

# ENERJİ ve KÜTLE DENKLİKLERİ

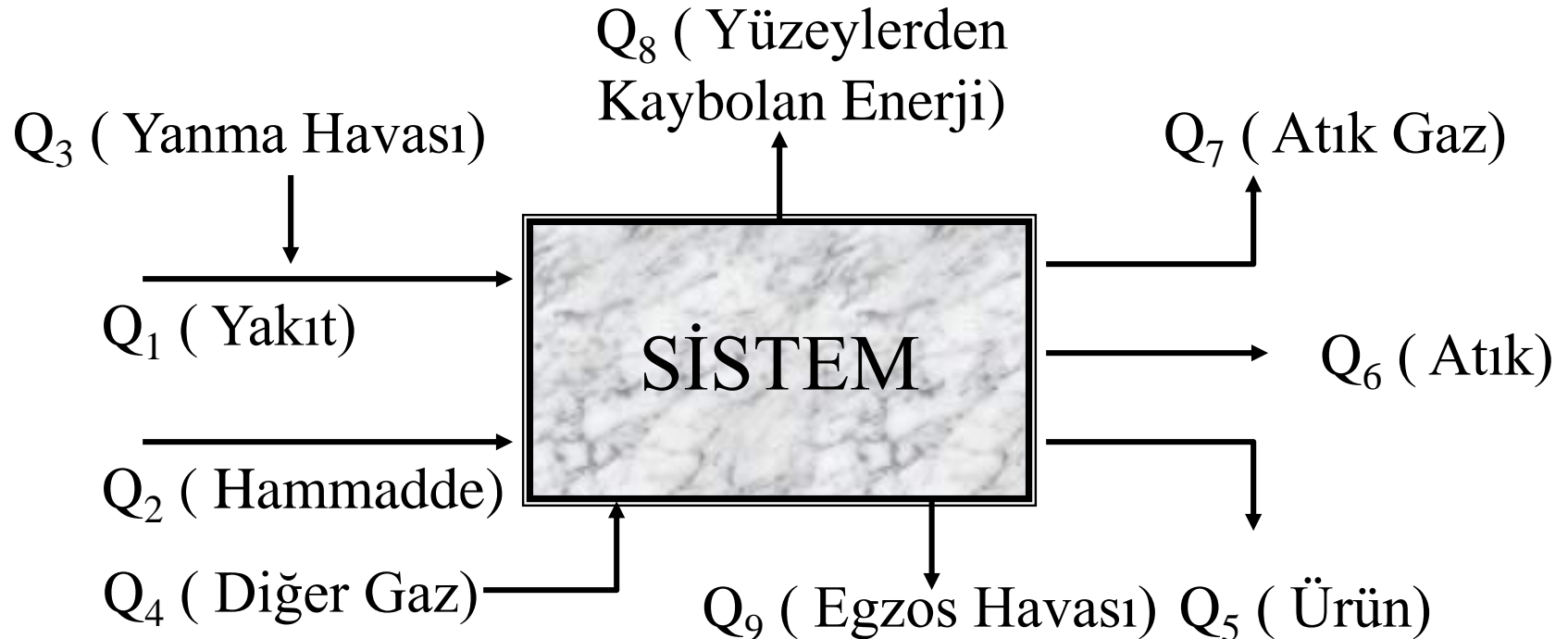
**SÜREYYA AKMAN**  
Kimya Yüksek Mühendisi



T.C. ENERJİ VE TABİİ  
KAYNAKLAR BAKANLIĞI

# ENERJİ DENKLİĞİNİN AMACI

Enerji denkliği, normal sabit çalışma koşullarında ( **denge şartlarında** ) bir sisteme verilen enerji miktarı ile sistemden çıkan enerji miktarı arasında bir denklik kurulması anlamını taşımaktadır.



$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9$$

# ENERJİ DENKLİĞİNİN AMACI

Enerji denkliği,

- Gerçekten kullanılan veya tüketilen enerji miktarlarının hesaplanması,
- Tesis verimli düzenliliğinin, performansının düzenli olarak izlenmesi,
- Malzeme, tesis ve proses konularında yapılabilecek değişikliklerin, enerji tüketimine etkilerinin değerlendirilmesi,
- Enerji tüketimini azaltmak amacıyla yapılabilecek iyileştirme çalışmaları planında öncelik verilmesi gereken yerlerin tesbiti,

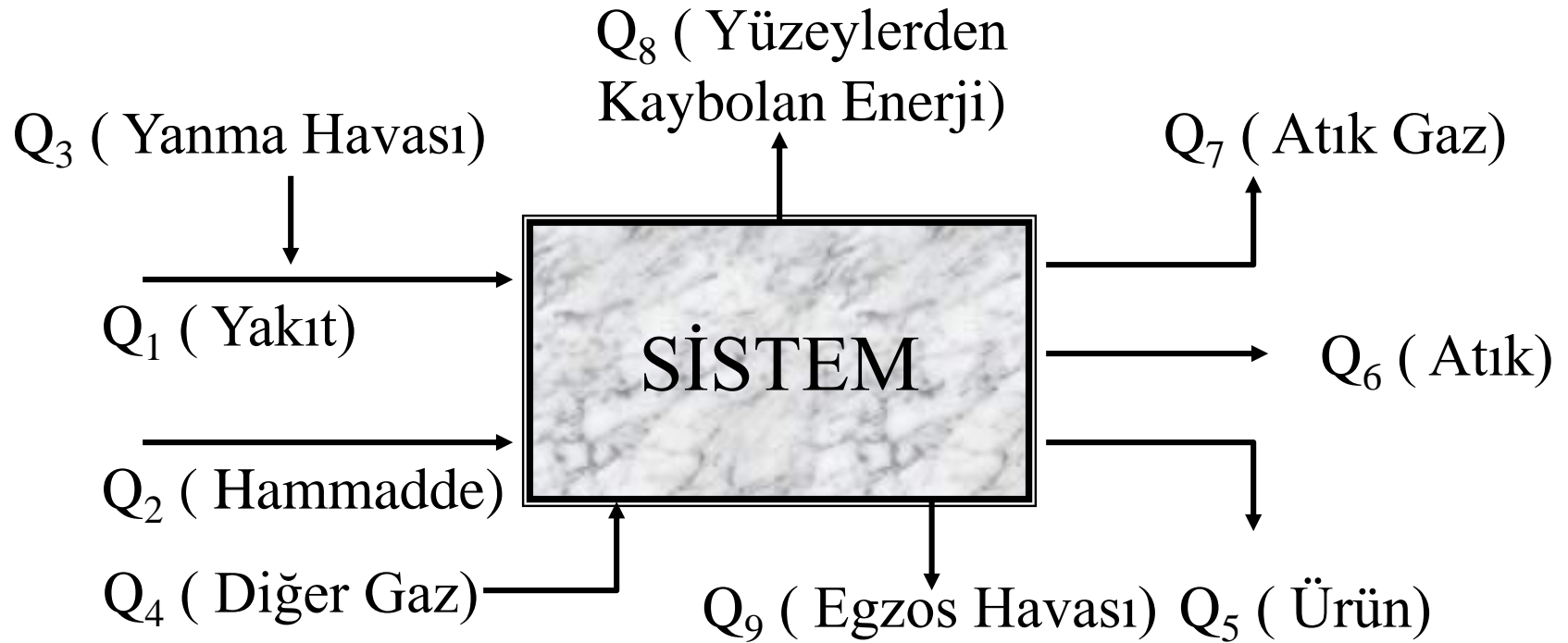
# ENERJİ DENKLİĞİNİN AMACI

- Örneğin yeni bir tesis, modifikasyon veya yenileme gibi iyileştirme planları için veri sağlanması,
- Mümkün olan en düşük enerji tüketimi ile maksimum üretimin sağlanması gibi, prosesin temel amacının gerçekleştirilmesi

gibi konuların tesbitine imkan sağlamaktadır.

# KONTROL HACMI

İçinden enerji akışlarının oluştuğu sınırlar tarafından çevrelenmiş bir sistem, KONTROL HACMI olarak isimlendirilebilir.



$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9$$

# KONTROL HACMI

Enerji denkliği, bu sınırlardan içeriye veya dışarıya doğru oluşan ve ölçülmesi veya hesaplanması gereken enerji akış miktarları ile ilgilenmektedir.

Enerji denkliğinin doğru olabilmesi, bir anlam taşıyabilmesi için kontrol hacmi içinde bulunan sistemin, sabit, **denge koşullarında** çalıştırılıyor olması gerekir.

Sabit, **denge koşullarında** kontrol hacmine giren toplam enerji miktarı, bu hacimden çıkan toplam enerji miktarına eşit olacaktır.

# KONTROL HACMI

Eğer **denge koşulları** sağlanamaz ise, giren enerji miktarı, çıkan miktarına eşit olmayacağından enerji denkleğinde hata oluşmasına neden olacaktır.

Enerji denklemlerindeki önemli hataların genel olarak ortak nedeni ölçümlerin sistemin denge koşullarında çalışmıyor iken alınması ve buna göre hesaplamaların yapılmasıdır.

# KÜTLE DENKLIĐİ

Bir enerji denkliği yapmak için gerekli olan ilk Őey, kontrol hacmine ( sisteme ) giren ve çıkan muhtelif gazlar, katı ve sıvı maddelerin miktarları ile ilgili bilgiye sahip olmaktır.

Bu nedenle, enerji denkliği ile ilgili hesaplamaların yapılmasından önce, kütle denkliği hesaplarının yapılması gerekmektedir.

Bu kütle denkliği ile ilgili hesaplamalara esas olacak ölçümlerin de yine sistemin sabit, **denge koşullarında** alıştırılıyor iken yapılması gerekir.



