

“KARIŐIK YAKITLI (KATI VE GAZ) ENDÜSTRİYEL BUHAR KAZANLARINDA ENERJİ TASARRUFU VE ÇEVRESEL ETKİSİ”

Prof. Dr. Durmuş KAYA
Öğr. Gör. Muharrem EYİDOĞAN
Arş. Gör. Enes KILINÇ

Karabük Üniversitesi
Enerji ve Çevre Teknolojileri Birimi
durmuskaya@hotmail.com, dkaya@karabuk.edu.tr

Sunum içeriği

- Karabük üniversitesi kısa tanıtım
- Giriş
- Kazan Verimi Belirleme Yöntemleri
- Kazan Verimliliğini Etkileyen Faktörler
- Ölçüm Sistemi Şematik Resmi
- Buhar Kazanı Ölçüm Sonuçları
- Potansiyel Tasarruf Miktarı
- Çevresel Analizler
- Sonuç

Karabük Üniversitesi



Üniversitemiz 2007 yılında kurulmuştur.

Rektör: Prof. Dr. Burhanettin UYSAL

Karabük Üniversitesi

Sayılarla Üniversitemiz

	2007	2010
Akademik Personel	126	439
Fakülte	4	10
Yüksek Okul	1	3
Meslek Yüksek Okulu	2	3
Enstitü	2	3
Program	39	150
Öğrenci Sayısı		12.000

Enerji ve Çevre Teknolojileri Birimi

Birim Faaliyet Alanları;

■ Enerji Verimliliği Çalışmaları ve Uygulama Projeleri

- ✓ Kazan ve Yakma Sistemleri
- ✓ Atık Isı Geri Kazanım Sistemleri
- ✓ Kompresör ve Basınçlı Hava Sistemleri
- ✓ Elektrik Motoru, Pompa ve Fan Sistemleri

■ Biyogaz

- ✓ Endüstriyel Tip Biyogaz Tesis Kurulumu
- ✓ Biyogaz Tesis Tasarımı ve Danışmanlık Hizmeti
- ✓ Start-Up Hizmeti
- ✓ Biyogaz İçerik Analizi
- ✓ Biyogaz Potansiyel Belirleme Deneyleri

Enerji ve Çevre Teknolojileri Birimi

■ Çevre Projeleri

- Atıksu Kaynakları Kirlilik Yükünün Belirlenmesi ve Muhtemel Çözüm Önerileri

■ Lab. Hizmetleri

- Emisyon Ölçümleri

- Hava Kalitesi (İmisyon) Ölçümleri

- Akustik ve Titreşim Ölçümleri

- Atıksu Numune Alma ve Analiz Hizmetleri

Giriş

Proseste buhar kullanılan bir endüstriyel tesiste en önemli temel girdilerden biri yakıttır. Dolayısıyla buhar üretimi ve kullanımında verimin arttırılması ile büyük ölçüde yakıt tasarrufu ve işletme gideri tasarrufu mümkündür.

Kazan Verimi Belirleme Yöntemleri

- Kazan ısı verimleri TS 4041'e göre belirlenebilir.
- Bu amaçla direkt yöntem ve dolaylı yöntem olarak iki yöntem mevcuttur.
- Direkt yöntem ile ölçüm çoğu zaman yetersiz enstrümantasyon nedeniyle mevcut sistemlerde mümkün olamamaktadır.

Direkt yöntemde:

- Besi suyu ve buhar miktarları,
- Yakıt besleme miktarı,
- Yakıtın alt ısı değeri,

kullanılarak kazan ısı verimi hesaplanır.

İfadesi:

