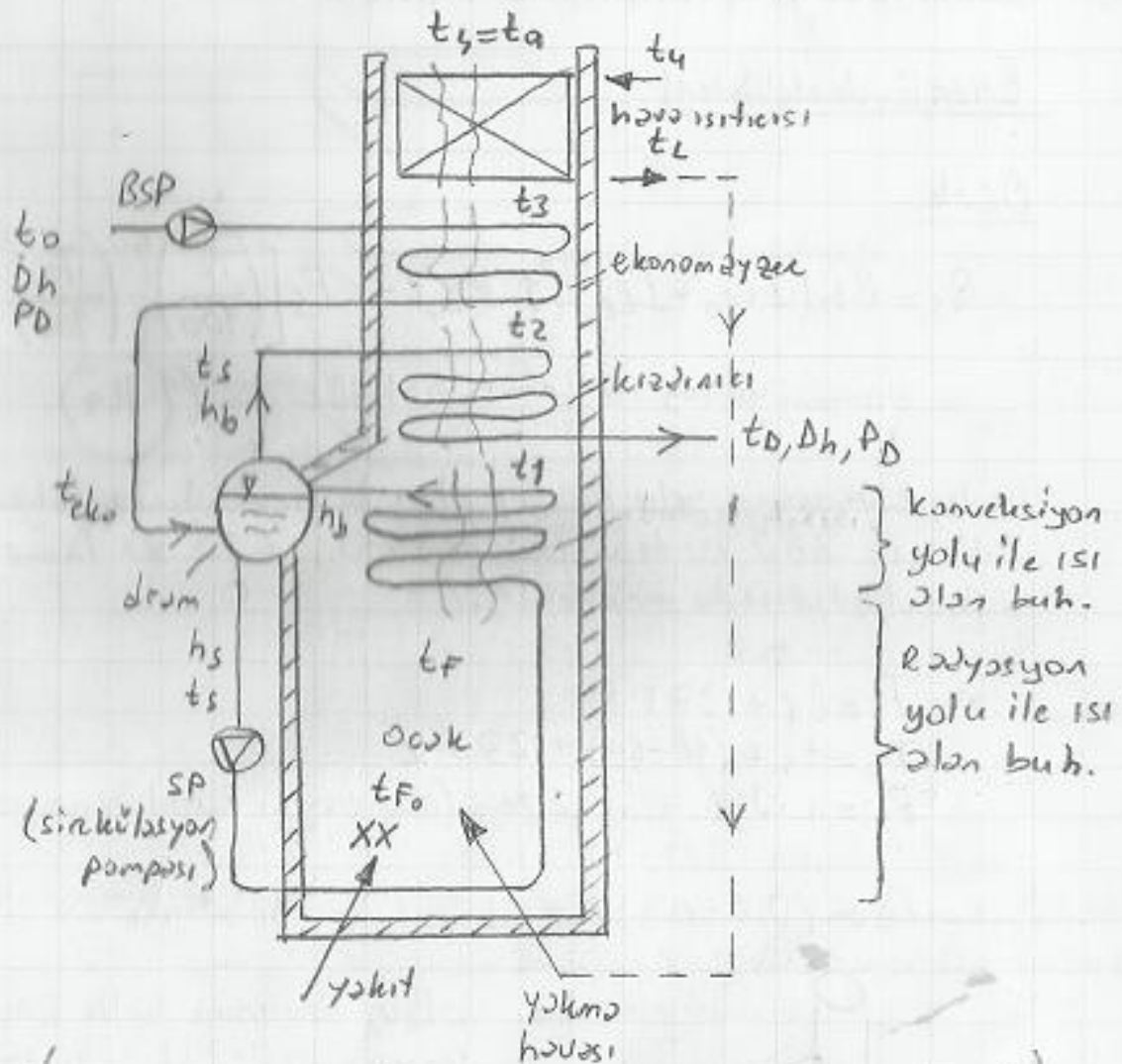
Kızdırıcı ünite için  $\dot{m}_1 (T_{H1} - T_{H2}) = \dot{m}_2 (T_{H2} - T_{H1})$

Fundamental  $\dot{m}_1 (T_{H1} - T_{H2}) = \dot{m}_2 (T_{H2} - T_{H1})$

$$\dot{m}_1 (T_{H1} - T_{H2}) = \dot{m}_2 (T_{H2} - T_{H1})$$

18/11/2014

## Su borulu kazanlarda enerji dengesi



(L3 mont kazan (kızdırıcı buharlaştırıcı üzerinde))

- $t_1$  : buharlaştırıcı sonu, kızdırıcı önü sıcaklığı
- $t_2$  : kızdırıcı sonu, ekonomizatör önü
- $t_3$  : ekonomizatör sonu, hava ısıtıcısı önü

Su borulu kazanlar, duman borulu kazanlardan sonra geliştirilmiştir. 100 bar kadar basınç elde edilebilir.



20-70 bar basınçta çalışan su borulu kazanlar, termik santrallerde elektrik enerjisi elde etmek için kullanılır. Boru iç çapları 3-5 cm'dir.

## Enerji denklemleri

### Özellik

$$Q_s = Bh(I_{tfo} - I_{tf})(1 - K_2) = cF_s \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

dümen, yüzey ile temas halinde  $\rightarrow (1 - K_2)$

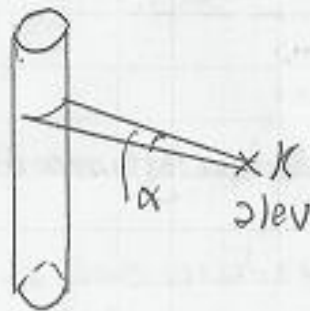
Özellik; radyasyon yolu ile ısı olan buharlaştırıcı bölgedir. Yaklaşık %80 ısı transferi olacaktır, %20 ısı transferi buharlaştırıcıda gerçekleşir.

$$T_1 = t_f + 273 \text{ K}$$

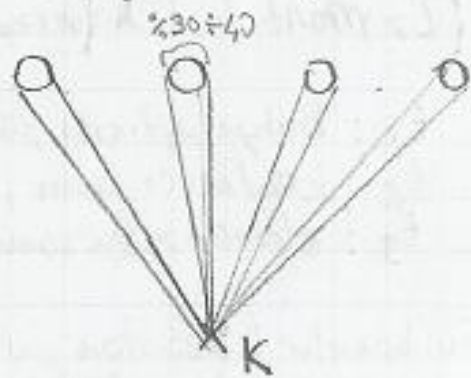
$$T_2 = t_s + (50 \div 60) + 273 \text{ K}$$

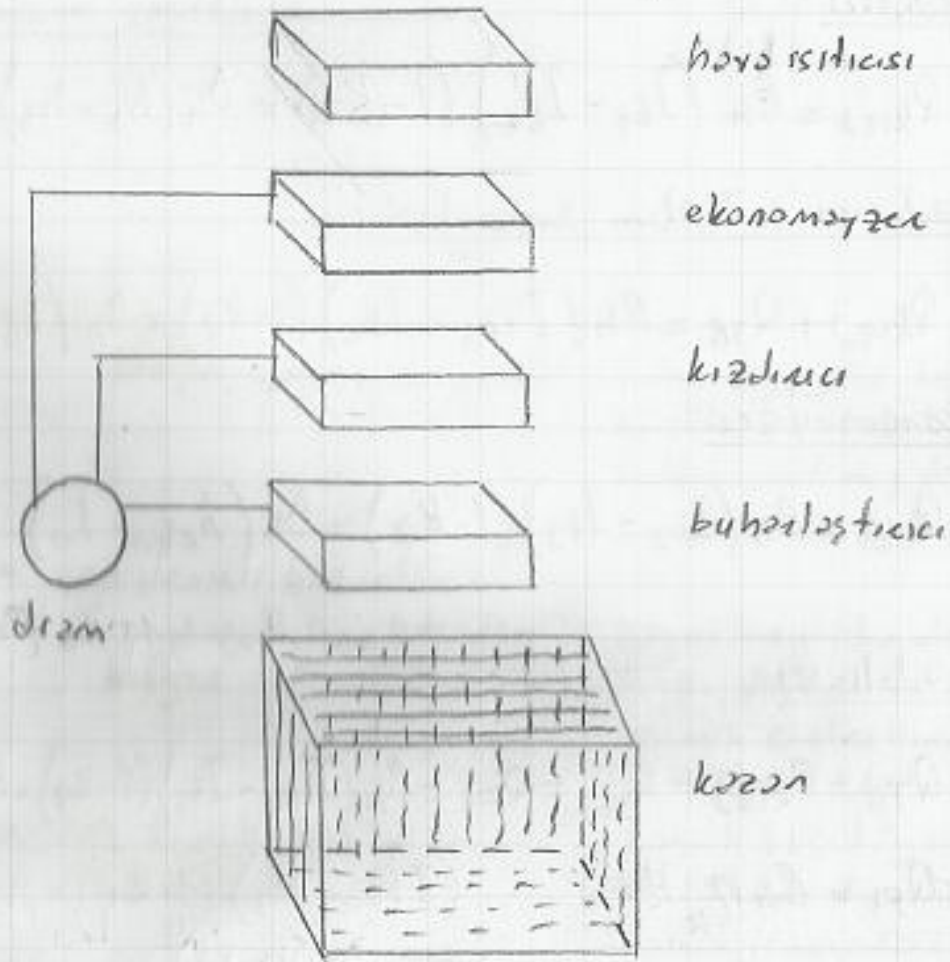
$F_s$  = radyasyon yüzeyi (radyasyon borularının yüzeyi)

$$F_s = (0.6 \div 0.7) F_{rad. borular} \text{ (su borulu kazanlarda)}$$



ölev, borunun belli bir kısmına (%60-70) etki eder.





Kazanda 5 yözle konveksiyon boantarı bulunur. Paket ünıtelıer halınde bulunır bıleşenler, heçhangı bıe bozu fıkanlıklığı duarumunda değıştırılelılıe.

Konveksiyon yolu ile ısı alan buharlaştırıcı

$$Q_{KB} = B_h (\hat{I}_{tr} - \hat{I}_{t1}) (1 - K_2)$$

Toplam buharlaştırıcı

$$Q_{TB} = B_h (\hat{I}_{tfo} - \hat{I}_{tr}) (1 - K_2) = D_h (h_b - h_{eko})$$

### Kızdırıcı

$$Q_{kızd} = \beta_h (I_{t1} - I_{t2}) (1 - K_2) = D_h (h_D - h_B)$$

### Kızdırıcı + Toplam buharlaştırıcı

$$Q_{kızd} + Q_{TB} = \beta_h (I_{tfo} - I_{t2}) (1 - K_2) = D_h (h_D - h_{eko})$$

### Ekonomisyze

$$Q_{eko} = \beta_h (I_{t2} - I_{t3}) (1 - K_2) = D_h (h_{eko} - h_0)$$

$$h_0 = 4,18 \cdot t_0 \text{ (kJ/kg)}$$

### Faydalı ISI

$$Q_{TB} + Q_{kızd} + Q_{eko} = Q_{FI} = \beta_h (I_{tfo} - I_{t3}) (1 - K_2) = D_h (h_D - h_0)$$

$$Q_{FI} = \beta_h \eta_k H_u \quad (I_{tfo} - I_{t3}) (1 - K_2) = \eta_k H_u$$

### Harar Isıtıcısı

$$\beta_h = \frac{D_h (h_D - h_0)}{\eta_k H_u}$$

$$Q_{HI} = \beta_h (I_{t3} - I_{tu}) (1 - K_2) = \beta_h \Delta L_{min} c_{pL} (t_L - t_u)$$

(= I\_{t4})

$$I_{t4} = 100 \text{ kcal/kg} = 418 \text{ kJ/kg}$$

$$I_{tfo} = \eta_F H_u + \Delta L_{min} c_{pL} (t_L - t_u) + I_{t4}$$

$$\eta_F = 1 - K_0$$

$$\eta_k = 1 - (K_0 + K_2 + K_B)$$

$$K_B = \frac{I_{t4} - I_{tu}}{H_u}$$

$K_0$ : ocak kaybı

$K_2$ : yavaş kaybı

$K_B$ : baca kaybı

$$42 \quad M_H = \beta_h \Delta L_{min} \text{ (Nm}^3/\text{h)} \quad \eta_k = \eta_F - (K_2 + K_B)$$

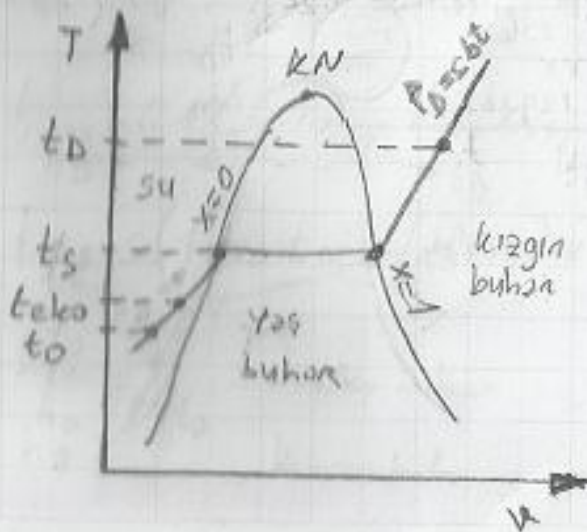
## Kazan çeşitleri

### Su borulu kazanlar

- 3'üncü sınıf kazanlar  
doymuş buhar kazanları  
kırgın " " "
- 2'inci sınıf kazanlar  
kırgın buhar kazanları : 3'üncü sınıfa göre boyutlar  
küçük; 30 bar kadar  
buhar üretimi; termik  
sanaiselerde kullanılıyor.
- tek sınıf kazanlar  
doymuş buhar kazanları } : boyutlar daha da küçük-  
kırgın " " " } lüyor; 20 bar ve üzeri;  
termik sanaiselerde ve  
otomatik işletmelerde.
- tek borulu kazanlar (A tipi kazanlar) : boyut küçük oluyor;  
5-15 bar basınç;  
buhar jeneratörleri,  
kombi, soğutma.

$$h_D = 4,18 \cdot t_D \text{ (kJ/kg)}$$

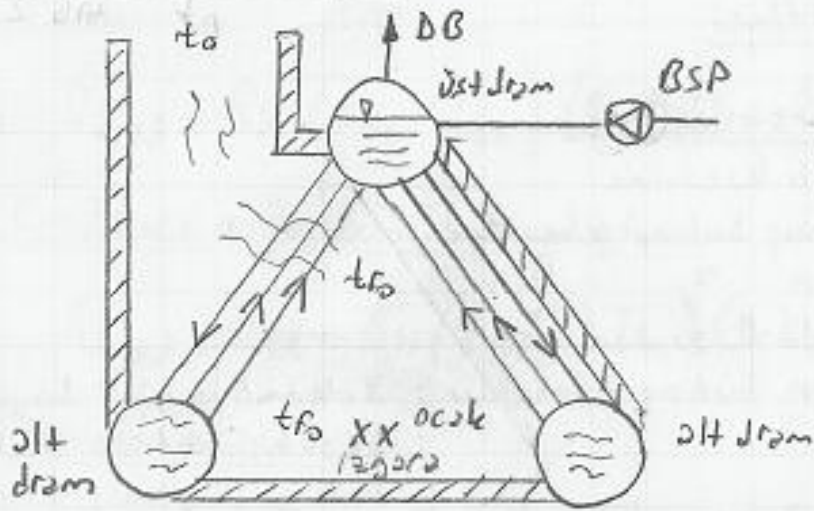
$$h_D = 4,18 \cdot t_D + h_{fg} \text{ (kJ/kg)}$$



I ve t seçilmesi için  
(I-t) diyagramı

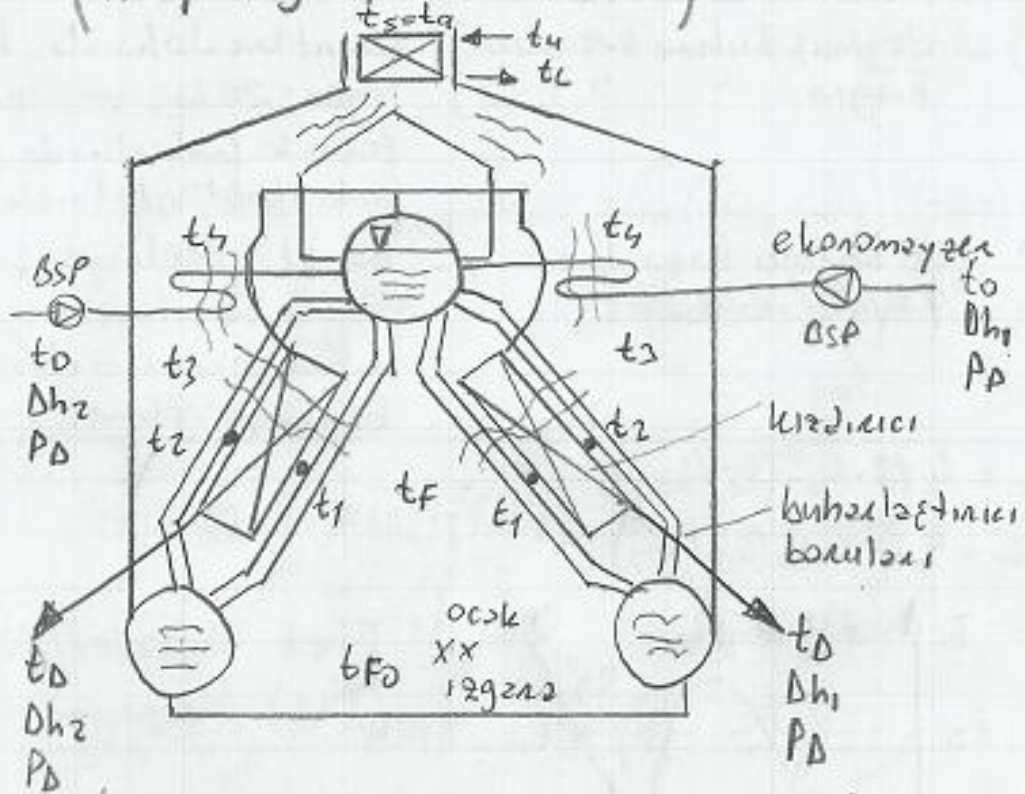
$h_D - t_D$  ve  $h_g - t_g$  için  
 $P_D$ 'ye göre Tablo A-6'ya  
bakılır

### 3 dromlu kazanlar



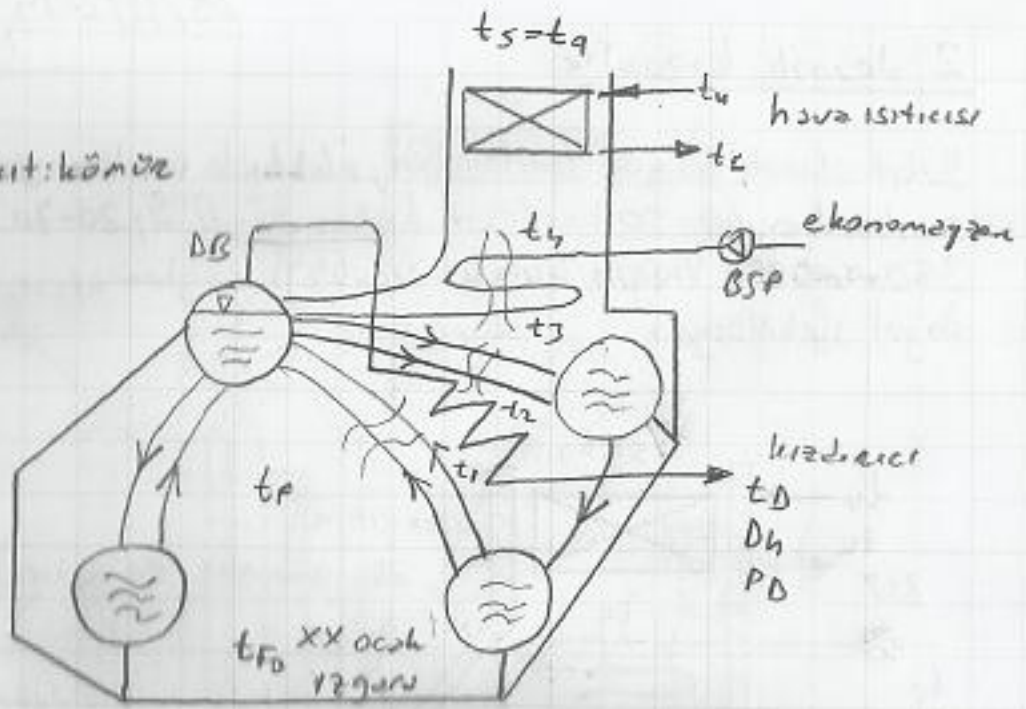
Yakıtı:  
odun ve kömür

### (A tipi doğmuş buhar kazanı)



### (3 dromlu tabii sirkülasyonlu kazan)

yakıt: kömür

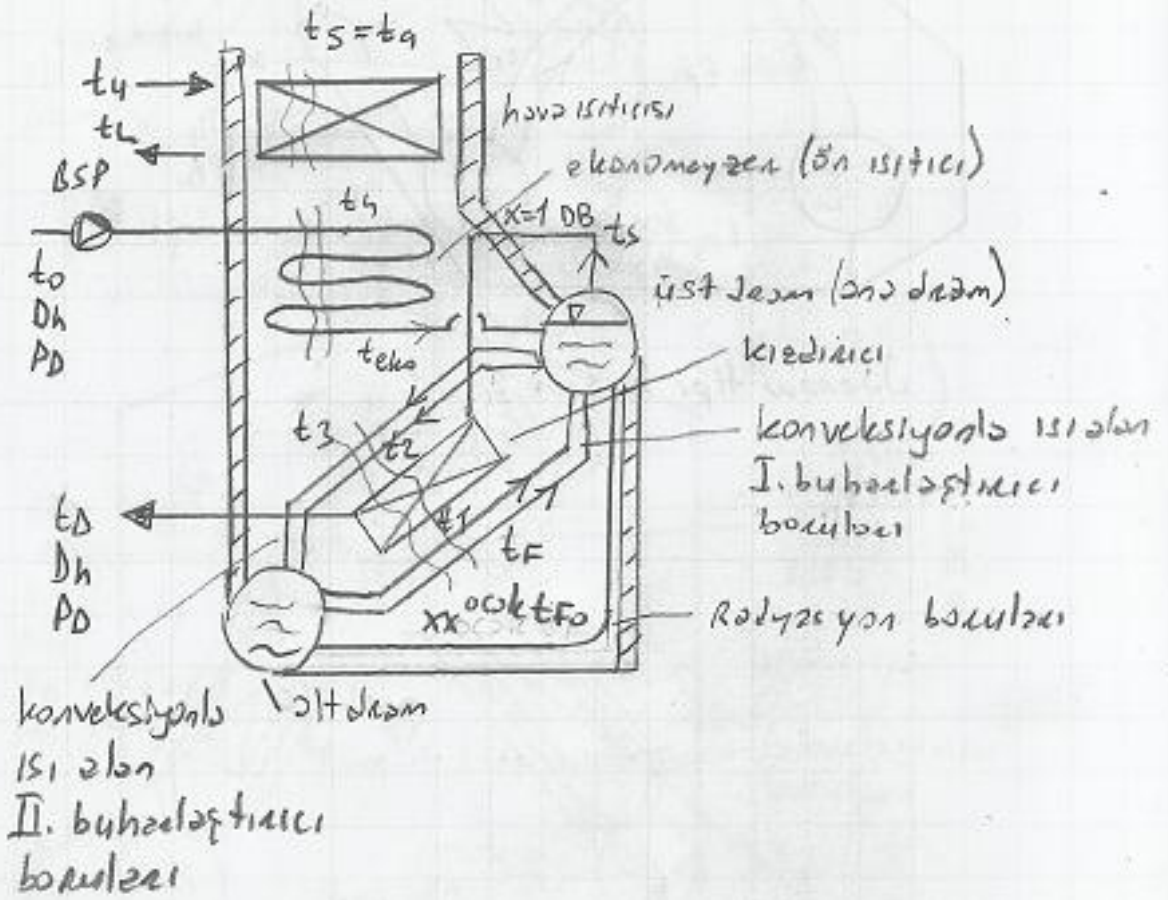


(İşareti tipi kazan)

25/11/2014

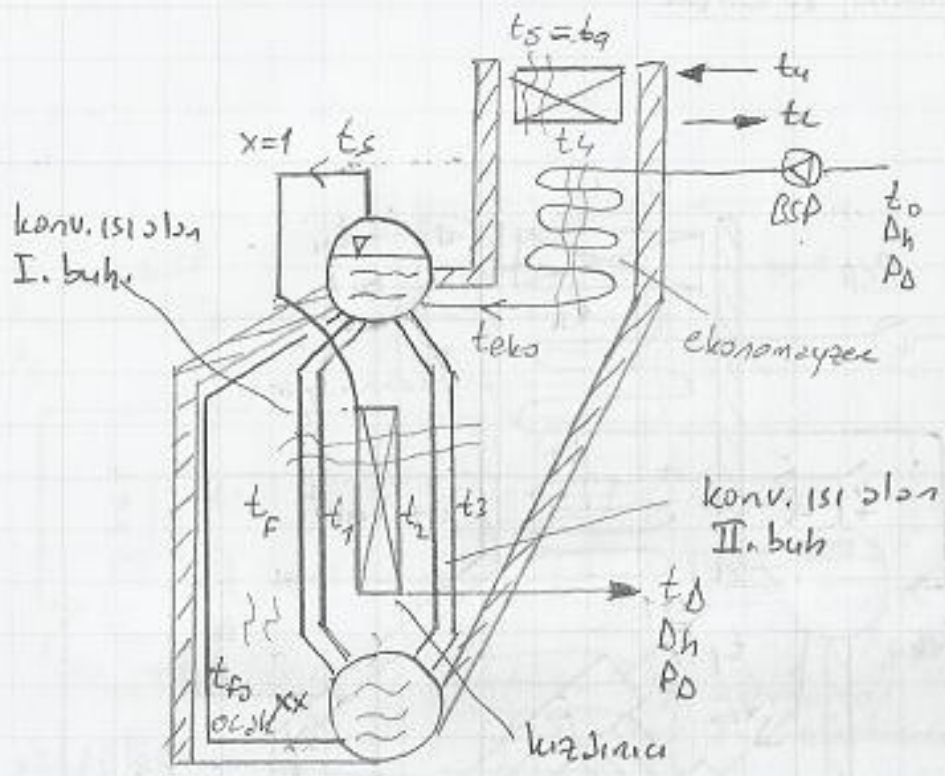
## 2'li damlı kazanlar

Yakıt olarak kömür kullanılan, elektrikle ısıtılan yapen kazanlardır. 40-50 ton/saat buhar üretimi; 20-70 bar basınç; 350-400°C kızgın buhar sıcaklığı sağlar.  
Doğal sirkülasyon



Üst (2no) drumda buhar üretilir, alt drum suyun depolandığı drumdur. Konveksiyon buharlacısının eğim açısı 30-60°'dir.  
Ekonomizer sonunda sıcaklık 140°C ise drumda 200°C'ye ulaşır.

46 (iki damlı eğik borulu (paket tipi) kazan)

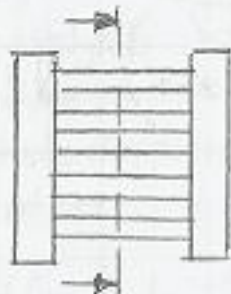
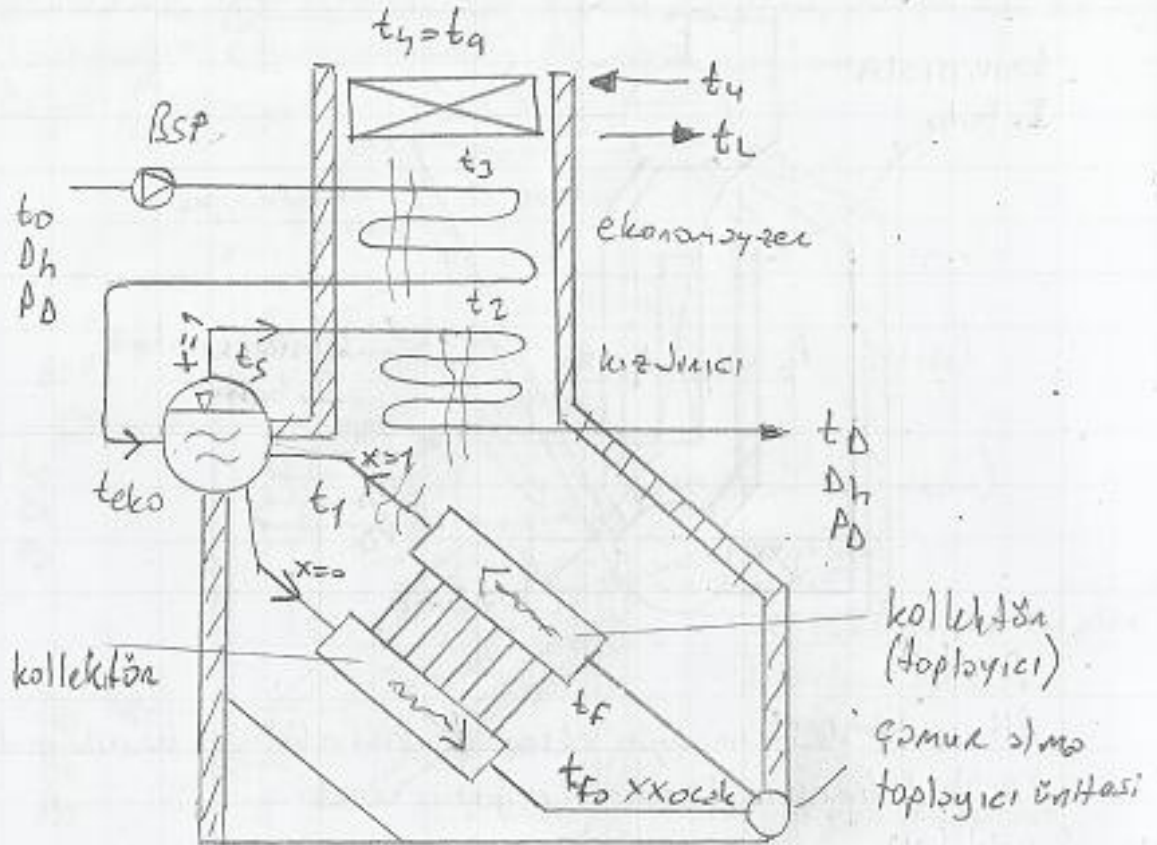


Alt ve üst damblon aynı ekseninde, konveksiyon borusunu dikey. Köşük d hacmine benzer bir yapısı vardır.

