



bu bir MMO  
yayıdır

MMO, bu makaledeki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan ve basım hatalarından sorumlu değildir.

## Tesisatlarda Ekonomizör ve Hava Ön Isıtıcılarının Seçimi

ETHEM TOKLU  
İBRAHİM KILIÇASLAN  
K. SÜLEYMAN YİĞİT  
YÜKSEL KORKMAZ

KOCAELİ ÜNİ.  
Müh. Mim. Fak.

# TESİSATLARDA EKONOMİZÖR VE HAVA ÖNİSİTİCİLERİNİN SEÇİMİ

Ethem TOKLU  
İbrahim KILIÇASLAN  
K.Süleyman YİĞİT  
Yüksel KORKMAZ

## ÖZET

Bu çalışmanın amacı özel uygulamalar için en uygun ekonomizörlerin ve hava önısıtıcılarının seçimine yardımcı olmaktır.

Buhar kazanları ve ocaklarda en önemli enerji kaybı, bacalardan atmosfere atılan sıcak baca gazlarıdır. Çoğu kez bu enerji kaybı, bacada kayıp ısıyı geri kazanma tertibatlarıyla azaltılır. Geri kazanılan ısı, doğrudan doğruya geri kazanılan enerji yerine geçer ve bu yüzden tüketilen yakıt azalır.

Ekonomizörler, sadece kazanlarda kullanılırken hava önısıtıcıları, kazanlar ve ocakların her ikisinde kullanılır. Kazanlarda besleme suyu sıcaklığı ocak veya kazanda yakma hava sıcaklığı, genellikle baca gazı sıcaklığının altındadır. Besleme suyu veya yakma havası, ekonomizör veya hava önısıtıcısından geçen baca gazındaki kayıp ısıyı emer. Yanma ünitesinin toplam verimindeki önemli artış bu yolla sağlanır.

## 1. GİRİŞ

Buhar kazanlarında ve ocaklarda en önemli enerji kaybı, bacalardan çıkan baca gazlarıdır (Şekil 1 ve Şekil 2). Çoğu kez, bu enerji kaybı bacada, kayıp ısıyı geri kazanma tertibatıyla azaltılır. Geri kazanılan ısı, doğrudan doğruya geri kazanılan enerji yerine geçer ve bu yüzden tüketilen yakıt azalır.

Ekonomizörler ve hava önısıtıcıları, kayıp ısıyı geri kazanma ekipmanları olarak endüstride kullanılır. Ekonomizörler, sadece kazanlarda kullanılırken hava önısıtıcıları, kazanların ve ocakların her ikisinde kullanılır. Kazanlarda besleme suyu sıcaklığı ocak veya kazanda yakma havası sıcaklığı, genellikle baca gazı sıcaklığının altındadır. Besleme suyu veya yakma havası, ekonomizör veya hava önısıtıcısından geçen baca gazındaki kayıp ısıyı emer. Yanan bir ünite, toplam verimdeki önemli artış bu yolla sağlanır. Bunun yanında, kazanlar ve ocaklar, kayıp ısıyı geri kazanmak için büyük bir potansiyele sahiptir.

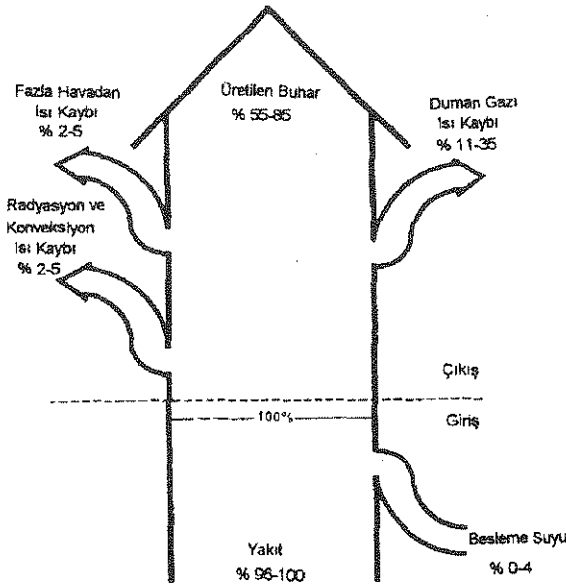
## EKONOMİZÖRLER

Ekonomizörler, aslında, kazan besleme suyunu ön ısıtma için baca gazı ile kullanılan ısı değiştiricilerinin kabuk ve boru tipidir. Tipik ekonomizör tertibatları şekil 3 ve şekil 4' de görülmektedir. Ekonomizörler, aşağıdaki özelliklere göre sınıflandırılabilirler.