# REFERANS SICAKLIK

Enerji denkliğinin yapılabilmesi için duyulabilir ısıların dayandırıldığı bir temel sıcaklığın belirlenmesi gereklidir.

0 °C sıcaklık bir temel değer olarak alınabilir ama bir genel eğilim olarak ve kolaylık sağlaması açısından ortam sıcaklığı referans sıcaklık olarak seçilmektedir.

# ENERJİ ve KÜTLE DENKLİĞİ HESAPLAMALARI

## VERİLEN ENERJİ

a . Yanma Sonucu

$$Q = M_f \times ( HHV + C_f \times T_f )$$

Burada

Q : Yanma Sonucu oluşan ısı miktarı ( KJ / h )

$M_f$  : Yakıt Debisi ( Kg / h )

HHV : Yakıt Üst Isıl Değeri ( KJ / Kg )

$T_f$  : Yakıt Sıcaklığı ( °C )

$C_f$  : Yakıt Özgül Isısı ( Kj / Kg °C )

$C_f$  için bazı tipik değerler

Sıvı Yakıtlar : 2,1 Kj/Kg°C

LPG : 2,5 Kj/Kg°C

Kömür : 1,3 Kj/Kg°C

# ENERJİ ve KÜTLE DENKLİĞİ HESAPLAMALARI

## VERİLEN ENERJİ

b . Elektrik Enerjisi şeklinde

$$Q = P \times 3600$$

Burada

Q : Elektrik enerjisinden oluşan ısı miktarı ( KJ / h )

P : Isı enerjisine dönüşen elektrik enerjisi gücü ( kW )

# GAZLAR ve NEM MİKTARI İLE İLGİLİ ENERJİ MİKTARI

## Hava ve Bacagazları

$$Q = M_g \times \{ C_g \times T_g + [ W \times ( 1,9 \times T_g + 2 480 ) ] \}$$

Burada

$Q$  : Enerji Debisi ( KJ / h )

$M_g$  : Kuru Gaz Debisi ( Kg / h ) \*

$C_g$  : Kuru Gaz Özgül Isısı ( KJ / Kg °C )

$T_g$  : Gaz Sıcaklığı ( °C )

$W$  : Gerçek Nem Miktarı ( Kg H<sub>2</sub>O / Kg Kuru Gaz) \*

$C_g$  için tipik değerler ( KJ / Kg °C )

Hava : 1

Baca Gazı : 1,1 ( Düşük hava fazlalık katsayısına sahip)

## Kuru Bacagazı, Yanma Havası ve Nem Miktarı Hesaplamaları

Genelde bacagazı miktarı ve nem içeriği ile yanma için gerekli hava miktarları bacagazı kompozisyonu ( % O<sub>2</sub> veya % CO<sub>2</sub> ) ve yakılan kuru yakıt miktar ve kimyasal kompozisyonuna ilişkin verilerden hesaplanır.

## Kuru Bacagazı, Yanma Havası ve Nem Miktarı Hesaplamaları

Hesaplama metodu aşağıdaki gibi verilebilir.

1. Adım :

Bir sonraki sayfada bulunan tablodan yakılan yakıt cinsine bağlı olarak (  $m_{H_2O}$  ) ve (  $m_{kuru\ hava}$  ) miktarları bulunur.

Bu tabloda olmayan yakıtlar için yakıt özelliklerine dayanılarak hesaplama yapılması gerekir.

# GAZLAR ve NEM MİKTARI İLE İLGİLİ ENERJİ MİKTARI

Yakıt Cinsi	Stokiyometrik Hava m kuru hava ( Kg / Kg kuru yakıt )	Yakıtta bulunan H <sub>2</sub> nedeniyle yanma sonucu oluşan H <sub>2</sub> O mH <sub>2</sub> O ( Kg / Kg kuru yakıt )
Motorin	14,4	1,2
Hafif Fuel Oil	14,0	1,0
Orta Fuel Oil	14,0	1,0
Ağır Fuel Oil	13,8	1,0
Propan	15,7	1,6

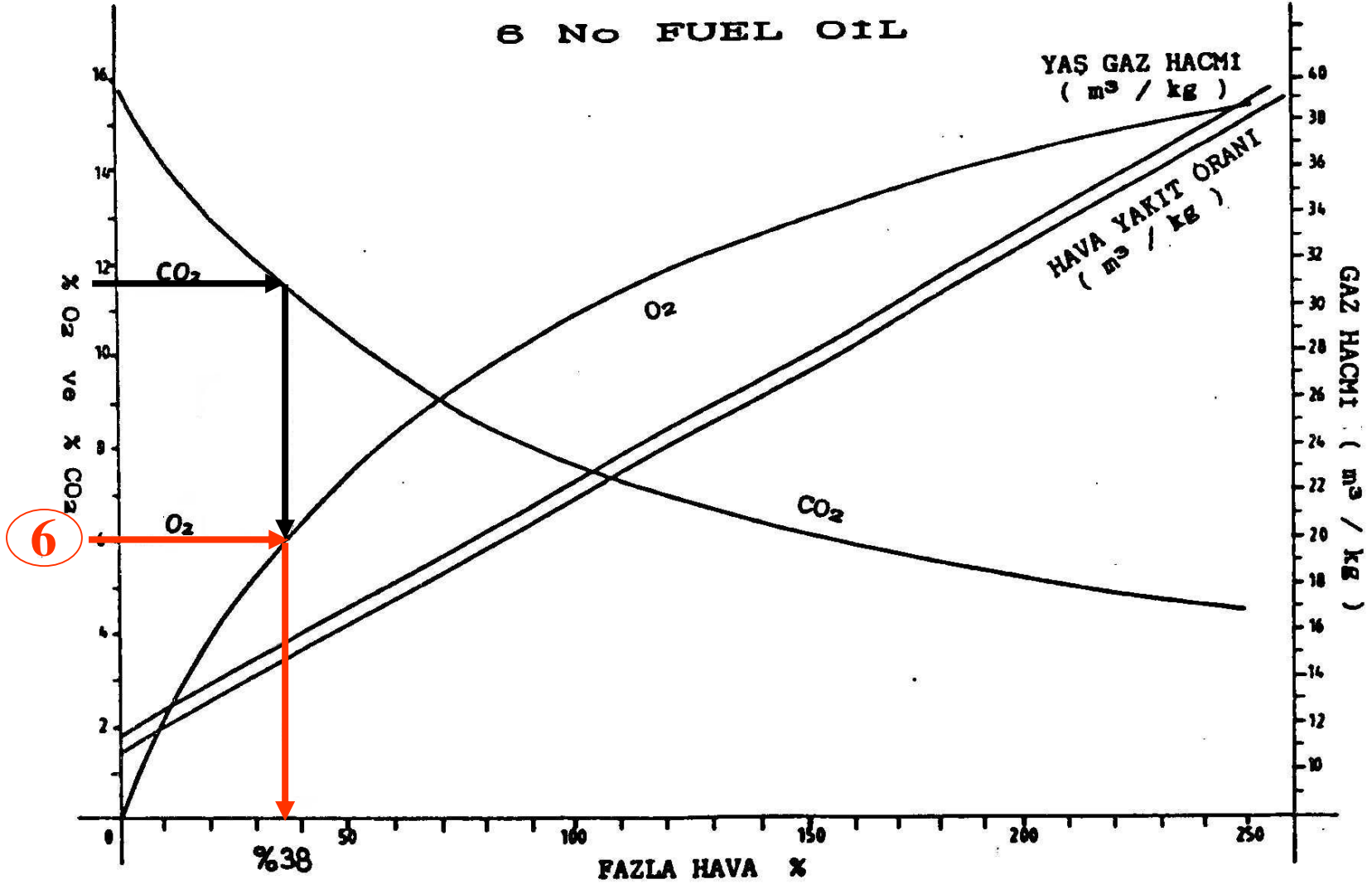
# GAZLAR ve NEM MİKTARI İLE İLGİLİ ENERJİ MİKTARI

2. Adım :

Bacagazında ölçülen % O<sub>2</sub> veya % CO<sub>2</sub> değerleri, yakılan yakıt cinsine göre hazırlanmış grafiklerde yerlerine konularak bu değerlere karşılık gelen fazla hava oranı ( e ) bulunur.



# GAZLAR ve NEM MİKTARI İLE İLGİLİ ENERJİ MİKTARI



# GAZLAR ve NEM MİKTARI İLE İLGİLİ ENERJİ MİKTARI

Veya böyle bir grafik bulunamaz ise;

$$e = \frac{\% \text{ O}_2}{21 - \% \text{ O}_2} \quad \text{formülü kullanılabilir.}$$

Ölçülen % 6 O<sub>2</sub> değeri formülde yerine konarak

$$e = \frac{6}{21 - 6} = \% 40 \text{ bulunur.}$$

## GAZLAR ve NEM MİKTARI İLE İLGİLİ ENERJİ MİKTARI

3. Adım :

Yanma Havaının Kuru Kütle Miktarı hesaplanır.

$$\text{Kuru Hava} = (1 + e) \times m_{\text{kuru hava}} \times \text{kg kuru yakıt/h}$$

( Kg/h )

4. Adım :

Kuru Bacagazı Kütle Miktarı hesaplanır.

$$\text{Kuru Bacagazı} = \left\{ (1+e) \times m_{\text{kuru hava}} + 1 - m_{\text{H}_2\text{O}} \right\} \times \text{kg kuru yakıt /h}$$

(Kg/h)

# GAZLAR ve NEM MİKTARI İLE İLGİLİ ENERJİ MİKTARI

5. Adım :

Bacagazında Nem Miktarı hesaplanır.

$$W_{\text{Bacagazı}} = \frac{(1 + e) \times m \text{ kuru hava} \times W_{\text{hava}} + a + m\text{H}_2\text{O}}{(1 + e) \times m \text{ kuru hava} + 1 - m\text{H}_2\text{O}}$$

Burada

$W_{\text{Bacagazı}}$  : Nem miktarı ( Kg  $\text{H}_2\text{O}$  / Kg kuru bacagazı )

$a$  : Yakıttaki su miktarı ( Kg  $\text{H}_2\text{O}$  / Kg kuru yakıt )

$W_{\text{hava}}$  : Yanma havasındaki nem miktarı  
(Kg  $\text{H}_2\text{O}$  / Kg kuru hava )

# GAZLAR ve NEM MİKTARI İLE İLGİLİ ENERJİ MİKTARI

6. Adım :

Bu hesaplanmış olan değerler

- Yanma Havası,
- Bacagazı
- Diğer Gaz Miktarları

ile ilgili enerji miktarlarının hesaplanması için ;

$$Q = M_g \times \{ C_g \times T_g + [ W \times ( 1,9 \times T_g + 2480 ) ] \}$$

formülünde yerlerine konularak sonuç elde edilir.

