



ENDÜSTRİYEL FIRINLARDA ENERJİ ETÜDÜ ÇALIŞMASI

Abdulkadir Özdabak
Enerji Yöneticisi(EİEİ/JICA)
aozdabak49@hotmail.com



Özet

- Türkiye’de enerjinin yaklaşık %30 sanayide tüketilmektedir. Bu nedenle yapılacak enerji verimliliği çalışmaları ile enerji tüketiminde sağlanacak düşüşler hem şirketin hem de Türkiye’nin enerji yoğunluğunu düşürecektir.
- Bu bildiriye seramik sanayinde bir tünel fırında yapılan çalışma hesaplamaları ile birlikte anlatılmıştır. Fırında ısı kayıpları, verimlilik ve enerji geri kazanımına ait hesaplamalar anlatılmaktadır



Açıklama

Refrakter sanayinde kullanılan tünel fırınlarda enerji verimliliği etüdü yapılarak;

- Mevcut durum analizi,
- Karbondioksit salınımı,
- VAP(verimlilik artırıcı Proje) belirlenmesi için çeşitli ölçüm aletleri ile etüt yapılmıştır



Açıklama

- Etüdün ilk adımı olarak fırında tüketilen enerjilerin belirlenmesi olmuştur. Fırında yakıt olarak doğal gaz ve elektrik kullanılmaktadır.
- İkinci adım olarak fırın ölçüleri projeden alınarak, gövde ısı kayıplarının hesaplanmasında kullanılmıştır.
- Üçüncü adım da ise baca gazı analizleri yapılmıştır. Bu adımda enerji analizörü ile fırında bulunan elektrik motorlarının tüketmiş olduğu elektrik ölçülerek belirlenmiştir.
- Son olarak da termal kamera ile fırın gövdesinde ölçümler yapılarak sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümler fırın gövdesinde kaybolan enerji miktarını belirlemede bilgi kaynağı olacaktır



Mevcut durum analizi

- Fırında; 2010 yılında 1349040 kWh elektrik ve 2378135 Sm³ doğal gaz tüketilmiştir.
- Bunların TEP karşılığı;
- $1349040 \text{ (kWh)} * 860 \text{ (Kcal/kWh)} = 1.160.174.400 / 10.000.000 = 116 \text{ TEP}$
- $2378135 \text{ (Sm}^3\text{)} * 8250 \text{ (Kcal/Sm}^3\text{)} = 19.619.613.750 / 10.000.000 = 1961 \text{ TEP}$
- Toplam TEP=2077
- Kalori bazında tüketim ise:
- $1.160.174.400 + 19.619.613.750 = 20.779.788.150 \text{ Kcal}$
- Fırında yapılan üretim ise:
- 2892417 Kg/yıl'dır.
- SET(Spesifik enerji tüketimi):
- $20.779.788.150 / 2892417 = 7184 \text{ Kcal/Kg}$



Karbondiyoksit salınımı

- Tesiste tüketilen enerji kaynaklarından oluşan karbondiyoksit miktarı çok önemlidir. Kendi tükettiği tüm enerji kaynaklarından oluşan CO₂ emisyonundan tüketici sorumludur.
- $C+O_2=CO_2+Isı$ $C=12, O_2=32, CO_2=44$
- Doğal gazın içerisinde bulunan sabit C(karbon) oranı %75 civarındadır.
Buradan
- $(75/100)*(44/12)=2,75$ Kg CO₂. Yani 1 Sm³ Doğal gaz yandığında 2,75 Kg CO₂ oluşmaktadır.
- Doğal gazdan oluşan CO₂ miktarı: $2378135*2,75=6539871,25$ Kg CO₂ oluşmaktadır.
- Elektrik tüketiminden oluşan CO₂ miktarı: $1349040*0,5=674520$ Kg CO₂ oluşmaktadır.
- Toplam CO₂ miktarı: $6539871,25+674520=7214391,25$ Kg.
- Ürün başına düşen CO₂ miktarı ise: $7214391,25 / 2135076=3,38$ Kg CO₂/Kg_{ürün}