$$\eta = \frac{m_b \cdot i_b - m_s \cdot i_s}{B \cdot H_u}$$

Kazan Verimi

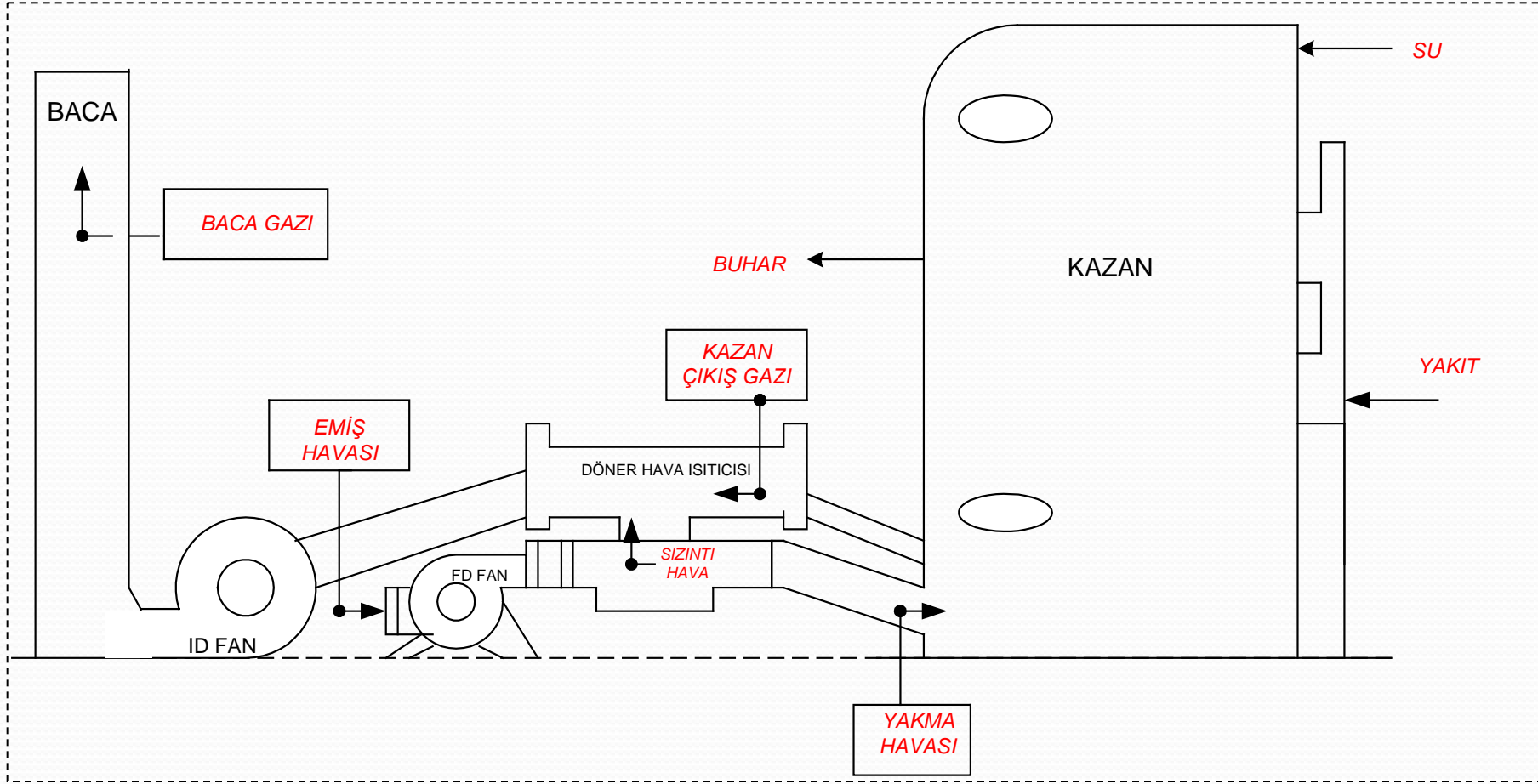
Dolaylı yöntemde:

- Baca gazı analizi, baca gazında toz ölçümü yapılır ve sıcaklığı ölçülür.
- Yakma havası sıcaklığı ölçülür.
- Kazanda dış cidar sıcaklıkları ölçülür.
- Blöf miktarı belirlenir.
- Yakıtın alt ısıl değeri ve elementel analizi belirlenir.
- Kömür kazanları için külün miktarı ve yanmamış yakıt içeriği belirlenir.