# MALZEME AKIŞLARINA İLİŞKİN ENERJİ MİKTARI

$$Q = M_m \times C_m \times T_m$$

Burada

Q : Enerji Debisi ( KJ / h )

M<sub>m</sub> : Malzeme Debisi ( Kg / h )

C<sub>m</sub> : Malzeme Özgül Isısı ( KJ / Kg °C )

T<sub>m</sub> : Malzeme Sıcaklığı ( °C )

C<sub>m</sub> için tipik değerler ( KJ / Kg °C )

Su : 4,18

Asbest : 0,9

Çelik : 0,5

Mantar : 2,0

Ateş Tuğlası : 1,0

Termal Akışkan : 2,5

Beton : 0,8

# BUHAR ve KONDENSATLA İLGİLİ ENERJİ MİKTARI

$$Q = M \times ( H_w + d_f \times H_e )$$

Burada

Q : Enerji Debisi ( KJ / h )

M : Kütle Debisi ( Kg / h )

H<sub>w</sub> : Suyun Özgül Entalpisi ( KJ / Kg )

d<sub>f</sub> : Buharın Kuruluk Oranı

H<sub>e</sub> : Buharlaştırma Özgül Entalpisi ( KJ / Kg )

Tablo' da buhar ve kondense ilişkin değerler bulunmaktadır.

# BUHAR ve KONDENSATLA İLGİLİ ENERJİ MİKTARI

Pressure ( bar )	Temperature ( °C )	Specific Enthalpy			Specific Steam Volume ( m <sup>3</sup> / kg )
		Water ( kJ / kg )	Evaporation ( kJ / kg )	Steam ( kJ / kg )	
3,00	143,75	605,30	2133,40	2738,70	0,461
3,20	145,46	612,90	2128,10	2741,00	0,441
3,40	147,20	620,00	2122,90	2742,90	0,422
3,60	148,84	627,10	2117,80	2744,90	0,405
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
10,00	184,13	781,60	2000,10	2781,70	0,177
10,50	186,05	790,10	1993,00	2783,10	0,171
11,00	188,02	798,80	1986,00	2784,80	0,163
11,50	189,82	807,20	1979,10	2786,30	0,157
12,00	191,68	815,10	1972,50	2787,60	0,151
12,50	193,43	822,90	1965,40	2788,30	0,148
13,00	195,10	830,40	1959,60	2790,00	0,141
13,50	196,62	837,90	1953,20	2791,10	0,136
14,00	198,35	845,10	1947,10	2792,20	0,132



# SICAK YÜZEYLERDEN KAYBOLAN ENERJİ MİKTARI

$$Q = U \times A \times (T_y - T_o)$$

Burada

$Q$  : Enerji miktarı ( KJ / h )

$U$  : (  $U_r + U_c$  ) Isı Transfer Katsayısı (KJ/hm<sup>2</sup> °C )

$U_r$  : Radyasyonla Isı Transfer Katsayısı (KJ/hm<sup>2</sup> °C )

$U_c$  : Konveksiyonla Isı Transfer Katsayısı (KJ/hm<sup>2</sup> °C )

$A$  : Yüzey Alanı ( m<sup>2</sup> )

$T_y$  : Yüzey Sıcaklığı ( °C )

$T_o$  : Ortam Sıcaklığı ( °C )

# SICAK YÜZEYLERDEN KAYBOLAN ENERJİ MİKTARI

## i - Radyasyonla Isı Transfer Katsayısı

$$U_r = \frac{20,4 \times E}{T_y - T_o} \times \left[ \left[ \frac{T_y + 273}{100} \right]^4 - \left[ \frac{T_o + 273}{100} \right]^4 \right]$$

Burada

$U_r$  : Radyasyonla Isı Transfer Katsayısı (KJ/hm<sup>2</sup> °C )

$E$  : Yüzey Emissivite Katsayısı

$T_y$  : Yüzey Sıcaklığı ( °C )

$T_o$  : Ortam Sıcaklığı ( °C )

# SICAK YÜZEYLERDEN KAYBOLAN ENERJİ MİKTARI

## ii - Konveksiyonla Isı Transfer Katsayısı

$$U_c = B \times (T_y - T_o)^{0.25}$$

Burada

$U_c$  : Konveksiyonla Isı Transfer Katsayısı (KJ/hm<sup>2</sup> °C )

$T_y$  : Yüzey Sıcaklığı ( °C )

$T_o$  : Ortam Sıcaklığı ( °C )

$B$  : Boru veya Yapı Şekline Göre Bir Faktör

B için tipik değerler

Düşey Yüzeyler ve Geniş Silindirler : 5,22

Yatay Yüzeyler ( Yukarıya bakan ) : 6,12

Yatay Silindirler : 4,32

# SICAK YÜZEYLERDEN KAYBOLAN ENERJİ MİKTARI

$$U = U_r + U_c$$

$$Q = U \times A \times (T_y - T_o)$$

# ATMOSFERE AÇIK SU YÜZEYLERİNDEN OLAN ENERJİ KAYBI MİKTARI

$$Q = R \times A$$

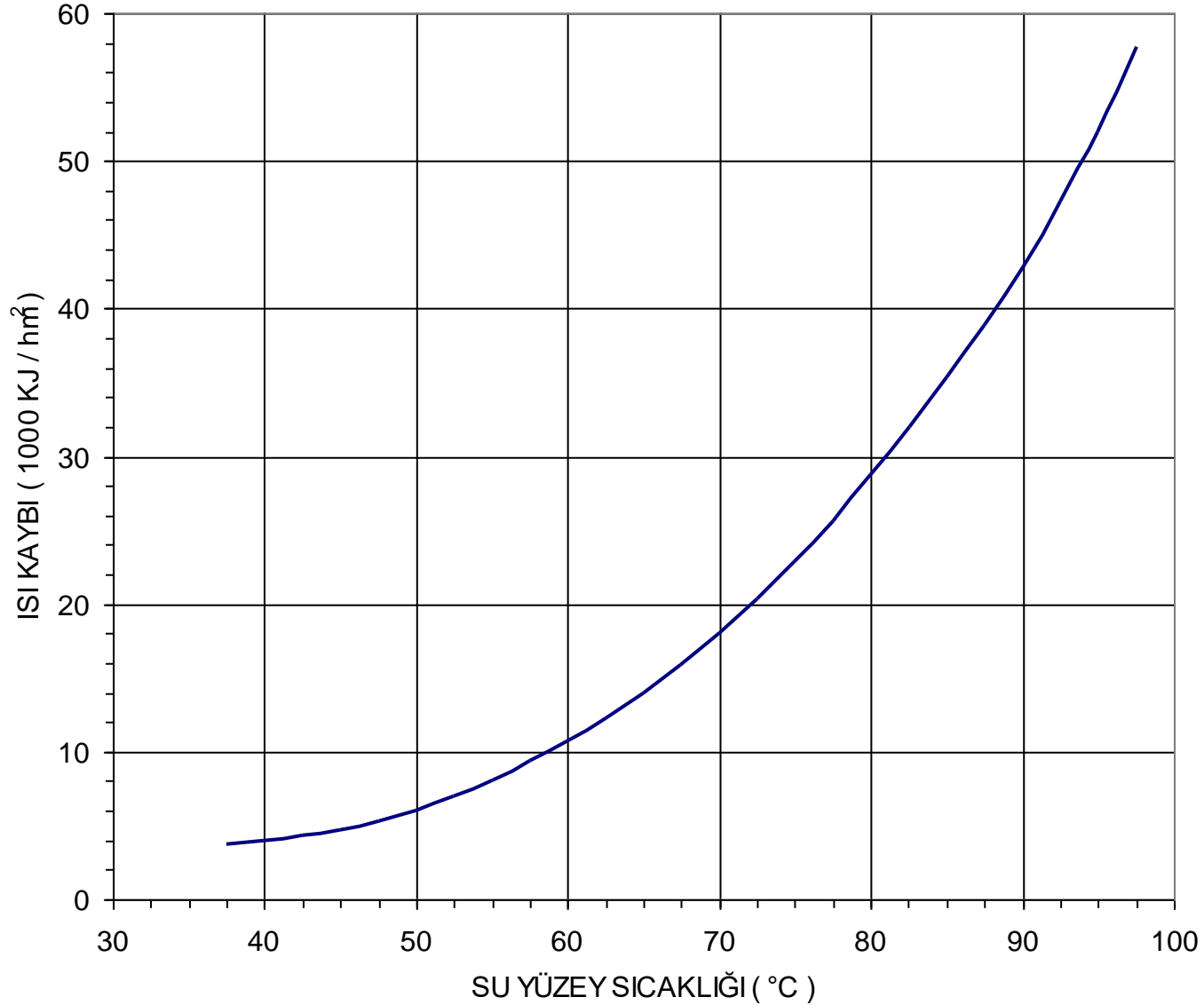
Burada

Q : Enerji Debisi ( KJ / h )

R : Grafikten Isı Kaybı Katsayısı ( KJ/hm<sup>2</sup> )

A : Su Yüzey Alanı ( m<sup>2</sup> )

# ATMOSFERE AÇIK SU YÜZEYLERİNDEN OLAN ENERJİ KAYBI MİKTARI



# İZOLASYONLU YÜZEYLERDEN ISI KAYBI MİKTARI

Tek Katlı ve Çok Katlı İzolasyon için kullanılan formül esas olarak aynıdır.

$$Q = q \times A \times 3.6$$

Burada

Q : Enerji Debisi ( KJ / h )

q : İzolasyonlu Birim Alandan Isı Kaybı ( W/m<sup>2</sup> )

A : Boru veya Sıcak Hacim Yüzey Alanı ( m<sup>2</sup> )

3.6 : W - KJ çevrim faktörü

## NEMLİ HAVADAKİ ENERJİ MİKTARI

Çeşitli miktarlarda nem ihtiva eden havanın entalpisini, bu havada ölçülen kuru ve yaş termometre sıcaklıklarına bağlı olarak Psikrometrik Diyagram'dan okumak mümkündür.