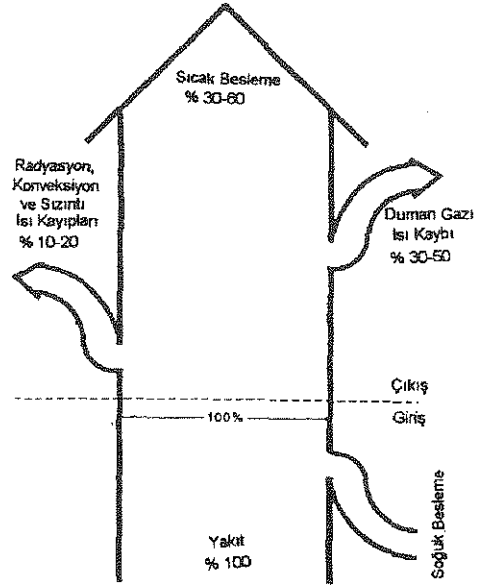
"Boru yapısı : Bonılar, baca gazı üzerinde sabit dikey yüzeyler ile yerleştirilmiş açık veya kanatlı olabilir.

\*Akış şekli : Besleme suyunun ve baca gazının akış yönüne bağlı olarak; akış paralel akış, karşı akış veya çapraz akış olabilir. ,

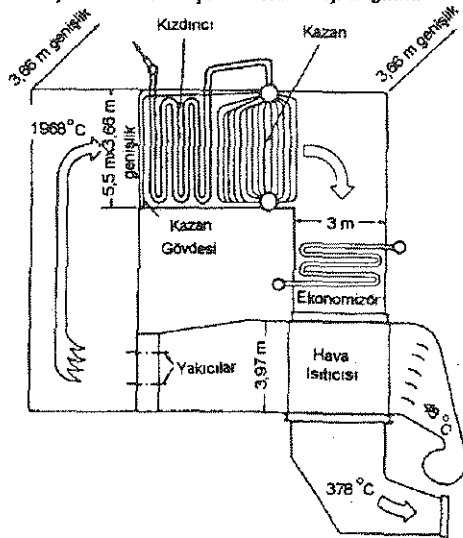
\*Isı değiştircisinin çalışma prensibi : Yoğuşturmalı tip ekonomizörlerde, baca gazından geri kazanılan ısı, baca gazının boru yüzeylerinde yoğuşmasına sebep olur. Buharlı tipte; buhar ilave olarak sıcak su üretir.



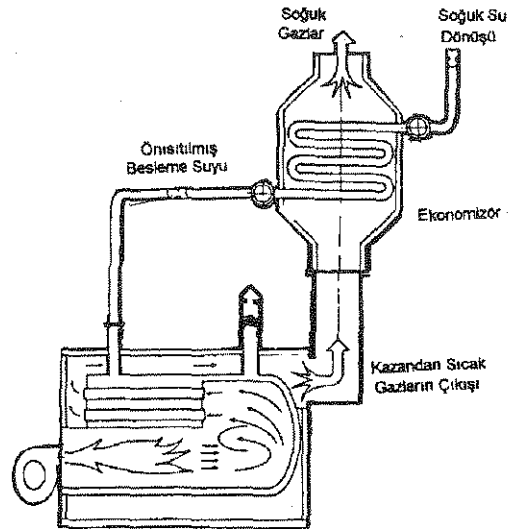
Şekil 1. Kazan içerisindeki enerji dağılımı



Şekil 2. Ocak içerisindeki enerji dağılımı



Şekil 3. Su borulu kazanda ekonomizör ve hava önısıtıcısının yerleştirilmesi



Şekil 4. Alev borulu kazanda ekonomizörün yerleştirilmesi

## HAVA ÖNİSİTİCİLERİ

Hava önısıtıcıları, yakma havasını ısıtmak için kaybedilen ısıyı geri kazanma ekipmanlarıdır. Sıcak hava gazındaki enerji, soğuk yakma havasına transfer edilir ve bundan dolayı doğrudan yakıt tasarrufu sağlanır. Hava önısıtıcıları, ekonomizörlerde bahsedildiği gibi akış şekli ve boru yapısının şekline göre sınıflandırılır. Hava önısıtıcıları, aşağıdaki çalışma prensiplerine göre de sınıflandırılabilir:

\*Rekuperatörler

\*Rejeneratörler

Burada baca gazından geri kazanılan ısı, soğuk havaya transfer edilmeden önce depolama aracında biriktirilir. Depolama aracı sabit veya hareketli ve metal veya seramikten yapılmış olabilir.