Yapılan etüt ölçümleri

1. Baca ölçümleri
2. Elektrik Ölçümleri
3. Termal Ölçümler(Gövde ısı kayıpları hesabı)
4. Fırın Enerji balansı



Baca ölçümleri

- Fırında bulunan 4 adet bacada yapılan ölçümler aşağıda tabloda verilmiştir

	Hız (m/saniye)	Baca Kesiti (m ²)	Sıcaklık (°C)	Debi (m ³ /yıl)
1.Baca(Emiş)	12,3	0,11	250	42.573.600
2.Baca(Kirli gaz emiş)	6,3	0,30	235	59.603.040
3.Yakma havası	9,0	0,19	35	53.926.560
4.Soğutma Havası	5	0,35	18	55.188.000



Debi hesabı

Debi Miktarı: Hız*Baca Kesiti

- 1.Baca: $12,3*0,11=1,35 \text{ m}^3/\text{sn}$
- 2.Baca: $6,3*0,30=1,89 \text{ m}^3/\text{sn}$
- 3.Baca: $9,0*0,19=1,71 \text{ m}^3/\text{sn}$
- 4.Baca: $5*0,35=1,75 \text{ m}^3/\text{sn}$ dır.

Yıllık miktarları ise:

- 1.Baca: $1,35*60*60*8760=42.573.600 \text{ m}^3/\text{yıl}$
- 2.Baca: $1,89*60*60*8760=59.603.040 \text{ m}^3/\text{yıl}$
- 3.Baca: $1,71*60*60*8760=53.926.560 \text{ m}^3/\text{yıl}$
- 4.Baca: $1,75*60*60*8760=55.188.000 \text{ m}^3/\text{yıl}$



Bacalardan atılan enerji miktarı

$$Q=D \cdot C_p(\Delta T)$$

- $Q=\text{Kcal/yıl}$
- $D=\text{Debi}(\text{m}^3/\text{yıl})$
- $C_p=\text{Havanın Spesifik Isı katsayısı} (\text{Kcal}/\text{Kg}^\circ\text{C})$
- $\Delta T=\text{Sıcaklık farkı}(\text{}^\circ\text{C})$
- $Q_{1.\text{Baca}}=42.573.600 \cdot 0,24 \cdot 1,293 \cdot 250=3.302.859.888 \text{ Kcal/yıl}$
- $Q_{2.\text{Baca}}=59.603.040 \cdot 0,24 \cdot 1,293 \cdot 235=4.346.563.613 \text{ Kcal/yıl}$
- $Q_{3.\text{Baca}}=53.926.560 \cdot 0,24 \cdot 1,293 \cdot 35=585.707.153 \text{ Kcal/yıl}$
- $Q_{4.\text{Baca}}=55.188.000 \cdot 0,24 \cdot 1,293 \cdot 18=308.266.923 \text{ Kcal/yıl}$

$$\text{Toplam}=(3.302.859.888+4.346.563.613)-(585.707.153+308.266.923)$$

$$\text{Toplam}=7.649.423.501-893.974.076=6.755.449.425 \text{ Kcal}$$



Elektrik Ölçümleri

Enerji analizörü yapılan ölçüm sonuçları;Fırında Bulunan Elektrik Motor Miktarı

	Güç (kW)	Toplam Motor Sayısı	Çalışan Motor Sayısı	Toplam Güç(kW)
1.Baca Fan Motoru	37	2	1	74
2.Baca Fan Motoru	37	2	1	74
3.Baca Fan Motoru	7,5	2	1	15
4.Baca Fan Motoru	7,5	2	1	15
Role Motorları	0,75	36	36	27
Toplam				205

Ölçüm sonucunda tüm motorların 154 kW çektiği görülmüştür.