(iki damblonlu dik borulu (d tipi) kazan)  
(Foster Wheeler)



## Tek devimli kazanlar



Kollektörlerin eğimi  $30-60^\circ$ 'dir.  
Alt kollektör - buharlaştırıcı  
borular - üst kollektöre bağlanan  
sürekli sirkülasyon gerektirir.

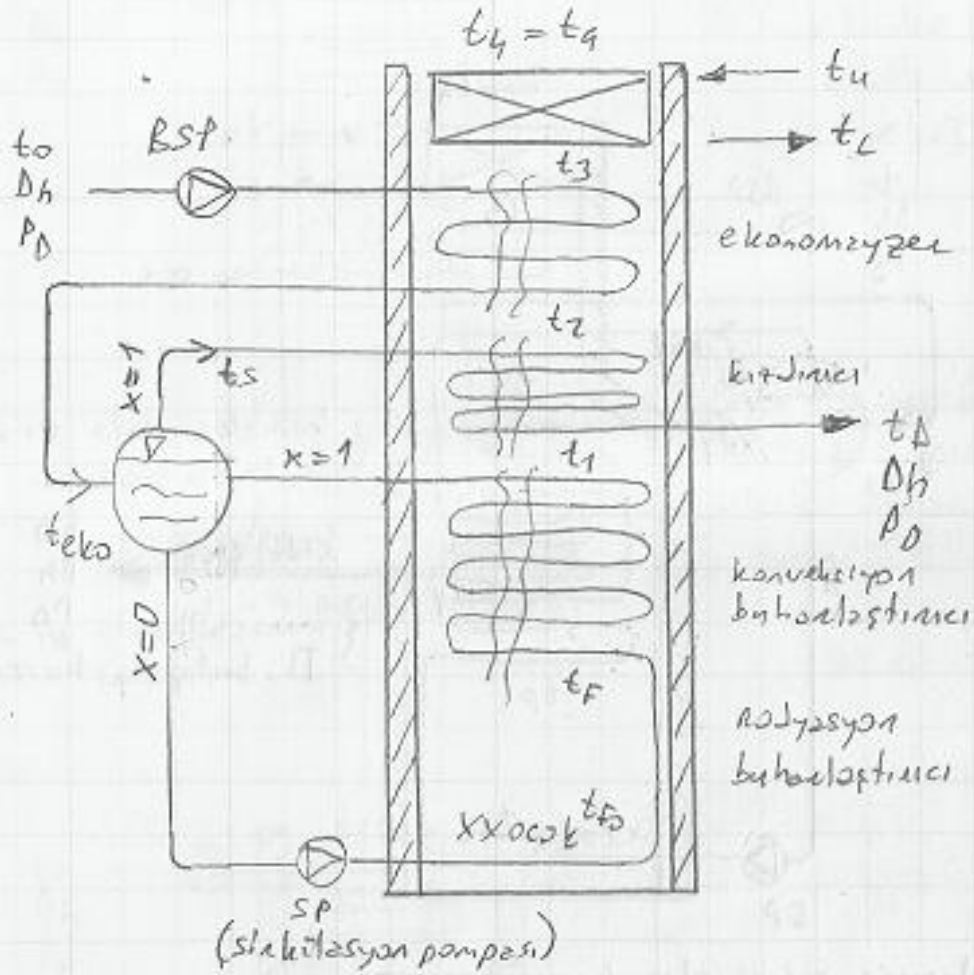
Boruları korumak amacıyla, çamur alma ünitesinde biriken  
sudaki yabancı maddeler alınır.

350-400°C buhar üretimi

50 bar basınç

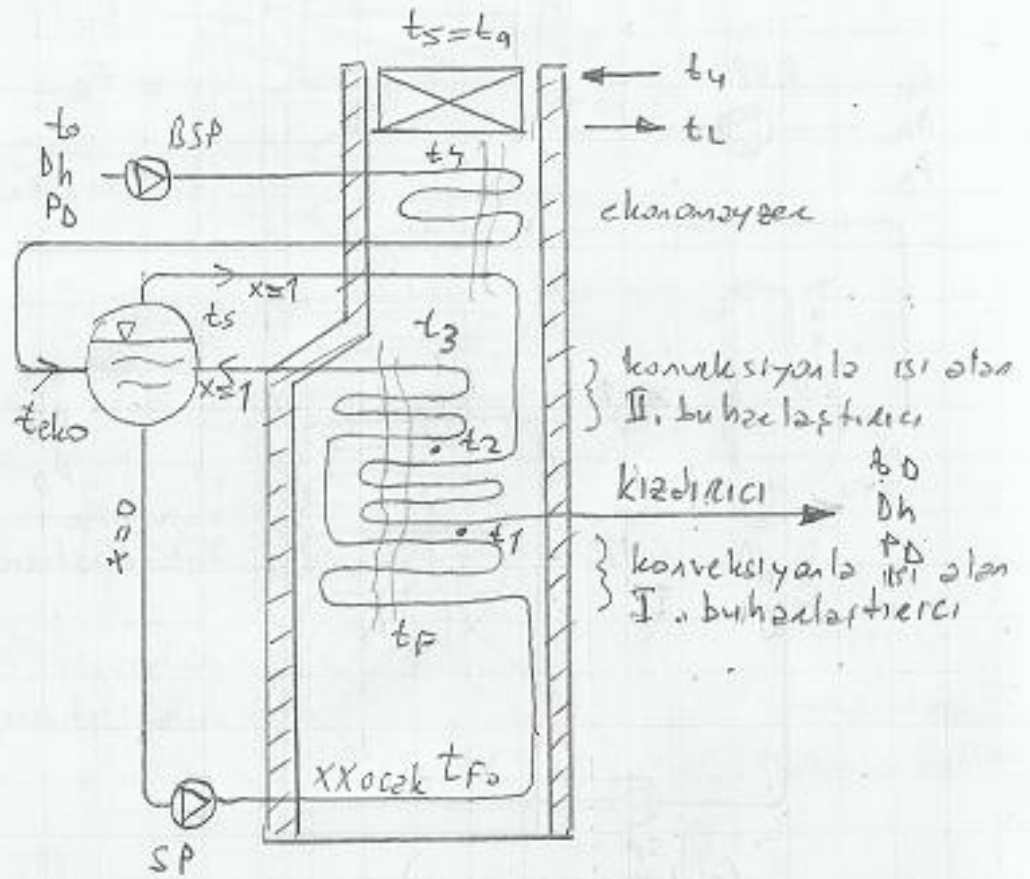
30-40 ton/saat buhar üretimi

48 (Babcock-Wilcox kazanı)



SP ile zorlamalı (cebel) sirkülasyon sağlanıyor.  
Yakıt; sıvı, kâbı, gaz.

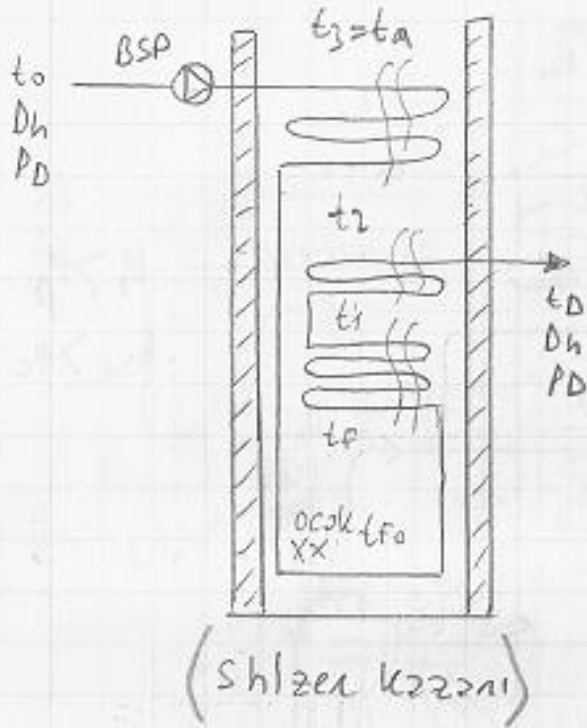
(L2-Mont kovanı (kızdırıcı buharlaştırıcı üzerinde))



Sirkülasyon cebat olarak sağlanır.  
 Kızdırıcı, buharlaştırıcı boru demetleri arasında konularak  
 geçen boyutu küçültülmüş olur.  
 300-500°C kızgın buhar ile elektrik ısıtılır.  
 Sıvı veya gaz yakıt kullanılır.

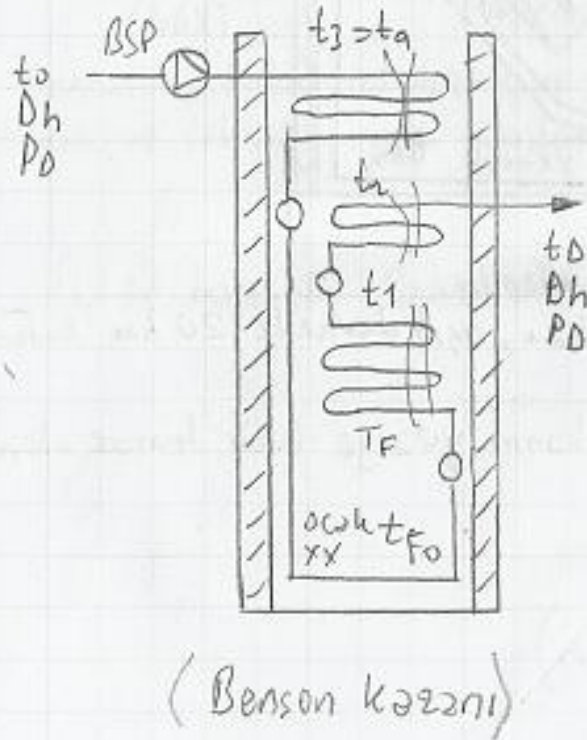
(Lo-Mant kovanı (kızdırıcı buharlaştırıcı arasında))

## Tek borulu kazanlar



Şofbenlerin temel çalışma prensibi ile çalışırlar. 20 bara kadar basınç elde edilen, küçük hacimli, oksijenli kızgın yağ olan kazanlar.

Boru çapları baştan sona aynıdır. Borudaki hız sürekli artar

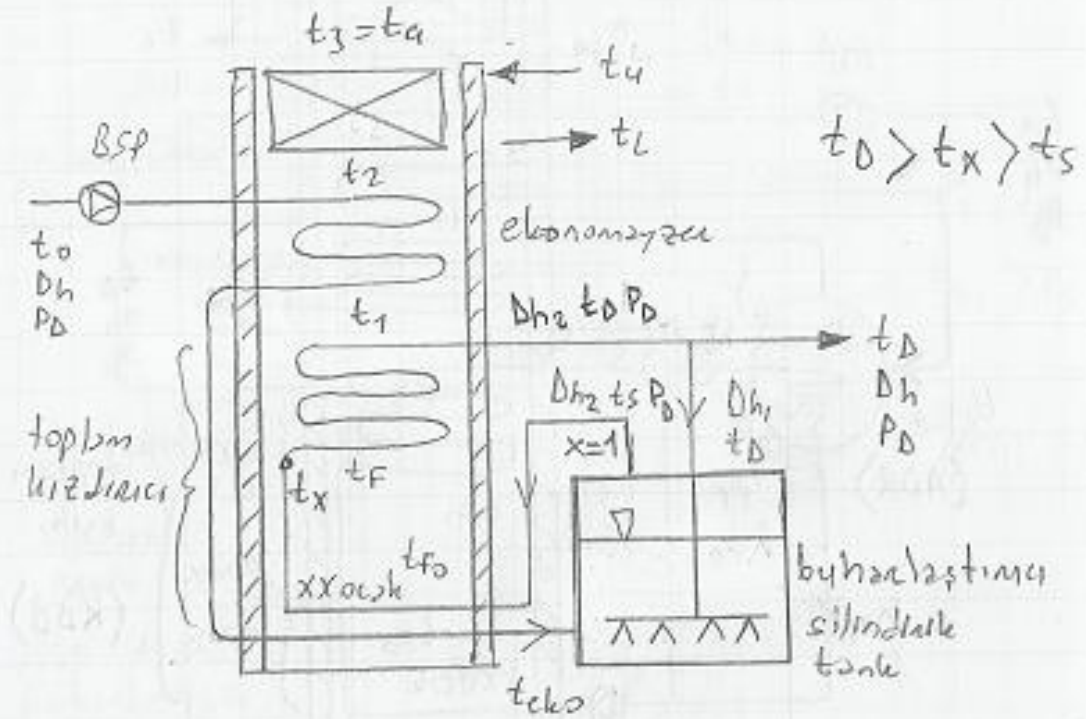


⊙ : toplama ünitesi

Buharın hızını ayarlamak için, her üniteye boru çapları farklıdır.







$t_x$ 'de kızgın buhar fazına geçer.  
 Suyun buharlaşması silindirik tankta oluyor.  
 Toplam kızdırıcı = konveksiyonla ısı olan kızdırıcı +  
 radyasyonla ısı olan kızdırıcı (ocak)  
 Ocak ünitesi kızdırıcı bunlarından oluşur.

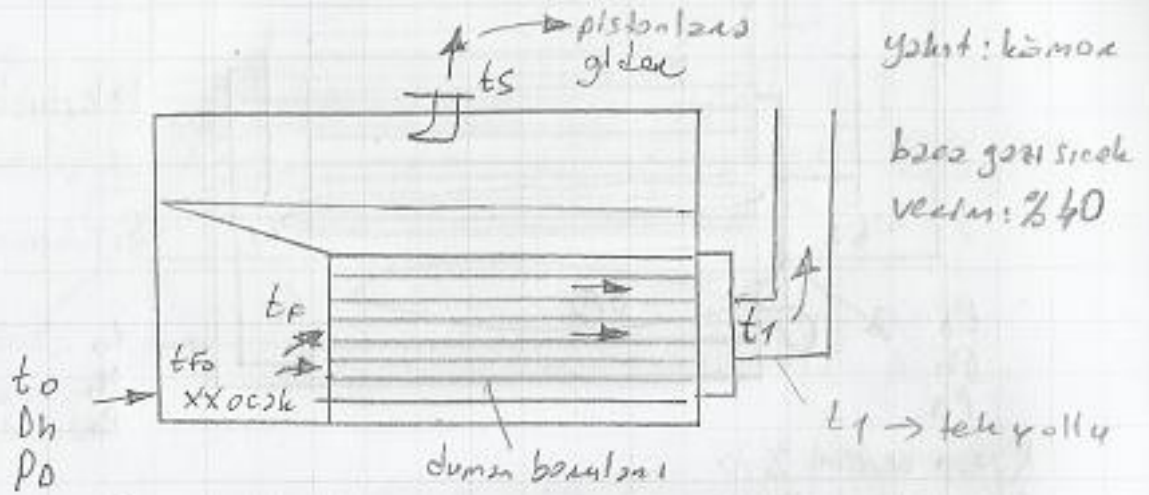
10-15 ton/saat kızgın buhar üretimi  
 80-100 bar basınç  
 500-600°C çıkış sıcaklığı

(Loeffler kazanı)

2/12/2014

## Duman borulu kazanlar

Dumanın geçtiği yola göre 3 grupta toplanır.



Pistonlara giden doymuş buhar ile lokomotif salır.

## Qsk

$$Q_{sk} = B_h (I_{t_{f_0}} - I_{t_f})$$

## Duman borular

$$Q_{DB} = B_h (I_{t_f} - I_{t_r}) (1 - \kappa_2)$$

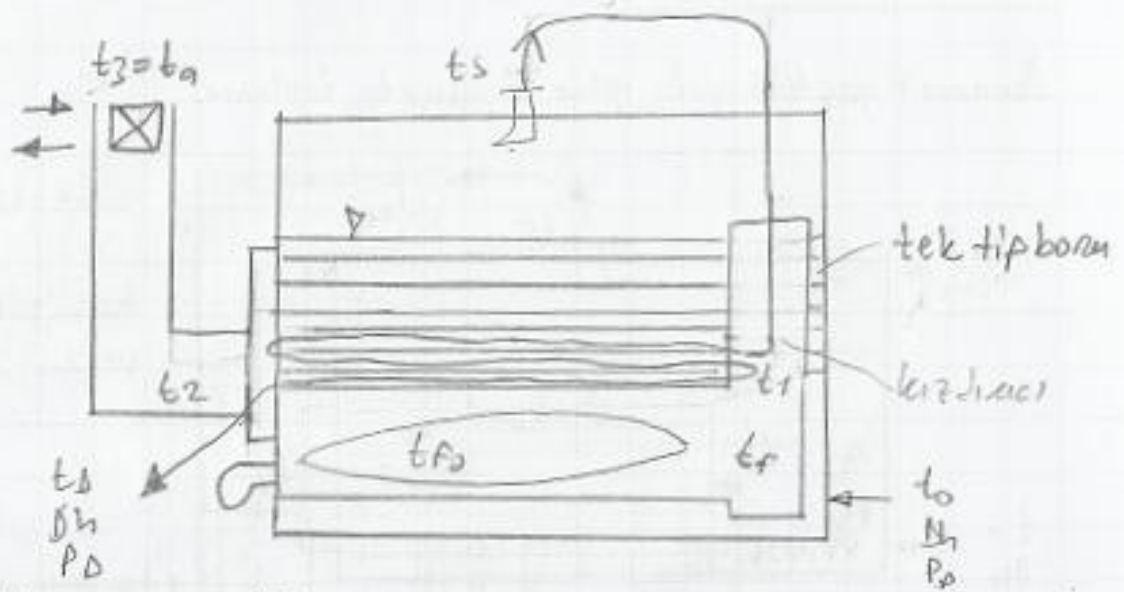
## Faydalı ısı

$$Q_{FI} = D_h (h_b - h_0) = B_h \rho_k H_u = B_h (I_{t_{f_0}} - I_{t_r}) (1 - \kappa_2)$$

$h_b$ : doymuş buhar entalpis

(Tek yönlü duman borulu kazan (Lokomotif kazanı))





Kazan verimi %70  
Sıvayla kullanılır.  
Yakıt; katı, sıvı, gaz

Ocak

$$Q_s = B h (I_{tfo} - I_{t2})$$

Cehennemlik

$$Q_c = B h (I_{t2} - I_{t1})$$

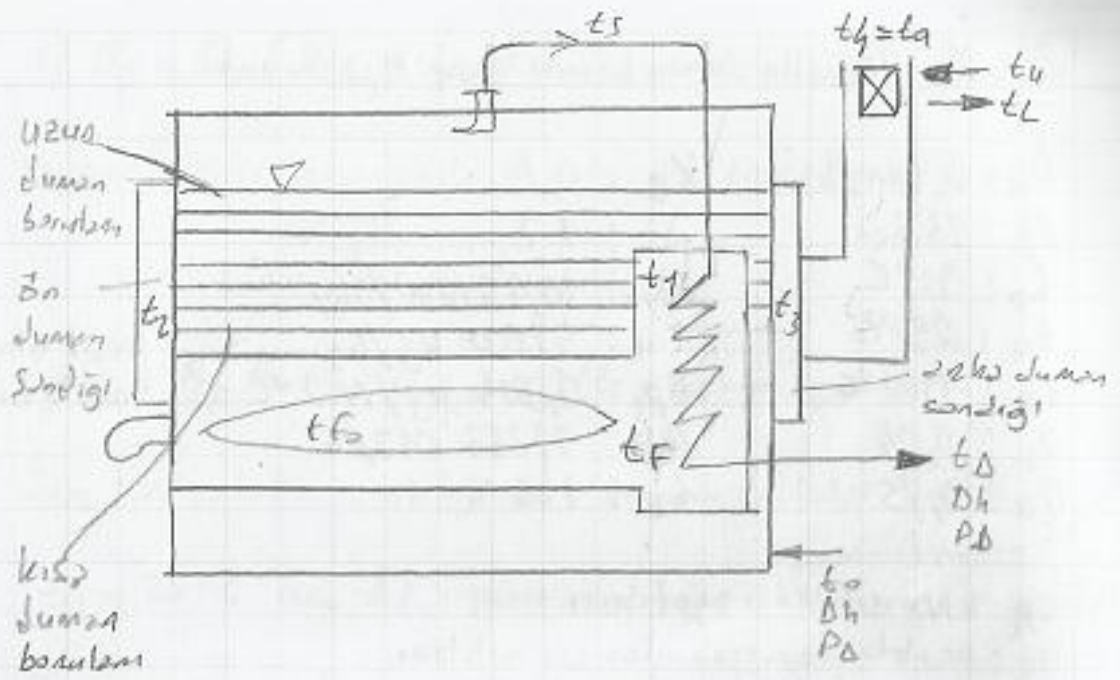
Duman borulzu

$$Q_{DB} = B h (I_{t1} - I_{t2}) (1 - K_2)$$

Faydalı ısı

$$Q_{FI} = D h (h_D - h_0) = B h \eta_k H_u = B h (I_{tfo} - I_{t2}) (1 - K_2)$$

(2 yollu duman borulu skof tipi kazan)



Kızduru  
 ↓  
 cehennemle işinde

Enerji denklemleri syf. 36'da.

(3 yollu duman borulu Skog tipi kazan)

Soru 1 Üç yollu duman borulu şoför tipi kazan

$$\dot{D}_h : 8 \text{ ton/h}$$

$$P_D : 16 \text{ bar}$$

$$t_0 : 90^\circ\text{C}$$

$$t_u : 25^\circ\text{C}$$

$$t_F : 1900^\circ\text{C}$$

$$k_2 : 0,04$$

$$Q_k : 0,85$$

$$K_B : 0,1$$

$$\lambda : 1,2$$

$$L_{min} : 10,75 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

$$H_u : 41800 \text{ kJ/kg}$$

$$C_{p2} : 1,304 \text{ kJ/Nm}^3\text{C}$$

$$Q_S : 17367 \text{ MJ/h}$$

$$t_L : 125^\circ\text{C}$$

— kcal olarak da  
verilebilir

$C_{p2}$ : hava ısıtması için gerekli ısı

$Q_S$ : ocakta transfer olan ısı miktarı

a)  $B_h = ?$  kazanın suya verilen yakıt miktarı?

b)  $t_D = ?$  üretilen (kızgın) buharın sıcaklığı?

c)  $t_3 = ?$  ocak dumanındaki sıcaklığı?

d)  $t_2 = ?$  kısa duman borularına giren sıcaklığı ( $t_3 = 900^\circ\text{C}$ )  
ise kısa ve uzun duman borularında birim  
kütleye yakıt başına entalpi düşümüleri birbirine  
eşit olması durumunda ön duman sandığı sıcak-  
lığını ( $t_2$ ) belirleyiniz.

$t_D = t_s$  seçerse soğuk buhar üretiliyordur.

$t_D > t_s$  seçerse kızgın buhar elde edilmiş demektir.

d) seçilendeki ifade  $\rightarrow (I_{t_1} - I_{t_2}) = (I_{t_2} - I_{t_3})$

kızgın buhar üretilmişse kızdırıcı vardır demektir.

$L_{min}$ ,  $C_{p2}$  veriliyorsa hava ısıtıcısı vardır demektir.

$$a) Q_3 = B_h (\dot{I}_{t_{f0}} - \dot{I}_{t_f})$$

Duman borulu kazanlarda sadece  $K_2$  ihmal ediliyor.

Bu eşitlikten  $B_h$ 'a ulaşabiliriz.

$$\dot{I}_{t_{f0}} = \eta_f H_u + \dot{m} L_{min} c_{p_c} (t_c - t_u) + \dot{I}_{t_u}$$

$\dot{I}_{t_{f0}}$ : ısıya bittik sıcaklığında dumanın entalpi değeri

$t_u = 25^\circ\text{C}$  ise  $\dot{I}_{t_u}$ : suyun sıcaklığındaki dumanın entalpi = ?

$$\dot{I}_{t_u} = 100 \text{ kcal/kg} = 418 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_f = ?$$

$$\eta_k = 1 - (K_0 + K_2 + K_d), \quad 1 - K_0 = \eta_f$$

$$0,85 = \eta_f - (K_2 + K_d)$$

$$0,85 = \eta_f - (0,05 + 0,1)$$

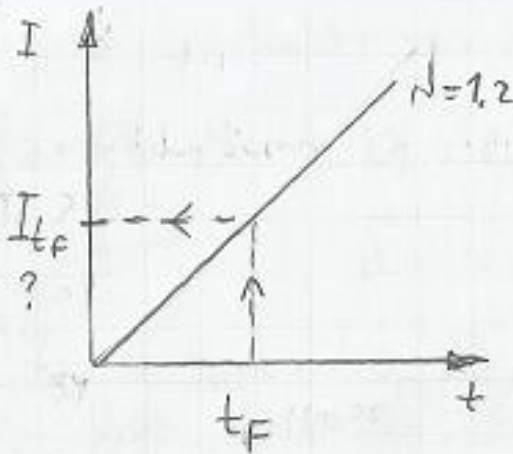
$$\eta_f = 0,99$$

$$\dot{I}_{t_{f0}} = 0,99 \cdot 41800 + 1,2 \cdot 10,75 \cdot 1,305 (125 - 25) + 418$$

$$\dot{I}_{t_{f0}} = 43582 \text{ kJ/kg}$$

$\dot{I}_{t_f} = ?$   $t_f = 110^\circ\text{C}$  verilmiş  $\Rightarrow (I-t)$  İryagazından

$\dot{m} = 1,2$  isin  $\dot{I}_{t_f}$  değeri bulunur.



$$I_{t_F} = 22700 \text{ kJ/kg}$$

$$B_h = \frac{Q_s}{I_{t_2} - I_{t_F}} = \frac{11367 \cdot 1000}{53482 - 22700} = 546 \text{ kg/h}$$

saatte yakılan yakıt miktarı

$$b) Q_{F1} = B_h \cdot \eta_k \cdot H_u = D_h (h_D - h_0) = B_h (I_{t_2} - I_{t_1}) (1 - \eta_k)$$

$$h_0 = ? \quad t_0 = 90^\circ\text{C}, \quad c_{psu} = 4,18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

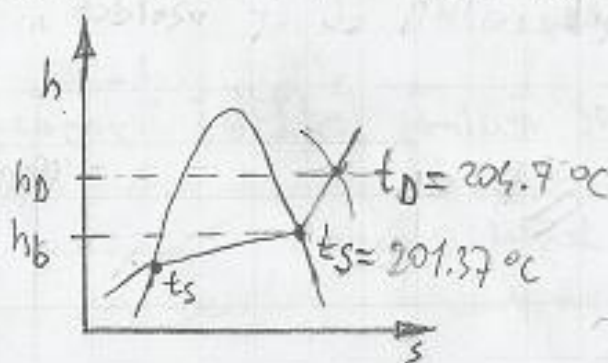
$$h_0 = t_0 \cdot c_{psu} = 90 \cdot 4,18 \quad h_0 = 376,2 \text{ kJ/kg}$$

$$546 \cdot 0,85 \cdot 41800 = 8000 (h_D - 376,2)$$

$$h_D = 2801 \text{ kJ/kg}$$

Buhar tablusu (A-6) veya Mollier diyagramına geçiyoruz.