## EKONOMİZÖRLER VE HAVA ÖNİSİTİCİLERİNİN SEÇİMİ İÇİN KRİTERLER

### MALİYET ANALİZİ

Bir ekonomizörün veya hava ısıtıcısının kuruluş maliyeti ve toplam yakıt tasarrufu, devamlı olarak birbirleriyle bağlantılıdır. Bununla beraber, ilave ısıyı geri kazanımın ekonomik olmasının ötesinde bir husus olacaktır. Finansal analizden basit bir yaklaşımla, geri ödeme süresinin hesabı aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$\text{Geri ödeme süresi} = \frac{\text{Ekipmanların fiyatı}}{\text{Yıllık tasarruf}}$$

Isıyı geri kazanım ünitesinin fiyatı, pompalar ve kuruluş fiyatı, ekipmanların fiyatının içerisinde. Yıllık tasarruf, en az işleme tasarruf edilen yakıt fiyatı ve ekipmanların bakım fiyatlarıdır. Bu esaslar üzerinde yatırım maliyeti karşılaştırılırken, unutulmamalıdır ki artık ısıyı geri kazanma ekipmanlarında işletme ömrü 20 yıldan daha fazla olan ocaklar ve kazanlar kullanılmalıdır.

### KAZAN/OCAK BÜYÜKLÜĞÜ

Araştırmalar gösteriyor ki ayda 2400 \$ dan daha az yakıt tüketen 1 ton'luk kazan için ekonomizörün fiyatı yaklaşık 4000 \$ olacaktır ve geri ödeme periyodu (amortisman zamanı) 3 yıldan daha fazla olacaktır (yıllık tasarruf yaklaşık 1200 \$). Aynı yakıt değeri ile, bir hava önısıtıcısı için geri kazanma periyodu 5 yıldan daha fazla olacaktır. Bundan sonra daha az büyüklükteki kazanlar ve ocaklarda ekonomiklik açısından elverişli olmayacaktır.

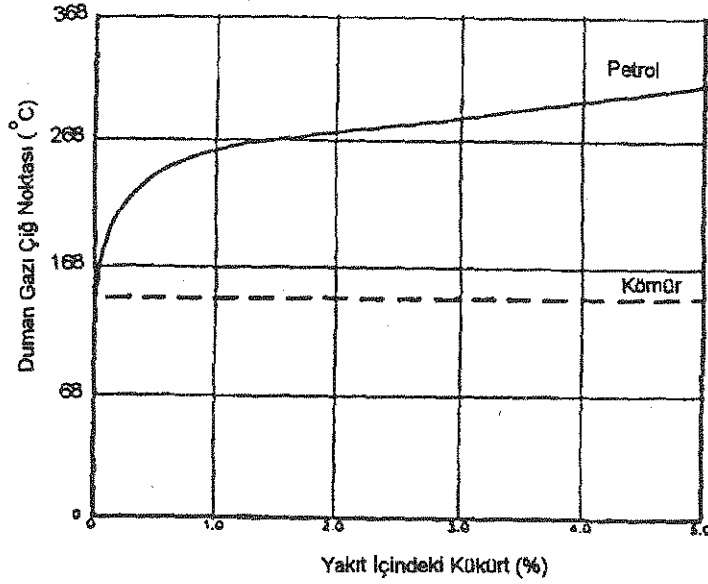
Bir tonun üzerindeki ve aylık yakıt faturası 2400 \$ civarındaki kazanlara ekonomizör uygulanabilir. Geri ödeme periyodu (amortisman) ve tasarruflar çalışma saati, giriş suyu sıcaklığı ve baca gazı sıcaklığı gibi faktörlere bağlıdır. 4000 saat/yıl civarında çalışan 7,5 tonluk bir kazan için, ekonomizör fiyatı 24000 \$ civarında olacaktır ve yıllık tasarruf edilen yakıt değeri 16000 \$ civarı olacaktır. Bu durumda geri ödeme periyodu 1,5 yıldır.

Hava önısıtıcıları;10 ton ve daha fazla kapasitedeki kazanlar için ve aylık yakıt tutarı 8000 \$ civarındaki ocaklar için gözönüne alınacaktır.

20 ton / h ' den daha fazla kapasiteli kazanlarda normalde gerekli dizaynı yapılmış olarak bir ekonomizör ve bir hava önısıtıcısı bulunur.