Her türlü proses şartına uygun değerlerin okunabilmesi amacıyla, düşük ve yüksek sıcaklıklar için hazırlanmış diyagramlar mevcuttur.

Bu diyagramlardan ayrıca, yine kuru ve yaş termometre sıcaklıklarına bağlı olarak;

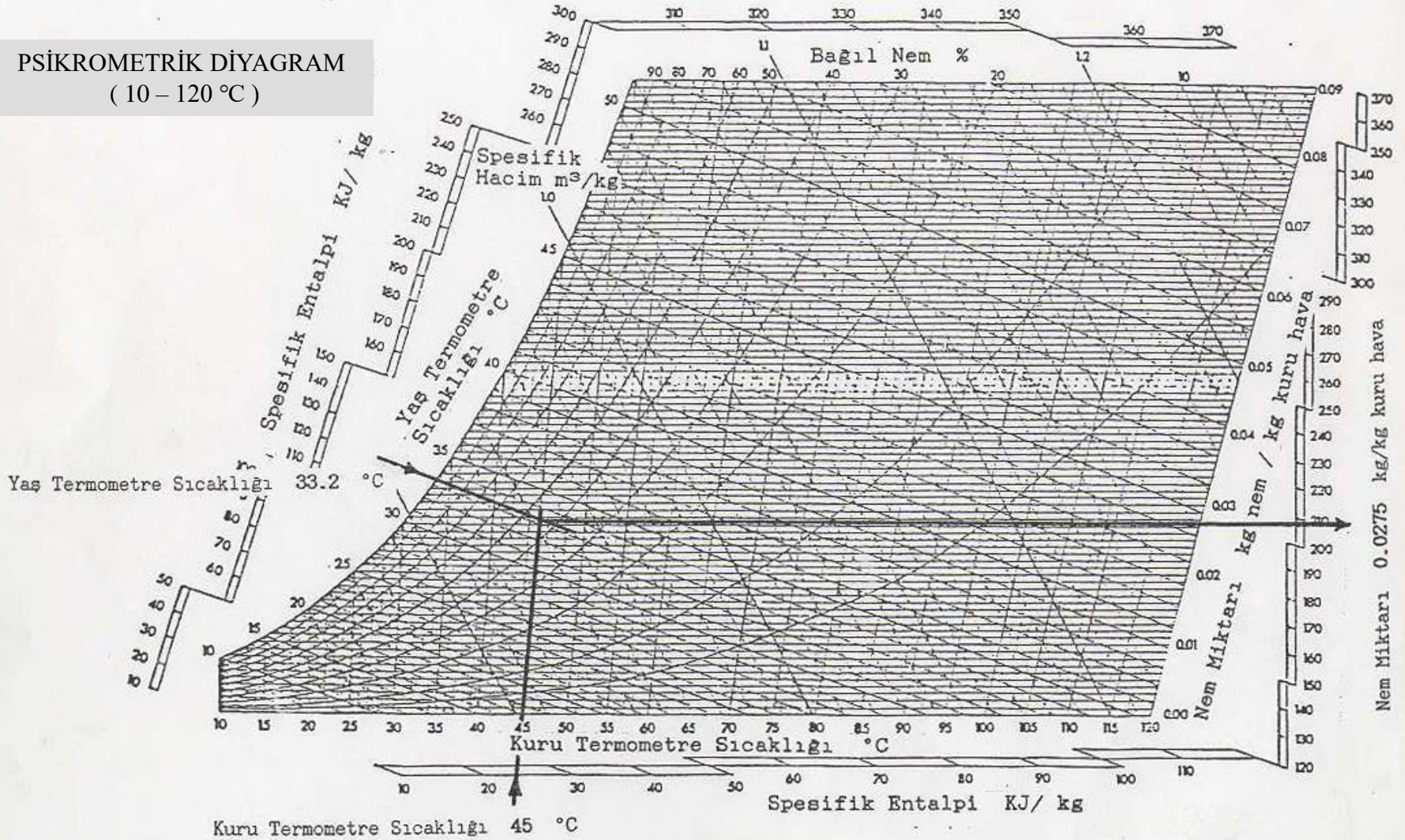
- **kg kuru hava içindeki nem miktarı**
- **% bağıl nem oranı**
- **kg kuru hava içeren nemli havanın özgül hacmine**

ilişkin değerleri okumak mümkündür.



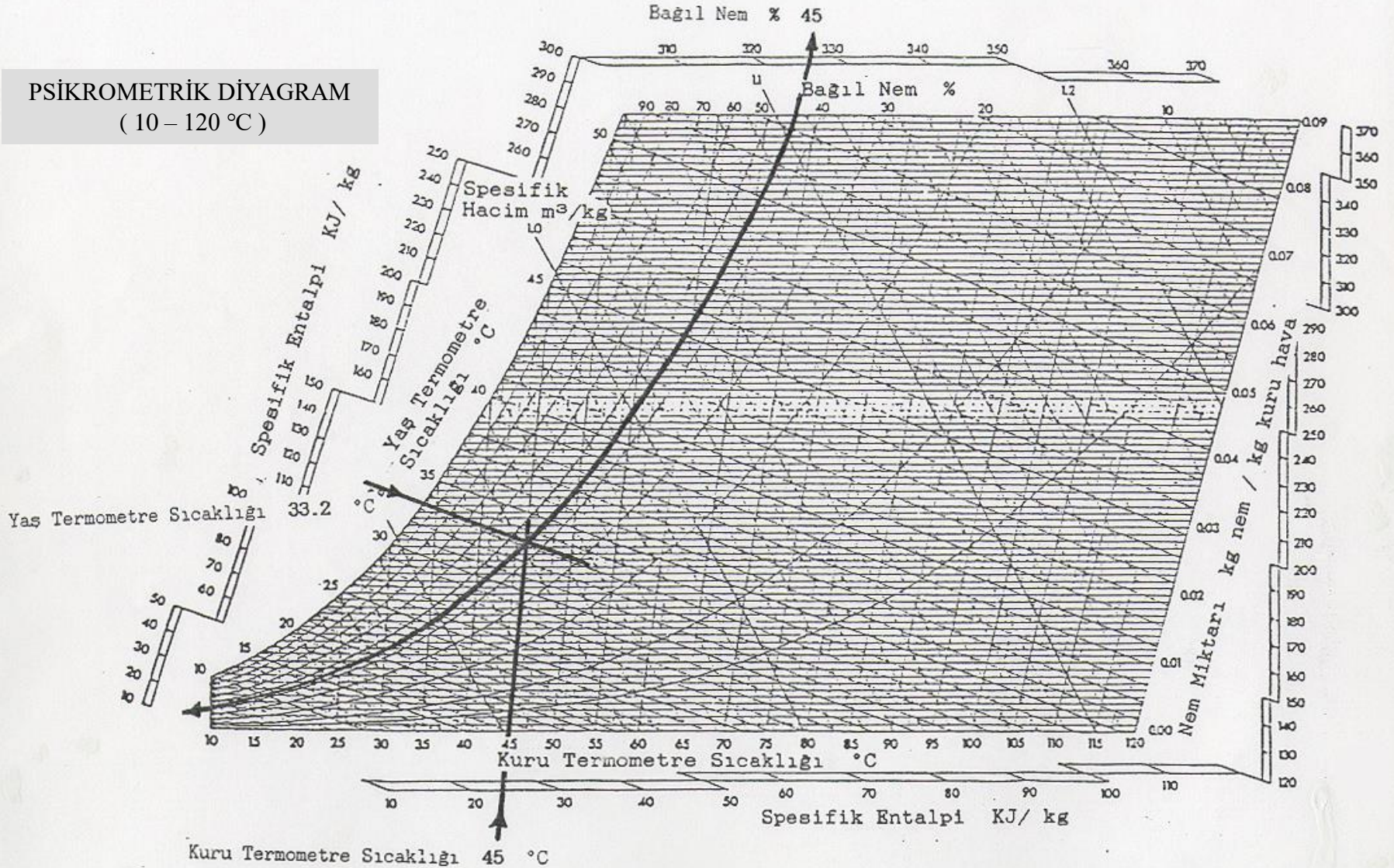
# NEMLİ HAVADAKİ ENERJİ MİKTARI

PSİKROMETRİK DİYAGRAM  
( 10 – 120 °C )