(Tablo A-6)'da 16 bar için  $t_s = 201,37^\circ\text{C}$ ,  $t_D = 204,7^\circ\text{C}$



$t_D > t_s \Rightarrow$  kızgın buhar elde edilmez

$$c) Q_{H1} = B_h \cdot L_{min} \cdot c_{pL} (t_L - t_u) = B_h (\hat{I}_{t_3} - \hat{I}_{t_u}) (1 - \kappa_2)$$

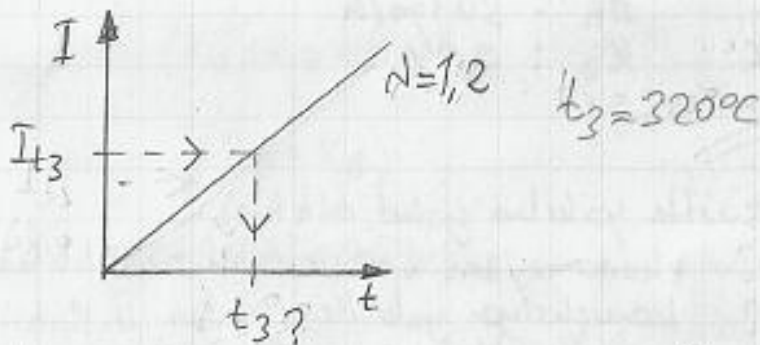
$$\kappa_B = \frac{\hat{I}_{t_a} - \hat{I}_{t_u}}{H_u} \quad 0,1 = \frac{\hat{I}_{t_a} - 418}{41800} \quad \hat{I}_{t_a} = 4598 \text{ kJ/kg}$$

(Normal gasetilanda  $\hat{I}_{t_u} = 100 \text{ kcal/kg} = 418 \text{ kJ/kg}$ )

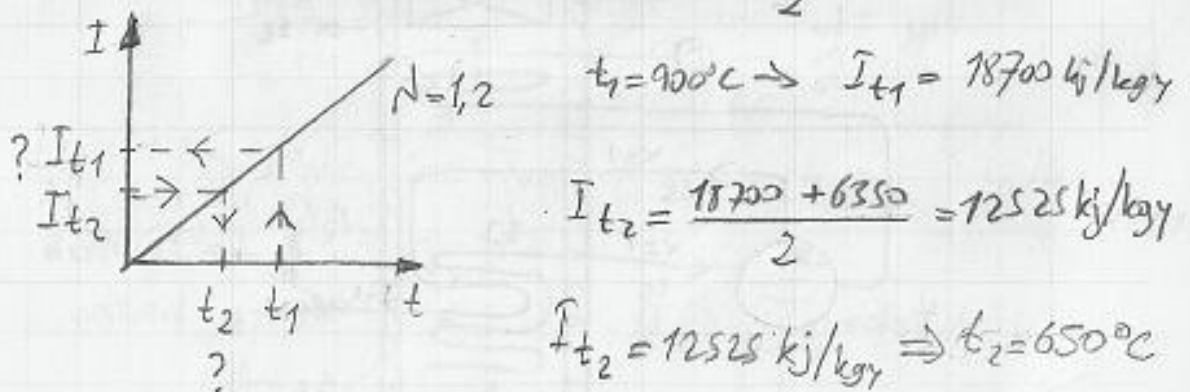
$$B_h \cdot L_{min} \cdot c_{pL} (t_c - t_u) = B_h (\hat{I}_{t_3} - \hat{I}_{t_a}) (1 - \kappa_2)$$

$$1,2 \cdot 10,75 \cdot 1,304 (125 - 25) = (\hat{I}_{t_3} - 4598) (1 - 0,04)$$

$$\hat{I}_{t_3} = 6350 \text{ kJ/kg}$$



$$d) \hat{I}_{t_1} - \hat{I}_{t_2} = \hat{I}_{t_2} - \hat{I}_{t_3} \Rightarrow \hat{I}_{t_2} = \frac{\hat{I}_{t_1} + \hat{I}_{t_3}}{2}$$

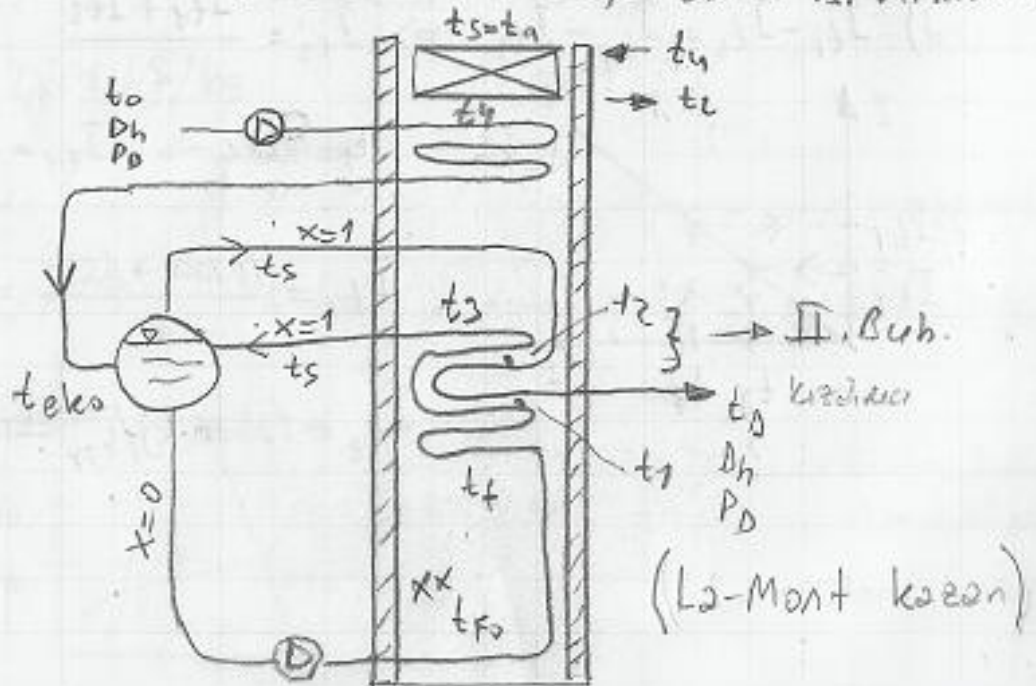


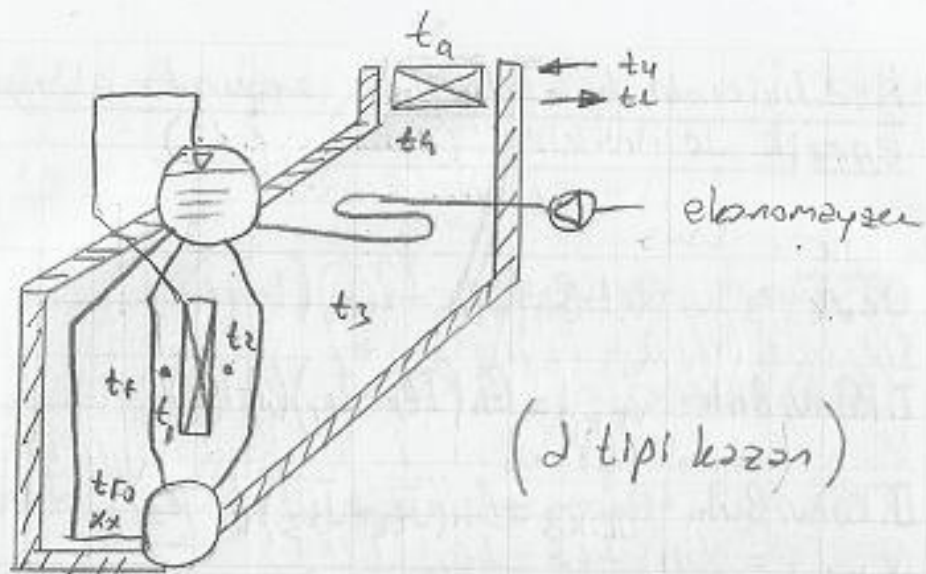
Soru 2 Su buharı L<sub>2</sub>-Mont kazan (kızdırıcı buharlaştırıcı) için iki devreli eğik buharlı kazan ile devreli d tipi kazan

Her iki kazan için de gerekli birer sacu. Çözüm yöntemi aynı.

$P_D$ : 40 bar	$L_{min}$ : 10,75 Nm <sup>3</sup> /kg
$t_D$ : 450 °C	$K_B$ : 0,09
$t_{eko}$ : 190 °C	$c_{pl}$ : 1,306 kJ/Nm <sup>3</sup> °C
$t_o$ : 120 °C	$\rho$ : 1,3
$t_u$ : 25 °C	$H_u$ : 61800 kJ/kg
$t_c$ : 150 °C	$\eta_F$ : 0,98
$t_a$ : 225 °C	$D_h$ : 30 ton/h
$t_F$ : 1100 °C	$K_2$ : 0,04
$t_2$ : 700 °C	

- a)  $B_h = ?$  sacın yataklar yataklar miktarı?  
 b)  $t_3 = ?$ ,  $t_2 = ?$  ekonomajzer ön ve son sıcaklıkları?  
 c)  $Q_{II. Buh} = ?$  konveksiyon yolu ile ısı olan II. Buharlar arasında sacın transfer edilen ısı miktarı?





$$e) Q_{Fi} = B_h \eta_k H_u = D_h (h_D - h_0)$$

$$\eta_k = 1 - (K_0 + K_2 + K_d)$$

$$\eta_k = \eta_f - (K_2 + K_d)$$

$$\eta_k = 0,98 - (0,04 + 0,09)$$

$$\eta_k = 0,85 \quad \text{kazan verimi } \%85$$

$$B_h = \frac{D_h (h_D - h_0)}{\eta_k H_u}$$

$$h_D = ? \quad \left. \begin{array}{l} P_D = 50 \text{ bar} \\ t_D = 450^\circ\text{C} \end{array} \right\} \text{ için Tablo A-6'dan } h_D = 3330 \text{ kJ/kg}$$

$$h_0 = ? \quad t_0 = 120^\circ\text{C} \Rightarrow h_0 = 120 \cdot 4,18 \quad h_0 = 501,6 \text{ kJ/kg}$$

$$B_h = \frac{30000 (3330 - 501,6)}{0,85 \cdot 41800} \quad B_h \approx 2390 \text{ kg/h}$$



$$b) - I_{t4} = K_B H_4 + I_{t4} = 0,09 \cdot 41800 + 418 \quad I_{t4} = 4180 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_{H1} = 1,2 \cdot 10,75 \cdot 1,305 (150 - 25) = (I_{t4} - 4180) (1 - 0,04)$$

$$I_{t4} = 6552 \text{ kJ/kg} \Rightarrow (I-t) \text{ diagramından } t_4 = 220^\circ\text{C}$$

$$Q_{EKO} = 2390 (I_{t3} - 6552) (1 - 0,04) = 30000 (190 - 20) (4,18)$$

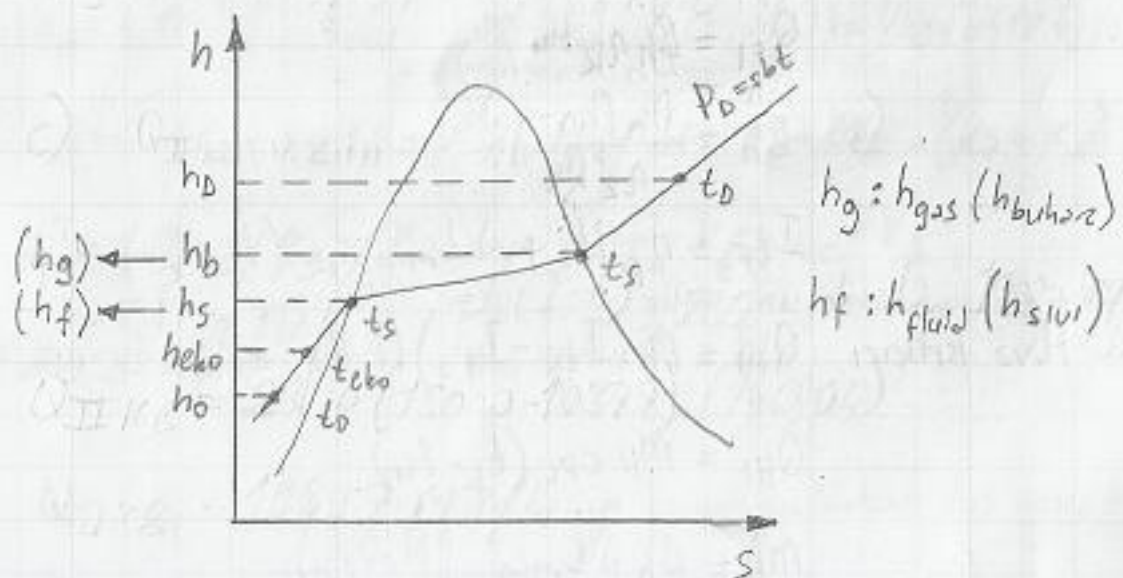
$$I_{t3} = 10377 \text{ kJ/kg} \Rightarrow (I-t) \text{ diagramından } t_3 = 490^\circ\text{C}$$

$$c) Q_{II. \text{konv. buh}} = B h (I_{t2} - I_{t3}) (1 - K_2)$$

$$I_{t2} = ? \quad t_2 = 700^\circ\text{C} \Rightarrow (I-t) \text{ diagramından } I_{t2} = 15000 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_{II. \text{u6}} = 2390 (15000 - 10377) (1 - 0,04)$$

$$Q_{II. \text{u6}} = 10607 \text{ MJ/h}$$



Kızdırıcının buharlaştırıcı arasında olduğu kazanlarda enerji şekilleri (resim sayf. 62)

Ocak  $Q_S = B_h (I_{t_{f0}} - I_{t_f}) (1 - K_2)$

I. Konv. Buh.  $Q_{I.KB} = B_h (I_{t_f} - I_{t_1}) (1 - K_2)$

II. Konv. Buh.  $Q_{II.KB} = B_h (I_{t_2} - I_{t_3}) (1 - K_2)$

Top. Buh.  $Q_{TB} = Q_S + Q_{I.KB} + Q_{II.KB} = D_h (h_b - h_{ek0})$

Kızdırıcı  $Q_{KID} = B_h (I_{t_1} - I_{t_2}) (1 - K_2) = D_h (h_D - h_b)$

Kızd. + Top. Buh.  $Q_{KID} + Q_{TB} = B_h (I_{t_{f0}} - I_{t_3}) (1 - K_2) = D_h (h_D - h_{ek0})$

Ekonomajzer  $Q_{EKD} = B_h (I_{t_3} - I_{t_4}) (1 - K_2) = D_h (h_{ek0} - h_0)$

Faydalı ısı  $Q_{F1} = B_h (I_{t_{f0}} - I_{t_4}) (1 - K_2) = D_h (h_D - h_0) = B_h \eta_K H_u$

Hava ısıtıcısı  $Q_{H1} = B_h (I_{t_4} - I_{t_9}) (1 - K_2) = B_h \eta_{Lmin} c_{pL} (t_L - t_u)$

Duman borulu kazanda enerji dengelikleri (Resim sayf. 34)

Ocak  $Q_s = B_h (I_{t_{f0}} - I_{t_f})$

Cehennemlik  $Q_c = B_h (I_{t_f} - I_{t_1}) = Q_{su} + D_h (h_D - h_b) = Q_{su} + Q_{kiz0}$

Kızdırıcı  $Q_{kiz0} = D_h (h_D - h_b)$

Kısa DB  $Q_{kDB} = B_h (I_{t_1} - I_{t_2}) (1 - K_2)$

Uzun DB  $Q_{uDB} = B_h (I_{t_2} - I_{t_3}) (1 - K_2)$

Ekonomayzer  $Q_{eko} = B_h (I_{t_3} - I_{t_4}) (1 - K_2) = D_h (h_{eko} - h_0)$

Faydalı Isı  $Q_{FI} = Q_s + Q_c + Q_{kiz0} + Q_{kDB} + Q_{uDB} + Q_{eko}$

$$Q_{FI} = B_h (I_{t_{f0}} - I_{t_4}) (1 - K_2) = D_h (h_D - h_0) = B_h \eta_k H_u$$

---

$$Q_{FI} = B_h \eta_k H_u$$

$$B_h = \frac{D_h (h_D - h_0)}{\eta_k H_u}$$

$$I_{t_{f0}} = \eta_f H_u + \Delta L_{min} c_{pL} (t_L - t_u) + I_{t_u}$$

Hava ısıtması  $Q_{HI} = B_h (I_{t_4} - I_{t_0}) (1 - K_2) = B_h \Delta L_{min} c_{pL} (t_L - t_u)$

$$Q_{HI} = m_H c_{pL} (t_L - t_u)$$

$$m_H = B_h \Delta L_{min} \left( \frac{N m^3}{h} \right)$$

Su borulu kazanda enerji denklemleri (eesim syf. 39)

Ocak  $Q_S = B_h (I_{t_{f0}} - I_{t_f}) (1 - K_2)$

Konv. Buh.  $Q_{KB} = B_h (I_{t_f} - I_{t_1}) (1 - K_2)$

Top. Buh.  $Q_{TB} = Q_S + Q_{KB} = B_h (I_{t_{f0}} - I_{t_1}) (1 - K_2) = D_h (h_D - h_{e_{k0}})$

Kızdırıcı  $Q_{KIZD} = B_h (I_{t_1} - I_{t_2}) (1 - K_2) = D_h (h_D - h_b)$

TB + KIZD  $Q_{TB} + Q_{KIZD} = D_h (I_{t_{f0}} - I_{t_2}) (1 - K_2) = D_h (h_D - h_{e_{k0}})$

Ekonomiyzer  $Q_{EKO} = B_h (I_{t_2} - I_{t_3}) (1 - K_2) = D_h (h_{e_{k0}} - h_0)$

Faydalı Isı  $Q_{FI} = Q_{TB} + Q_{KIZD} + Q_{EKO}$

$$Q_{FI} = B_h (I_{t_{f0}} - I_{t_3}) (1 - K_2) = D_h (h_D - h_0) = B_h r_k H_u$$

$h_0 = 4,18 \cdot t_0$      $h_{e_{k0}} = 4,18 \cdot t_{e_{k0}}$      $I_{t_u} = 100 \text{ kcal/kg} = 418 \text{ kJ/kg}$

$r_k = 1 - (K_0 + K_2 + K_B)$      $r_F = 1 - K_0$      $r_k = r_F - (K_2 + K_B)$

$K_B = r_F - (r_k + K_2)$      $r_F = K_B + r_k + K_2$

$K_B = \frac{I_{t_a} - I_{t_u}}{H_u}$      $I_{t_a} = K_B H_u + I_{t_u}$

$h_D, t_D, h_b, t_s$  değerleri için kızgın su buharı tablosu (A-6)

I ve t değerleri için (I-t) diyagramı

16/12/2019

## Buhar Kazanında Isı Yüzeyinin Belirlenmesi

- 1- iletim (kondüksiyon) yolu ile ısı transferi
- 2- taşınım (konveksiyon) ↙ ↘
- 3- ışıma (radyasyon) ↙ ↘

Ocak bölgesinde %2 taşınım ile ısı transferi alınmasına rağmen önemsenmez. %100 ışıma ile ısı transferi olduğu kabul edilir. Hava ısıtıcısı ekonomizeer, kızdırıcı ve konveksiyon yolu ile ısı alan buharlaştırıcıda iletim ve taşınım ile ısı transferi olur.

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T_m \text{ (kJ/h) (W)}$$

$$A = (\pi D) \cdot L \cdot z$$

$\pi D$  : boru çevresi

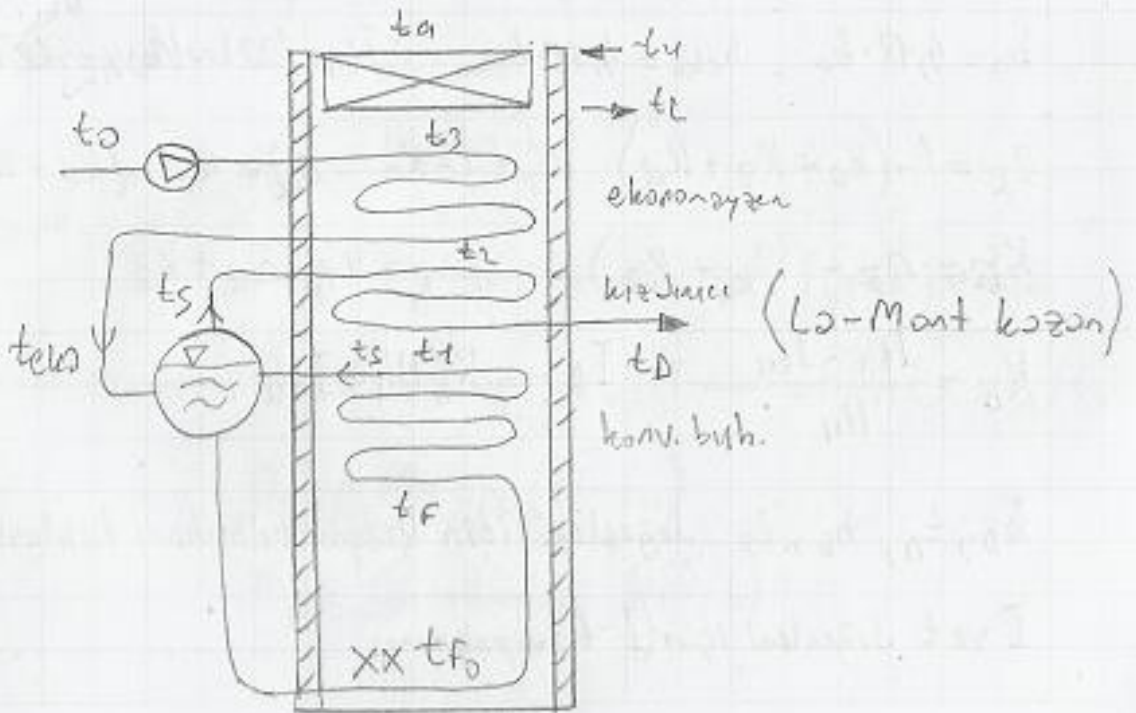
$L$  : boru boyu

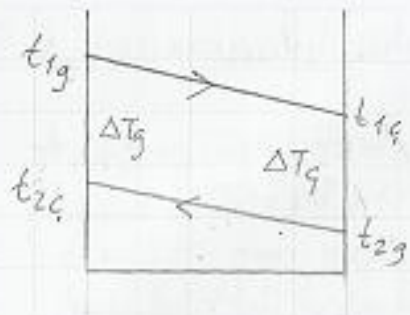
$z$  : boru sayısı

$U$  : toplam ısı transfer katsayısı ( $W/m^2K$ )

$A$  : ↙ ↘ ↘ yüzeyi ( $m^2$ )

$\Delta T_m$  : logaritmik ortalama sıcaklık farkı ( $^{\circ}C$ )

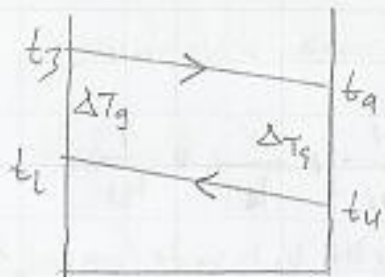




$$\Delta T_g = t_{1g} - t_{1c}$$

$$\Delta T_c = t_{1c} - t_{2g}$$

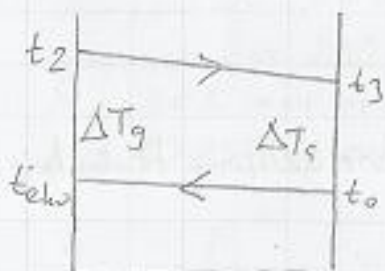
$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_g - \Delta T_c}{\ln \frac{\Delta T_g}{\Delta T_c}}$$



hava isitisi

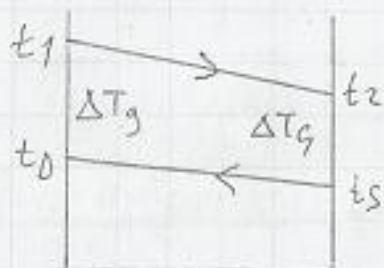
$$\Delta T_g = t_3 - t_4 \quad \Delta T_c = t_2 - t_1$$

$$\Delta T_g = \Delta T_c \Rightarrow \Delta T_m = \Delta T_g = \Delta T_c$$



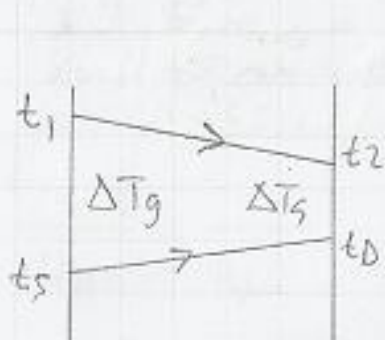
ekonomiyaci

$$\Delta T_g = t_2 - t_1 \quad \Delta T_c = t_3 - t_0$$



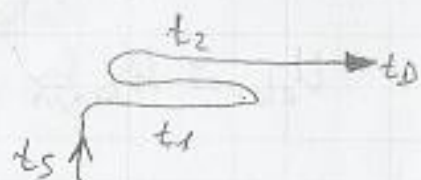
kizdirici

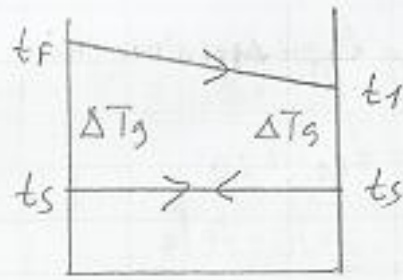
$$\Delta T_g = t_1 - t_0 \quad \Delta T_c = t_2 - t_5$$



kizdirici

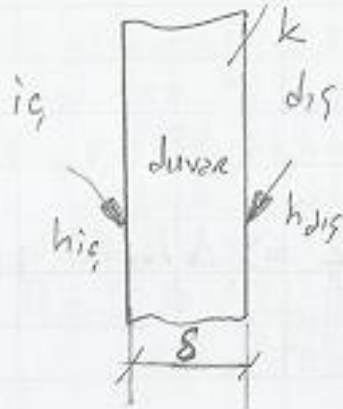
$$\Delta T_g = t_1 - t_5 \quad \Delta T_c = t_2 - t_0$$





konv. buharelgeci

$$\Delta T_g = t_F - t_s \quad \Delta T_s = t_1 - t_2$$



konv. buharelgeci

$$\frac{1}{u} = \frac{1}{h_i} + \frac{\delta}{k} + \frac{1}{h_o}$$

k: ısı iletim katsayısı (W/mK)

h: ısı transfer katsayısı (W/m<sup>2</sup>K)

Ekonomiyzer için; borularda tam gelişmiş türbülanslı akış

$$h_{su} = 2000 \div 3000 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$h_{duman} = 30 \div 60 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\delta = 3 \div 5 \text{ mm gelle boru}$$

$$k = 40 \div 45 \text{ W/mK}$$

$$\frac{1}{u} = \frac{1}{2000} + \frac{0.003}{40} + \frac{1}{30}$$

$$u_{eko} \cong h_{duman}$$

Buharlaştırıcı Isın; ISI transfer katsayısı faaliyetleri

$$h_{\text{buhar}} = 3000 \div 15000 \text{ w/m}^2\text{K}$$

$$h_{\text{duman}} = 30 \div 60 \text{ w/m}^2\text{K}$$

$$\delta = 3 \div 5 \text{ mm selik boyu}$$

$$k = 40 \div 45 \text{ w/mK}$$

aynı değerlendirile,

$$U_{\text{KB}} \cong h_{\text{duman}}$$

Kızdırıcı Isın; faz değişikliği tanımlanmış kızgın buharla  
geçtilerle

$$h_{\text{duman}} = 30 \div 60 \text{ w/m}^2\text{K}$$

$$h_{\text{kızgın buhar}} = 200 \div 500 \text{ w/m}^2\text{K}$$

$$\delta = 3 \div 5 \text{ mm selik boyu}$$

$$k = 40 \div 45 \text{ w/mK}$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_{\text{kızgın buhar}}} + \frac{\delta}{k} + \frac{1}{h_{\text{duman}}} = \frac{1}{200} + \frac{0,003}{40} + \frac{1}{30}$$

$$\frac{1}{U_{\text{kızd}}} = \frac{1}{h_{\text{duman}}} + \frac{1}{h_{\text{KB}}}$$

Hava ısıtıcısı Isın; dumanla hava aynı karakteri gösterir

$$h_{\text{duman}} \cong h_{\text{hava}} = 30 \div 60 \text{ w/m}^2\text{K}$$

$$\delta = 3 \div 5 \text{ mm selik boyu}$$

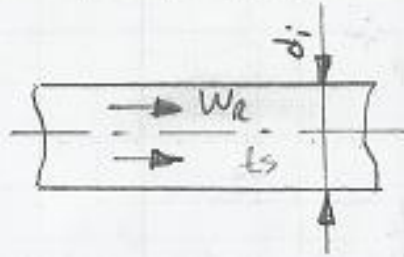
$$k = 40 \div 45 \text{ w/mK}$$

$$\frac{1}{U_{\text{HI}}} = \frac{1}{h_{\text{duman}}} + \frac{1}{h_{\text{hava}}}$$



## $h_{dg}$ 'in bulunması

1) Gaz borulu kazanlarda söz konusu olan gazın boru içinden çıkması ve ısı olan tarafın da boru dışında bulunması durumu (Skocç tipi duman borulu kazanlarda kısa ve uzun duman boruları hesabı)



$$h_{dg} = 27,51 \cdot L^{-0,05} \cdot d_i^{-0,16} \cdot w_g^{0,79} \cdot b \left( \frac{w}{m^2k} \right)$$

$L$  : boru uzunluğu (m) (tek boru)

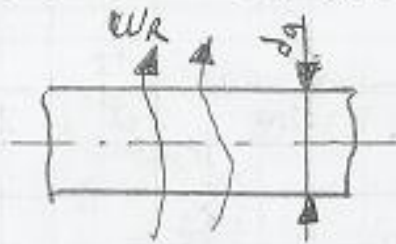
$d_i$  : boru iç çapı (m)

$w_g$  : Ort. duman hızı (m/s)

$b$  : duman sıcaklığına bağlı sabit

$h_{dg}$  : duman gazı entalpisi ( $w/m^2k$ )

2) Su borulu kazanlarda söz konusu olan gazın boru dışında boru eksenine dik olarak çıkması durumu



$$h_{dg} = 1,16 c_f \cdot d_a^{n-1} \cdot w_g^n \cdot b_f \left( \frac{w}{m^2k} \right)$$

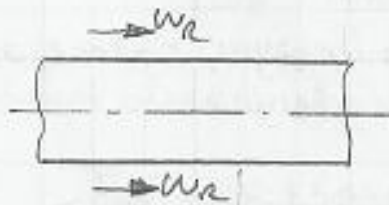
$c_f$  : gazın çıkış yönünde boru sıra sayısına ve diziliş şekline bağlı bir büyüklük

$n$  : boru diziliş şekline bağlı büyüklük

$d_a$  : boru dış çapı (m)

$b_f$  : duman sıcaklığına ve boru dizilişine bağlı sabit

3) Gazların boru dışından boru eksenine paralel akması durumu (Scotch tipi kızanlarda cehennemlik içine veya kısa duman borularını arasına yerleştirilen kızdırıcı borular, 2 dvanlı dik borulu kızandıral kızdırıcı borular)



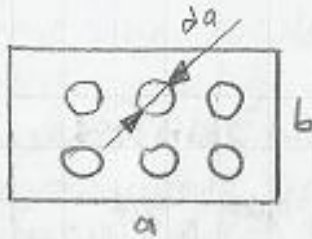
$$h_{dg} = 27,51 d_h^{-0,16} \cdot w_R^{0,79} \cdot L^{-0,05} \cdot b \quad (w/m^2k)$$

$d_h$  : hidrolik sap

$$d_h = \frac{4A}{P}$$

$A$  : gazların geçtiği serbest kesit ( $m^2$ )

$P$  : gazların etrafından geçtiği boruların çevreleri toplamı (ısıtık çevre) (m)



$$A = a \cdot b - 6 \frac{\pi d_a^2}{4} \quad \text{alan}$$

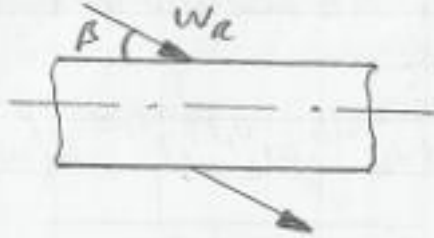
$$P = 2(a+b) + 6(\pi d_a) \quad \text{çevre}$$

4) Isıtma yüzeyinin düz bir duvar olması durumu (Scotch tipi kızanlarda cehennemlik)



$$h_{dg} = 7,51 w_R^{0,78} + 6,73 e^{-0,6 w_R} \quad (w/m^2k)$$

5) Bazen bir boru dışından boru eksenine belli bir açıda (eğik) gelmesi durumu (eğik boru koşulları, Babcock-Wilcox koşulları)



$$h_{jg} = c_1 c_2 d_o^{n-1} \cdot w_a^n \cdot b_1 \cdot 1,16 \text{ (W/m}^2\text{K)}$$

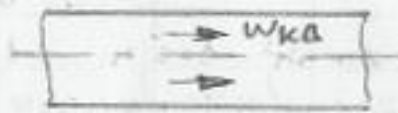
2. durum ile aynı, sadece açı işin içine giriyor.