## YOĞUNLAŞMADAN DOLAYI OLUŞAN KOROZYON

Baca gazı tarafından; ısı transfer yüzeylerindeki yoğuşma sülfirik asit korozyonuna neden olur. Doğal gazla yakılan üniteler için, ekonomizör veya hava önısıtıcısından ayrılan baca gazının sıcaklığı, korozyona sebep olan yoğuşmadan kaçınmak için genellikle 120 °C nin üzerinde tutulmalıdır. Petrolle yakılan üniteler için; baca gazı sıcaklığı, petrolün sülfür içeriğine bağlı olarak sınırlandırılır ve genellikle 150°C üzerindedir. Şekil 5' de görüldüğü gibi, baca gazının çığ noktası sıcaklığı kükürt içeriğinin artmasıyla yükselmektedir.



Şekil 5. Duman gazı çığ noktası

Yoğuşma tipli atık ısıyı geri kazanma ekipmanları için daha düşük sıcaklık uygundur. Bununla beraber, özel malzeme ve dizayn ihtiyacı esasen onların fiyatını arttırmaktadır.

## EKONOMİZÖRDE SU SICAKLIĞININ ÜST LİMİTİ

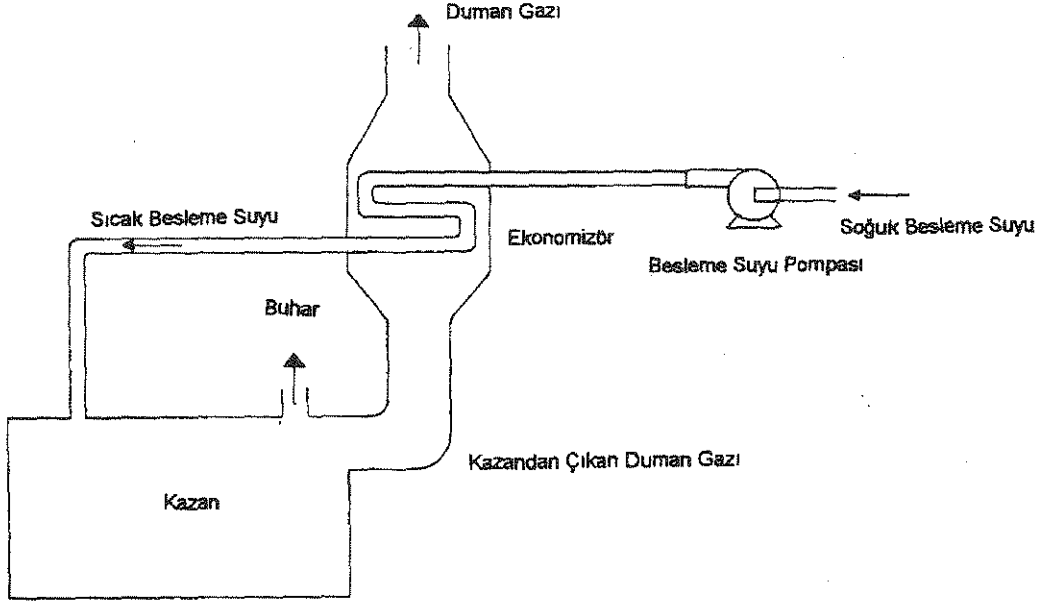
Eğer ekonomizörü terkeden besleme suyu sıcaklığı yükselirse, ekonomizörde geri kazanılan enerji miktarı artacaktır. Pratikte, bu sıcaklık yükselmesi, ekonomizörde buhar üretiminden kaçınmakla sınırlandırılır.

Besleme suyu sıcaklığının emniyetli sınırı; besleme suyu basıncına uygun olarak kaynama noktasının 5-10 °C altında tutmaktır. Örneğin 10 bar basınçtaki besleme suyu 185 °C civarında kaynayacaktır, bu yüzden 180 °C ye kadar ısıtılabilir. Bu sıcaklık limiti, şekil 6 ve 7 de görüldüğü gibi kapalı veya açık devreli ekonomizör seçimiyle etkilenir. Kapalı devre ekonomizör, kazan basıncında çalışır. Açık sistemde; ekonomizörden geçerek depolama tankına besleme suyunu sirküle etmek için ilave bir pompa gereklidir. Besleme suyu pompası, depolama tankından kazana sıcak su tedarik eder. Besleme suyu pompasının kapalı devre sistemde sürekli çalışması için, maximum ısının alınması gereklidir.