Elektrikten giren enerji miktarı:

$$154*860*8760= 1.160.174.400 \text{ Kcal/yıl}$$



Gövde ısı kayıpları hesabı

Gövdeden kaybolan ısı miktarını bulmak için fırının tüm bölgelerinde termal kamera ile ölçümler yapılmıştır. Yapılan ölçüm sonucunda ortalama bir sıcaklık değeri bulunarak tüm fırın gövdesinden kaybolan enerji miktarı hesaplanmıştır.

- Fırının ölçüleri:
- Yükseklik=2 metre
- Uzunluk=85 metre
- Fırının toplam alanı:
- $2(\text{yükseklik}) * 86(\text{uzunluk}) = 172 \text{ m}^2$

$172 * 4 = 688 \text{ m}^2$ toplam yüzey alanı.

Yapılan sıcaklık ölçümlerinde ortalama sıcaklık 75°C bulunmuştur. Ortam sıcaklığı ise 30°C 'dir. Tuğlanın ısı iletim katsayısı $0,4 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ alınmıştır.

$$Q_{\text{Duvar Kaybı}} = A(\text{m}^2) * Cp(\text{Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C})(T_1 - T_2)^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{Duvar Kaybı}} = 688(\text{m}^2) * 0,4(\text{Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}) * 30 - 75(^\circ\text{C})$$

$$Q_{\text{Duvar Kaybı}} = 12384 \text{ Kcal/h}$$

$$Q_{\text{Duvar Kaybı}} = 12384 * 24 = 297216 \text{ Kcal/gün}$$





Fırın Enerji balansı

Giren enerjiler:

- Doğal gaz: 19.619.613.750 Kcal/gün
- Elektrik: 1.160.174.400 Kcal/gün
- Yakma+Soğutma havası:
 $585.707.153+308.266.923=893.974.076$ Kcal/gün
- Toplam:21.673.762.226 Kcal/gün

Çıkan enerjiler:

- Ürün:14.024.041.509 Kcal/gün
- Emiş fanları: $3.302.859.888+4.346.563.613 =7.649.423.501$
Kcal/gün
- Duvar kayıpları:297216 Kcal/gün
- Toplam:21.673.762.226 Kcal/gün