$\beta$	80	70	60	50	40	30
$c_2$	0,995	0,98	0,94	0,85	0,76	0,65

$$\left. \begin{array}{l} \beta > 80^\circ \Rightarrow \beta = 90^\circ \\ \beta < 30^\circ \Rightarrow \beta = 0^\circ \end{array} \right\} \text{ kabul edilir.}$$

$h_{kb}$ 'in bulunması

6) Boru içersinden kızgın buharın akması durumu



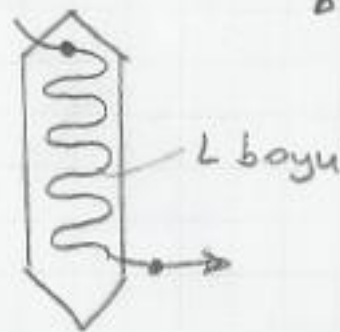
$$h_{kb} = 27,51 \cdot L^{-0,05} \cdot d_i^{-0,76} \cdot w_{kg}^{0,79} \cdot b' \text{ (W/m}^2\text{K)}$$

$L$  : kızdırıcı ünitesindeki borunun toplam uzunluğu (m)

$d_i$  : iç çap (m)

$w_{kg}$  : kızgın buhar hızı (m/s)

$b'$  : basınç ve ortalama sıcaklık değerine bağlı sabit



### Ortalama duvar sıcaklığı ( $t_m$ )

$$t_m = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} \quad (^{\circ}\text{C})$$

$t_{w1}$  : barın içinden geçen duvarın ort. sıcaklığı

$t_{w2}$  : barın dışında bulunan

örnek olarak ekonomayzer için;

$$t_{w1} = \frac{t_0 + t_{eko}}{2}$$

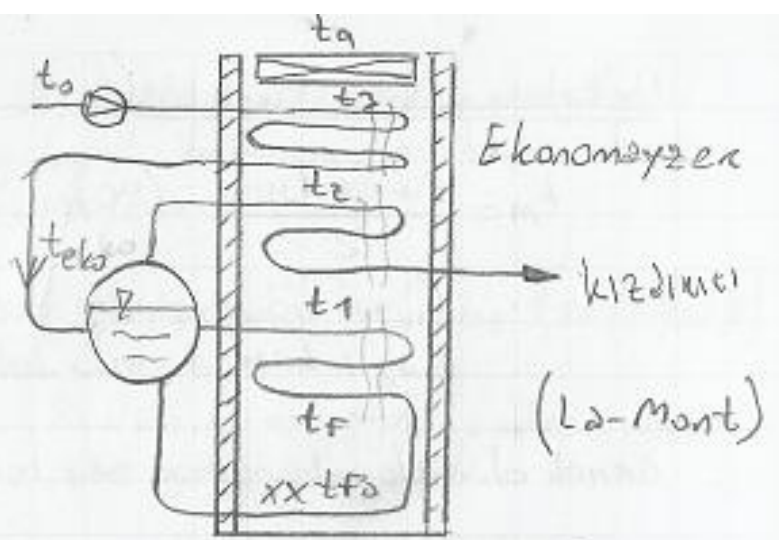
$$t_{w2} = \frac{t_2 + t_3}{2}$$

Soru 3 Kızdınıcı ünitesi buharlaştırıcı üzerine yerleştirilmiş bir La-Mont tipi buhar kazanında besleme suyu sıcaklığı  $150^{\circ}\text{C}$ , ekonomayzerden suyun giriş sıcaklığı  $200^{\circ}\text{C}$ 'dir. Ekonomayzer üzerinde yapılan ölçümler sonucunda, ekonomayzerde duvarın giriş sıcaklığı  $400^{\circ}\text{C}$ , ekonomayzerden çıkış sıcaklığı  $300^{\circ}\text{C}$  olduğu görülmüştür. Ortalama duvar hizi  $6 \text{ m/s}$  olarak belirlenmiştir. Ekonomayzer ünitesinde barınlar düzgen olarak dizilmiş ve barınların çapı  $d_i/d_j = 38/54 \text{ mm}$  olarak ölçülmüş ve üstüste 8 sıradan meydana geldiği tespit edilmiştir.

a) Ekonomayzer ünitesindeki toplam ısı transfer katsayısını belirleyiniz.

b) Ekonomayzer ünitesinde ısı transfer yüzeyine esas olan sıcaklık farkını hesaplayınız.

$t_0 = 150^\circ\text{C}$   
 $t_{eko} = 200^\circ\text{C}$   
 $t_2 = 400^\circ\text{C}$   
 $t_3 = 300^\circ\text{C}$   
 $d_i/d_d = 38/44 \text{ mm}$   
 8 sıralı döğün  
 $w_R = 6 \text{ m/s}$

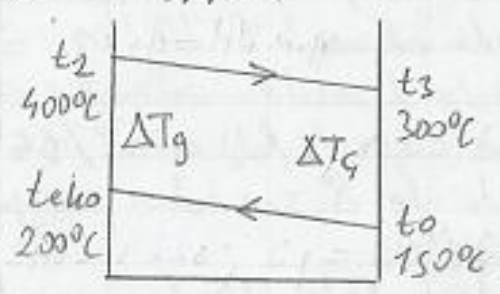


- a)  $U_{eko} = ?$   
 b)  $\Delta T_{m,eko} = ?$

a)  
 Ekonomayzerdeki boruların üzerine gazlar dökülerek gelip ökmektedir.  
 Dolayısıyla 2. durum söz konusudur.

$$h_{dg} = 1,16 c_1 d_a^{n-1} w_R^n b_1$$

$c_1 = ?$  8 sıralı ise  $c_1 = 0,134$  (tablodan)  
 $n = ?$  döğün sıralı ise  $n = 0,654$  (tablodan)  
 $b_1 = ?$   $t_m = ?$



$$\begin{aligned}
 t_{w1} &= \frac{t_0 + t_{eko}}{2} = \frac{150 + 200}{2} = 175^\circ\text{C} \\
 t_{w2} &= \frac{t_2 + t_3}{2} = \frac{300 + 400}{2} = 350^\circ\text{C} \\
 t_m &= \frac{175 + 350}{2} = 262,5^\circ\text{C} \approx 250^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$t_{\text{ablodan}} \quad b_1 = \frac{25,5 + 27,0}{2} = b_1 = 26,2$$

$$h_{\text{dg}} = 1,16 \cdot 0,135 \cdot 0,035^{0,655-1} \cdot 6^{0,855} \cdot 26,2$$

$$h_{\text{dg}} = 38,74 \text{ w/m}^2\text{K}$$

$$\text{Ekonomisazic isln } U_{\text{eko}} = h_{\text{dg}} \quad U_{\text{eko}} = 38,74 \text{ w/m}^2\text{K}$$

b)

$$\Delta T_g = t_2 - t_{\text{eko}} = 200^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_s = t_3 - t_0 = 150^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_g - \Delta T_s}{\ln \frac{\Delta T_g}{\Delta T_s}} = \frac{200 - 150}{\ln \frac{200}{150}}$$

$$\Delta T_m = 173,8^\circ\text{C}$$

23/12/2014

Işınım (radyasyon) yolu ile ısı transferi

Ocak bölgesinde gözlemler.

$$Q = Bh(\bar{I}_{tfs} - \bar{I}_{tf}) (1 - k_2) = c \cdot f_s \cdot \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

Skorç tipi kazanlarda ocakta yüzey kaybı ( $k_2$ ) yok.

$c$ : Radyasyon yolu ile ısı transfer katsayısı ( $\text{kcal}/\text{m}^2\text{hK}^4$ )  
 $f_s$ : radyasyon yüzeyi ( $\text{m}^2$ ) (ocak yüzeyi)

$c = 3 \div 4 \text{ kcal}/\text{m}^2\text{hK}^4$  kömür ve sıvı yakıt (turuncu renkli ışıma)  
 $c = 2,2 \div 2,8$  " " Doğalgaz (kireçli mavi ışıma)

Doğalgazlı kazanlarda 500 kw'a kadar olan ısı rengi kireçli mavi iken, 500 kw'ı geçen kazanlarda ısı rengi turuncuya döner.  $c$  değeri de  $3 \div 4 \text{ kcal}/\text{m}^2\text{hK}^4$  olur.

$f_s = F_{kılhan}$  (skorç tipi kazanlarda)

$f_s = (0,6 \div 0,7) f_{top\ rady. yüz.}$  (su buçulu kazanlarda)

$T_1 = t_f + 273 \text{ K}$  → (ocak sıcaklığı)

$T_2 = t_s + (40 \div 60) + 273 \text{ K}$  → (yüzey sıcaklığı)  
ort. 50

Çift basıncılı kazan için;  $T_2 = t_{s1} + 50 + 273 \text{ K}$

Loeffler kazan için;  $T_2 = \frac{t_s + t_x}{2} + 50 + 273 \text{ K}$

$t_x$ : kızgın buhar fazına geçen sıcaklık  
 $t_{s1}$ : kapalı devre'li dönmüş su (buhar) sic.

Soru 4: La Mont tipi buhar kazanında, kızdırıcı ünitesi buharlaştırıcı ünitede. Kazan işletme basıncı 40 bar, ocak sıcaklığı  $1200^{\circ}\text{C}$  ve ocakla transfer olan ısı miktarı  $20.000 \text{ MJ/h}$  olması durumunda radyasyon yolu ile enerji transferi ocakta dolayısıyla suya aktarılmakta ve bu anda ısıtım yolu ile ısı transfer katsayısının  $4 \text{ kcal/m}^2\text{hK}^4$  olduğu düşünülmektedir. Ocak yüzeyini belirleyiniz.

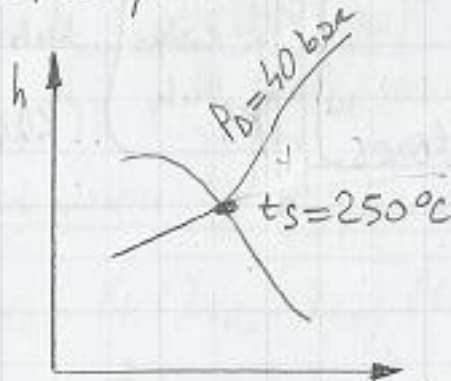
$$P_D = 40 \text{ bar}$$

$$F_s = ?$$

$$t_f = 1200^{\circ}\text{C}$$

$$Q_s = 20000 \text{ MJ/h}$$

$$c = 4 \text{ kcal/m}^2\text{hK}^4$$



Tablo A-6'dan

40 bar için  $t_s = 250,35^{\circ}\text{C}$

$$Q_s = c \cdot F_s \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

$$T_1 = t_f + 273 = 1200 + 273 = 1473 \text{ K}$$

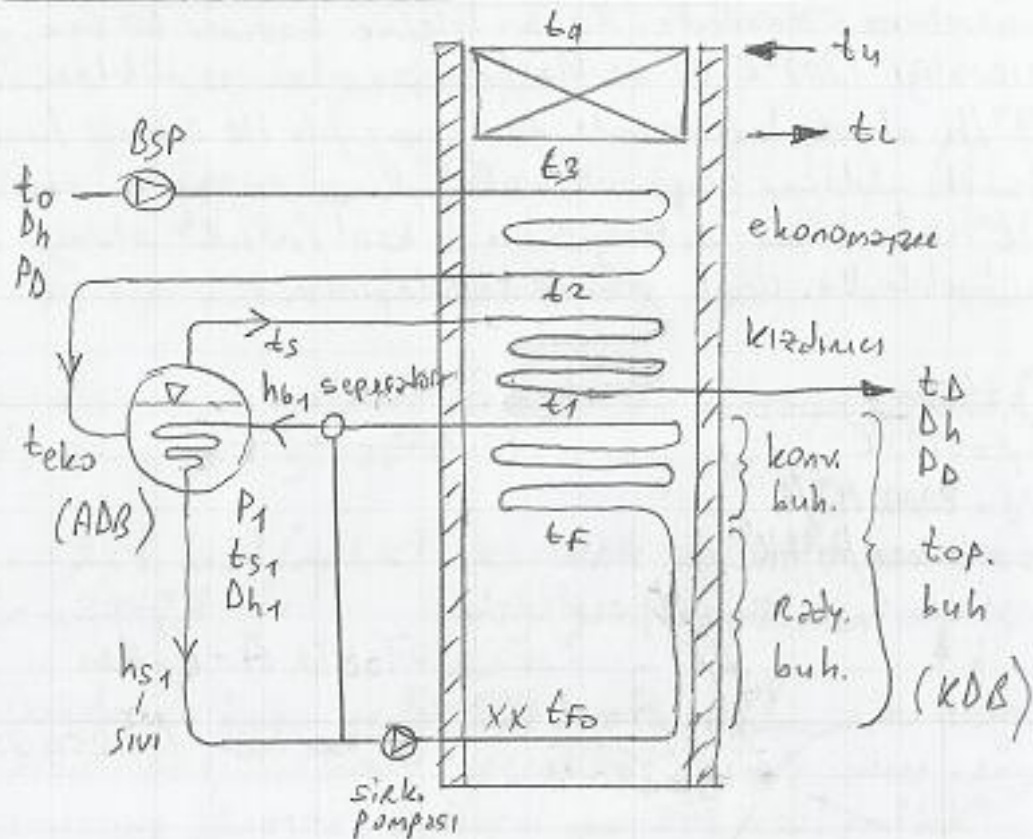
$$T_2 = t_s + 50 + 273 = 250 + 50 + 273 = 573 \text{ K}$$

$$20000000 = 4 \cdot 4,18 \cdot F_s \left[ \left( \frac{1473}{100} \right)^4 - \left( \frac{573}{100} \right)^4 \right]$$

$$F_s = 26 \text{ m}^2$$



Çift basıncılı kazan için enerji denklemleri



Ornak

$$Q_s = Bh (\bar{I}t_{f0} - \bar{I}t_f) (1 - k_2) = c f_s \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

$$T_1 = t_f + 273 \text{ K}$$

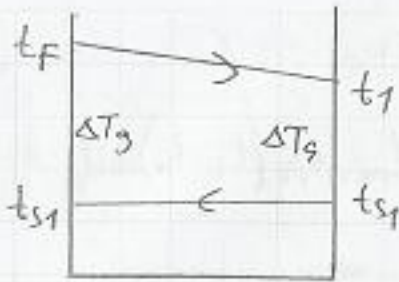
$$T_2 = t_{s1} + 50 + 273 \text{ K}$$

Faydalı ısı

$$Q_{F1} = Bh (\bar{I}t_{f0} - \bar{I}t_3) (1 - k_2) = Dh (h_0 - h_0) = Bh R_k H_u$$

Konveksiyon buharlaştırıcısı

$$80 \quad Q_{KB} = Bh (\bar{I}t_f - \bar{I}t_1) (1 - k_2) = U_{KB} A_{KB} \Delta T_{m,KB}$$



$$\Delta T_g = t_F - t_{s1} \quad \Delta T_c = t_1 - t_{s1}$$

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_g - \Delta T_c}{\ln \frac{\Delta T_g}{\Delta T_c}}$$

### Toplam buharlaştırıcı

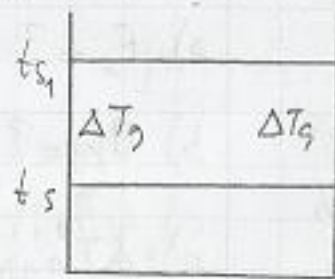
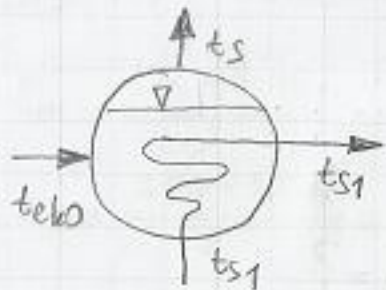
$$Q_{TB} = Q_S + Q_{KB} = B h (I t_{F0} - I t_1) (1 - K_2) = D h_1 (h_{b1} - h_{s1}) = D h (h_b - h_{eko})$$

P<sub>1</sub> için Tablo A-5'ten h<sub>s1</sub> ve h<sub>b1</sub> (h<sub>f</sub> ve h<sub>g</sub>) bulunur.

$$D h_1 = \frac{D h (h_b - h_{eko})}{h_{b1} - h_{s1}} \quad \begin{array}{l} \text{Çift basıncılı durumda} \\ D h_1 - D h \text{ bağıntısı} \end{array}$$

### Açık çevre buharlaştırıcısı (ADB)

$$Q_{ADB} = B h (I t_{F0} - I t_1) (1 - K_2) = D h (h_b - h_{eko}) = U_{ADB} A_{ADB} \Delta T_{m, ADB}$$



$$\Delta T_g = \Delta T_c$$

$$\Delta T_m = \Delta T_g = \Delta T_c$$

$$\Delta T_m = t_{s1} - t_s$$

### Kızdırıcı

$$Q_{KID} = B h (I t_1 - I t_2) (1 - K_2) = D h (h_g - h_b) = U_{KID} A_{KID} \Delta T_{m, KID}$$

### Ekonomize

$$Q_{eko} = B h (I t_2 - I t_3) (1 - K_2) = D h (h_{eko} - h_o) = U_{eko} A_{eko} \Delta T_{m, eko}$$

## Hava Isıtılması

$$Q_{H1} = B h (I t_3 - I t_4) (1 - k_2) = B h r L \min c p_c (t_c - t_u) = U_{H1} A_{H1} \Delta T_{H1}$$

Soru 5 Çift basınlı (kızdırıcı buharlaştırıcı ünitesinde) bu buhar kazanında işletme basıncı 16 bar, kapalı devre basıncı 40 bar, ocak sıcaklığı 1200°C, ocaktan transfer olan ısı miktarı 15000 MJ/h,  $t_1$  sıcaklığı 900°C'dir.

a)  $c = 4 \text{ kcal/m}^2 \text{K}^2 \text{h}$  olması durumunda radyasyon yüzeyini belirleyiniz.

b) Konveksiyon (taşınım) yolu ile ısı transferi gerçekleştirilen konvi buharlaştırıcı ünitesinde;  $d_i/d_a = 42/48 \text{ mm}$ , diziliş = kaydırılmış, sıra sayısı = 10'dan fazla,  $w_R = 10 \text{ m/s}$  olması durumunda; buharlaştırıcı ünitesindeki toplam ısı transfer katsayısını belirleyiniz.

c) Açık devre buharlaştırıcısında ısı transfer yüzeyine esas olan sıcaklık farkını hesaplayınız.

$$P_D = 16 \text{ bar}$$

$$P_1 = 40 \text{ bar}$$

$$t_f = 1200^\circ \text{C}$$

$$Q_5 = 15,000 \text{ MJ/h}$$

$$t_1 = 900^\circ \text{C}$$

$$c = 4 \text{ kcal/m}^2 \text{K}^2 \text{h}$$

$$d_i/d_a = 42/48 \text{ mm}$$

21920g

10 sıradan fazla

$$w_R = 10 \text{ m/s}$$

$$a) F_s = ?$$

$$b) U_{KB} = ?$$

$$c) \Delta T_{m AOB} = ?$$



Tablo A-6 dan

$$P_1 = 40 \text{ bar için } t_{s1} = 250^\circ\text{C}$$

$$P_2 = 16 \text{ bar için } t_s = 201^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 1200 + 273 \quad T_1 = 1473 \text{ K}$$

$$T_2 = 250 + 50 + 273 \quad T_2 = 573 \text{ K}$$

$$Q_s = 15.000.000 = 4(4,18) F_s \left[ \left( \frac{1473}{100} \right)^4 - \left( \frac{573}{100} \right)^4 \right]$$

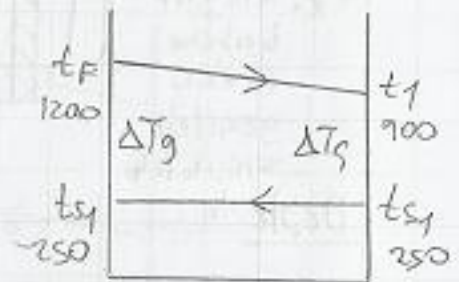
$$F_s = 19,5 \text{ m}^2$$

b) boru elemanine dik akış var.

$$U_{KB} = h_{dg} = c_1 d_a^{n-1} W_R^n b_1 1,16$$

$$n = 0,69 \quad \text{tablodan}$$

$$c_1 = 0,147 \quad \text{tablodan}$$



$$t_m = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} \quad t_{w1} = \frac{t_{s1} + t_{s2}}{2} \quad t_{w2} = \frac{t_F + t_1}{2}$$

$$t_m = \frac{250 + 1050}{2} = 650^\circ\text{C}$$

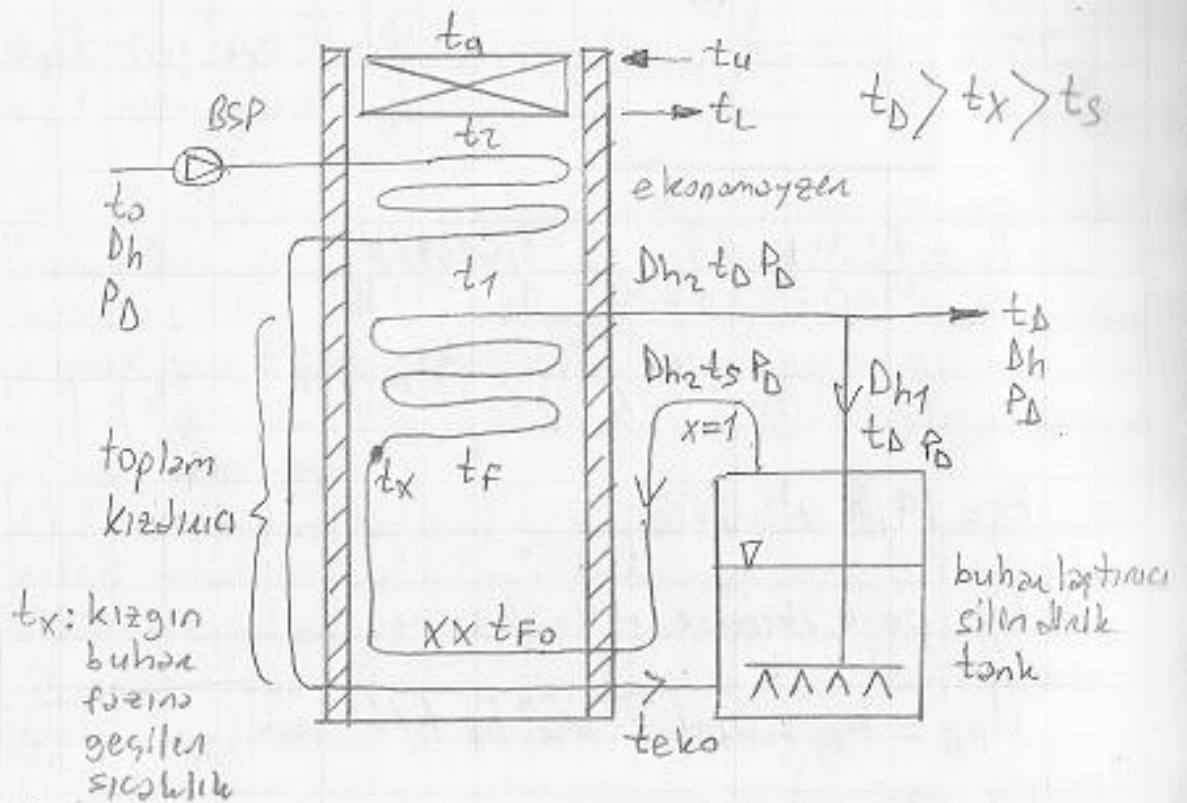
$$\left. \begin{array}{l} 600^\circ\text{C için } b_1 = 31,1 \\ 700^\circ\text{C için } b_1 = 29,7 \end{array} \right\} \Rightarrow 650^\circ\text{C için } b_1 = 30,4$$

$$U_{KB} = h_{dg} = 0,147 \cdot 0,048^{0,69-1} \cdot 10^{0,69} \cdot 30,4 \cdot 1,16$$

$$U_{KB} = 65,08 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$c) \Delta T_{mAOB} = \Delta T_g = \Delta T_c = t_{s1} - t_s = 250 - 201 = \Delta T_{mAOB} = 49^\circ\text{C}$$

## Loeffler kazan için enerji denklemleri



### Değer

$$Q_s = B_h (I_{tfo} - I_{tf}) (1 - K_2) = D_{h2} (h_x - h_b) = c f_s \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

$$T_1 = t_f + 273 \text{ K}$$

$$T_2 = \frac{t_s + t_x}{2} + 50 + 273 \text{ K}$$

### Faydalı ısı

$$Q_{F1} = B_h (I_{tfo} - I_{t2}) (1 - K_2) = D_h (h_o - h_o) = B_h r_k H_u$$

### Konveksiyon kızdırıcısı

$$Q_{Konv. Kızd.} = B_h (I_{tf} - I_{t1}) (1 - K_2) = D_{h2} (h_o - h_x) = U_{kk} A_{kk} \Delta T_{mkk}$$

$$U = \frac{1}{h_{dg}} + \frac{1}{h_{kb}} \quad \Delta T_m = ?$$



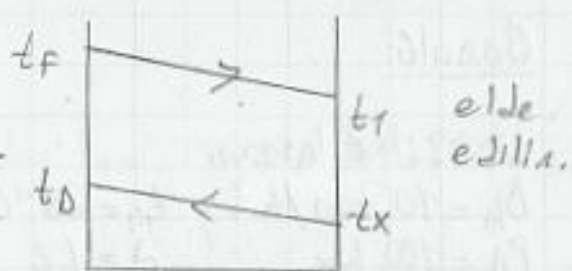
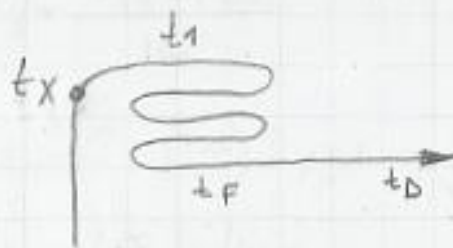
$$\Delta T_g = t_f - t_x \quad \Delta T_ç = t_1 - t_0$$

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_g - \Delta T_ç}{\ln \frac{\Delta T_g}{\Delta T_ç}}$$

Dikkat!!!