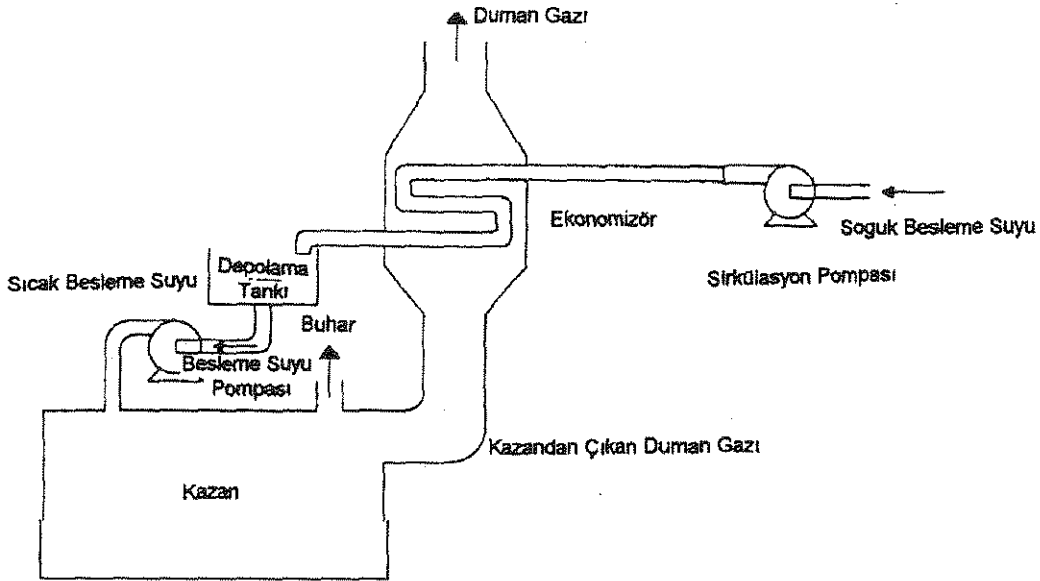
Yukarıda bahsedilen sıcaklık limiti, buharsız ekonomizör(erde uygulanabilir. Çok geniş kazanlar üzerine yerleştirilen ve su sıcaklığını kaynama noktasına kadar yükselten ekonomizörler, genellikle buhar tiplidir.

## BİR HAVA ÖNİSİTİCİSİNDE HAVA SICAKLIĞININ ÜST LİMİTİ

Önısıtıcıda yakılan havanın müsaade edilebilir maximum sıcaklığı, brülörün dizaynıyla sınırlandırılır. Genellikle iyi brülörler, 100 °C nin üzerindeki yanma havası sıcaklığı ile verimli çalışabilir. Bunun ötesinde daha yüksek sıcaklıklarda, bu brülörlerin değiştirilmesi veya eski yerine konulmasına ihtiyaç duyulur. Brülör uygulamaları için ikincil hava olarak fın odalannın içinde önısıtma havasını doğrudan kullanarak yakıt tasarrufu da eklenebilir.



Şekil 6. Ekonomizörler için akış düzeni (Kapalı devreli ve basınçlı)



Şekil 7. Ekonomizörler için akış düzeni (Açık Devreli)

Giriş havası tarafından kabul edilebilir sıcaklık artışı;  
 $T_{max(brülör)} - \text{çevre sıcaklığından}$  elde edilir.  
 Çevre sıcaklığı genellikle 40 °C alınır.

## AKIŞ DÜZENLEME

Belirli bir miktarda ısıyı geri kazanmak için gerekli olan yüzey alanına ısı değiştiricideki akış düzeni de tesir eder. Örneğin, aynı ısı işi için paralel akışlı bir ısı değiştirici, karşı akışlı veya çapraz akışlı tipte karşılaştırıldığında paralel akışlıda daha geniş bir yüzey alanına ihtiyaç duyulduğu görülür.

## EKİPMANLARIN BOYUTU

Ekonomizör veya hava ön ısıtıcısının boyutu sınırlı yer ile çıkış sistemine yerleştirilmiş ekipman ise özellikle önem taşımaktadır. Isı değiştiricisinin fiziksel büyüklüğü, gerekli yüzey alanına ve akış düzenine bağlıdır. Kanatlı borulu bir ısı değiştiricisi, sade boruludan daha sıktır.