Yüzde dağılım

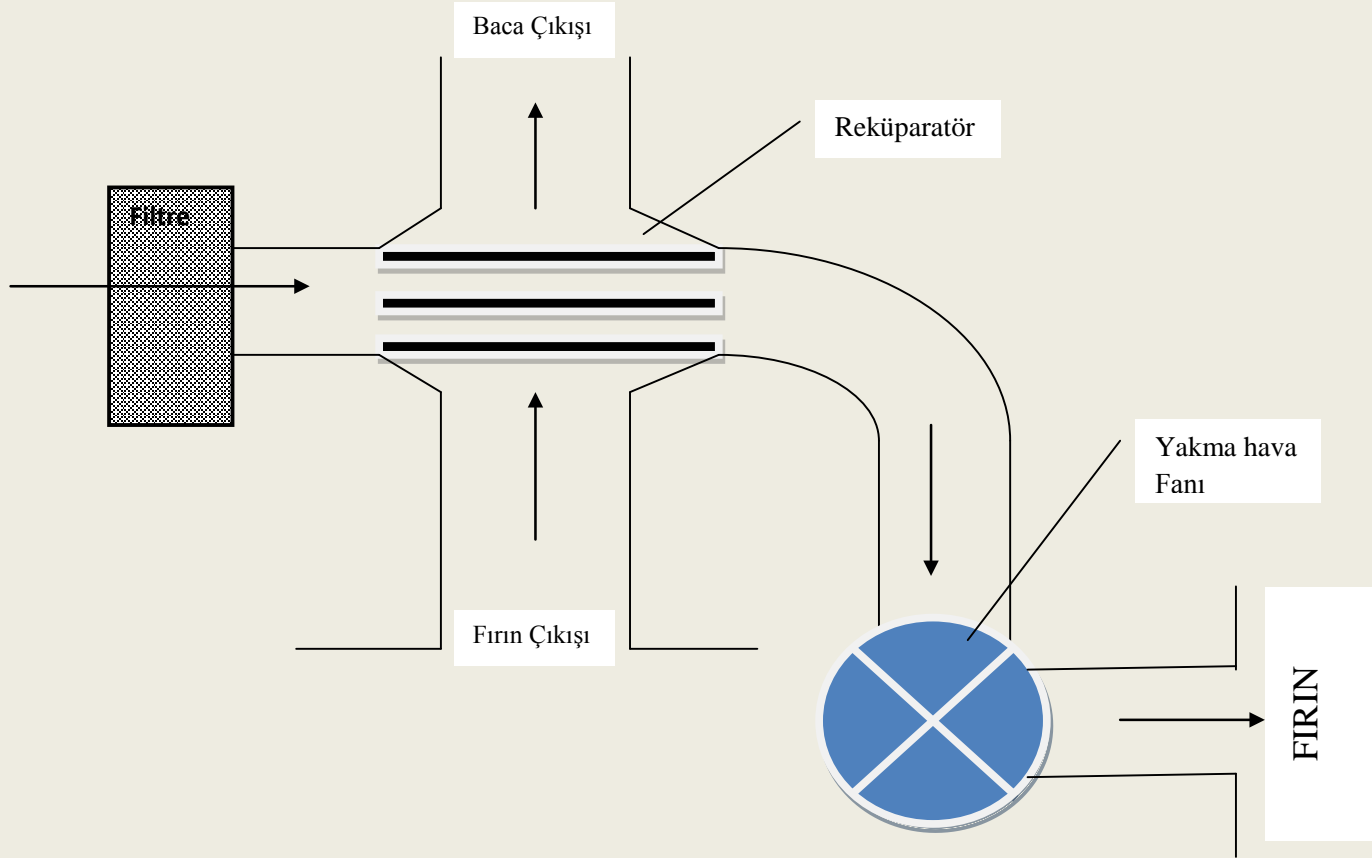
Giren Enerjiler	Kcal	% Dağılım
Doğal gaz	19.619.613.750	90,5
Elektrik	1.160.174.400	5
Yakma+Soğutma havası	893.974.076	4,5
Toplam	21.673.762.226	
Çıkan Enerjiler		
Ürün	14.024.041.509	64
Emiş fanları	7.649.423.501	35
Duvar kayıpları	297.216	1
Toplam	21.673.762.226	



VAP Projeleri

- Emiş bacalarına konulacak reküparatorlarla fırına verilen yakma havası ısıtılarak önemli miktarda enerji tasarrufu sağlanabilir.

VAP Projeleri





VAP Projeleri

$$Q_{1-Baca}: D * C_p (T_1 - T_2)$$

$$Q_{1-Baca}: 42.573.600 * 0,24 * 1,293 * (35 - 250) = 2.840.459.504 \text{ Kcal/h}$$

- **Doğal gaz karşılığı:**

$$2.840.459.504 / 8250 = 344298 \text{ Sm}^3/\text{yıl}$$

- **TEP karşılığı:**

$$284 \text{ TEP}$$

- **Parasal karşılığı:**

$$344298 * 0,54 = 185920 \text{ TL}$$

- **Yatırım Maliyeti:**

$$11200 \text{ TL}$$

- **Geri ödeme süresi:**

$$11200 / 185920 = 1 \text{ Ay}$$



Sonuç

- Enerji yönetim sisteminin en önemli ayağı tesislerde enerji etüdü yapmaktır. Yapılan etüt sonrası tesis kendini yorumlamakta ve önünün açılmasına neden olmaktadır. Hem enerji Yöneticisi hem de tesis çalışanlarına eğitim ve bilgilendirmeyi de beraberinde getiriyor. Bu nedenle etüdün iki türlü faydası olmaktadır.
- Tüm EVD bu konuda daha titiz ve bilinçli davranmalıdır.