şeklinde olursa ;  
( $t_0 > t_1$  olursa)



boru dizaynı değiştirilerek,

Toplam ısıdırıcı

$$Q_{T.kızdırıcı} = Q_s + Q_{konv.kızdırıcı} = B_h (I t_{f0} - I t_1) (1 - K_2) = D h_2 (h_0 - h_b)$$

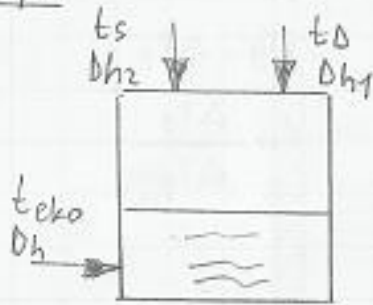
Ekonomizez

$$Q_{eko} = B_h (I t_1 - I t_2) (1 - K_2) = D h (h_{eko} - h_0) = U_{eko} A_{eko} \Delta T_{m,eko}$$

Hava ısıtıcısı

$$Q_{H1} = B_h (I t_2 - I t_0) (1 - K_2) = B_h d L_{min} c_p (t_L - t_u) = U_{H1} A_{H1} \Delta T_{m,H1}$$

Depo



$$Dh_2 = Dh + Dh_1$$

$$Dh h_{eko} + Dh_1 h_D = Dh_2 h_b$$

$$Dh h_{eko} + Dh_1 h_D = (Dh + Dh_1) h_b$$

$$Dh (h_b - h_{eko}) = Dh_1 (h_D - h_b)$$

$$Dh_1 = \frac{Dh (h_b - h_{eko})}{h_D - h_b}$$

Loeffler kazanında  
 $Dh_1 - Dh$  bağlantısı

Soru 6:

Loeffler kazanı

$$Dh = 10 \text{ ton/h}$$

$$t_u = 25^\circ\text{C}$$

$$P_D = 100 \text{ bar}$$

$$\lambda = 1,2$$

$$t_D = 600^\circ\text{C}$$

$$H_u = 41.800 \text{ kJ/kg}$$

$$t_a = 200^\circ\text{C}$$

$$t_L = 300^\circ\text{C}$$

$$t_{eko} = 280^\circ\text{C}$$

$$c_{pl} = 1,3 \text{ kJ/Nm}^3\text{K}$$

$$\eta_F = 0,99$$

$$t_F = 120^\circ\text{C}$$

$$K_z = 0,03$$

$$L_{min} = 10,75 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

$$t_a = 170^\circ\text{C}$$

a)  $c = 4 \text{ kcal/m}^3\text{K}^5\text{h}$  olması durumunda radyasyon yüzeyini belirleyiniz.

b) Konveksiyonla ısı alan kızdırıcı ünitesinde ısı geçişine esas olan logaritmik sıcaklık farkını bulunuz.

$$a) F_s = ?$$

$$86) b) \Delta T_{MK} = ?$$

$$Q_s = B_h (I_{tfo} - I_{tcr}) (1 - K_z) = D h_2 (h_x - h_b) = c f_s \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

$$B_h = \frac{D h_2 (h_x - h_b)}{K_z H_u}$$

$$h_D = ? \quad \left. \begin{array}{l} P_D = 100 \text{ bar} \\ t_D = 600^\circ\text{C} \end{array} \right\} \text{Tablo A-6'dan } h_D = 3625,8 \text{ kJ/kg}$$

$$h_o = ? \quad t_o = 200^\circ\text{C} \Rightarrow h_o = 200 \cdot 4,18 \quad h_o = 836 \text{ kJ/kg}$$

$$K_k = ? \quad K_k = K_f - (K_z + K_B)$$

$$K_B = \frac{I_{ta} - I_{tu}}{H_u}$$

$$I_{ta} = ? \quad (I-t) \text{ diyagramından } t_a = 170^\circ\text{C} \Rightarrow I_{ta} = 3125 \text{ kJ/kg}$$

$$I_{tu} = 418 \text{ kJ/kg}$$

$$K_B = \frac{3125 - 418}{41800}$$

$$K_B = 0,06$$

$$K_k = 0,99 - (0,03 + 0,06) \quad K_k = 0,90$$

$$B_h = \frac{10000 (3625,8 - 836)}{0,90 \cdot 41800}$$

$$B_h = 741 \text{ kg/h}$$

$$I_{tfo} = ? \quad I_{tfo} = K_f H_u + d L_{min} c_p (t_c - t_u) + I_{tu}$$

$$I_{tfo} = 0,99 \cdot 41800 + 1,2 \cdot 10,75 \cdot 1,3 (300 - 25) + 418$$

$$I_{tfo} = 46412 \text{ kJ/kg}$$



$$I_{tF}=? \quad t_F=1200^\circ\text{C} \Rightarrow (I-t) \text{ diyogawandan } I_{tF}=25600 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_s = 741 (56412 - 25600) (1 - 0,03)$$

$$Q_s = 15102795 \text{ J/h}$$

$$Q_s = c F_s \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

$$T_1=? \quad T_1 = t_F + 273 = 1200 + 273 \quad T_1 = 1473 \text{ K}$$

$$T_2=? \quad T_2 = \frac{t_X + t_S}{2} + 50 + 273$$

$$Q_s = D_{h2} (h_x - h_b)$$

$$D_{h1} = \frac{D_h (h_b - h_{eko})}{h_b - h_b}$$

$$h_b=? \quad 100 \text{ bar tsln Tablo A-6 'dan } h_b = 2725,5 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{eko}=? \quad t_{eko} = 280^\circ\text{C} \Rightarrow h_{eko} = 280,5,18 \quad h_{eko} = 1170,4 \text{ kJ/kg}$$

$$D_{h1} = \frac{10000 (2725,5 - 1170,4)}{3625,8 - 2725,5} \quad D_{h1} = 17273 \text{ kg/h}$$

$$D_{h2} = D_{h1} + D_h = 17273 + 10000 \quad D_{h2} = 27273 \text{ kg/h}$$

$$15102795 = 27273 (h_x - 2725,5)$$

$$88 \quad h_x = 3279 \text{ kJ/kg}$$

$h_x = 3279 \text{ kJ/kg} \Rightarrow$  Tablo A-6 dan  $t_x = ?$

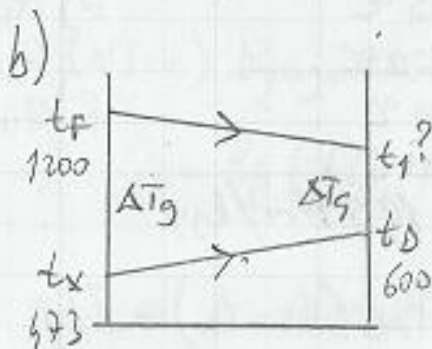
$$\left. \begin{array}{l} 550^\circ\text{C} \\ t_x = ? \\ 500^\circ\text{C} \end{array} \right\} \begin{array}{l} 3252,4 \\ h_x = 3279 \\ 3375,1 \end{array} \quad t_x = 463^\circ\text{C}$$

$t_s = ?$   $P_D = 100 \text{ bar}$  lgin Tablo A-6 'dan  $t_s = 311^\circ\text{C}$

$$T_2 = \frac{463 + 311}{2} + 50 + 273 \quad T_2 = 710 \text{ K}$$

$$15286230 = 4 \cdot 4,18 F_s \left[ \left( \frac{1473}{100} \right)^4 - \left( \frac{710}{100} \right)^4 \right]$$

$$F_s = 20,23 \text{ m}^2$$



$$Q_{\text{konv. uzer}} = \Delta h (I_{t_f} - I_{t_1}) (1 - k_2) = \Delta h_2 (h_o - h_x)$$

$$741 (25600 - I_{t_1}) (1 - 0,03) = 27273 (3625,8 - 3279)$$

$$I_{t_1} = 12241 \text{ kJ/kg}$$

$$t_1 = ? \text{ (I-t) diyagaramadan } t_1 = 620^\circ\text{C}$$

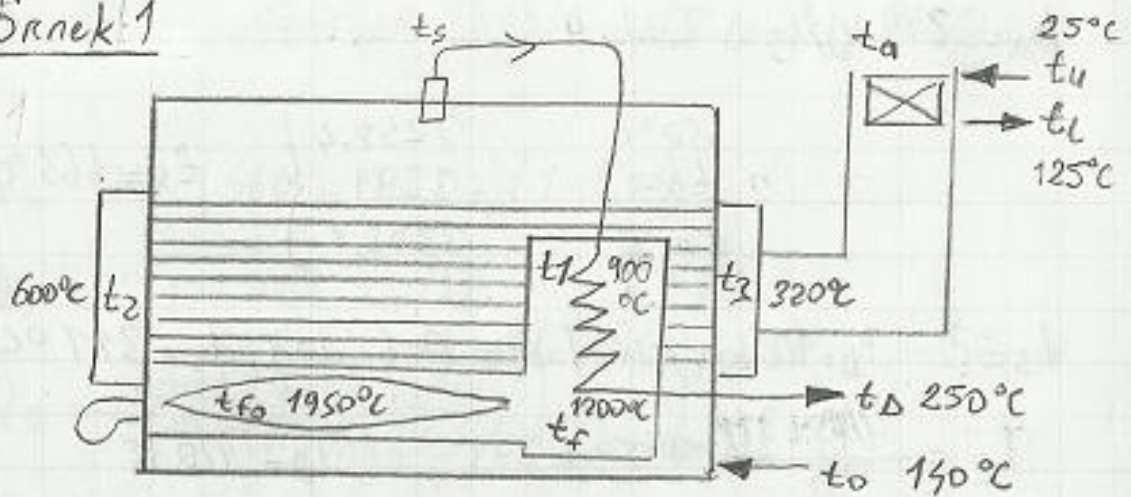
$$\Delta T_g = t_f - t_x = 1200 - 463 \quad \Delta T_g = 737^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_c = t_1 - t_D = 620 - 600 \quad \Delta T_c = 20^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_m = \frac{737 - 20}{\ln \frac{737}{20}}$$

$$\Delta T_{mKB} = 199^\circ\text{C}$$

Örnek 1



Skog tipi üs yollu duman borulu kazan

$$D_h = 10 \text{ ton/h}$$

$$P_D = 10 \text{ bar}$$

$$t_D = 250^\circ\text{C}$$

$$t_o = 140^\circ\text{C}$$

$$\lambda = 1,2$$

$$H_u = 10.000 \text{ kcal/kgy}$$

$$\eta_F = 0,99$$

$$K_B = 0,09$$

$$K_2 = 0,03$$

$$c_{pL} = 0,3 \text{ kcal/Nm}^3\text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_u = 25^\circ\text{C}$$

$$t_L = 125^\circ\text{C}$$

$$t_f = 1200^\circ\text{C}$$

$$t_1 = 900^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 600^\circ\text{C}$$

$$L_{min} = 10,5 \text{ Nm}^3/\text{kgy}$$

$$a) t_{fo} = ?$$

$$b) t_3 = ?$$

$$c) t_a = ?$$

$$d) Q_s = ?$$

$$e) Q_{su} = ?$$

$$f) Q_{uOB} = ?$$

$$a) I_{t_{fo}} = \eta_F H_u + \lambda L_{min} c_{pL} (t_L - t_u) + I_{tu}$$

$$I_{t_{fo}} = 0,99 \cdot 10000 \cdot 4,18 + 1,2 \cdot 10,5 \cdot 0,3 \cdot 4,18 (125 - 25) + 418$$

$$I_{t_{fo}} = 43380 \text{ kJ/kgy}$$

$$(I-t) \text{ diyagramından } t_{fo} = 1950^\circ\text{C}$$

$$b) Q_{F1} = D_h (h_0 - h_o) = B_h \eta_K H_u = B_h (I_{t_{fo}} - I_{t_3}) (1 - K_2)$$

$$\eta_k = ? \quad \eta_k = \eta_f - (k_2 + k_b) = 0,99 - (0,03 + 0,09) \quad \eta_k = 0,87$$

$$h_D = ? \quad \left. \begin{array}{l} P_D = 10 \text{ bar} \\ t_D = 250^\circ\text{C} \end{array} \right\} \text{ isin Tablo A-6' dan } h_D = 2943,1 \text{ kJ/kg}$$

$$h_o = ? \quad t_o = 140^\circ\text{C} \Rightarrow h_o = 140 \cdot 4,18 \quad h_o = 585,2 \text{ kJ/kg}$$

$$B_h = ? \quad B_h = \frac{D_h (h_D - h_o)}{-\eta_k H_u} = \frac{10.000 (2943,1 - 585,2)}{0,87 \cdot 41800} \quad B_h = 648 \text{ kg/h}$$

$$648 \cdot 0,87 \cdot 41800 = 648 (43380 - I_{t_3}) (1 - 0,03)$$

$$I_{t_3} = 5889 \text{ kJ/kg} \Rightarrow (I-t) \text{ diagramından } t_3 = 310^\circ\text{C}$$

$$c) \quad I_{t_a} = K_B H_u + I_{t_4} = 0,09 \cdot 41800 + 418 \quad I_{t_a} = 4180 \text{ kJ/kg}$$

$$(I-t) \text{ diagramından } t_a = 220^\circ\text{C}$$

$$d) \quad Q_s = B_h (I_{t_f} - I_{t_f}?)$$

$$I_{t_f} = ? \quad t_f = 1200^\circ\text{C} \Rightarrow (I-t) \text{ diagramından } I_{t_f} = 25400 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_s = 648 (43380 - 25400) \quad Q_s = 11651 \text{ MJ/h}$$

$$e) \quad Q_c = B_h (I_{t_f} - I_{t_1}?) = Q_s + D_h (h_D - h_b?)$$

$$I_{t_1} = ? \quad t_1 = 900^\circ\text{C} \Rightarrow (I-t) \text{ diagramından } I_{t_1} = 18500 \text{ kJ/kg}$$

$$h_b = ? \quad P_D = 10 \text{ bar isin Tablo A-6' dan } h_b = 2777 \text{ kJ/kg}$$

$$658(25500 - 18500) = Q_{su} + 10.000(2943 - 2700)$$

$$Q_{su} = 2811 \text{ MJ/h}$$

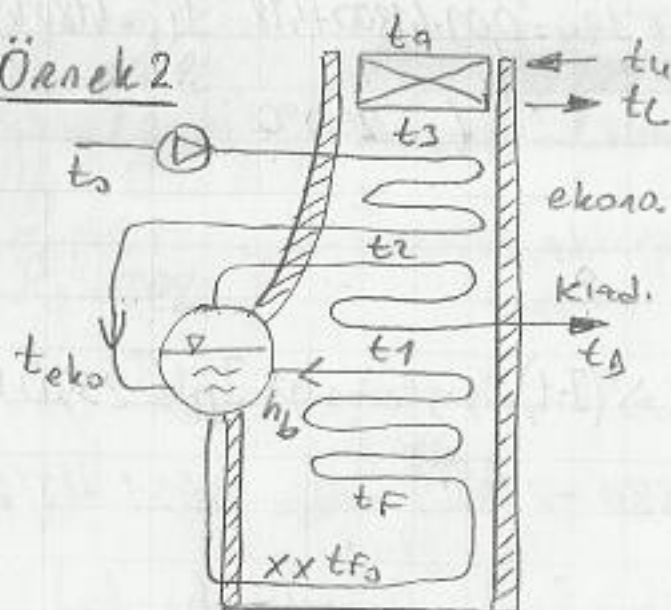
$$f) Q_{uDB} = Bh(I_{t_2} - I_{t_3})(1 - k_2)$$

$$I_{t_2} = ? \quad t_2 = 600^\circ\text{C} \Rightarrow (I-t) \text{ diyogarminda } I_{t_2} = 11875 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_{uDB} = 658(11875 - 5889)(1 - 0,03)$$

$$Q_{uDB} = 3762 \text{ MJ/h}$$

Örnek 2



L = Mont kazan

$$D_h = 30 \text{ ton/h}$$

$$P_D = 40 \text{ bar}$$

$$t_0 = 160^\circ\text{C}$$

$$t_{eko} = 210^\circ\text{C}$$

$$t_D = 400^\circ\text{C}$$

$$n = 1,2$$

$$I_{t_{f_0}} = 10300 \text{ kcal/kg}$$

$$H_u = 10^4 \text{ kcal/kg}$$

$$c_{pL} = 0,3 \text{ kcal/Nm}^3\text{C}$$

$$r_p = 0,99$$

$$k_2 = 0,03$$

$$r_k = 0,85$$

$$t_4 = 25^\circ\text{C}$$

$$t_F = 1200^\circ\text{C}$$

$$t_L = 125^\circ\text{C}$$

a)  $t_0, t_1, t_2, t_3 = ?$

b)  $Q_s = ?$

c)  $Q_{kond} = ?$

d)  $Q_{HI} = ?$

92 e)  $M_H = ?$

$$2) \quad I_{t_9} = K_B H_u + I_{t_4}$$

$$K_B = r_F - (r_{k1} + r_{k2}) = 0,99 - (0,85 - 0,03) \quad K_B = 0,11$$

$$I_{t_9} = 0,11 \cdot 10^5 \cdot 4,18 + 418 \quad I_{t_9} = 5016 \text{ kJ/kg}$$

(I-t) dipegasimulas  $t_9 = 260^\circ\text{C}$

$$Q_{TB} = A_h (I_{t_{f_0}} - I_{t_1}) (1 - r_{k2}) = D_h (h_b - h_{eko})$$

$$B_h = ? \quad B_h = \frac{D_h (h_D - h_0)}{r_{k1} H_u}$$

$$h_D = ? \quad \left. \begin{array}{l} P_D = 50 \text{ bar} \\ t_D = 600^\circ\text{C} \end{array} \right\} \text{ isin Tablo A-6 dan } h_D = 3214 \text{ kJ/kg}$$

$$h_0 = ? \quad t_0 = 160^\circ\text{C} \Rightarrow h_0 = 160 \cdot 4,18 \quad h_0 = 669 \text{ kJ/kg}$$

$$B_h = \frac{30.000 (3214 - 669)}{0,85 \cdot 41800} \quad B_h = 2149 \text{ kg/h}$$

$$h_b = ? \quad P_D = 40 \text{ bar isin Tablo A-6 dan } h_b = 2800 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{eko} = ? \quad t_{eko} = 210^\circ\text{C} \Rightarrow h_{eko} = 210 \cdot 4,18 \quad h_{eko} = 878 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_{TB} = 2149 (43053 - I_{t_1}) (1 - 0,03) = 30.000 (2800 - 878)$$

$$I_{t_1} = 15393 \text{ kJ/kg} \Rightarrow \text{(I-t) dipegasimulas } t_1 = 760^\circ\text{C}$$

$$Q_{K12D} = B_h (I_{t1} - I_{t2}) (1 - K_2) = D_h (h_D - h_b)$$

$$2149 (15393 - I_{t2}) (1 - 0,03) = 30.000 (3214 - 2800)$$

$$I_{t2} = 9437 \text{ kJ/kg} \Rightarrow (I-t) \text{ diagramından } t_2 = 490^\circ\text{C}$$

$$Q_{K20} = B_h (I_{t2} - I_{t3}) (1 - K_2) = D_h (h_{eko} - h_0)$$

$$2149 (9437 - I_{t3}) (1 - 0,03) = 30.000 (878 - 669)$$

$$I_{t3} = 6529 \text{ kJ/kg} \Rightarrow (I-t) \text{ diagramından } t_3 = 340^\circ\text{C}$$

$$b) Q_S = B_h (I_{tfo} - I_{tf}) (1 - K_2)$$

$$I_{tf} = ? \quad t_f = 1200^\circ\text{C} \Rightarrow (I-t) \text{ diagramından } I_{tf} = 25400 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_S = 2149 (43054 - 25400) (1 - 0,03)$$

$$Q_S = 36800 \text{ MJ/h}$$

$$c) Q_{K12D} = 30.000 (3214 - 2800)$$

$$Q_{K12D} = 12320 \text{ MJ/h}$$

$$d) Q_{HI} = B_h (I_{t3} - I_{t2}) (1 - K_2)$$

$$Q_{HI} = 2159 (6529 - 5016) (1 - 0,03)$$

$$Q_{HI} = 2955 \text{ MJ/h}$$

$$e) m_H = B_h \Delta L_{min} ?$$

$$Q_{HI} = B_h \Delta L_{min} c_{pL} (t_c - t_u)$$

$$2955000 = 2159 \cdot 1,2 \cdot L_{min} \cdot 0,3 \cdot 5,18 (125 - 25)$$

$$L_{min} = 9,1 \text{ Nm}^3/\text{kgy}$$

$$m_H = 2159 \cdot 1,2 \cdot 9,1$$

$$m_H = 23567 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

### Örnek 3

Loeffler kazanı

$$D_h = 10 \text{ ton/h}$$

$$P_D = 80 \text{ bar}$$

$$t_D = 500^\circ\text{C}$$

$$t_0 = 200^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{kelo}} = t_3 - 60^\circ\text{C}$$

$$t_u = 25^\circ\text{C}$$

$$t_c = 125^\circ\text{C}$$

$$c_{pL} = 0,3 \text{ kcal/Nm}^3^\circ\text{C}$$

$$L_{min} = 11 \text{ Nm}^3/\text{kgy}$$

$$\Delta = 1,2$$

$$t_F = 1200^\circ\text{C}$$

$$H_u = 10^4 \text{ kcal/kgy}$$

$$\eta_F = 0,85$$

$$K_2 = 0,05$$

$$\eta_F = 0,99$$

$$a) B_h = ?$$

$$b) t_x = ?$$

$$c) Q_{\text{TOP. KI 2D.}} = ?$$

$$d) t_2 = ?$$

$$e) t_9 = ?$$

95



$$a) \quad B_h = \frac{D_h (h_o^? - h_o^?)}{\eta_k H_u}$$

$$h_o = ? \quad \left. \begin{array}{l} P_D = 80 \text{ bar} \\ t_D = 500^\circ\text{C} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{Tablo A-6'dan } h_o = 3399,5 \text{ kJ/kg}$$

$$h_o = ? \quad t_o = 200^\circ\text{C} \Rightarrow h_o = 200 \cdot 4,18 \quad h_o = 836 \text{ kJ/kg}$$

$$B_h = \frac{10000 (3399,5 - 836)}{0,84 \cdot 41800} \quad B_h = 730 \text{ kg/h}$$

$$b) \quad Q_s = B_h (I_{t_{f_0}} - I_{t_f}) (1 - K_z) = D h_2 (h_x - h_b)$$

$$I_{t_{f_0}} = \eta_f H_u + \eta L m m c_p (t_c - t_u) + I_{t_u}$$

$$= 0,99 \cdot 41800 + 1,2 \cdot 11 \cdot 0,3 \cdot 4,18 (125 - 25) + 418$$

$$I_{t_{f_0}} = 43455 \text{ kJ/kg}$$

$$I_{t_f} = ? \quad t_f = 1200^\circ\text{C} \Rightarrow (I-t) \text{ diyagramından } I_{t_f} = 25400 \text{ kJ/kg}$$

$$D h_2 = D h + D h_1^?$$

$$D h_1 = \frac{D h (h_b^? - h_{ek_0}^?)}{h_D - h_b^?}$$

$$h_b = ? \quad P_D = 80 \text{ bar isin Tablo A-6'dan } h_b = 2758,7 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{ek_0} = ? \quad t_{ek_0} = t_s - 60^\circ\text{C}$$

$$t_s = ? \quad P_D = 80 \text{ bar için Tablo A-6'dan } t_s = 295 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{eko} = 295 - 60 \quad t_{eko} = 235 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow h_{eko} = 235 \cdot 4,18 \quad h_{eko} = 982,3 \text{ kJ/kg}$$

$$D_{h1} = \frac{10000(2758,7 - 982,3)}{3399,5 - 2758,7} \quad D_h = 27721 \text{ kg/h}$$

$$D_{h2} = 10000 + 27721 \quad D_{h2} = 37721 \text{ kg/h}$$

$$730(43455 - 25400)(1 - 0,04) = 37721(h_x - 2758,7)$$

$$h_x = 3094 \text{ kJ/kg} \Rightarrow \text{Tablo A-6'dan}$$

$$\left. \begin{array}{l} 350 \text{ }^\circ\text{C} \quad 2988,1 \text{ kJ/kg} \\ t_x \quad h_x = 3094 \\ 400 \text{ }^\circ\text{C} \quad 3139,4 \text{ kJ/kg} \end{array} \right\} t_x = 385 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$c) \quad Q_{\text{TOP. KIŞI}} = B_h (\bar{I}_{t_{f0}} - \bar{I}_{t_1}) (1 - K_2) = D_{h2} (h_0 - h_b)$$

$$Q_{\text{TOP. KIŞI}} = 730 (43455 - \bar{I}_{t_1}) (1 - 0,04) = 37721 (3399,5 - 2758,7)$$

$$Q_{\text{TOP. KIŞI}} = 25.171.616 \text{ kJ/h}$$

$$d) \quad Q_{\text{EKO}} = B_h (\bar{I}_{t_1} - \bar{I}_{t_2}) (1 - K_2) = D_h (h_{eko} - h_0)$$

$$Q_{\text{TOP. KIŞI}} = 730 (43455 - \bar{I}_{t_1}) (1 - 0,04) = 25171616$$

$$\bar{I}_{t_1} = 8963 \text{ kJ/kg} \Rightarrow (\bar{I} - t) \text{ diyagraminden } t_1 = 460 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$720 (8963 - I_{t_2}) (1 - 0,04) = 10000 (982,3 - 836)$$

$$I_{t_2} = 6875 \text{ kJ/kg} \Rightarrow (I-t) \text{ diyagramından } t_2 = 360^\circ\text{C}$$

$$e) \quad I_{t_1} = K_B H_u + I_{t_1}$$

$$K_B = \eta_F - (\eta_K + K_2) = 0,99 - (0,85 + 0,04) \quad K_B = 0,11$$

$$I_{t_1} = 0,11 \cdot 41800 + 418 \quad I_{t_1} = 5016 \text{ kJ/kg}$$

$$(I-t) \text{ diyagramından } t_1 = 265^\circ\text{C}$$

### Örnek 4

Çift basıncılı kazan

$$P_D = 16 \text{ bar}$$

$$\lambda = 1,2$$

$$a) \quad D_{h_1} = ?$$

$$D_h = 10 \text{ ton/h}$$

$$H_u = 10^6 \text{ kcal/kg}$$

$$b) \quad t_1 = ?$$

$$P_1 = 40 \text{ bar}$$

$$I_{t_{F_0}} = 10300 \text{ kcal/kg}$$

$$t_D = 300^\circ\text{C}$$

$$\eta_K = 0,85$$

$$t_0 = 130^\circ\text{C}$$

$$K_2 = 0,03$$

$$t_{eko} = 160^\circ\text{C}$$

$$a) \quad D_{h_1} = \frac{D_h (h_b^? - h_{eko}^?)}{h_{b_1}^? - h_{s_1}^?}$$

$$h_b = ? \quad P_D = 16 \text{ bar için Tablo A-6'dan } h_b = 2792,8 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{eko} = ? \quad t_{eko} = 160^\circ\text{C} \Rightarrow h_{eko} = 160 \cdot 4,18 \quad h_{eko} = 668,8 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{s1} = ? \quad P_1 = 40 \text{ bar tsin Tablo A-6'dan} \quad h_{s1} = 2800,8 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{s1} = ? \quad P_1 = 40 \text{ bar tsin Tablo A-5'ten} \quad h_{s1} = 1087,4 \text{ kJ/kg}$$

$$Dh_1 = \frac{10000 (2792,8 - 668,8)}{2800,8 - 1087,4} \quad Dh_1 = 12396 \text{ kg/h}$$

$$b) \quad Q_{TB} = B_h (\bar{I}t_{f0} - \bar{I}t_1) (1 - K_2) = Dh (h_b - h_{ek0})$$

$$B_h = \frac{Dh (h_b - h_{ek0})}{K_2 H_u}$$

$$h_D = ? \quad \left. \begin{array}{l} P_D = 16 \text{ bar tsin Tablo A-6'dan} \\ t_D = 300^\circ\text{C} \end{array} \right\} \quad h_D = 3035,4 \text{ kJ/kg}$$

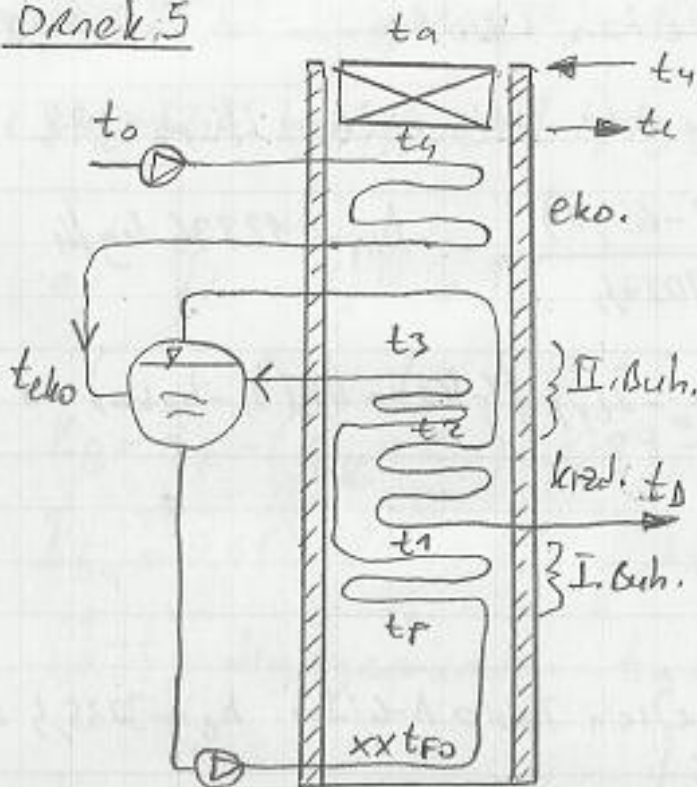
$$h_0 = ? \quad t_0 = 130^\circ\text{C} \Rightarrow h_0 = 130 - 4,18 \quad h_0 = 543,4 \text{ kJ/kg}$$

$$B_h = \frac{10000 (3035,4 - 543,4)}{0,85 \cdot 41800} \quad B_h = 701 \text{ kg/h}$$

$$701 (10300 \cdot 4,18 - \bar{I}t_1) (1 - 0,03) = 10000 (2792,8 - 668,8)$$

$$\bar{I}t_1 = 11817 \text{ kJ/kg} \Rightarrow (\bar{I}t) \text{ diyagramından } t_1 = 600^\circ\text{C}$$