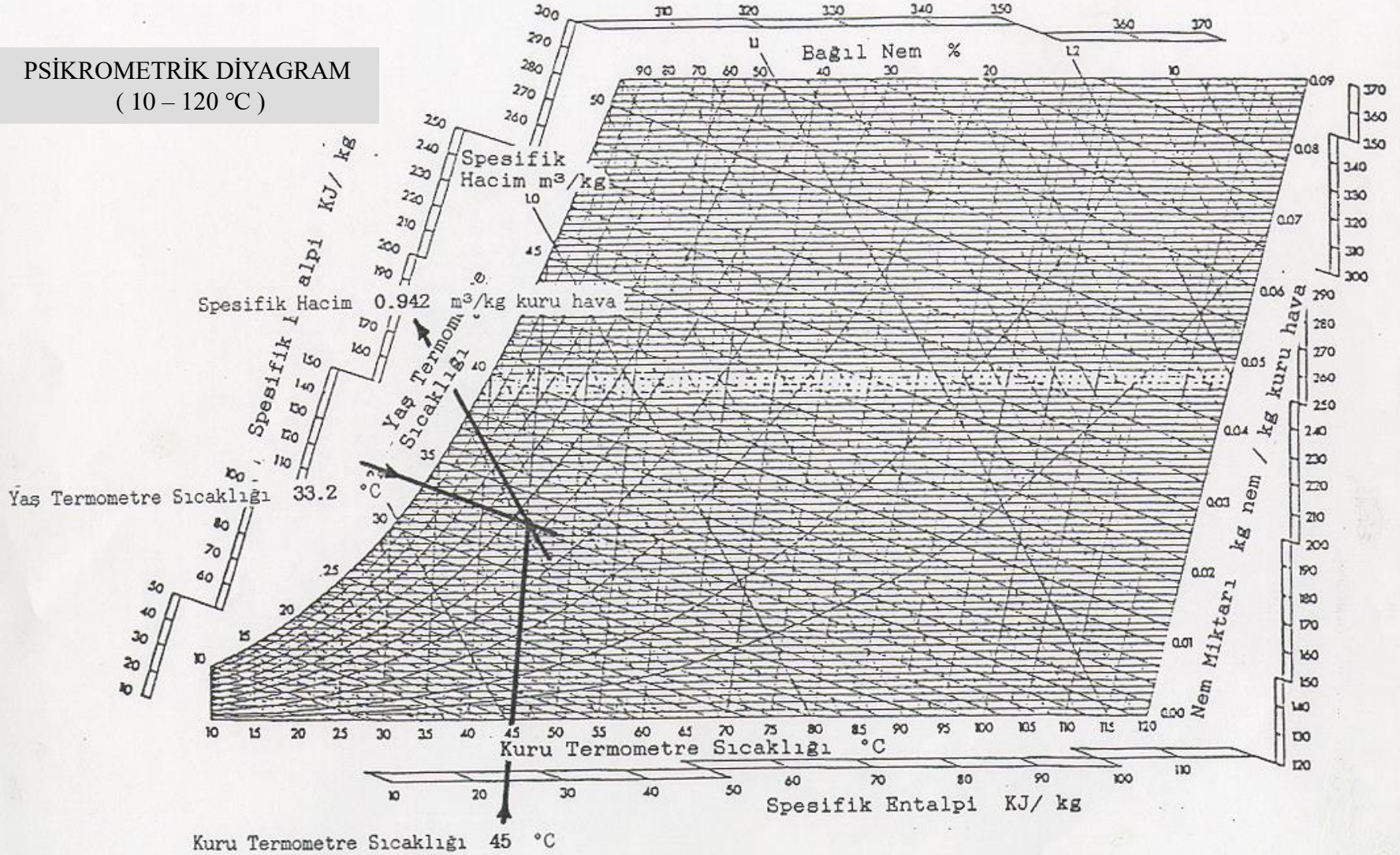
# NEMLİ HAVADAKİ ENERJİ MİKTARI

PSİKROMETRİK DİYAGRAM  
(10 – 120 °C)



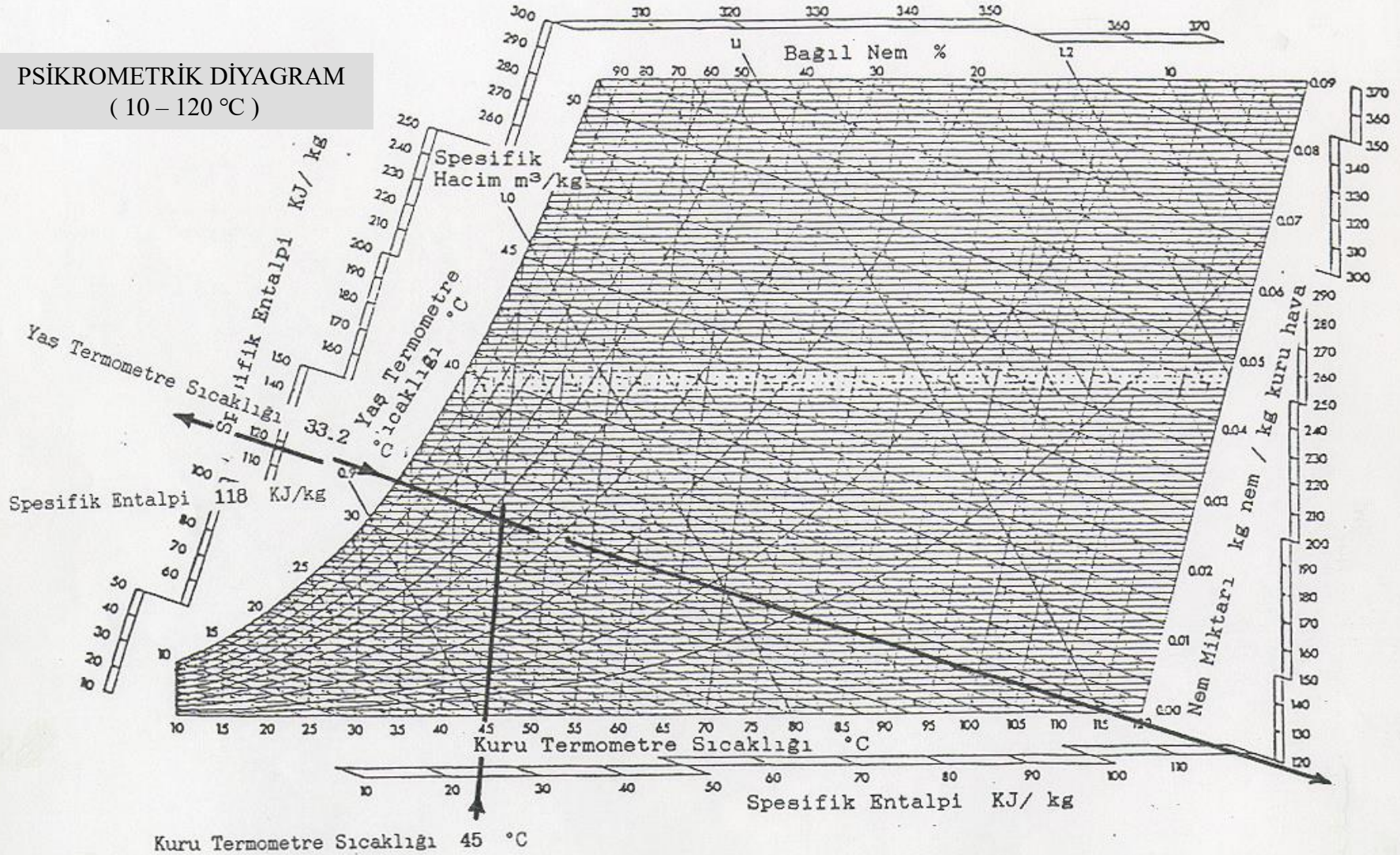
# NEMLİ HAVADAKİ ENERJİ MİKTARI

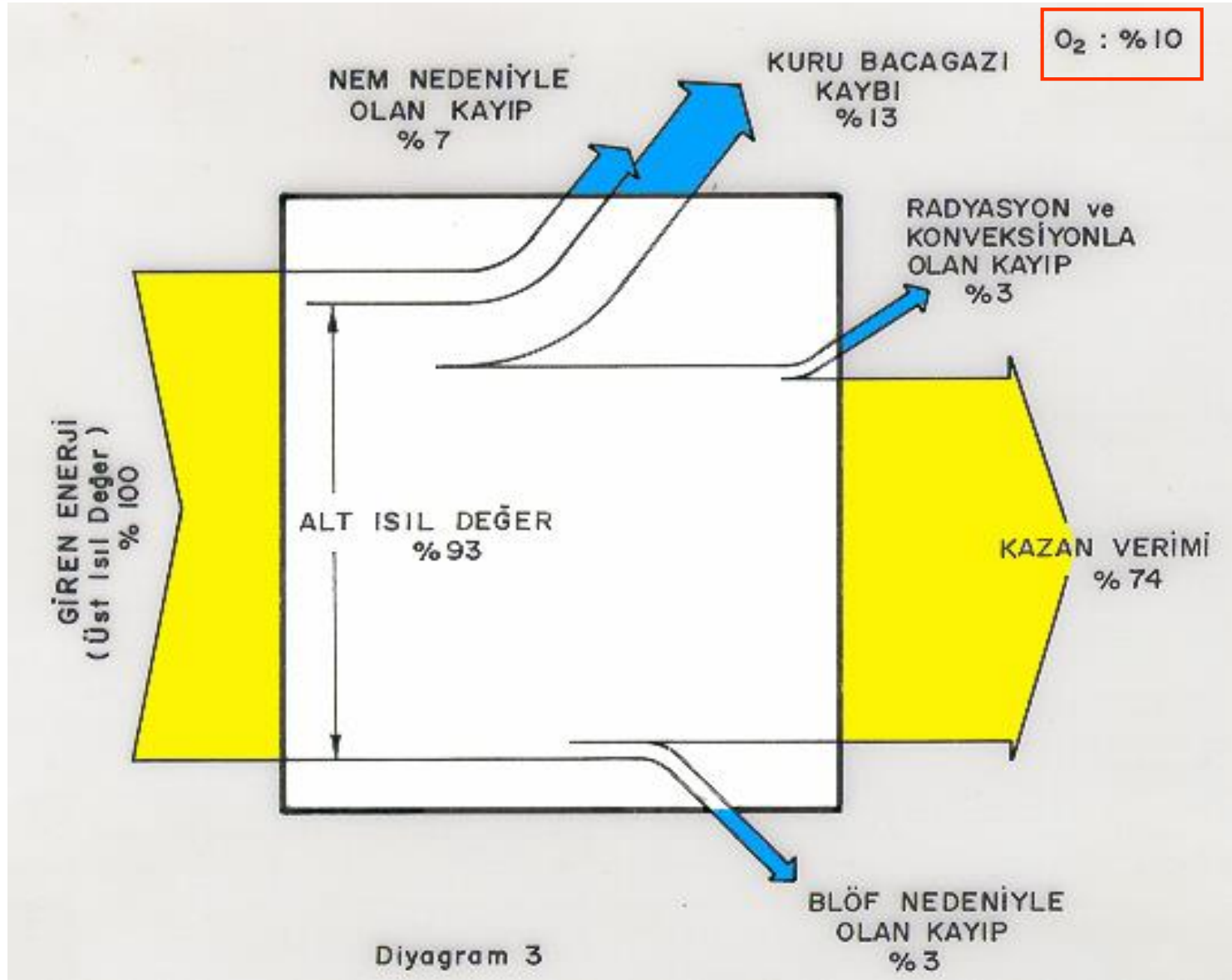
PSİKROMETRİK DİYAGRAM  
( 10 – 120 °C )