## EKONOMİZÖRLERİN SEÇİM PROSEDÜRÜ

Yerleştirilen bir ekonomizörden, kazanç sağlamak için aşağıdaki kriterler kullanılabilir. Kriter iki büyük adımdan oluşur. Birinci adımda; gerekli yüzey alanı, ekonomizörün fiyatı ve uygun tasarruf miktarı hızlı bir kararla tesbit edilir. İkinci adım; şartname hazırlığının oluşturulması, tekliflerin toplanması, tekliflerin karşılaştırılması ve uygun besleyicinin seçilmesi.

## YATIRIM VE TASARRUFA BAĞLI OLARAK YÜZEY ALANI TESBİTİ

1- Yakıcı sistemin, optimum yanma veriminde işletilmesi için optimum hava/yakıt oranının ayarlanıp ayarlanmadığının kontrolü yapılır. Yalnız bütün ayarlar yapıldıktan sonra gelecek adıma geçilmesi gerekir.

2- Ekonomizörün yerleştiği yerde kazan çıkışını kapatacak baca içinde uygun bir yer bulunur. Bu yerde kazan çoğunlukla işletme halinde yüklü iken baca gazı sıcaklığına yön verilecektir.

3- Baca gazı sıcaklığı içindeki maximum olası düşüş aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\text{Doğal gaz için baca gazı sıcaklığındaki düşüş (°C)} = T_g - 120$$
$$\text{Ocak yakıtı için baca gazı sıcaklığındaki düşüş (°C)} = T_g - 150$$

Yüklü işletmede baca gazı çıkışında sıcaklık olan  $T_g$  2. maddenin içinde ölçülür.

4- Şekil 8 veya 9 dan yukarıda hesaplanan "Baca Gazı Sıcaklığı içindeki Düşüş" e uygun olarak kazan işletme kapasitesi (ton/h) için ekonomizöre ihtiyaç duyulan alan ( $m^2$ ) okunur.

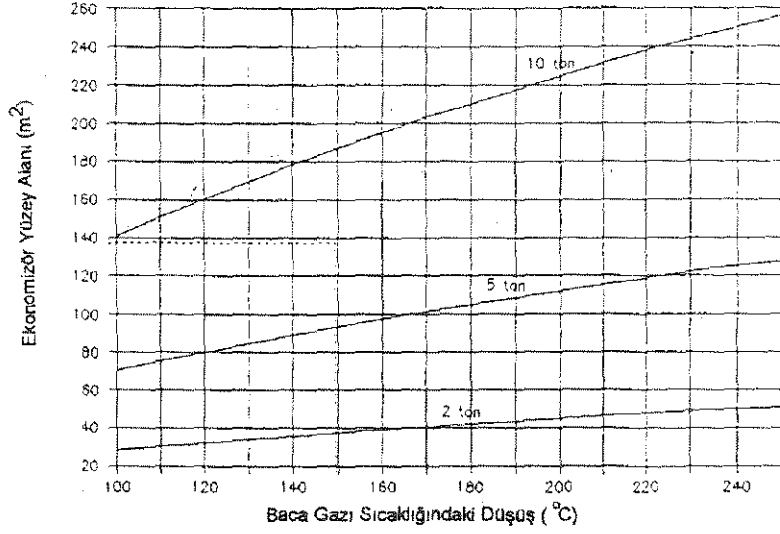
5- Şekil 8 veya 9 dan okunan alana ve kazan işletme kapasitesine (ton/h) uygun olarak, şekil 10 veya 11 deki tasarrufları oranlaması kullanılır.

6- Aşağıdaki denklem kullanılarak ekonomizörün yaklaşık olarak fiyatı hesaplanır:

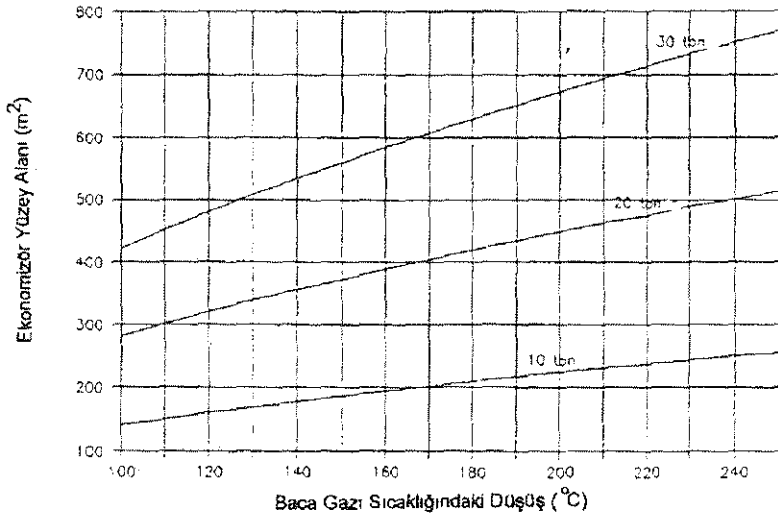
$$\text{\$ olarak değeri} = 896 * (\text{Alan})^{0.67}$$

Yukarıdaki denklem, sadece karbon çeliği konstrüksiyonları için geçerlidir.