Kazan Verimliliğini Etkileyen Faktörler;

- Eksik yanma,
- Fazla hava,
- Baca gazı sıcaklığı,
- Yakıt cinsi,
- Brülörler,
- Kazan yükü,
- Kazan yüzeyinden olan ısı kayıpları,
- Isıtıcı yüzey kirliliği
- Blöf nedeniyle olan ısı kaybı
- Besi suyu sıcaklığı
- Kondensatın geri kazanımı
- Yanma havası sıcaklığı

Ölçüm Sistemi Şematik Resmi



Buhar Kazanı Ölçüm Sonuçları

Tablo 1: Buhar kazanı sağ ve sol lüvo öncesi ve sonrasındaki ölçüm değerleri

Buhar Kazanı		
	O ₂ (%)	Sıcaklık (°C)
Sol Lüvo Öncesi	4,15	309,4
Sol Lüvo Sonrası	8,06	129
Sağ Lüvo Öncesi	4,83	317,7
Sağ Lüvo Sonrası	8,79	125,1
Kömür Debisi (kg/h)	5.480	
Kok Gazı (Nm ³ /h)	3.600	
Yüksek Fırın Gazı (Nm ³ /h)	28.000	

Tablo 2: Kömür numunesi elementel analiz değerleri

Yakıt kompozisyonu (kütlece %)	C	H	N	S	O	Kül	Nem	LHV (kcal/kg)	HHV (kcal/kg)
Kuru baz	74,65	3,91	1,28	0,42	6,79	12,79	-	6.748	6.940
Orijinal baz	65,43	3,43	1,12	0,37	5,95	11,35	12,35	5.847	6.083

Buhar Kazanı Ölçüm Sonuçları

Tablo 3: Yüksek fırın gazı analiz değerleri

Yakıt kompozisyonu (kütlece %)	CO ₂	CO	H ₂	CH ₄	İnert	LHV (kcal/Nm ³)	HHV (kcal/Nm ³)
Orijinal baz	18,64	23,17	2,08	0	56,11	753	763

Tablo 4: Kok gazı analiz değerleri

Yakıt kompozisyonu (kütlece %)	CO ₂	C ₂ H ₄	O ₂	CO	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	İnert	LHV (kcal/Nm ³)	HHV (kcal/Nm ³)
Orijinal baz	3,01	1,62	0,37	6,68	57,75	22,28	0,62	7,67	4.000	4.521

Buhar Kazanı Ölçüm Sonuçları

Tablo 5: Kömürün elementel analizi, yanma ürünleri analizi ve debileri

Yakıt			Yanma Ürünleri (Nm ³ /h)						
Yakıt Analizi	% (ob)	Stok. O ₂	CO ₂	SO ₂	N ₂	Argon	H ₂ O	O ₂	Diğer
C (%)	65,43	6693,05	6702,64	0,00	24944,80	297,11	585,60	0,00	3,19
H (%)	3,43	1052,60	1,51	0,00	3923,00	46,73	2197,29	0,00	0,50
N (%)	1,12	0,00	0,00	0,00	49,10	0,00	0,00	0,00	0,00
S (%)	0,37	14,19	0,02	14,19	52,90	0,63	1,24	0,00	0,01
O (%)	5,95	-228,24	0,00	0,00	-850,65	-10,13	-19,97	0,00	-0,11
Kül (%)	11,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nem (%)	12,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	842,22	0,00	0,00
Toplam (%)	100,00	7531,60	6704,16	14,19	28119,15	334,34	3606,38	0,00	3,60
Fazla Hava			3,19	0,00	8301,59	98,88	194,89	2227,44	1,06
Gaz Bileşimi % (ob):			13,52	0,03	73,42	0,87	7,66	4,49	0,01

Buhar Kazanı Ölçüm Sonuçları

Tablo 6: Yüksek fırın gazı analizi, yanma ürünleri analizi ve debileri

Yakıt			Yanma Ürünleri (Nm ³ /h)						
Yakıt Analizi	% (ob)	Stok. O ₂	CO ₂	SO ₂	N ₂	Argon	H ₂ O	O ₂	Diğer
CO ₂ (%)	18,64	0,00	5219,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CO (%)	23,17	3243,80	6492,25	0,00	12089,54	144,00	283,81	0,00	1,55
H ₂ (%)	2,08	291,20	0,42	0,00	1085,29	12,93	607,88	0,00	0,14
N ₂ (%)	56,11	0,00	0,00	0,00	15710,80	0,00	0,00	0,00	0,00
Inert (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplam (%)	100,00	3535,00	11711,86	0,00	28885,64	156,92	891,69	0,00	1,69
Fazla hava			3,43	0,00	8915,08	106,19	209,29	2392,05	1,14
Gaz Bileşimi % (ob):			21,99	0,00	70,95	0,49	2,07	4,49	0,01