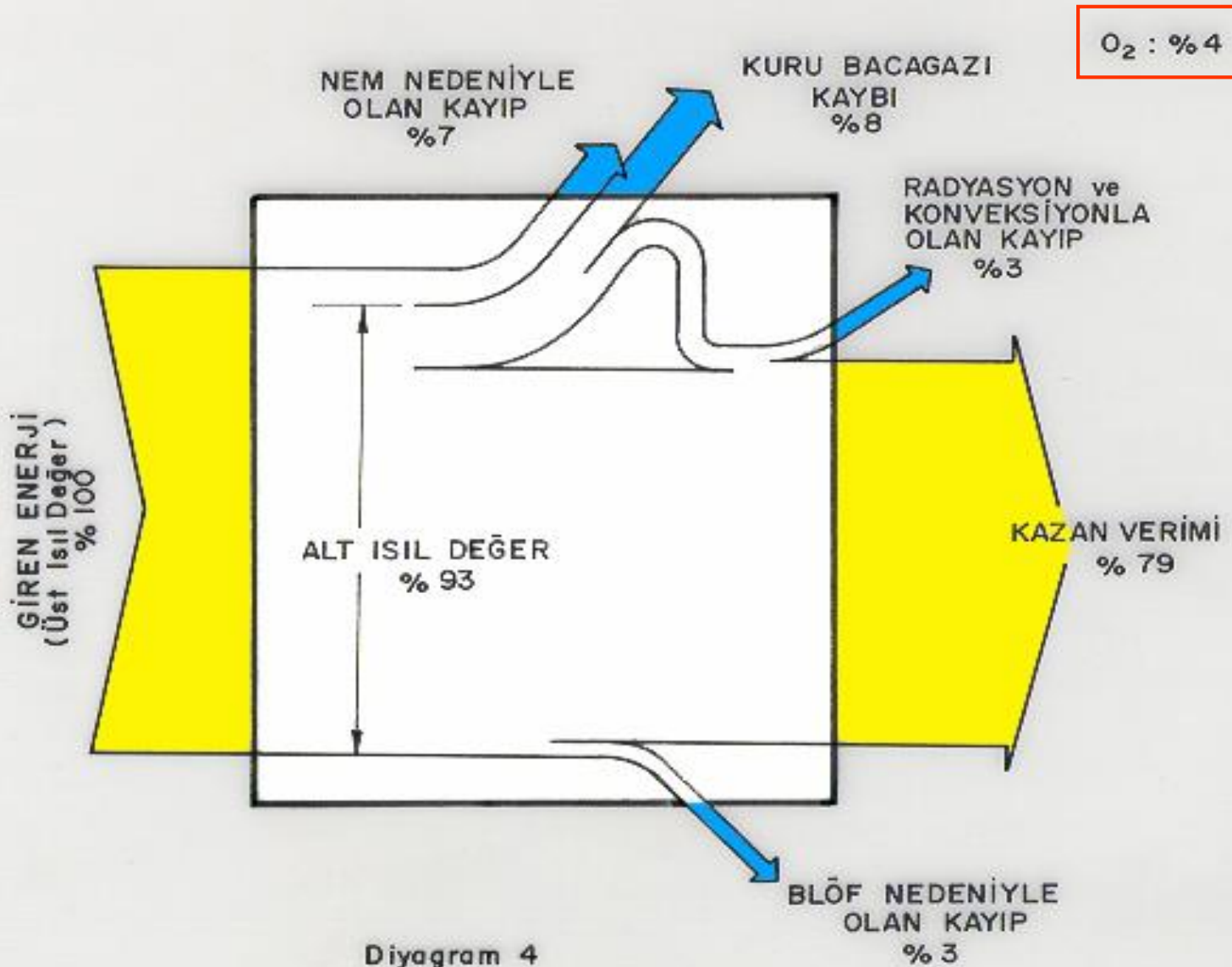


# NEMLİ HAVADAKİ ENERJİ MİKTARI

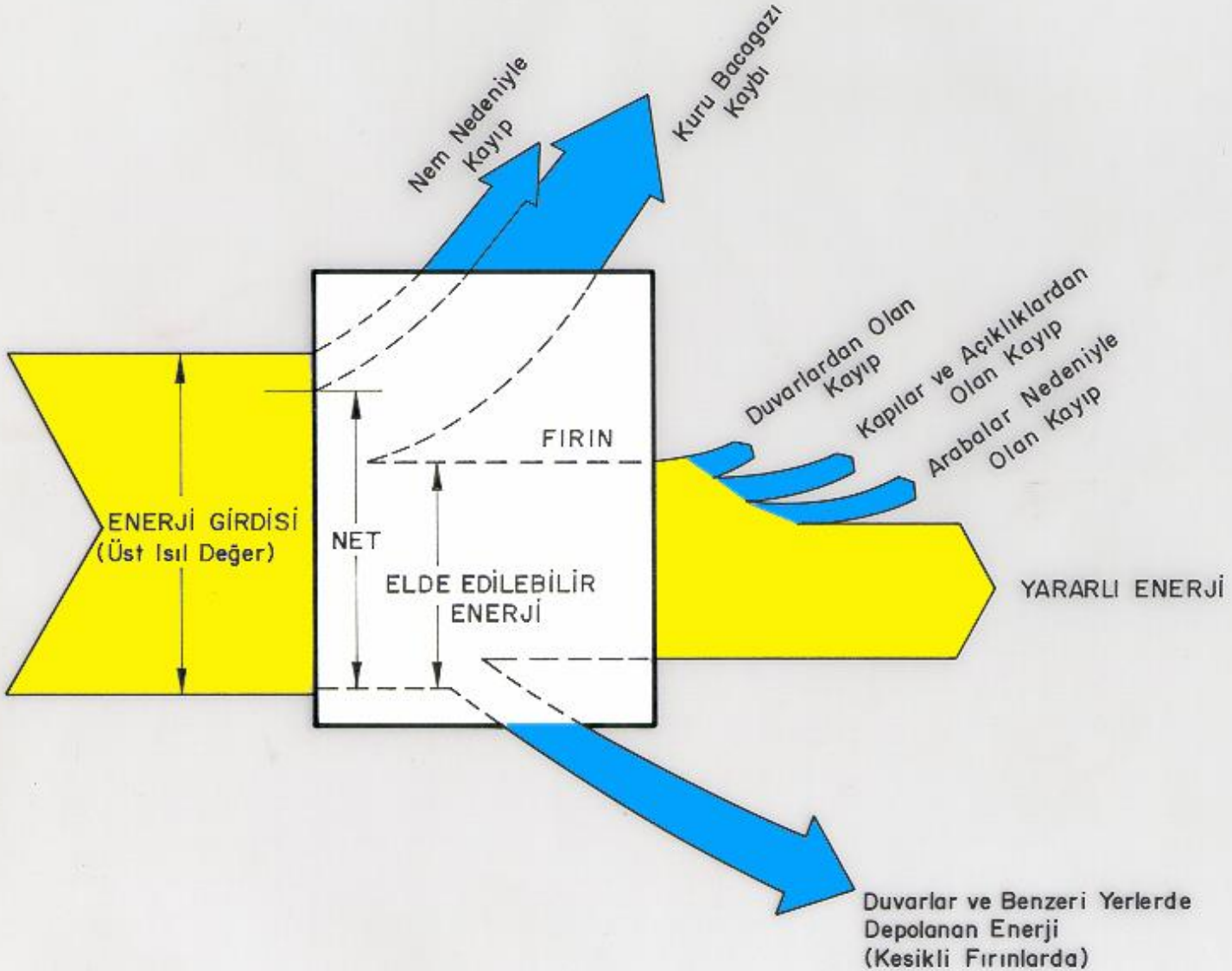
PSİKROMETRİK DİYAGRAM  
( 10 – 120 °C )