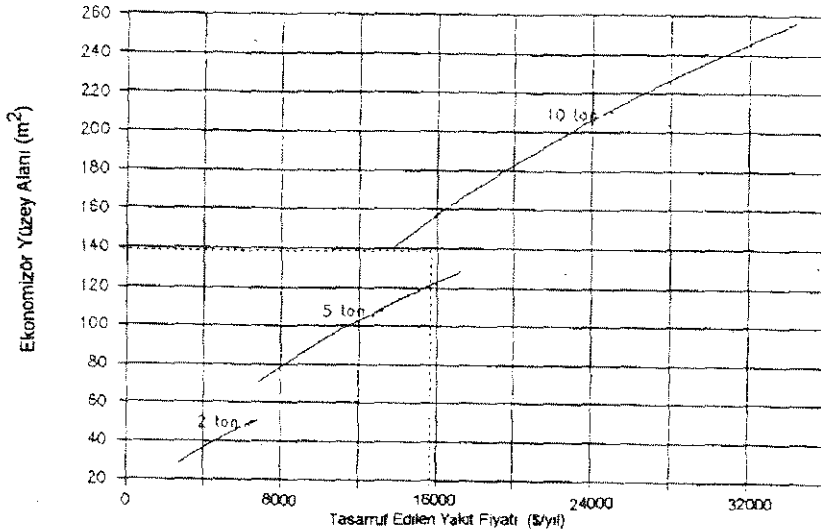
Örnek : 4020 h/yıl çalışma zamanı olan 7,5 ton/h'lık doğalgaz kazanında bir ekonomizör kullanılması halinde yıllık tasarruf şöyle hesaplanır. Kazan ayarı yapılmış ve baca gazı sıcaklığı 270 °C' dir. Doğal gaz için, baca gazı sıcaklığındaki düşüş : 270 -120=150 °C



Şekil 8. Ekonomizörler için gerekli yüzey alanı (0-10 ton kazanlar)

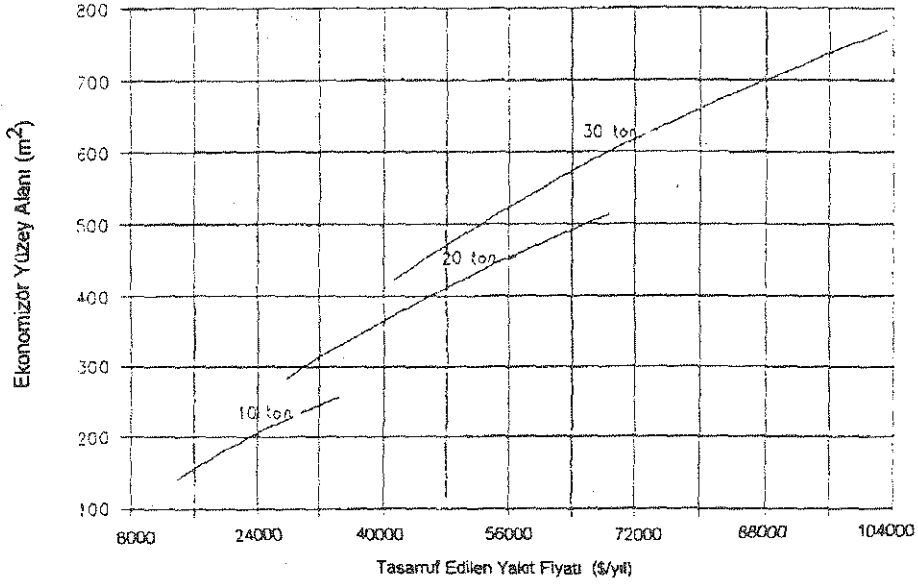


Şekil 9. Ekonomizörler için gerekli yüzey alanı (10-30 ton kazanlar)



Şekil 10. Ekonomizörlerden yapılan tasarruf (0-10 ton kazanlar)





Şekil 11. Ekonomizörlerden yapılan tasarruf (10-30 ton kazanlar)

Şekil 8' den (kesikli çizgi) 150 °C sıcaklıktaki düşüş ve 7,5 ton/h kapasite için (5 ve 10 ton/h arasında enterpolasyon yapılarak) ekonomizörün uygun yüzey alanı 140 m<sup>2</sup> civarındadır.