Örnek.5



L2 Mont kazan  
(kızdırıcı buharlaştırıcı eşasında)

- $D_h = 30 \text{ ton/h}$
- $P_D = 50 \text{ bar}$
- $t_D = 650^\circ\text{C}$
- $t_0 = 160^\circ\text{C}$
- $t_{eko} = 200^\circ\text{C}$
- $\lambda = 1,2$
- $H_u = 10^4 \text{ kcal/kg}$
- $I_{t_{F0}} = 10400 \text{ kcal/kg}$
- $Q_S = 0,4 \cdot Q_{TB}$
- $t_1 = 900^\circ\text{C}$
- $n_F = 0,99$
- $K_2 = 0,05$
- $R_k = 0,86$
- $t_4 = 25^\circ\text{C}$

- a)  $t_F = ?$
- b)  $t_2 = ?$
- c)  $Q_{II.KB} = ?$
- d)  $Q_{HI} = ?$

a)  $Q_S = 0,4 Q_{TB}$

$$D_h (I_{t_{F0}} - I_{t_F}) (1 - K_2) = 0,4 (D_h (h_D - h_{eko}))$$

$$D_h = \frac{D_h (h_D - h_0)}{n_K H_u}$$

$h_D = ?$   $P_D = 50 \text{ bar}$   $t_D = 650^\circ\text{C}$  } için Tablo A-6 dan  $h_D = 3331,2 \text{ kJ/kg}$

$$h_o = ? \quad t_o = 160^\circ\text{C} \Rightarrow h_o = 160 \cdot 4,18 \quad h_o = 668,8 \text{ kJ/kg}$$

$$B_h = \frac{30000(3331,2 - 668,8)}{0,86 \cdot 47800} \quad B_h = 2222 \text{ kg/h}$$

$$h_b = ? \quad P_D = 50 \text{ bar isin Tablo A-6'dan } h_b = 2800,8 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{eko} = ? \quad t_{eko} = 200^\circ\text{C} \Rightarrow h_{eko} = 200 \cdot 4,18 \quad h_{eko} = 836 \text{ kJ/kg}$$

$$2222(10400(4,18) - \bar{I}_{tF})(1-0,04) = 0,4(30000(2800,8 - 836))$$

$$\bar{I}_{tF} = 32418 \text{ kJ/kg} \Rightarrow (I-t) \text{ diyagraminden } t_F = 1500^\circ\text{C}$$

$$b) \quad Q_{K120} = B_h(\bar{I}_{t_1} - \bar{I}_{t_2})(1-K_2) = D_h(h_o - h_b)$$

$$\bar{I}_{t_1} = ? \quad t_1 = 900^\circ\text{C} \Rightarrow (I-t) \text{ diyagraminden } \bar{I}_{t_1} = 18400 \text{ kJ/kg}$$

$$2222(18400 - \bar{I}_{t_2})(1-0,04) = 30000(3331,2 - 2800,8)$$

$$\bar{I}_{t_2} = 10940 \text{ kJ/kg} \Rightarrow (I-t) \text{ diyagraminden } t_2 = 560^\circ\text{C}$$

$$c) \quad Q_{K120} = B_h(\bar{I}_{t_2} - \bar{I}_{t_3})(1-K_2)$$

$$Q_{K120} + Q_{T13} = B_h(\bar{I}_{t_2} - \bar{I}_{t_3})(1-K_2) = D_h(h_b - h_{eko})$$

$$2222(10940(4,18) - \bar{I}_{t_3})(1-0,04) = 30000(3331,2 - 836)$$

$$\bar{I}_{t_3} = 8380 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_{HKB} = 2222 (10940 - 8380) (1 - 0,04)$$

$$Q_{HKB} = 5460787 \text{ kJ/h}$$

$$d) \quad Q_{HI} = B_h (\overset{?}{I_{t4}} - \overset{?}{I_{t9}}) (1 - \kappa_z)$$

$$I_{t9} = \underset{?}{K_B} H_u + I_{t4}$$

$$K_B = \kappa_F - (\kappa_K + \kappa_z) = 0,99 - (0,86 + 0,04) \quad K_B = 0,09$$

$$I_{t9} = 0,09 \cdot 41800 + 418 \quad I_{t9} = 4180 \text{ kJ/kg y}$$

$$Q_{EK0} = B_h (\overset{?}{I_{t3}} - I_{t9}) (1 - \kappa_z) = D_h (h_{EK0} - h_0)$$

$$2222 (8380 - \overset{?}{I_{t3}}) (1 - 0,04) = 30000 (836 - 668,8)$$

$$\overset{?}{I_{t3}} = 6028 \text{ kJ/kg y}$$

$$Q_{HI} = 2222 (6028 - 4180) (1 - 0,04)$$

$$Q_{HI} = 3942005 \text{ kJ/h}$$

## Örnek 6

Loeffler kazan

$$D_h = 10 \text{ ton/h}$$

$$P_D = 80 \text{ bar}$$

$$t_D = 500^\circ\text{C}$$

$$t_0 = 200^\circ\text{C}$$

$$t_{eko} = 260^\circ\text{C}$$

$$K_z = 0,04$$

$$c = 4 \text{ kcal/m}^2\text{hK}^2$$

$$n = 1,2$$

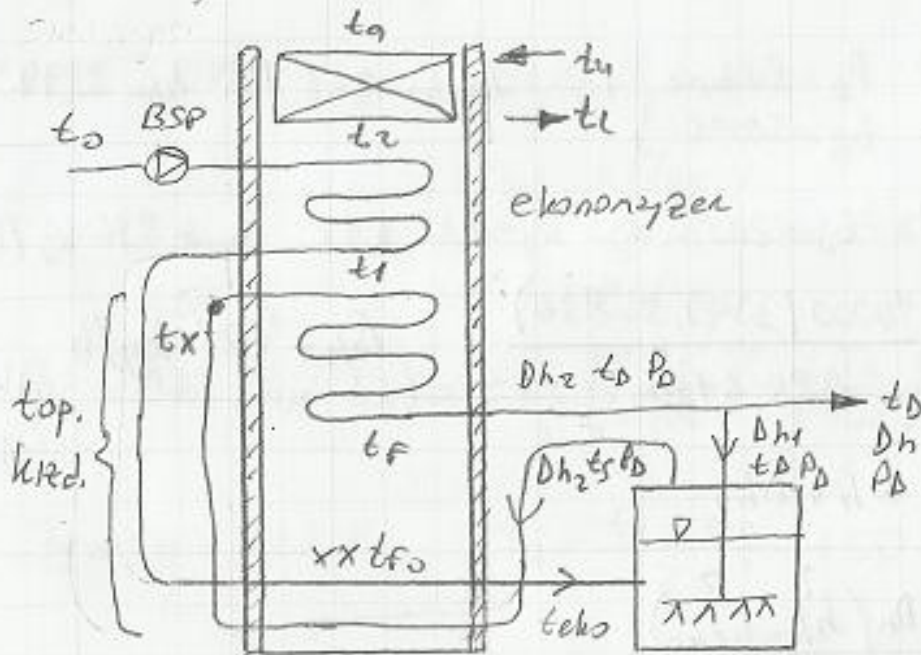
$$H_v = 10^4 \text{ kcal/kg}$$

$$I_{t_{f_0}} = 10300 \text{ kcal/kg}$$

$$z_f = 0,99$$

$$z_k = 0,85$$

$$Q_s = 0,8 \text{ Q}_{top.kred.}$$



- Konveksiyon yoluyla ısı transferinin gerçekleştiği ısıtıcı ünitesine buharın girer sıcaklığını bulunuz.
- Kazanın reaksiyon yeteyini bulunuz.
- Konveksiyon yoluyla ısı alan ısıtıcıda ısı sayısını 10'dan fazla, dizili döre, ort. Juman hızı 10 m/s, ort. buhar hızı 5 m/s, bir boru uzunluğu 40 m, boru sapları  $d_i/d_a = 50/56$  mm olduğu durumda, toplam ısı transfer katsayısını bulunuz.



- a)  $t_1 = ?$   
 b)  $F_s = ?$   
 c)  $U_{kizb} = ?$

$$2) Q_{\text{TOP, KIZB}} = Q_s + Q_{\text{KONJ, KIZB}} = B_h (I_{t_{f0}} - I_{t_1}) (1 - k_2) = \Delta h_2 (h_D - h_b)$$

$$B_h = \frac{\Delta h (h_D - h_b)}{r_k H_u}$$

$$h_D = ? \quad \left. \begin{array}{l} P_D = 80 \text{ bar} \\ t_D = 500^\circ\text{C} \end{array} \right\} \text{ için Tablo A-6'den } h_D = 3399,5 \text{ kJ/kg}$$

$$h_0 = ? \quad t_0 = 200^\circ\text{C} \Rightarrow h_0 = 200 \cdot 4,18 \quad h_0 = 836 \text{ kJ/kg}$$

$$B_h = \frac{10000 (3399,5 - 836)}{0,85 \cdot 41800} \quad B_h = 721 \text{ kg/h}$$

$$\Delta h_2 = \Delta h + \Delta h_1$$

$$\Delta h_1 = \frac{\Delta h (h_b - h_{ek0})}{h_D - h_b}$$

$$h_b = ? \quad P_D = 80 \text{ bar için Tablo A-6'den } h_b = 2758,7 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{ek0} = ? \quad t_{ek0} = 260^\circ\text{C} \Rightarrow h_{ek0} = 260 \cdot 4,18 \quad h_{ek0} = 1086,8 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta h_1 = \frac{10000 (2758,7 - 1086,8)}{3399,5 - 2758,7} \quad \Delta h_1 = 26090 \text{ kg/h}$$

$$104 \Delta h_2 = 10000 + 26090$$

$$\Delta h_2 = 36090 \text{ kg/h}$$

$$721 (10300 (6,18) - I_{t_1}) (1-0,04) = 36090 (3399,5 - 2758,7)$$

$$I_{t_1} = 9642 \text{ kJ/kg} \Rightarrow (I-t) \text{ diagramından } t_1 = 590^\circ\text{C}$$

$$b) Q_S = 0,8 \cdot Q_{\text{TOP. KIŞA}}$$

$$D h_2 (h_x - h_b) = 0,8 (D h_2 (h_D - h_b))$$

$$h_x - 2758,7 = 0,8 (3399,5 - 2758,7)$$

$$h_x = 3271 \text{ kJ/kg} \Rightarrow \text{Tablo A-6'dan}$$

$$\left. \begin{array}{l} 400^\circ\text{C} \quad 3194,5 \text{ kJ/kg} \\ t_x \quad h_x = 3271 \text{ kJ/kg} \\ 450^\circ\text{C} \quad 3273,3 \text{ kJ/kg} \end{array} \right\} \Rightarrow t_x = 549^\circ\text{C}$$

$$Q_S = D h_2 (h_x - h_b) = c F_S \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

$$T_1 = t_F + 273 \text{ K} \quad T_2 = \frac{t_s + t_x}{2} + 50 + 273 \text{ K}$$

$$Q_{\text{konv. KIŞA}} = B h (I_{t_F} - I_{t_1}) (1 - K_2) = D h_2 (h_D - h_x)$$

$$721 (I_{t_F} - 9642) (1 - 0,04) = 36090 (3399,5 - 3271)$$

$$I_{t_F} = 16342 \text{ kJ/kg} \Rightarrow (I-t) \text{ diagramından } t_F = 800^\circ\text{C}$$

$$t_s = ? \quad P_D = 80 \text{ bar için Tablo A-6'dan } t_s = 295^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 800 + 273 \quad T_1 = 1073 \text{ K}$$

105

$$T_2 = \frac{295 + 699}{2} + 50 + 273 \quad T_2 = 695 \text{ K}$$

$$36090 (3271 - 2758,7) = 4 \cdot 4,18 F_5 \left[ \left( \frac{1073}{100} \right)^4 - \left( \frac{695}{100} \right)^4 \right]$$

$$F_5 = 101 \text{ m}^2$$

c) sird sayisi = 10 +  $W_R = 10 \text{ m/s}$   $U_{K120} = ?$   
 dizilisi = 202  $W_{KB} = 5 \text{ m/s}$   
 $d_i/d_a = 50/56 \text{ mm}$   $L = 40 \text{ m}$

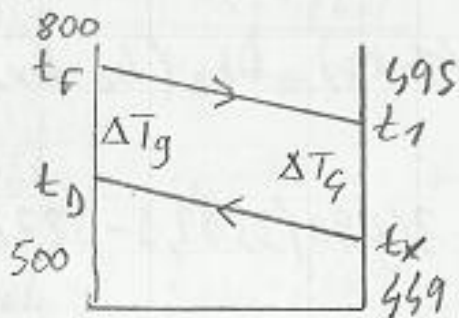
$$\frac{1}{U_{K120}} = \frac{1}{h_{dg}} + \frac{1}{h_{kb}}$$

$$h_{dg} = 1,16 \cdot c_1 \cdot d_a^{n-1} \cdot W_R^n \cdot b_1 \quad (2. \text{ durum})$$

$c_1 = ?$  tablodan  $c_1 = 0,135$

$n = ?$  tablodan  $n = 0,655$

$b_1 = ?$   $t_m = ?$   $t_m = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2}$



$$t_{w1} = \frac{t_x + t_D}{2} = \frac{449 + 500}{2}$$

$$t_{w2} = \frac{t_F + t_1}{2} = \frac{800 + 495}{2}$$

$$t_{w1} = 474,5^\circ \text{C}$$

$$t_{w2} = 647,5^\circ \text{C}$$

$$t_m = \frac{474,5 + 647,5}{2} \quad t_m = 561^\circ\text{C} \Rightarrow \text{tabel dan}$$

$$\left. \begin{array}{l} 500^\circ\text{C} \quad 23,1 \\ t_m = 561^\circ\text{C} \quad b_1 \\ 600^\circ\text{C} \quad 22,2 \end{array} \right\} \Rightarrow b_1 = 22,55$$

$$h_{dg} = 1,16 \cdot 0,135 \cdot 0,056^{0,655-1} \cdot 10^{0,655} \cdot 22,55$$

$$h_{dg} = 43,16 \text{ w/m}^2\text{K}$$

$$h_{kb} = 27,51 \cdot L^{-0,05} \cdot d_i^{-0,16} \cdot W_{KB}^{0,79} \cdot b'^? \quad (\text{b. Jucum})$$

$$b' = ? \quad \text{ort. buh. sıcaklığı} = \frac{t_x + t_a}{2} = \frac{657 + 500}{2}$$

$$t_{\text{ort. buh.}} \approx 450^\circ\text{C} \Rightarrow \text{tabel dan } b' = 5,41$$

$$h_{kb} = 27,51 \cdot 40^{-0,05} \cdot 0,050^{-0,16} \cdot 5^{0,79} \cdot 5,41$$

$$h_{kb} = 712 \text{ w/m}^2\text{K}$$

$$\frac{1}{U_{k120}} = \frac{1}{43,16} + \frac{1}{712}$$

$$U_{k120} = 41 \text{ w/m}^2\text{K}$$

$$(\times 0,86)$$

$$(\cdot 1 \text{ w} = 0,86 \text{ kcal/h})$$

$$U_{k120} = 35 \text{ kcal/m}^2\text{hK}$$

## Örnek 7

Skos tipi kazan

$$D_h = 8 \text{ ton/h}$$

$$P_D = 10 \text{ bar}$$

$$t_D = 300^\circ\text{C}$$

$$t_o = 120^\circ\text{C}$$

$$n = 1,2$$

$$t_F = 120^\circ\text{C}$$

$$H_u = 10^5 \text{ kcal/kg}$$

$$I_{t_{F_0}} = 10^4 \text{ kcal/kg}$$

$$R_k = 0,84$$

$$L_{\text{kolhan}} = 3 \text{ m}$$

$$c = 4 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$d_i/d_o = 70/76 \text{ mm}$$

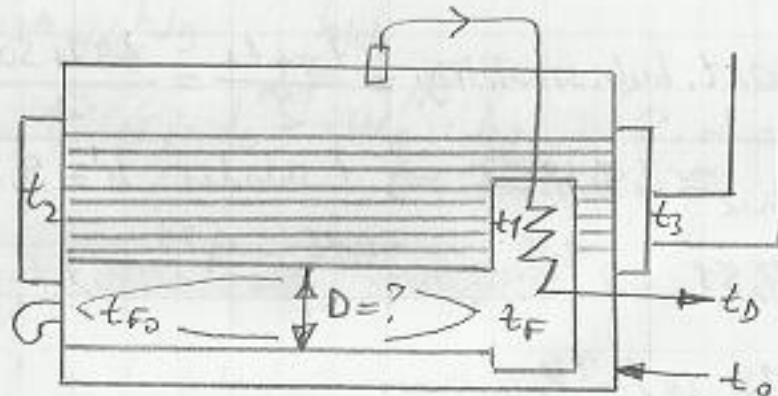
$$t_1 = 900^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 500^\circ\text{C}$$

$$W_R = 3 \text{ m/s}$$

a)  $D_{\text{kolhan}} = ?$

b)  $U_{\text{KOB}} = ?$



$$a) Q_s = B_h (I_{t_{F_0}} - I_{t_F}) = c f_s \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^2 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^2 \right]$$

$$B_h = \frac{D_h (h_D - h_o)}{R_k H_u}$$

$h_D = ?$   $P_D = 10 \text{ bar}$   $t_D = 300^\circ\text{C}$  için Tablo A-6'den  $h_D = 3051,6 \text{ kJ/kg}$

$h_o = ?$   $t_o = 120^\circ\text{C} \Rightarrow h_o = 120 \cdot 4,18$   $h_o = 501,6 \text{ kJ/kg}$

$$B_h = \frac{8000 (3051,6 - 501,6)}{0,85 \cdot 41800} \quad B_h = 581 \text{ kg/h}$$

$$I_{t_f} = ? \quad t_f = 1200^\circ\text{C} \Rightarrow (I-t) \text{ di yagrumından } I_{t_f} = 25600 \text{ kg/kg}$$

$$T_1 = ? \quad T_1 = t_f + 273 = 1200 + 273 \quad T_1 = 1473 \text{ K}$$

$$T_2 = ? \quad T_2 = t_s + 50 + 273$$

$$t_s = ? \quad P_D = 10 \text{ bar isin Tablo A-6'Jan } t_s = 180^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 180 + 50 + 273 \quad T_2 = 503 \text{ K}$$

$$581 (10000 \cdot 4,18 - 25600) = 4 \cdot 4,18 \cdot F_s \left[ \left( \frac{1473}{100} \right)^4 - \left( \frac{503}{100} \right)^4 \right]$$

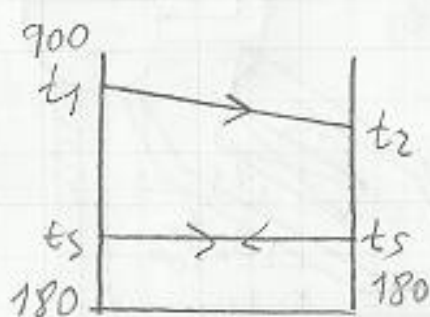
$$F_s = 12,27 \text{ m}^2$$

$$F_s = \pi \cdot D \cdot L \quad D = \frac{F_s}{\pi L} = \frac{12,27}{\pi \cdot 3} \quad D_{\text{kolman}} = 1,3 \text{ m}$$

$$b) \quad U_{KDB} = h_{dg}$$

$$h_{dg} = 27,51 \cdot L^{-0,05} \cdot J_i^{-0,16} \cdot W_R^{0,79} \cdot b \quad (1. \text{ durum})$$

$$b = ? \quad t_m = ? \quad t_m = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2}$$



$$t_{w1} = \frac{t_s + t_s}{2} = \frac{180 + 180}{2}$$

$$t_{w2} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{900 + 500}{2}$$

$$t_{w1} = 180^\circ\text{C} \quad t_{w2} = 700^\circ\text{C}$$

$$t_m = \frac{180 + 700}{2} \quad t_m = 450^\circ\text{C} \approx 450^\circ\text{C}$$

$$\left. \begin{array}{l} t_{\text{abladan}} \quad 400^\circ\text{C} \quad 0,101 \\ t_m = 450^\circ\text{C} \quad b \\ 500^\circ\text{C} \quad 0,093 \end{array} \right\} b = 0,097$$

$$L_{\text{KDB}} = ? \quad L_{\text{KDB}} = L_{\text{Köthet}} \quad L_{\text{KDB}} = 3 \text{ m}$$

$$h_{\text{dg}} = 27,51 \cdot 3^{-0,05} \cdot 0,07^{-0,16} \cdot 9^{0,79} \cdot 0,097$$

$$U_{\text{KDB}} = 21,9 \text{ w/m}^2\text{K}$$

$$(\times 0,86)$$

$$(1 \text{ w} = 0,86 \text{ kcal/h})$$

$$U_{\text{KIZD}} = 18,89 \text{ kcal/m}^2\text{hK}$$

### Örnek 8

iki duvarlı eğik borulu kazan

$$\Delta h = 25 \text{ ton/h}$$

$$P_D = 40 \text{ bar}$$

$$t_D = 400^\circ\text{C}$$

$$t_0 = 150^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{eko}} = 200^\circ\text{C}$$

$$\lambda = 1,2$$

$$H_u = 10^4 \text{ kcal/kgy}$$

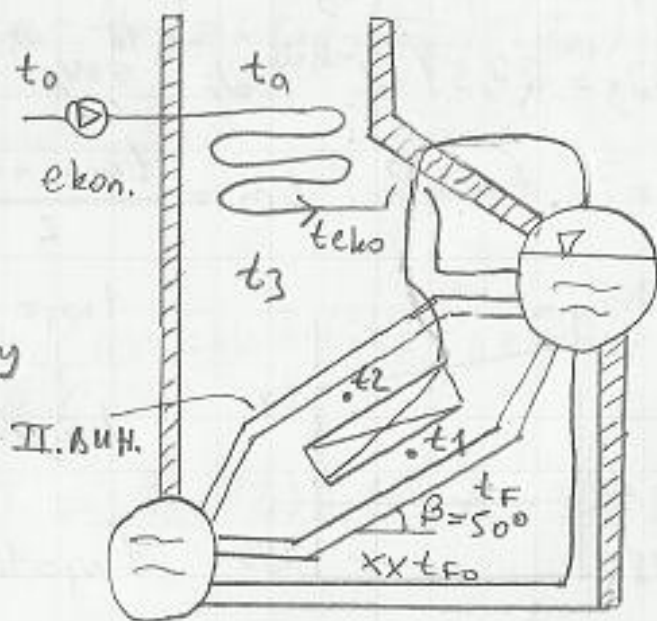
$$\dot{I} t_{\text{fo}} = 10^4 \text{ kcal/kgy}$$

$$\eta_k = 0,85$$

$$K_z = 0,04$$

$$t_1 = 900^\circ\text{C}$$

$$\beta = 50^\circ$$



- a) Konveksiyonda ısı alan II. Buharlaştırıcıda duman, boru eksenine  $50^\circ/11$ ke açı altında gelmektedir.  $d_i/d_a = 48/54$  mm,  $w_R = 8$  m/s, diziliş = zig zag, sıra sayısı 10'dan fazla olduğuna göre; II. buharlaştırıcıdaki toplam ısı transfer katsayıları bulunuz.
- b) Ekonomiyzer ünitesinde; sıra sayısı 8, boru çapı  $d_i/d_a = 38/44$  mm,  $w_R = 6$  m/s, bir boru uzunluğu 30 m, diziliş düz olduğuna göre; bir sırada kullanılacak boru sayısını bulunuz.

a)  $d_i/d_a = 48/54$  mm  $U_{II.BUH.} = ?$   
 $w_R = 8$  m/s  
 diziliş = zig zag  
 sıra sayısı = 10 +

$$U_{konv.BUH} = h_{dg}$$

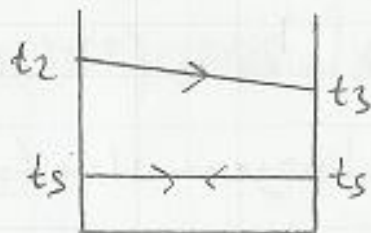
$$h_{dg} = c_1 \cdot c_2 \cdot d_a^{0.8} \cdot w_R^{0.7} \cdot b_1 \cdot 1,16 \quad (S. durum)$$

$c_1 = ?$  tablodan  $c_1 = 0,147$

$c_2 = ?$  tablodan  $c_2 = 0,85$

$n = ?$  tablodan  $n = 0,690$

$b_1 = ?$   $t_m = ?$   $t_m = \frac{tw_1 + tw_2}{2}$



$$tw_1 = \frac{t_2 + t_3}{2}$$

$$tw_2 = \frac{t_2 + t_3}{2}$$



$t_5 = ?$   $P_D = 40$  bar için Tablo A-6'dan  $t_5 = 250^\circ\text{C}$

$$t_2 = ? \quad Q_{kızd} = B_h (I_{t1} - I_{t2}) (1 - K_2) = D_h (h_D - h_b)$$

$$B_h = \frac{D_h (h_D - h_b)}{K_2 H_u}$$

$h_D = ?$   $P_D = 40$  bar } için Tablo A-6'dan  $h_D = 3214,5$  kJ/kg  
 $t_D = 500^\circ\text{C}$  }

$h_b = ?$   $t_b = 150^\circ\text{C} \Rightarrow h_b = 150 \cdot 4,18$   $h_b = 627$  kJ/kg

$$B_h = \frac{25000 (3214,5 - 627)}{0,85 \cdot 41800} \quad B_h = 1820 \text{ kg/h}$$

$I_{t1} = ?$   $t_1 = 900^\circ\text{C} \Rightarrow (I-t)$  diyagramından  $I_{t1} = 18400$  kJ/kg

$h_b = ?$   $P_D = 30$  bar için Tablo A-6'dan  $h_b = 2800,8$  kJ/kg

$$1820 (18400 - I_{t2}) (1 - 0,04) = 25000 (3214,5 - 2800,8)$$

$I_{t2} = 12480$  kJ/kg  $\Rightarrow (I-t)$  diyagramından  $t_2 = 630^\circ\text{C}$

$$t_3 = ? \quad Q_{kızd} + Q_{T3} = B_h (I_{t30} - I_{t3}) (1 - K_2) = D_h (h_D - h_{eko})$$

$h_{eko} = ?$   $t_{eko} = 200^\circ\text{C} \Rightarrow h_{eko} = 200 \cdot 4,18$   $h_{eko} = 836$  kJ/kg

$$1820 (10000 \cdot 4,18 - I_{t3}) (1 - 0,03) = 25000 (3214,5 - 836)$$

$I_{t3} = 7767$  kJ/kg  $\Rightarrow (I-t)$  diyagramından  $t_3 = 400^\circ\text{C}$

$$t_{w_1} = \frac{250 + 250}{2} \quad t_{w_1} = 250^\circ\text{C}$$

$$t_{w_2} = \frac{630 + 400}{2} \quad t_{w_2} = 515^\circ\text{C}$$

$$t_m = \frac{250 + 515}{2} \quad t_m = 382,5^\circ\text{C} \cong 400^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{blodun}} \quad b_1 = 34,2$$

$$h_{dg} = 0,147 \cdot 0,85 \cdot 0,054^{0,69-1} \cdot 8^{0,69} \cdot 34,2 \cdot 1,16$$

$$U_{II.BUH} = 51,44 \text{ w/m}^2\text{K}$$

$$(\times 0,86)$$

$$(1 \text{ w} = 0,86 \text{ kcal/h})$$

$$U_{II.BUH} = 44,24 \text{ kcal/m}^2\text{hK}$$

- b)  $n = 8$  Ekonomisinde tek sınıftaki  
 $d_i/d_a = 38/44 \text{ mm}$  boru sayısı = ?  
 $w_R = 6 \text{ m/s}$   
 $L = 30 \text{ m}$   
diziliş = düz

$$A = (\pi D) L z \rightarrow Q = U A \Delta T_m \quad D = d_a$$

$$\text{toplam ısı transfer yüzeyi} = (\text{boru çevresi}) (\text{boru boyu}) (\text{boru sayısı})$$