Diyagram 4

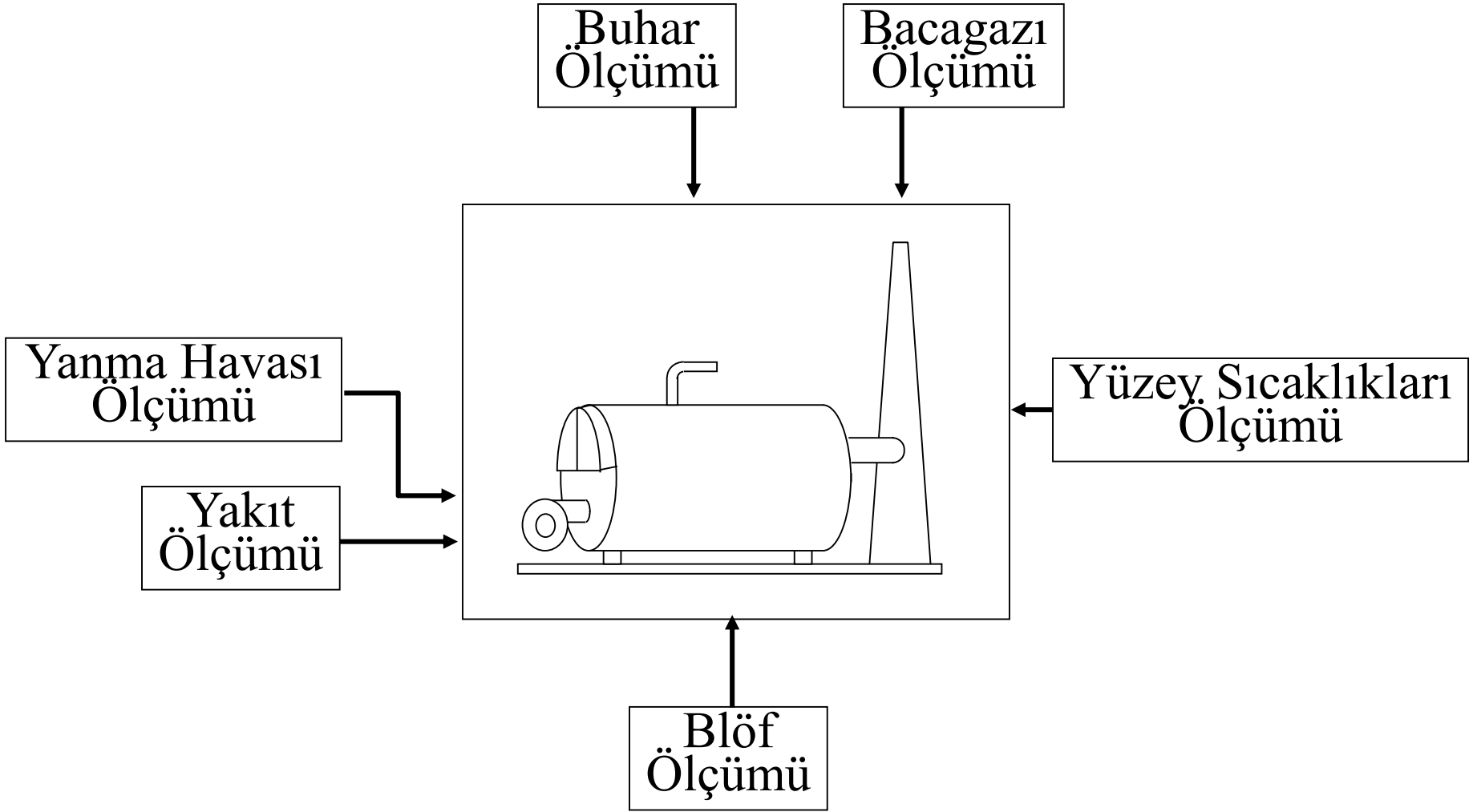




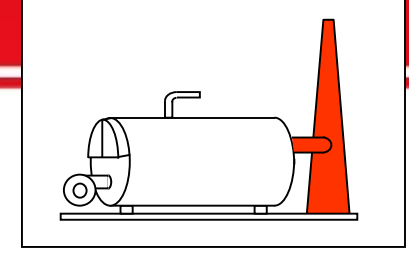


# Örnek

## Bir Kazanda Gerçekleştirilen Enerji ve Kütle Denkliği



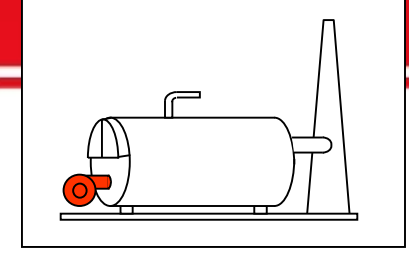
# Örnek



## Baca ve Bacagazı Ölçüm Sonuçları

Baca Çıkış Kesit Alanı	:	0,283	m <sup>2</sup>
Bacagazı Ortalama Hızı	:	17,29	m/s
Bacagazı Sıcaklığı	:	160	°C
Bacagazında O <sub>2</sub>	:	6,4	%
Bacagazında CO <sub>2</sub>	:	14,5	%
Bacagazında SO <sub>2</sub>	:	1421	mg/Nm <sup>3</sup> (% 6.4 O <sub>2</sub> )
Bacagazında NO <sub>2</sub>	:	202	mg/Nm <sup>3</sup> (% 6.4 O <sub>2</sub> )
Bacagazında Nem Oranı	:	7,5	%
Kuru Bacagazı Özgül Isısı	:	2,1	kJ/kg°C

# Örnek



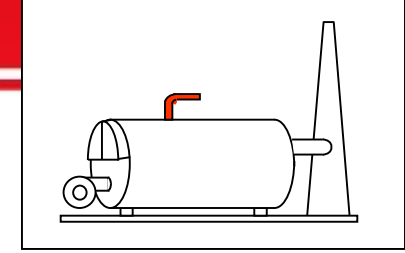
## Yakıt Ölçüm Sonuçları

Yakıt Cinsi		: 6 No Fuel Oil
Yakıt Alt Isıl Değeri	( LHV )	: 9600 kCal/kg
Yakıt Alt Isıl Değeri	( LHV )	: 40128 kJ/kg
Yakıt Üst Isıl Değeri	( HHV )	: 10250 kCal/kg
Yakıt Üst Isıl Değeri	( HHV )	: 42845 kJ/kg
Yakıt Debisi	( $M_f$ )	: 908 kg/h
Yakıt Sıcaklığı	( $T_f$ )	: 95 °C
Yakıt Özgül Isısı	( $C_f$ )	: 2,1 kJ/kg°C

## Yüzey Sıcaklıkları Ölçüm Sonuçları

Yüzey Sıcaklığı	:	85 °C
Yüzey Alanı	:	120 m <sup>2</sup>

# Örnek



## Buhar Ölçüm Sonuçları

Buhar Basıncı	:	6 Bar
Buhar Entalpisi	( $H_s$ )	: 2763,5 kJ/kg
Üretilen Buhar Debisi	:	13850 kg/h

## Yanma Havası Ölçüm Sonuçları

Ortam Sıcaklığı	:	2 °C
Hava Özgül Isısı	( $C_a$ )	: 1 kJ/kg°C
Havada Bağlı Nem Miktarı	:	41 %
Havada Nem Miktarı	:	0,003 kg/kg hava

## Blöf Ölçüm Sonuçları

Blöf Miktarı	:	% 2 Besi Suyuna
--------------	---	-----------------

# Örnek

## Kazana Verilen Enerji

### a . Yanma Sonucu

$$Q = M_f \times ( HHV + C_f \times T_f )$$

$$Q = 908 \times \{ 42845 + ( 2,1 \times 95 ) \}$$

$$Q = 39\,084\,406 \text{ kJ/h}$$

### b . Giren Yanma Havası İle

6 No Fuel Oil grafiğinden % 6,4 O<sub>2</sub> için fazla hava miktarı

e = % 42 ve

tablodan

m kuru hava = 13,8 kg/kg kuru yakıt

m H<sub>2</sub>O = 1 kg/kg kuru yakıt bulunur.

# Örnek

Yanma Havaasının Kuru Kütle Miktarı hesaplanır.

$$\text{Kuru Hava} = (1 + e) \times m \text{ kuru hava} \times \text{kg kuru yakıt/h}$$
$$(\text{Kg/h})$$

$$\text{Kuru Hava} = (1 + 0,42) \times 13,8 \times 908$$
$$(\text{Kg/h})$$

$$\text{Kuru Hava} = 17\ 793 (\text{Kg/h})$$

Yanma Havaasının Enerjisi hesaplanır.

$$Q = M_g \times \{ C_g \times T_g + [ W \times ( 1,9 \times T_g + 2\ 480 ) ] \}$$

$$Q = 17\ 793 \times \{ 1 \times 2 + [ 0,003 \times ( 1,9 \times 2 + 2\ 480 ) ] \}$$

$$Q = 168\ 170 \text{ kJ/h}$$

# Örnek

Toplam Giren Enerji Miktarı :

$$Q = Q_Y + Q_H$$

$$Q = 39\ 084\ 406 + 168\ 170$$

$$Q = 39\ 252\ 576 \text{ kJ/h}$$

# Örnek

## Kazandan Çıkan Enerji

### a. Bacagazı Kaybı

Kuru Bacagazı Kütle Miktarı hesaplanır.

$$\text{Kuru Bacagazı (Kg/h)} = \left\{ (1+e) \times m_{\text{kuru hava}} + 1 - m_{\text{H}_2\text{O}} \right\} \times \text{kg kuru yakıt /h}$$

$$\text{Kuru Bacagazı (Kg/h)} = \left\{ (1 + 0,42) \times 13,8 + 1 - 1 \right\} \times 908$$

$$\text{Kuru Bacagazı} = 17\ 793 \quad \text{Kg/h}$$

Bacagazında Nem Miktarı hesaplanır.

$$(1 + e) \times m_{\text{kuru hava}} \times W_{\text{hava}} + a + m_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$W_{\text{Bacagazı}} = \frac{(1 + e) \times m_{\text{kuru hava}} \times W_{\text{hava}} + a + m_{\text{H}_2\text{O}}}{(1 + e) \times m_{\text{kuru hava}} + 1 - m_{\text{H}_2\text{O}}}$$