Buhar Kazanı Ölçüm Sonuçları

Tablo 7: Kok gazı analizi, yanma ürünleri analizi ve debileri

Yakıt			Yanma Ürünleri (Nm ³ /h)						
Yakıt Analizi	% (ob)	Stok. O ₂	CO ₂	SO ₂	N ₂	Argon	H ₂ O	O ₂	İnert
CO ₂ (%)	3,01	0,00	108,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C ₂ H ₄ (%)	1,62	174,96	116,89	0,00	652,07	7,77	131,95	0,00	0,00
O ₂ (%)	0,37	-13,32	0,00	0,00	-49,64	-0,59	-0,59	0,00	0,00
CO (%)	6,68	120,24	240,65	0,00	448,13	5,34	10,52	0,00	0,00
H ₂ (%)	57,75	1039,50	1,49	0,00	3874,18	46,14	2169,95	0,00	0,00
CH ₄ (%)	22,28	1604,16	804,38	0,00	5978,65	71,21	1744,51	0,00	0,00
C ₂ H ₆ (%)	0,62	78,12	44,75	0,00	291,15	3,47	73,80	0,00	0,00
C ₂ H ₂ (%)	0,11	9,90	7,93	0,00	36,90	0,44	4,83	0,00	0,00
N ₂ (%)	6,87	0,00	0,00	0,00	247,32	0,00	0,00	0,00	0,00
İnert (%)	0,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,84
Toplam (%)	100,00	3013,56	1324,45	0,00	11478,76	133,78	4134,96	0,00	24,84
Fazla hava			1,41	0,00	3660,03	43,59	85,92	982,04	0,00
Gaz Bileşimi % (ob):			6,06	0,00	69,22	0,81	19,30	4,49	0,11

Buhar Kazanı Ölçüm Sonuçları

Tablo 8: Buhar kazanı verim hesabı

Buhar kazan verimi	
Buhar debisi (m_b , kg/h)	90.000
Buhar giriş entalpisi (i_b , kcal/kg)	814,3
Su giriş entalpisi (i_s , kcal/kg)	170
Entalpi farkı (i_b-i_s , kcal/kg)	644,3
Suya verilen ısı ($Q_s=mb*(i_b-i_s)$, Kcal/h)	57.982.500
Toplam yakıt ısı ($Q_y=m*Hu$, kcal/h)	67.975.780
Genel verim (Q_s/Q_y) (%)	% 85,30

Tablo 9: Kazan yanma gazı debisi, teorik yanma havası, fazla hava debisi ve oranı

Sistemin Toplam Yakma Havası ve Kazan Yanma Gazı Debileri	
Teorik Baca Gazı (Nm^3/h) (ob)	97.528
Teorik Yanma Havası (ob)	68.440
Fazla Hava	27.228
Baca Gazı Debisi (Nm^3/h) (ob)	124.756
Kazana Giren Hava (Nm^3/h)	95.668
Hava Fazlalık Katsayısı (%)	39,78

Potansiyel Tasarruf Miktarı

Tablo 10: Dönerli Hava Isıtıcıları Kaçak Miktarları

Buhar kazanı dönerli hava ısıtıcıları hava kaçak durumu		
Sol Lüvo	Baca Oksijen Oranı (%)	8,06
	Toplam Kazan Çıkış Gaz Debisi (Nm ³ /h)	61.086
	Toplam Döner Isıtıcı Çıkışı Gaz Debisi(Nm ³ /h)	80.174
	Sızıntı Hava Miktarı (Nm ³ /h)	19.088
Sağ Lüvo	Baca Oksijen Oranı (%)	8,79
	Toplam Kazan Çıkış Gaz Debisi (Nm ³ /h)	63.725
	Toplam Döner Isıtıcı Çıkışı Gaz Debisi(Nm ³ /h)	85.142
	Sızıntı Hava Miktarı (Nm ³ /h)	21.417