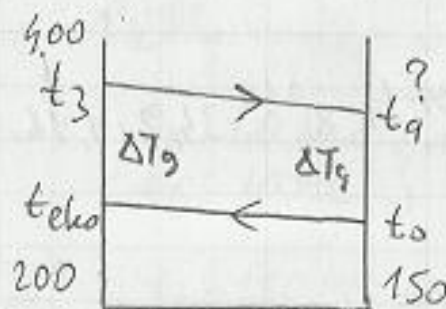
$$U_{EKO} = h_{dg}$$

$$h_{dg} = 1,16 \cdot c_f \cdot d_a^{n-1} \cdot w_R^n \cdot b_1 \quad (2. \text{ durum})$$

$$c_1 = ? \text{ tabel dan } c_1 = 0,135$$

$$n = ? \text{ tabel dan } n = 0,655$$

$$b_1 = ? \quad t_m = ? \quad t_m = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2}$$



$$t_{w1} = \frac{t_o + t_{eko}}{2} = \frac{150 + 200}{2}$$

$$t_{w1} = 175 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{w2} = \frac{t_3 + t_a}{2}$$

$$t_a = ? \quad Q_{Eko} = \Delta h (I_{t_3} - I_{t_a}) (1 - K_2) = \Delta h (h_{eko} - h_o)$$

$$1820 (7767 - I_{t_a}) (1 - 0,04) = 25000 (836 - 627)$$

$$I_{t_a} = 4776 \text{ kJ/kg} \Rightarrow (\int - t) \text{ diagrammiden } t_a = 250 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{w2} = \frac{400 + 250}{2} \quad t_{w2} = 325 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_m = \frac{175 + 325}{2} \quad t_m = 250 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{tabel dan } b_1 = 26,2$$

$$h_{dg} = 1,16 \cdot 0,134 \cdot 0,044^{0,655-1} \cdot 6^{0,655} = 26,2$$

$$U_{Eko} = 38,74 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$114 \quad U_{Eko} = 38,74 \cdot 0,86$$

$$U_{Eko} = 33,3 \text{ kcal/m}^2\text{hK}$$

$$Q_{EKO} = U_{EKO} \cdot A_{EKO} \cdot \Delta T_{mEKO}$$

$$\Delta T_{mEKO} = \frac{\Delta T_g - \Delta T_s}{\ln \frac{\Delta T_g}{\Delta T_s}}$$

$$\Delta T_g = t_3 - t_{e10} = 400 - 200 \quad \Delta T_g = 200 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_s = t_n - t_o = 250 - 150 \quad \Delta T_s = 100 \text{ } ^\circ\text{C}$$

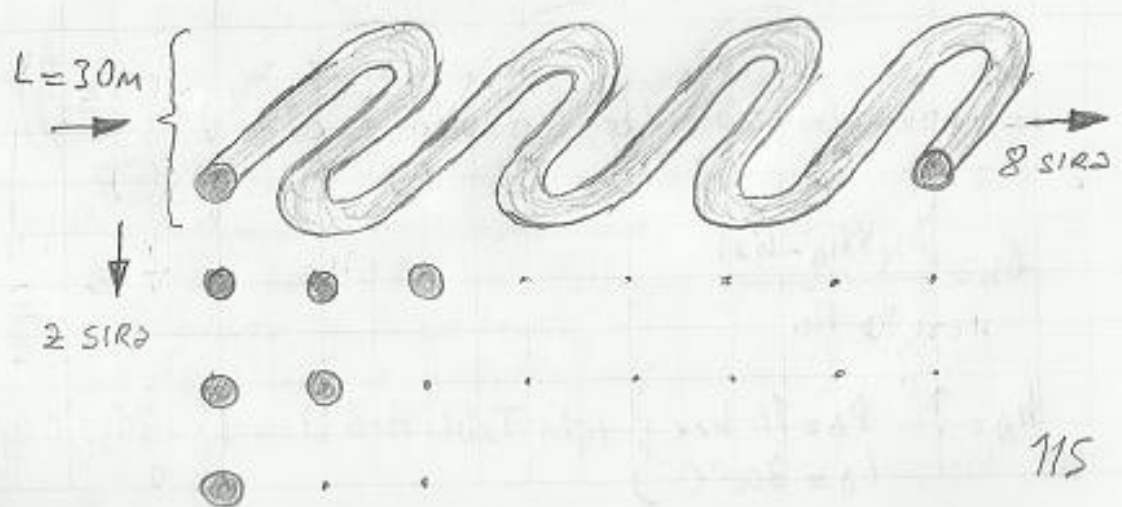
$$\Delta T_{mEKO} = \frac{200 - 100}{\ln \frac{200}{100}} \quad \Delta T_{mEKO} = 144,27 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$25000 (836 - 627) = 33,3 \cdot 4,18 \cdot A_{EKO} \cdot 144,27$$

$$A_{EKO} = 260 \text{ m}^2$$

$$A_{EKO} = \pi \cdot D \cdot L \cdot z \quad D = d_a$$

$$z = \frac{A_{EKO}}{\pi \cdot D \cdot L} = \frac{260}{\pi \cdot 0,044 \cdot 30} \quad z = 63$$



### Örnek 3

Çift basıncılı kazan (kızdırıcı buharlaştırıcı olarak)

$$D_h = 8 \text{ ton/h}$$

$$P_0 = 16 \text{ bar}$$

$$t_0 = 300^\circ\text{C}$$

$$t_0 = 110^\circ\text{C}$$

$$t_{ko} = 160^\circ\text{C}$$

$$\lambda = 1,2$$

$$H_u = 10^4 \text{ kcal/kg}$$

$$t_{s1} - t_s = 50^\circ\text{C}$$

$$c = 4 \text{ kcal/m}^2\text{hK}^4$$

$$t_y = 25^\circ\text{C}$$

$$t_L = 125^\circ\text{C}$$

$$c_{pL} = 0,32 \text{ kcal/Nm}^3\text{C}$$

$$L_{min} = 11 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

$$\eta_F = 0,99$$

$$K_2 = 0,04$$

$$K_B = 0,12$$

$$t_F = 1200^\circ\text{C}$$

- $F_s = ?$
- Konveksiyon buharlaştırıcıda; sıra sayısı 8, diziliş zigzag,  $d_i/d_q = 46/52 \text{ mm}$ ,  $w_R = 10 \text{ m/s}$  olması durumunda  $U_{KB}$  ve  $\Delta T_{mKB}$  değerlerini bulunuz.
- Açık devre buharlaştırıcıda;  $U_{ADB} = 2000 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$  olduğunda  $A_{ADB}$  değerini bulunuz.
- Kızdırıcı ünitesinde; sıra sayısı 6, diziliş düz,  $d_i/d_q = 50/56 \text{ mm}$ ,  $w_{KB} = 6 \text{ m/s}$ ,  $w_R = 8 \text{ m/s}$ ,  $L = 30 \text{ m}$  olması durumunda  $U_{kız}$  değerini bulunuz.
- $\Delta T_{mH1} = ?$

$$a) Q_s = B_h (I_{t_{t_0}} - I_{t_F}) (1 - K_2) = c F_s \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

$$B_h = \frac{D_h (h_0 - h_0)}{\eta_k H_u}$$

116  $h_0 = ?$   $P_0 = 16 \text{ bar}$  } için Tablo A-6'dan  $h_0 = 3035,4 \text{ kJ/kg}$   
 $t_0 = 300^\circ\text{C}$

$$h_o = ? \quad t_o = 110^\circ\text{C} \Rightarrow h_o = 110 \cdot 4,18 \quad h_o = 459,8 \text{ kJ/kg}$$

$$R_k = ? \quad R_k = R_F - (K_2 + K_3) = 0,99 - (0,04 + 0,12) \quad R_k = 0,83$$

$$B_h = \frac{8000(3035,4 - 459,8)}{0,83 \cdot 41800} \quad B_h = 594 \text{ kg/h}$$

$$I_{t_{F0}} = ? \quad I_{t_{F0}} = R_F H_u + \Delta L_{mm} c_p (t_c - t_u) + I_{t_u}$$

$$I_{t_{F0}} = 0,99 \cdot 41800 + 1,2 \cdot 11 \cdot 0,32 \cdot 4,18(125 - 25) + 418$$

$$I_{t_{F0}} = 43566 \text{ kJ/kg}$$

$$I_{t_F} = ? \quad t_F = 120^\circ\text{C} \Rightarrow (I-t) \text{ diagram dan } I_{t_F} = 25400 \text{ kJ/kg}$$

$$T_1 = ? \quad T_1 = t_F + 273 = 1200 + 273 \quad T_1 = 1473 \text{ K}$$

$$T_2 = ? \quad T_2 = t_{s_1} + 50 + 273$$

$$t_{s_1} = ? \quad t_{s_1} - t_s = 50^\circ\text{C}$$

$$t_s = ? \quad P_A = 16 \text{ bar isih Tablo A-6 dan } t_s = 201^\circ\text{C}$$

$$t_{s_1} - 201 = 50 \quad t_{s_1} = 251^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 251 + 50 + 273 \quad T_2 = 574^\circ\text{C}$$

$$Q_s = 594(43566 - 25400)(1 - 0,09) = 4 \cdot 4,18 \cdot F_s \left[ \left( \frac{1473}{100} \right)^4 - \left( \frac{574}{100} \right)^4 \right]$$

$$F_s = 13,5 \text{ m}^2$$

b)

$$\begin{aligned} \text{sisar sistem} &= 8 \\ \text{dilatasi} &= 219299 \\ \text{dilatasi} &= 46/52 \text{ mm} \\ \omega_n &= 10 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$u_{KB} = ?$$

$$\Delta T_{mKB} = ?$$

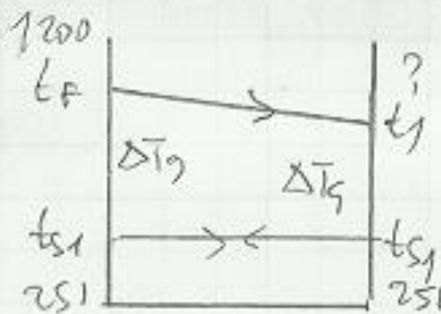
$$u_{KB} = h_d g$$

$$h_d g = 1,16 \cdot c_f \cdot d_g^{n-1} \cdot \omega_n \cdot b_f \quad (2. \text{ dunnun})$$

$$c_f = ? \quad \text{tabel dan } c_f = 0,143$$

$$n = ? \quad \text{tabel dan } n = 0,69$$

$$b_f = ? \quad t_m = ? \quad t_m = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2}$$



$$t_{w1} = \frac{t_{s1} + t_{s1}}{2} = \frac{251 + 251}{2}$$

$$t_{w1} = 251^\circ\text{C}$$

$$t_{w2} = \frac{t_F + t_1}{2}$$

$$t_1 = ? \quad Q_{ADB} = B h (I t_{t0} - I t_1) (1 - K_2) = \Delta h (h_b - h_{eko})$$

$$h_b = ? \quad P_D = 16 \text{ bar isin Tablo A-6' dan } h_b = 2792,8 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{eko} = ? \quad t_{eko} = 160^\circ\text{C} \Rightarrow h_{eko} = 160 \cdot 4,18 \quad h_{eko} = 668,8 \text{ kJ/kg}$$

$$118 \quad Q_{ADB} = 593 (43566 - I t_1) (1 - 0,04) = 8000 (2792,8 - 668,8)$$

$$\dot{I}_{t_1} = 13768 \text{ kJ/kg} \Rightarrow (I-t) \text{ diagram dan } t_1 = 690^\circ\text{C}$$

$$t_{w_2} = \frac{1200 + 690}{2} \quad t_{w_2} = 945^\circ\text{C}$$

$$t_m = \frac{251 + 945}{2} \quad t_m = 598^\circ\text{C} \approx 600^\circ\text{C}$$

$$\text{tabelon } b_1 = 31,1$$

$$h_{j_2} = 1,16 \cdot 0,143 \cdot 0,052^{0,69-1} \cdot 10^{0,69} \cdot 31,1$$

$$U_{KB} = 63 \text{ w/m}^2\text{K} \quad (\times 0,86) \quad U_{KB} = 54 \text{ kcal/m}^2\text{hK}$$

$$\Delta T_{mKB} = \frac{\Delta T_g - \Delta T_c}{\ln \frac{\Delta T_g}{\Delta T_c}}$$

$$\Delta T_g = t_F - t_{s_1} = 1200 - 251 \quad \Delta T_g = 949^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_c = t_1 - t_{s_1} = 690 - 251 \quad \Delta T_c = 439^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{mKB} = \frac{949 - 439}{\ln \frac{949}{439}} \quad \Delta T_{mKB} = 661^\circ\text{C}$$

c)

$$U_{ADB} = 2000 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

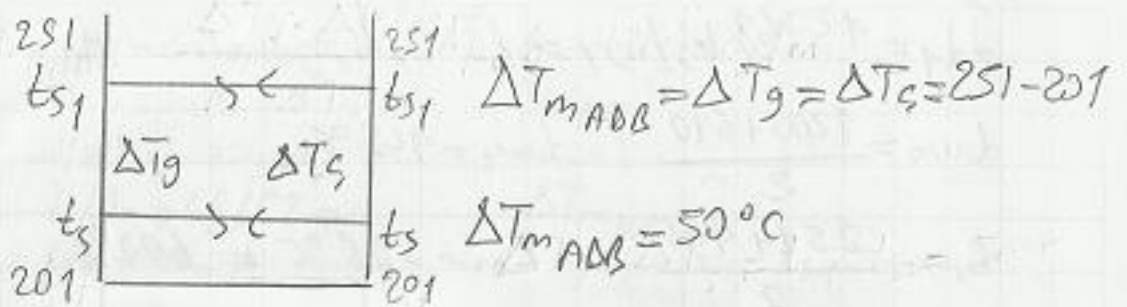
$$A_{ADB} = ?$$

$$Q_{ADB} = U_{ADB} \cdot A_{ADB} \cdot \Delta T_{mADB}$$

$$Q_{ADB} = \Delta h (h_b - h_{eka}) = 8000 (2792,8 - 668,8)$$

$$Q_{ADB} = 16992000 \cdot \text{kJ/h}$$





$$16992000 = 2000 \cdot 4,18 \cdot A_{ADB} \cdot 50$$

$$A_{ADB} = 40,65 \text{ m}^2$$

d)

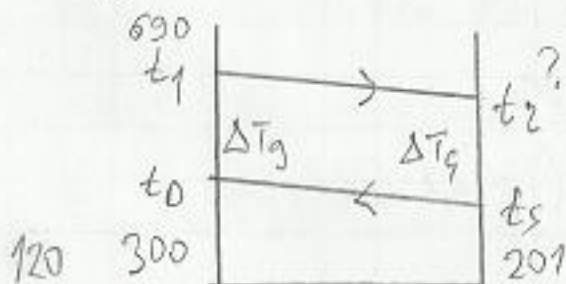
- Siemenszahl = 6
- Diellg = 100
- di/dg = 50/56 mm
- WkB = 6 m/s
- WR = 8 m/s
- L = 30 m

$$U_{K12D} = ?$$

$$\frac{1}{U_{K12D}} = \frac{1}{h_{dg}} + \frac{1}{h_{kb}}$$

$$h_{dg} = 1,16 \cdot c_1 \cdot d_a^{n-1} \cdot W_R^n \cdot b_1 \quad (2. \text{ durum})$$

$$h_{kb} = 27,51 \cdot L^{-0,05} \cdot d_i^{-0,16} \cdot W_{kB}^{0,79} \cdot b' \quad (6. \text{ durum})$$



$$c_1 = ? \text{ tabel dan } c_1 = 0,132$$

$$n = ? \text{ tabel dan } n = 0,654$$

$$b_1 = ? \quad t_m = ? \quad t_m = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2}$$

$$t_{w1} = \frac{t_D + t_S}{2} = \frac{300 + 201}{2} \quad t_{w1} = 250,5^\circ\text{C}$$

$$t_{w2} = \frac{t_1 + t_2}{2}$$

$$t_2 = ? \quad Q_{k12D} = B_h (I t_1 - I t_2) (1 - k_2) = D_h (h_D - h_b)$$

$$Q_{k12D} = 594 (13768 - I t_2) (1 - 0,04) = 8000 (3025,4 - 2792,8)$$

$$I t_2 = 10365 \text{ kJ/kg} \Rightarrow (I - t) \text{ diagramen dan } t_2 = 530^\circ\text{C}$$

$$t_{w2} = \frac{690 + 530}{2} \quad t_{w2} = 610^\circ\text{C}$$

$$t_m = \frac{250,5 + 610}{2} \quad t_m = 430^\circ\text{C}$$

tabel dan	400°C	24,1	} b_1 = 23,8
	t_m = 430°C	b_1	
	500°C	23,1	

$$b' = ? \quad t_{\text{aet. buhae}} = ? \quad t_{\text{aet. buhae}} = \frac{t_S + t_D}{2} = \frac{201 + 300}{2}$$

$$t_{\text{aet. buhae}} \approx 250^\circ\text{C} \Rightarrow \text{tabel dan}$$

10 bar	0,94	} b' = 1,56
16 bar	b'	
20 bar	1,98	

$$h_{dg} = 1,16 \cdot 0,132 \cdot 9056^{0,654-1} \cdot 8^{0,654} \cdot 23,8$$

$$h_{dg} = 38,5 \text{ w/m}^2\text{K}$$

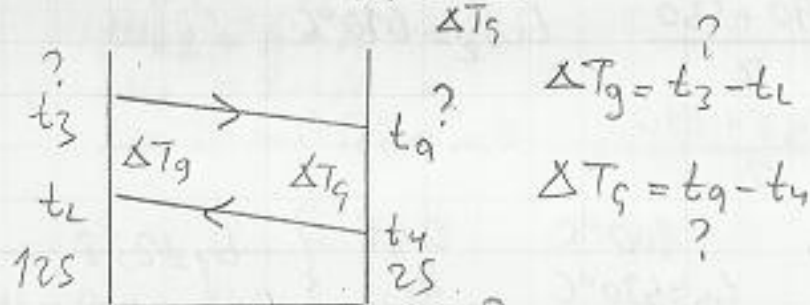
$$h_{kb} = 27,51 \cdot 30^{-0,05} \cdot 0,05^{-0,16} \cdot 6^{0,999} \cdot 1,56$$

$$h_{kb} = 241 \text{ w/m}^2\text{K}$$

$$\frac{1}{U_{k12D}} = \frac{1}{38,5} + \frac{1}{241} \quad \cdot U_{k12D} = 33 \text{ w/m}^2\text{K}$$

$$U_{k12D} = 28,4 \text{ kcal/m}^2\text{hK}$$

$$e) \quad \Delta T_{m,HI} = \frac{\Delta T_g - \Delta T_c}{\ln \frac{\Delta T_g}{\Delta T_c}}$$



$$t_3 = ? \quad Q_{\text{eko}} = \beta_h (I_{t_4} - I_{t_3}) (1 - K_2) = D_h (h_{\text{eko}} - h_0)$$

$$Q_{\text{eko}} = 594 (10365 - I_{t_3}) (1 - 0,04) = 8000 (668,8 - 459,8)$$

$$I_{t_3} = 7433 \text{ kJ/kg y} \Rightarrow (I-t) \text{ diagramminder } t_3 = 390^\circ\text{C}$$

$$t_a = ? \quad I_{t_a} = K_B H_u + I_{t_4} = 0,12 \cdot 41800 + 418$$

$$I_{t_a} = 5434 \text{ kJ/kg y} \Rightarrow (I-t) \text{ diagramminder } t_a = 290^\circ\text{C}$$

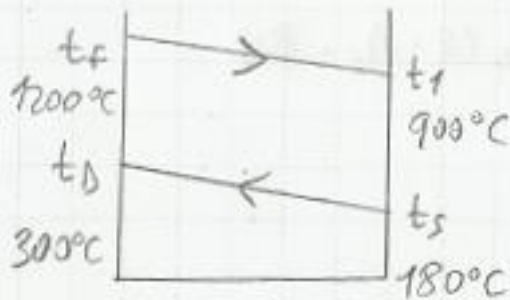
$$\Delta T_g = 390 - 125 \quad \Delta T_g = 265^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_s = 290 - 25 \quad \Delta T_s = 265^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_g = \Delta T_s \Rightarrow \Delta T_m = \Delta T_g = \Delta T_s \quad \Delta T_m = 265^\circ\text{C}$$

### Örnek 10

Örnek 7'deki Skos tipi kazanda duman gazı hızının 10 m/s olduğu cehennemlikteki toplam ısı transfer yüzeyi nedir?



$$Q_c = U_c \cdot A_c \cdot \Delta T_m \Rightarrow A_c = ?$$

$$Q_c = ? \quad Q_c = B_h (I_{t_f} - I_{t_1})$$

$$I_{t_1} = ? \quad t_1 = 900^\circ\text{C} \Rightarrow (I-t) \text{ diyagramından } I_{t_1} = 18400 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_c = 581 (25600 - 18400) \quad Q_c = 4183200 \text{ kJ/h}$$

$$U_c = ? \quad U_c = h_{dg} = 7,51 \text{ W}^{0,78} + 6,73 \cdot e^{-0,6 U_c}$$

$$U_c = 45,27 \text{ (W/m}^2\text{K)}$$

$$\Delta T_m = ? \quad \Delta T_m = \frac{\Delta T_g - \Delta T_c}{\ln \frac{\Delta T_g}{\Delta T_c}}$$

$$\Delta T_g = t_f - t_D = 1200 - 300 \quad \Delta T_g = 900^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_c = t_1 - t_s = 900 - 180 \quad \Delta T_c = 720^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_m = \frac{900 - 720}{\ln \frac{900}{720}} \quad \Delta T_m = 807^\circ\text{C}$$

$$4183200 = 45,27 \cdot 0,86 \cdot 4,18 \cdot A_c \cdot 807$$

$$A_c = 31,85 \text{ m}^2$$

TABLO A-5

Doymuş su - Basınç tablosu (Devam)

Basınç, $P$ kPa	Doyma sıcaklığı, $T_{\text{doym}}$ °C	Özgül hacim, $m^3/kg$		İç enerji, $kJ/kg$			Entalpi, $kJ/kg$		Entalpi, $kJ/(kg.K)$			
		Doymuş sıvı, $v_f$	Doymuş buhar, $v_g$	Doymuş sıvı, $u_f$	Buhar., $u_g$	Doymuş buhar, $u_g$	Doymuş sıvı, $h_f$	Buhar., $h_g$	Doymuş buhar, $h_g$	Doymuş sıvı, $s_f$	Buhar., $s_g$	Doymuş buhar, $s_g$
800	170.41	0.001115	0.24035	719.97	1856.1	2576.0	720.87	2047.5	2768.3	2.0457	4.6160	6.6616
850	172.94	0.001118	0.22690	731.00	1846.9	2577.9	731.95	2038.8	2770.8	2.0705	4.5705	6.6409
900	175.35	0.001121	0.21489	741.55	1838.1	2579.6	742.56	2030.5	2773.0	2.0941	4.5273	6.6213
950	177.66	0.001124	0.20411	751.67	1829.6	2581.3	752.74	2022.4	2775.2	2.1166	4.4862	6.6027
1000	179.88	0.001127	0.19436	761.39	1821.4	2582.8	762.51	2014.6	2777.1	2.1381	4.4470	6.5850
1100	184.06	0.001133	0.17745	779.78	1805.7	2585.5	781.03	1999.6	2780.7	2.1785	4.3735	6.5520
1200	187.96	0.001138	0.16326	796.96	1790.9	2587.8	798.33	1985.4	2783.8	2.2159	4.3058	6.5217
1300	191.60	0.001144	0.15119	813.10	1776.8	2589.9	814.59	1971.9	2786.5	2.2508	4.2428	6.4936
1400	195.04	0.001149	0.14078	828.35	1763.4	2591.8	829.96	1958.9	2788.9	2.2835	4.1840	6.4675
1500	198.29	0.001154	0.13171	842.82	1750.6	2593.4	844.55	1946.4	2791.0	2.3143	4.1287	6.4430
1750	205.72	0.001166	0.11344	876.12	1720.6	2596.7	878.16	1917.1	2795.2	2.3844	4.0033	6.3877
2000	212.38	0.001177	0.099587	906.12	1693.0	2599.1	908.47	1889.8	2798.3	2.4467	3.8923	6.3390
2250	218.41	0.001187	0.088717	933.54	1667.3	2600.9	936.21	1864.3	2800.5	2.5029	3.7926	6.2954
2500	223.95	0.001197	0.079952	958.87	1643.2	2602.1	961.87	1840.1	2801.9	2.5542	3.7016	6.2558
3000	233.85	0.001217	0.066667	1004.6	1598.5	2603.2	1008.3	1794.9	2803.2	2.6454	3.5402	6.1856
3500	242.56	0.001235	0.057061	1045.4	1557.6	2603.0	1049.7	1753.0	2802.7	2.7253	3.3991	6.1244
4000	250.35	0.001252	0.049779	1082.4	1519.3	2601.7	1087.4	1713.5	2800.8	2.7966	3.2731	6.0696
5000	263.94	0.001286	0.039448	1148.1	1448.9	2597.0	1154.5	1639.7	2794.2	2.9207	3.0530	5.9737
6000	275.59	0.001319	0.032449	1205.8	1384.1	2589.9	1213.8	1570.9	2784.6	3.0275	2.8627	5.8902
7000	285.83	0.001352	0.027378	1258.0	1323.0	2581.0	1267.5	1505.2	2772.6	3.1220	2.6927	5.8148
8000	295.01	0.001384	0.023525	1306.0	1264.5	2570.5	1317.1	1441.6	2758.7	3.2077	2.5373	5.7450
9000	303.35	0.001418	0.020489	1350.9	1207.6	2558.5	1363.7	1379.3	2742.9	3.2866	2.3925	5.6791
10,000	311.00	0.001452	0.018028	1393.3	1151.8	2545.2	1407.8	1317.6	2725.5	3.3603	2.2556	5.6159
11,000	318.08	0.001488	0.015988	1433.9	1096.6	2530.4	1450.2	1256.1	2706.3	3.4299	2.1245	5.5544
12,000	324.68	0.001526	0.014264	1473.0	1041.3	2514.3	1491.3	1194.1	2685.4	3.4964	1.9975	5.4939
13,000	330.85	0.001566	0.012781	1511.0	985.5	2496.6	1531.4	1131.3	2662.7	3.5606	1.8730	5.4336
14,000	336.67	0.001610	0.011487	1548.4	928.7	2477.1	1571.0	1067.0	2637.9	3.6232	1.7497	5.3728
15,000	342.16	0.001657	0.010341	1585.5	870.3	2455.7	1610.3	1000.5	2610.8	3.6848	1.6261	5.3108
16,000	347.36	0.001710	0.009312	1622.6	809.4	2432.0	1649.9	931.1	2581.0	3.7461	1.5005	5.2466
17,000	352.29	0.001770	0.008374	1660.2	745.1	2405.4	1690.3	857.4	2547.7	3.8082	1.3709	5.1791
18,000	356.99	0.001840	0.007504	1699.1	675.9	2375.0	1732.2	777.8	2510.0	3.8720	1.2343	5.1064
19,000	361.47	0.001926	0.006677	1740.3	598.9	2339.2	1776.8	689.2	2466.0	3.9396	1.0860	5.0256
20,000	365.75	0.002038	0.005862	1785.8	509.0	2294.8	1826.6	585.5	2412.1	4.0146	0.9164	4.9310
21,000	369.83	0.002207	0.004994	1841.6	391.9	2233.5	1888.0	450.4	2338.4	4.1071	0.7005	4.8076
22,000	373.71	0.002703	0.003644	1951.7	140.8	2092.4	2011.1	161.5	2172.6	4.2942	0.2496	4.5439
22,064	373.95	0.003106	0.003106	2015.7	0	2015.7	2084.3	0	2084.3	4.4070	0	4.4070