# Örnek

$$(1 + 0,42) \times 13,8 \times 0,003 + 1$$

$$W_{\text{Bacagazı}} = \frac{(1 + 0,42) \times 13,8 \times 0,003 + 1}{(1 + 0,42) \times 13,8 + 1 - 1}$$

$$W_{\text{Bacagazı}} = 0,0535 \text{ kg/kg kuru gaz}$$

Bacagazının Enerjisi hesaplanır.

$$Q = M_g \times \{ C_g \times T_g + [ W \times ( 1,9 \times T_g + 2 480 ) ] \}$$

$$Q = 17 793 \times \{ 1,1 \times 160 + [ 0,0535 \times ( 1,9 \times 160 + 2 480 ) ] \}$$

$$Q = 5 781 729 \text{ kJ/h}$$

# Örnek

b. Yüzeylerden Kaybolan Enerji Miktarı

i - Radyasyonla Isı Transfer Katsayısı

$$U_r = \frac{20,4 \times E}{T_y - T_o} \times \left[ \left[ \frac{T_y + 273}{100} \right]^4 - \left[ \frac{T_o + 273}{100} \right]^4 \right]$$
$$U_r = \frac{20,4 \times E}{85 - 2} \times \left[ \left[ \frac{85 + 273}{100} \right]^4 - \left[ \frac{2 + 273}{100} \right]^4 \right]$$

$$U_r = 18,42 \text{ kJ/hm}^2\text{°C}$$

# Örnek

ii - Konveksiyonla Isı Transfer Katsayısı

$$U_c = B \times (T_y - T_o)^{0.25}$$

$$U_c = 5,22 \times (85 - 2)^{0.25}$$

$$U_c = 15,76 \text{ kJ/hm}^2\text{°C}$$

iii - Toplam Isı Transfer Katsayısı

$$U = U_r + U_c$$

$$U_c = 18,42 + 15,76 \text{ kJ/hm}^2\text{°C}$$

$$U = 34,18 \text{ kJ/hm}^2\text{°C}$$

Yüzeylerden Kaybolan Enerji

$$Q = U \times A \times (T_y - T_o)$$

$$Q = 34,18 \times 120 \times (85 - 2)$$

$$Q = 340\,400 \text{ kJ/h}$$

# Örnek

## c. Blöf Kaybı

Blöf Miktarı hesaplanır.

Blöf Miktarı = % 2 Besi Suyuna göre

Buhar Miktarı = 13 850 kg/h

Besi Suyu Miktarı = Buhar + Blöf

Buhar Miktarı = Besi Suyu - Blöf

Buhar Miktarı = 100 - 2 = % 98

Besi Suyu Miktarı = Buhar / 0,98

Besi Suyu Miktarı = 13 850 / 0,98 = 14 135 kg/h

Blöf Miktarı = 14 135 x 0,02 = 285 kg/h

# Örnek

Blöf Enerjisi

$$Q = M_m \times C_m \times T_m$$

Blöf Sıcaklığı için buhar tablosundan 6 bar basınçta buharın kaynama noktası bulunur

Basınç (bar)	Sıcaklık (°C)	Spesifik Entalpi			Spesifik Buhar Hacmi (m <sup>3</sup> /kg)
		Su (KJ/kg)	Buharlaştırma (KJ/kg)	Buhar (KJ/kg)	
5.50	162.08	684.6	2075.7	2760.3	0.292
6.00	165.04	697.5	2066.0	2763.5	0.272
6.50	167.83	709.7	2056.8	2766.5	0.255
7.00	170.50	721.4	2047.7	2769.1	0.240

$$Q = 285 \times 4,18 \times 165$$

$$Q = 196\,565 \text{ kJ/h}$$

# Örnek

## Buhar Enerjisi

$$Q = M_m \times H$$

Buhar tablosundan 6 bar basınçta buharın entalpisi bulunur

Basınç (bar)	Sıcaklık (°C)	Spesifik Entalpi			Spesifik Buhar Haemi (m <sup>3</sup> /kg)
		Su (KJ/kg)	Buharlaştırma (KJ/kg)	Buhar (KJ/kg)	
5.50	162.08	684.6	2075.7	2760.3	0.292
6.00	165.04	697.5	2066.0	2763.5	0.272
6.50	167.83	709.7	2056.8	2766.5	0.255
7.00	170.50	721.4	2047.7	2769.1	0.240

$$Q = 13\ 850 \times 2763,5$$

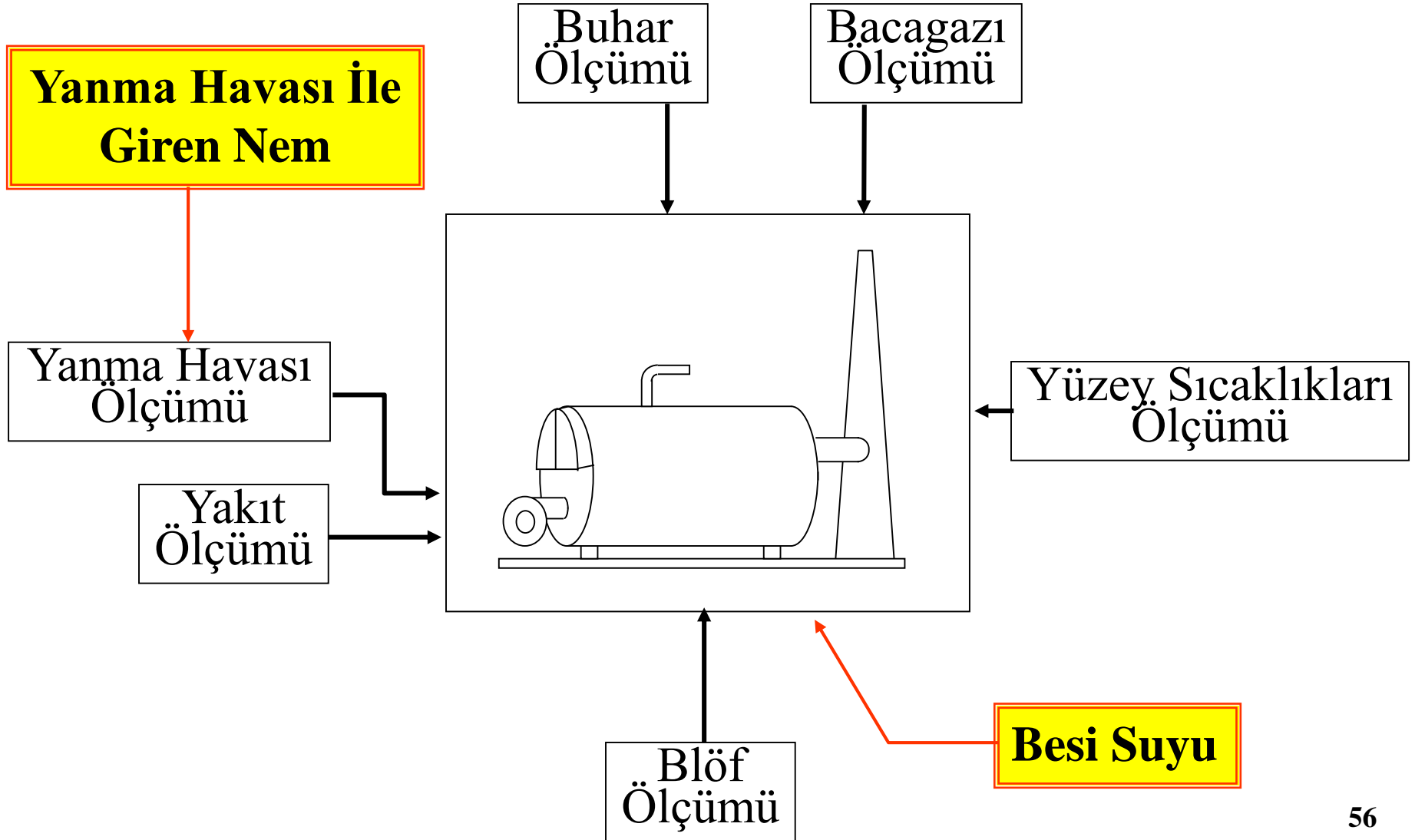
$$Q = 38\ 274\ 475 \text{ kJ/h}$$

# Örnek

Hesaplanan bu değerler bir tabloya aktarılır.

	Kütle Kg /h	Enerji kJ/h
Yakıt	908 +	39 084 406 +
Yanma Havası	17 793 +	168 170 +
Bacagazı ( Kuru )	17 793 -	5 781 729 -
Bacagazı ( Nem )	952 -	
Yüzeylerden Isı Kaybı		340 400 -
Blöf	285 -	196 565 -
Buhar	13 850 -	38 274 475 -
Fark	14 179 -	5 340 593 -

# Örnek





# Örnek

Hesaplanan yeni değerler tabloya ilave edilir.

	Kütle Kg /h	Enerji kJ/h
Yakıt	908 +	39 084 406 +
Yanma Havası	17 793 +	168 170 +
Yanma Havası İ le Giren Nem	54 +	
Besi Suyu	14 135 +	5 317 587 +
Bacagazı ( Kuru )	17 793 -	5 781 729 -
Bacagazı ( Nem )	952 -	
Yüzeylerden Isı Kaybı		340 400 -
Blöf	285 -	196 565 -
Buhar	13 850 -	38 274 475 -
Fark	10 +	23 006 -

# ENERJİ ve KÜTLE DENKLİKLERİ

**Süreyya AKMAN**

Kimya Yüksek Mühendisi

Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı

e-posta : sakman@enerji.gov.tr

sureyya.akman@enerji.gov.tr