Tablo 11: Kazan fazla sızıntı hava kaybının önlenmesi ile elde edilecek tasarruf miktarı

Kazan fazla sızıntı hava kaybının önlenmesi ile elde edilecek tasarruf miktarı	
Sızıntı hava gazı debisi (Nm ³ /h)	40.505
Yakma havası debisi (Nm ³ /h)	95.724
Kabul edilebilir sızıntı debisi (Nm ³ /h)	9.572
Fazla sızıntı hava debisi (Nm ³ /h)	30.932
Baca gazı sıcaklığı (°C)	127,05
Ortam sıcaklığı (°C)	20,00
Cp (Kcal/Nm ³ K)	0,325
Enerji tasarrufu (Kcal/h)	1.076.178
Yıllık kazan çalışma süresi (Saat)	5.840
Yıllık enerji tasarrufu (Kcal)	6.284.879.486

Potansiyel Tasarruf Miktarı

Tablo 12: Fazla havanın azaltılmasıyla yapılacak tasarruf miktarı

Fazla hava debisi (Nm ³ /h)	27.283
Fazla hava oranı (%)	39,86
Hedef fazla hava oranı (%)	20,00
Cp (Kcal/Nm ³ K)	0,325
Havadaki azalma (Nm ³ /h)	13.595
Hava giriş sıcaklığı (°C)	20,00
Baca gazı sıcaklığı (°C)	127,05
Enerji tasarrufu (Kcal/h)	473.001
Yıllık çalışma süresi (Saat)	5.840
Yıllık enerji tasarrufu (Kcal)	2.762.324.187

Tablo 13: Potansiyel tasarruf imkanları sonucunda

TASARRUFUN ADI	Enerji (Kcal/h)	Kömür Eşdeğeri (Kg/h)	Yıllık Mali Değeri (USD)
Fazla sızıntı hava kaybının önlenmesi	1.076.178	184	214.978
Fazla Havanın azaltılması	473.001	81	94.487
TOPLAM	1.549.179	265	309.465

Potansiyel Tasarruf Miktarı

Tablo 14: Potansiyel tasarruf imkanları sonucunda erişilebilecek verim değerleri

Tasarruf edilen enerji (Q_t , kcal/h)	1.549.179
Tasarruf sonucu suya verilecek enerji (Q_H+Q_t , kcal/h)	59.531.679
Yakıt ısısı (Q_y)	67.975.780
Genel verim ($((Q_H+Q_t)/Q_y)$ (%)	87,6

Tasarruf imkanlarının değerlendirilmesi durumunda başlangıçta **%85,3** olan kazan verimi **%87,6**'a çıkabilecektir.

Çevresel Analizler

Tasarruf edilecek kömür eşdeğer enerjinin üretilmesi için oluşacak CO₂ salınımı;

Kömür içerisindeki C oranı x tasarruf edilen kömür debisi x
CO₂ mol ağırlığı / C mol ağırlığı

$$= 0,6543 \times 265 \times 44/12 = 635,76 \text{ kg/h}$$

Yıllık CO₂ azaltım miktarı = CO₂ kütleli debisi x yıllık çalışma saati

$$= 635,76 \times 5840 / 1000 = 3.712,8 \text{ ton}$$

SONUÇ

Buhar kazanında tespit edilen verim kayıpları ;

- Döner hava ısıtıcılarındaki fazla sızıntı hava kaybı ve kazanın yüksek hava fazlalık katsayısı ile çalıştırılması olarak belirlenmiştir.
- Kazanda eksik yanma açısından bir problem görülmemiştir. Ancak kazanın optimumun üzerinde bir yanma havasıyla çalıştırıldığı tespit edilmiştir.
- Kazanların optimum hava fazlalık katsayılarında çalıştırılması durumunda bir yatırım gerekmemektedir. Fazla sızıntı hava kaybının azaltılması ise yatırımla mümkün olacaktır.
- Normal işletme koşulları için kazan verimi **%85,3** toplam tasarruf potansiyeli **1.549.179 kcal/h**, bu enerjinin kömür eşdeğeri yıllık mali değeri **309.465 USD**, tasarruf sonucu kazan verimi ise **% 87,6** olarak bulunmuştur.

TEŞEKKÜRLER...