TABLO A-6

Kızgın su buharı

<i>T</i> °C	<i>v</i> m <sup>3</sup> /kg	<i>u</i> kJ/kg	<i>h</i> kJ/kg	<i>s</i> kJ/kg · K	<i>v</i> m <sup>3</sup> /kg	<i>u</i> kJ/kg	<i>h</i> kJ/kg	<i>s</i> kJ/kg · K	<i>v</i> m <sup>3</sup> /kg	<i>u</i> kJ/kg	<i>h</i> kJ/kg	<i>s</i> kJ/(kg.K)
<i>P</i> = 0.01 MPa (45.81°C)*				<i>P</i> = 0.05 MPa (81.32°C)				<i>P</i> = 0.10 MPa (99.61°C)				
Doymuş†	14.670	2437.2	2583.9	8.1488	3.2403	2483.2	2645.2	7.5931	1.6941	2505.6	2675.0	7.3589
50	14.867	2443.3	2592.0	8.1741								
100	17.196	2515.5	2687.5	8.4489	3.4187	2511.5	2682.4	7.6953	1.6959	2506.2	2675.8	7.3611
150	19.513	2587.9	2783.0	8.6893	3.8897	2585.7	2780.2	7.9413	1.9367	2582.9	2776.6	7.6148
200	21.826	2661.4	2879.6	8.9049	4.3562	2660.0	2877.8	8.1592	2.1724	2658.2	2875.5	7.8356
250	24.136	2736.1	2977.5	9.1015	4.8206	2735.1	2976.2	8.3568	2.4062	2733.9	2974.5	8.0346
300	26.446	2812.3	3076.7	9.2827	5.2841	2811.6	3075.8	8.5387	2.6389	2810.7	3074.5	8.2172
400	31.063	2969.3	3280.0	9.6094	6.2094	2968.9	3279.3	8.8659	3.1027	2968.3	3278.6	8.5452
500	35.680	3132.9	3489.7	9.8998	7.1338	3132.6	3489.3	9.1566	3.5655	3132.2	3488.7	8.8362
600	40.296	3303.3	3706.3	10.1631	8.0577	3303.1	3706.0	9.4201	4.0279	3302.8	3705.6	9.0999
700	44.911	3480.8	3929.9	10.4056	8.9813	3480.6	3929.7	9.6626	4.4900	3480.4	3929.4	9.3424
800	49.527	3665.4	4160.6	10.6312	9.9047	3665.2	4160.4	9.8883	4.9519	3665.0	4160.2	9.5682
900	54.143	3856.9	4398.3	10.8429	10.8280	3856.8	4398.2	10.1000	5.4137	3856.7	4398.0	9.7800
1000	58.758	4055.3	4642.8	11.0429	11.7513	4055.2	4642.7	10.3000	5.8755	4055.0	4642.6	9.9800
1100	63.373	4260.0	4893.8	11.2326	12.6745	4259.9	4893.7	10.4897	6.3372	4259.8	4893.6	10.1698
1200	67.989	4470.9	5150.8	11.4132	13.5977	4470.8	5150.7	10.6704	6.7988	4470.7	5150.6	10.3504
1300	72.604	4687.4	5413.4	11.5857	14.5209	4687.3	5413.3	10.8429	7.2605	4687.2	5413.3	10.5229
<i>P</i> = 0.20 MPa (120.21°C)				<i>P</i> = 0.30 MPa (133.52°C)				<i>P</i> = 0.40 MPa (143.61°C)				
Doymuş	0.88578	2529.1	2706.3	7.1270	0.60582	2543.2	2724.9	6.9917	0.46242	2553.1	2738.1	6.8955
150	0.95986	2577.1	2769.1	7.2810	0.63402	2571.0	2761.2	7.0792	0.47088	2564.4	2752.8	6.9306
200	1.08049	2654.6	2870.7	7.5081	0.71643	2651.0	2865.9	7.3132	0.53434	2647.2	2860.9	7.1723
250	1.19890	2731.4	2971.2	7.7100	0.79645	2728.9	2967.9	7.5180	0.59520	2726.4	2964.5	7.3804
300	1.31623	2808.8	3072.1	7.8941	0.87535	2807.0	3069.6	7.7037	0.65489	2805.1	3067.1	7.5677
400	1.54934	2967.2	3277.0	8.2236	1.03155	2966.0	3275.5	8.0347	0.77265	2964.9	3273.9	7.9003
500	1.78142	3131.4	3487.7	8.5153	1.18672	3130.6	3486.6	8.3271	0.88936	3129.8	3485.5	8.1933
600	2.01302	3302.2	3704.8	8.7793	1.34139	3301.6	3704.0	8.5915	1.00558	3301.0	3703.3	8.4580
700	2.24434	3479.9	3928.8	9.0221	1.49580	3479.5	3928.2	8.8345	1.12152	3479.0	3927.6	8.7012
800	2.47550	3664.7	4159.8	9.2479	1.65004	3664.3	4159.3	9.0605	1.23730	3663.9	4158.9	8.9274
900	2.70656	3856.3	4397.7	9.4598	1.80417	3856.0	4397.3	9.2725	1.35298	3855.7	4396.9	9.1394
1000	2.93755	4054.8	4642.3	9.6599	1.95824	4054.5	4642.0	9.4726	1.46859	4054.3	4641.7	9.3396
1100	3.16848	4259.6	4893.3	9.8497	2.11226	4259.4	4893.1	9.6624	1.58414	4259.2	4892.9	9.5295
1200	3.39938	4470.5	5150.4	10.0304	2.26624	4470.3	5150.2	9.8431	1.69966	4470.2	5150.0	9.7102
1300	3.63026	4687.1	5413.1	10.2029	2.42019	4686.9	5413.0	10.0157	1.81516	4686.7	5412.8	9.8828
<i>P</i> = 0.50 MPa (151.83°C)				<i>P</i> = 0.60 MPa (158.83°C)				<i>P</i> = 0.80 MPa (170.41°C)				
Doymuş	0.37483	2560.7	2748.1	6.8207	0.31560	2566.8	2756.2	6.7593	0.24035	2576.0	2768.3	6.6616
200	0.42503	2643.3	2855.8	7.0610	0.35212	2639.4	2850.6	6.9683	0.26088	2631.1	2839.8	6.8177
250	0.47443	2723.8	2961.0	7.2725	0.39390	2721.2	2957.6	7.1833	0.29321	2715.9	2950.4	7.0402
300	0.52261	2803.3	3064.6	7.4614	0.43442	2801.4	3062.0	7.3740	0.32416	2797.5	3056.9	7.2345
350	0.57015	2883.0	3168.1	7.6346	0.47428	2881.6	3166.1	7.5481	0.35442	2878.6	3162.2	7.4107
400	0.61731	2963.7	3272.4	7.7956	0.51374	2962.5	3270.8	7.7097	0.38429	2960.2	3267.7	7.5735
500	0.71095	3129.0	3484.5	8.0893	0.59200	3128.2	3483.4	8.0041	0.44332	3126.6	3481.3	7.8692
600	0.80409	3300.4	3702.5	8.3544	0.66976	3299.8	3701.7	8.2695	0.50186	3298.7	3700.1	8.1354
700	0.89696	3478.6	3927.0	8.5978	0.74725	3478.1	3926.4	8.5132	0.56011	3477.2	3925.3	8.3794
800	0.98966	3663.6	4158.4	8.8240	0.82457	3663.2	4157.9	8.7395	0.61820	3662.5	4157.0	8.6061
900	1.08227	3855.4	4396.6	9.0362	0.90179	3855.1	4396.2	8.9518	0.67619	3854.5	4395.5	8.8185
1000	1.17480	4054.0	4641.4	9.2364	0.97893	4053.8	4641.1	9.1521	0.73411	4053.3	4640.5	9.0189
1100	1.26728	4259.0	4892.6	9.4263	1.05603	4258.8	4892.4	9.3420	0.79197	4258.3	4891.9	9.2090
1200	1.35972	4470.0	5149.8	9.6071	1.13309	4469.8	5149.6	9.5229	0.84980	4469.4	5149.3	9.3898
1300	1.45214	4686.6	5412.6	9.7797	1.21012	4686.4	5412.5	9.6955	0.90761	4686.1	5412.2	9.5625

\*Parantez içinde verilen sıcaklıklar, belirtilen basınçtaki doyma sıcaklığıdır.

† Belirtilen basınçta doymuş buharın özellikleri.

TABLO A-6

Kızgın su buharı (Devam)

<i>T</i> °C	<i>v</i> m <sup>3</sup> /kg	<i>u</i> kJ/kg	<i>h</i> kJ/kg	<i>s</i> kJ/(kg.K)	<i>v</i> m <sup>3</sup> /kg	<i>u</i> kJ/kg	<i>h</i> kJ/kg	<i>s</i> kJ/(kg.K)	<i>v</i> m <sup>3</sup> /kg	<i>u</i> kJ/kg	<i>h</i> kJ/kg	<i>s</i> kJ/(kg.K)
<i>P</i> – 1.00 MPa (179.88°C)				<i>P</i> – 1.20 MPa (187.96°C)				<i>P</i> – 1.40 MPa (195.04°C)				
Doymuş	0.19437	2582.8	2777.1	6.5850	0.16326	2587.8	2783.8	6.5217	0.14078	2591.8	2788.9	6.4675
200	0.20602	2622.3	2828.3	6.6956	0.16934	2612.9	2816.1	6.5909	0.14303	2602.7	2803.0	6.4975
250	0.23275	2710.4	2943.1	6.9265	0.19241	2704.7	2935.6	6.8313	0.16356	2698.9	2927.9	6.7488
300	0.25799	2793.7	3051.6	7.1246	0.21386	2789.7	3046.3	7.0335	0.18233	2785.7	3040.9	6.9553
350	0.28250	2875.7	3158.2	7.3029	0.23455	2872.7	3154.2	7.2139	0.20029	2869.7	3150.1	7.1379
400	0.30661	2957.9	3264.5	7.4670	0.25482	2955.5	3261.3	7.3793	0.21782	2953.1	3258.1	7.3046
500	0.35411	3125.0	3479.1	7.7642	0.29464	3123.4	3477.0	7.6779	0.25216	3121.8	3474.8	7.6047
600	0.40111	3297.5	3698.6	8.0311	0.33395	3296.3	3697.0	7.9456	0.28597	3295.1	3695.5	7.8730
700	0.44783	3476.3	3924.1	8.2755	0.37297	3475.3	3922.9	8.1904	0.31951	3474.4	3921.7	8.1183
800	0.49438	3661.7	4156.1	8.5024	0.41184	3661.0	4155.2	8.4176	0.35288	3660.3	4154.3	8.3458
900	0.54083	3853.9	4394.8	8.7150	0.45059	3853.3	4394.0	8.6303	0.38614	3852.7	4393.3	8.5587
1000	0.58721	4052.7	4640.0	8.9155	0.48928	4052.2	4639.4	8.8310	0.41933	4051.7	4638.8	8.7595
1100	0.63354	4257.9	4891.4	9.1057	0.52792	4257.5	4891.0	9.0212	0.45247	4257.0	4890.5	8.9497
1200	0.67983	4469.0	5148.9	9.2866	0.56652	4468.7	5148.5	9.2022	0.48558	4468.3	5148.1	9.1308
1300	0.72610	4685.8	5411.9	9.4593	0.60509	4685.5	5411.6	9.3750	0.51866	4685.1	5411.3	9.3036
<i>P</i> – 1.60 MPa (201.37°C)				<i>P</i> – 1.80 MPa (207.11°C)				<i>P</i> – 2.00 MPa (212.38°C)				
Doymuş	0.12374	2594.8	2792.8	6.4200	0.11037	2597.3	2795.9	6.3775	0.09959	2599.1	2798.3	6.3390
225	0.13293	2645.1	2857.8	6.5537	0.11678	2637.0	2847.2	6.4825	0.10381	2628.5	2836.1	6.4160
250	0.14190	2692.9	2919.9	6.6753	0.12502	2686.7	2911.7	6.6088	0.11150	2680.3	2903.3	6.5475
300	0.15866	2781.6	3035.4	6.8864	0.14025	2777.4	3029.9	6.8246	0.12551	2773.2	3024.2	6.7684
350	0.17459	2866.6	3146.0	7.0713	0.15460	2863.6	3141.9	7.0120	0.13860	2860.5	3137.7	6.9583
400	0.19007	2950.8	3254.9	7.2394	0.16849	2948.3	3251.6	7.1814	0.15122	2945.9	3248.4	7.1292
500	0.22029	3120.1	3472.6	7.5410	0.19551	3118.5	3470.4	7.4845	0.17568	3116.9	3468.3	7.4337
600	0.24999	3293.9	3693.9	7.8101	0.22200	3292.7	3692.3	7.7543	0.19962	3291.5	3690.7	7.7043
700	0.27941	3473.5	3920.5	8.0558	0.24822	3472.6	3919.4	8.0005	0.22326	3471.7	3918.2	7.9509
800	0.30865	3659.5	4153.4	8.2834	0.27426	3658.8	4152.4	8.2284	0.24674	3658.0	4151.5	8.1791
900	0.33780	3852.1	4392.6	8.4965	0.30020	3851.5	4391.9	8.4417	0.27012	3850.9	4391.1	8.3925
1000	0.36687	4051.2	4638.2	8.6974	0.32606	4050.7	4637.6	8.6427	0.29342	4050.2	4637.1	8.5936
1100	0.39589	4256.6	4890.0	8.8878	0.35188	4256.2	4889.6	8.8331	0.31667	4255.7	4889.1	8.7842
1200	0.42488	4467.9	5147.7	9.0689	0.37766	4467.6	5147.3	9.0143	0.33989	4467.2	5147.0	8.9654
1300	0.45383	4684.8	5410.9	9.2418	0.40341	4684.5	5410.6	9.1872	0.36308	4684.2	5410.3	9.1384
<i>P</i> – 2.50 MPa (223.95°C)				<i>P</i> – 3.00 MPa (233.85°C)				<i>P</i> – 3.50 MPa (242.56°C)				
Doymuş	0.07995	2602.1	2801.9	6.2558	0.06667	2603.2	2803.2	6.1856	0.05706	2603.0	2802.7	6.1244
225	0.08026	2604.8	2805.5	6.2629								
250	0.08705	2663.3	2880.9	6.4107	0.07063	2644.7	2856.5	6.2893	0.05876	2624.0	2829.7	6.1764
300	0.09894	2762.2	3009.6	6.6459	0.08118	2750.8	2994.3	6.5412	0.06845	2738.8	2978.4	6.4484
350	0.10979	2852.5	3127.0	6.8424	0.09056	2844.4	3116.1	6.7450	0.07680	2836.0	3104.9	6.6601
400	0.12012	2939.8	3240.1	7.0170	0.09938	2933.6	3231.7	6.9235	0.08456	2927.2	3223.2	6.8428
450	0.13015	3026.2	3351.6	7.1768	0.10789	3021.2	3344.9	7.0856	0.09198	3016.1	3338.1	7.0074
500	0.13999	3112.8	3462.8	7.3254	0.11620	3108.6	3457.2	7.2359	0.09919	3104.5	3451.7	7.1593
600	0.15931	3288.5	3686.8	7.5979	0.13245	3285.5	3682.8	7.5103	0.11325	3282.5	3678.9	7.4357
700	0.17835	3469.3	3915.2	7.8455	0.14841	3467.0	3912.2	7.7590	0.12702	3464.7	3909.3	7.6855
800	0.19722	3656.2	4149.2	8.0744	0.16420	3654.3	4146.9	7.9885	0.14061	3652.5	4144.6	7.9156
900	0.21597	3849.4	4389.3	8.2882	0.17988	3847.9	4387.5	8.2028	0.15410	3846.4	4385.7	8.1304
1000	0.23466	4049.0	4635.6	8.4897	0.19549	4047.7	4634.2	8.4045	0.16751	4046.4	4632.7	8.3324
1100	0.25330	4254.7	4887.9	8.6804	0.21105	4253.6	4886.7	8.5955	0.18087	4252.5	4885.6	8.5236
1200	0.27190	4466.3	5146.0	8.8618	0.22658	4465.3	5145.1	8.7771	0.19420	4464.4	5144.1	8.7053
1300	0.29048	4683.4	5409.5	9.0349	0.24207	4682.6	5408.8	8.9502	0.20750	4681.8	5408.0	8.8786

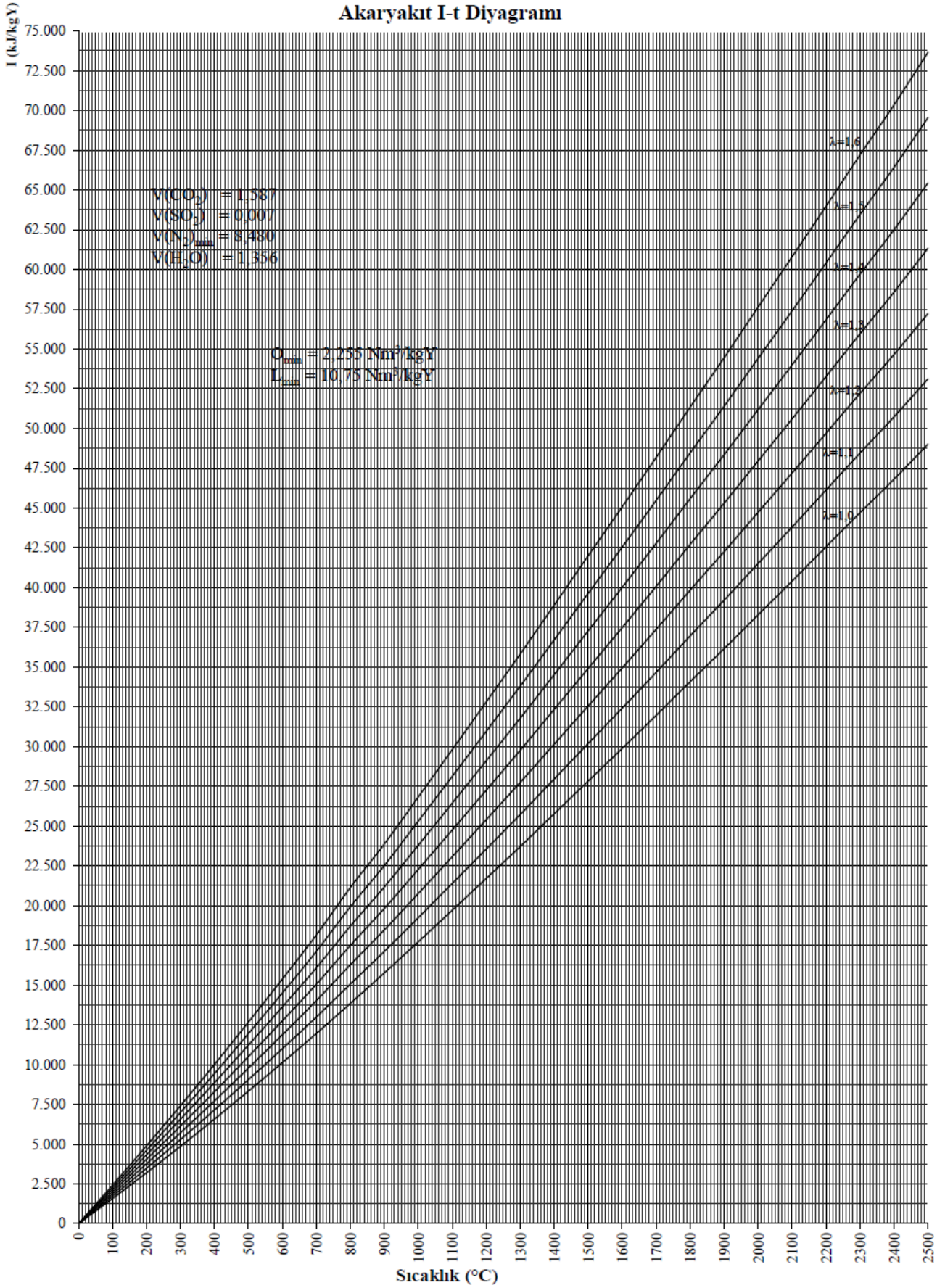


TABLO A-6

Kızın su buharı (Devam)

$T$ °C	$v$ m <sup>3</sup> /kg	$u$ kJ/kg	$h$ kJ/kg	$s$ kJ/(kg.K)	$v$ m <sup>3</sup> /kg	$u$ kJ/kg	$h$ kJ/kg	$s$ kJ/kg · K	$v$ m <sup>3</sup> /kg	$u$ kJ/kg	$h$ kJ/kg	$s$ kJ/(kg.K)
<b><math>P = 4.0</math> MPa (250.35°C)</b>				<b><math>P = 4.5</math> MPa (257.44°C)</b>				<b><math>P = 5.0</math> MPa (263.94°C)</b>				
Doymuş	0.04978	2601.7	2800.8	6.0696	0.04406	2599.7	2798.0	6.0198	0.03945	2597.0	2794.2	5.9737
275	0.05461	2668.9	2887.3	6.2312	0.04733	2651.4	2864.4	6.1429	0.04144	2632.3	2839.5	6.0571
300	0.05887	2726.2	2961.7	6.3639	0.05138	2713.0	2944.2	6.2854	0.04535	2699.0	2925.7	6.2111
350	0.06647	2827.4	3093.3	6.5843	0.05842	2818.6	3081.5	6.5153	0.05197	2809.5	3069.3	6.4516
400	0.07343	2920.8	3214.5	6.7714	0.06477	2914.2	3205.7	6.7071	0.05784	2907.5	3196.7	6.6483
450	0.08004	3011.0	3331.2	6.9386	0.07076	3005.8	3324.2	6.8770	0.06332	3000.6	3317.2	6.8210
500	0.08644	3100.3	3446.0	7.0922	0.07652	3096.0	3440.4	7.0323	0.06858	3091.8	3434.7	6.9781
600	0.09886	3279.4	3674.9	7.3706	0.08766	3276.4	3670.9	7.3127	0.07870	3273.3	3666.9	7.2605
700	0.11098	3462.4	3906.3	7.6214	0.09850	3460.0	3903.3	7.5647	0.08852	3457.7	3900.3	7.5136
800	0.12292	3650.6	4142.3	7.8523	0.10916	3648.8	4140.0	7.7962	0.09816	3646.9	4137.7	7.7458
900	0.13476	3844.8	4383.9	8.0675	0.11972	3843.3	4382.1	8.0118	0.10769	3841.8	4380.2	7.9619
1000	0.14653	4045.1	4631.2	8.2698	0.13020	4043.9	4629.8	8.2144	0.11715	4042.6	4628.3	8.1648
1100	0.15824	4251.4	4884.4	8.4612	0.14064	4250.4	4883.2	8.4060	0.12655	4249.3	4882.1	8.3566
1200	0.16992	4463.5	5143.2	8.6430	0.15103	4462.6	5142.2	8.5880	0.13592	4461.6	5141.3	8.5388
1300	0.18157	4680.9	5407.2	8.8164	0.16140	4680.1	5406.5	8.7616	0.14527	4679.3	5405.7	8.7124
<b><math>P = 6.0</math> MPa (275.59°C)</b>				<b><math>P = 7.0</math> MPa (285.83°C)</b>				<b><math>P = 8.0</math> MPa (295.01°C)</b>				
Doymuş	0.03245	2589.9	2784.6	5.8902	0.027378	2581.0	2772.6	5.8148	0.023525	2570.5	2758.7	5.7450
300	0.03619	2668.4	2885.6	6.0703	0.029492	2633.5	2839.9	5.9337	0.024279	2592.3	2786.5	5.7937
350	0.04225	2790.4	3043.9	6.3357	0.035262	2770.1	3016.9	6.2305	0.029975	2748.3	2988.1	6.1321
400	0.04742	2893.7	3178.3	6.5432	0.039958	2879.5	3159.2	6.4502	0.034344	2864.6	3139.4	6.3658
450	0.05217	2989.9	3302.9	6.7219	0.044187	2979.0	3288.3	6.6353	0.038194	2967.8	3273.3	6.5579
500	0.05667	3083.1	3423.1	6.8826	0.048157	3074.3	3411.4	6.8000	0.041767	3065.4	3399.5	6.7266
550	0.06102	3175.2	3541.3	7.0308	0.051966	3167.9	3531.6	6.9507	0.045172	3160.5	3521.8	6.8800
600	0.06527	3267.2	3658.8	7.1693	0.055665	3261.0	3650.6	7.0910	0.048463	3254.7	3642.4	7.0221
700	0.07355	3453.0	3894.3	7.4247	0.062850	3448.3	3888.3	7.3487	0.054829	3443.6	3882.2	7.2822
800	0.08165	3643.2	4133.1	7.6582	0.069856	3639.5	4128.5	7.5836	0.061011	3635.7	4123.8	7.5185
900	0.08964	3838.8	4376.6	7.8751	0.076750	3835.7	4373.0	7.8014	0.067082	3832.7	4369.3	7.7372
1000	0.09756	4040.1	4625.4	8.0786	0.083571	4037.5	4622.5	8.0055	0.073079	4035.0	4619.6	7.9419
1100	0.10543	4247.1	4879.7	8.2709	0.090341	4245.0	4877.4	8.1982	0.079025	4242.8	4875.0	8.1350
1200	0.11326	4459.8	5139.4	8.4534	0.097075	4457.9	5137.4	8.3810	0.084934	4456.1	5135.5	8.3181
1300	0.12107	4677.7	5404.1	8.6273	0.103781	4676.1	5402.6	8.5551	0.090817	4674.5	5401.0	8.4925
<b><math>P = 9.0</math> MPa (303.35°C)</b>				<b><math>P = 10.0</math> MPa (311.00°C)</b>				<b><math>P = 12.5</math> MPa (327.81°C)</b>				
Doymuş	0.020489	2558.5	2742.9	5.6791	0.018028	2545.2	2725.5	5.6159	0.013496	2505.6	2674.3	5.4638
325	0.023284	2647.6	2857.1	5.8738	0.019877	2611.6	2810.3	5.7596				
350	0.025816	2725.0	2957.3	6.0380	0.022440	2699.6	2924.0	5.9460	0.016138	2624.9	2826.6	5.7130
400	0.029960	2849.2	3118.8	6.2876	0.026436	2833.1	3097.5	6.2141	0.020030	2789.6	3040.0	6.0433
450	0.033524	2956.3	3258.0	6.4872	0.029782	2944.5	3242.4	6.4219	0.023019	2913.7	3201.5	6.2749
500	0.036793	3056.3	3387.4	6.6603	0.032811	3047.0	3375.1	6.5995	0.025630	3023.2	3343.6	6.4651
550	0.039885	3153.0	3512.0	6.8164	0.035655	3145.4	3502.0	6.7585	0.028033	3126.1	3476.5	6.6317
600	0.042861	3248.4	3634.1	6.9605	0.038378	3242.0	3625.8	6.9045	0.030306	3225.8	3604.6	6.7828
650	0.045755	3343.4	3755.2	7.0954	0.041018	3338.0	3748.1	7.0408	0.032491	3324.1	3730.2	6.9227
700	0.048589	3438.8	3876.1	7.2229	0.043597	3434.0	3870.0	7.1693	0.034612	3422.0	3854.6	7.0540
800	0.054132	3632.0	4119.2	7.4606	0.048629	3628.2	4114.5	7.4085	0.038724	3618.8	4102.8	7.2967
900	0.059562	3829.6	4365.7	7.6802	0.053547	3826.5	4362.0	7.6290	0.042720	3818.9	4352.9	7.5195
1000	0.064919	4032.4	4616.7	7.8855	0.058391	4029.9	4613.8	7.8349	0.046641	4023.5	4606.5	7.7269
1100	0.070224	4240.7	4872.7	8.0791	0.063183	4238.5	4870.3	8.0289	0.050510	4233.1	4864.5	7.9220
1200	0.075492	4454.2	5133.6	8.2625	0.067938	4452.4	5131.7	8.2126	0.054342	4447.7	5127.0	8.1065
1300	0.080733	4672.9	5399.5	8.4371	0.072667	4671.3	5398.0	8.3874	0.058147	4667.3	5394.1	8.2819

### Akaryakıt I-t Diyagramı

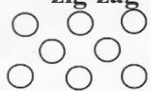
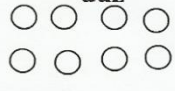


t(°C)	I(kj/kgy)						
70	1250	350	6666	670	13333	910	18750
80	1500	360	6875	680	13541	920	18958
90	1666	370	7083	690	13750	930	19166
100	1875	380	7291	700	14062	940	19375
110	2083	390	7500	630	12500	950	19687
120	2187	400	7708	640	12708	960	19791
130	2343	410	7916	650	12916	970	20000
140	2656	420	8125	660	13125	1000	20625
150	2812	430	8333	710	14375	1050	21875
160	2968	440	8541	720	14583	1100	23125
170	3281	450	8750	730	14687	1150	24375
180	3437	460	8958	740	15000	1200	25416
190	3541	470	9166	750	15208	1250	26666
200	3750	480	9375	760	15416	1300	27812
210	3958	490	9583	770	15625	1350	28958
220	4166	500	9791	780	15833	1400	30208
230	4375	510	10000	790	16041	1450	31458
240	4583	520	10208	800	16250	1500	32500
250	4687	530	10416	810	16458	1550	33750
260	4843	540	10625	820	16666	1600	35000
270	5156	550	10833	830	16875	1650	36250
280	5312	560	11041	840	17083	1700	37290
290	5468	570	11250	850	17291	1750	38541
300	5781	580	11458	860	17530	1800	39791
310	5937	590	11666	870	17812	1850	41041
320	6041	600	11875	880	17916	1900	42291
330	6406	610	12083	890	18333	1950	43541
340	6562	620	12291	900	18437	2000	44687

I-t for  $\lambda = 1.2$

$c_2$  değerleri:

(n) ve ( $c_1$ ) değerleri tablosu

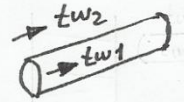
$\beta$	80°	70°	60°	50°	40°	30°	zig-zag	düz	
$c_2$	0,995	0,98	0,94	0,85	0,76	0,65			
							n = 0.690	n = 0.654	
							$C_1$	$C_1$	
Sıra sayısı	2							0.100	0.122
	3							0.113	0.126
	4							0.123	0.129
	5							0.131	0.131
	6							0.136	0.132
	8							0.143	0.134
	10							0.147	0.135

$\beta > 80^\circ \Rightarrow \beta = 90^\circ$   
 $\beta < 30^\circ \Rightarrow \beta = 0^\circ$

b ve  $b_1$  değerleri tablosu

$t_m$ (°C) ortalama duman sıcaklığı	b	$b_1$	
		Zig-zag	Düz
0	0.120	47.7	31.8
100	0.117	42.4	28.8
200	0.114	39.2	27.0
300	0.111	36.5	25.4
400	0.101	34.2	24.1
500	0.093	32.6	23.1
600	0.088	31.1	22.2
700	0.083	29.7	21.45
800	0.080	28.8	20.8
900	0.078	28.0	20.2
1000	0.076	27.2	19.7

$$t_m = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2}$$



$b'$  değerleri

Buhar basıncı $b_{2r}$ (ata)	$t_{\text{ort. buhar}} = \frac{t_s + t_D}{2}$ Buhar Sıcaklığı (°C)										
	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450
10	1.1	1.0	0.94	0.89	0.85	0.82	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75
20	--	2.28	1.98	1.81	1.68	1.59	1.50	1.45	1.4	1.36	1.34
30	--	--	3.52	2.97	2.65	2.44	2.30	2.17	2.08	2.0	1.94
40	--	--	5.82	4.55	3.88	3.45	3.13	2.95	2.80	2.67	2.58
50	--	--	--	6.88	5.49	4.69	4.16	3.81	3.60	3.34	3.21
60	--	--	--	--	7.64	6.22	5.31	4.77	4.40	4.08	3.90
70	--	--	--	--	10.54	8.03	6.71	5.90	5.32	4.90	4.62
80	--	--	--	--	14.58	10.72	8.50	7.20	6.33	5.29	5.41
90	--	--	--	--	--	13.92	10.60	8.80	7.60	6.79	6.27
100	--	--	--	--	--	17.90	13.23	10.45	8.86	7.76	7.07

Loeffler  
kazanında  
 $\frac{t_x + t_D}{2}$

$t_x, t_D =$  kızdırıcı içinden geçen akışkanın  
min, max sıcaklıkları