140 m<sup>2</sup> yüzey alanı için şekil 10' dan yıllık tasarruf miktarı ortalama 16000 \$ dır.

Fiyat oranlaması için denklem kullanılarak:

$$\text{Belirlenen kuruluş maliyeti} : 896 \cdot (140)^{0.67} = 24560 \$$$

### ŞARTLARIN HAZIRLANMASI, TEKLİFLERİN ANALİZİ VE SEÇİM

1. Ekonomizörler için bütçeye ait hesaplar hazırlanır. Hızlı hesaplama yönteminden tasarruf ve maliyet hesapları kullanılarak, yatırım için aşağıdaki basit geri ödeme periyodu hesaplanabilir:

$$\text{Basit geri ödeme} = \frac{\text{Yatırım maliyeti}}{\text{Yıllık tasarruf}}$$

Örneğin hızlı hesaplama prosedüründen, basit geri ödeme periyodu:

$$\frac{24560 \text{ dolar}}{16000 \text{ dolar}} = 1.5 \text{ yıl}$$

2. Basit geri ödeme periyodu ve hesaplanan maliyete dayanarak uygun bütçe belirlenir. Kabul edilebilir geri ödeme periyoduna ulaşılan kadar, yükselen  $Tf_0$  değerlerine dayanarak hızlı hesaplama yönteminin 3, 4 ve 5. adımları yukarıda belirtilen basit geri ödeme periyodunun kabul edilebilir sınırlarında tekrarlanır.

3. Şartlar, piyasa araştırmalarına karşı hazırlanmalıdır.

4. Firmalardan/imalatçılardan, fiyatlar öğrenilebilir.

5. Eğer gerekirse, imalatçılar tarafından önerilen dizayn üzerinde bir hesaplama yapılabilir. Baca gazı ve besleme suyunun giriş ve çıkış sıcaklığı, boru içindeki ve dışındaki akışkanın hızı, borunun verilen büyüklüğü ve plan için gerekli yüzey alanı hesaplanabilir. Eğer hesaplanan ve teklif edilen yüzey alanı arasındaki farklılık dikkate alınır, imalatçılar ile dizayn tartışılabilir.

6. Seçim kriterlerine göre fiyatları karşılaştırılmalıdır. Tayin edilen ısı kazancının ve piyasa fiyatlarını kullanarak her bir piyasa için geri ödeme periyodu hesaplanır.

## HAVA ÖNİSİTİCİSİNİN SEÇİM PROSEDÜRÜ

Ön ısıtmada yakma havası; ön ısıtma yüküne göre baca gazından ısıyı geri kazanmak genellikle düşük verimli bir yoldur. Kazanlarda, ön ısıtma yükü gibi çalışan ekonomizörler ve hava ön ısıtıcılarından önce çalışan kazanlar, gözönünde tutulmalıdır. Sadece ekonomizörler, bazı sonuçlar için veya yeni tesis edildiği zaman elverişsizdir; hava ön ısıtıcılarının, özellikle daha büyük kazanlarda kullanılması için dikkat edilmelidir. Ocaklarda, hava ön ısıtıcıları daha yaygın kullanılmaktadır. Hava ön ısıtıcılarının seçimi; zaten ihtiyaca göre tesis edilen brülörlerin işletme kapasitesindeki sıcak havaya bağlıdır. Mevcut brülörlerle yapılan tasarruflar ve daha yüksek sıcaklıklardaki daha büyük tasarruflar genellikle yapılmalıdır.

## KAZANLAR

### YATIRIM VE TASARRUFA BAĞLI OLARAK YÜZEY ALANI TESBİTİ

1. Yakma sisteminin, optimum yanma veriminde çalışması için optimum hava/yakıt oranının ayarlanıp ayarlanmadığı kontrol edilmelidir.

2. Hava ön ısıtıcısının yerleştirileceği kazanlarda kapalı baca içinde en uygun yer tahsis edilmelidir. Bu yerde, kazanın en çok çalıştığı yüke göre baca gazı sıcaklığı tayin edilmelidir.

3. Baca gazı sıcaklığındaki maximum olası düşüş aşağıdaki gibi hesaplanır.

(i) Doğal gaz için baca gazındaki düşüş (°C) =  $T_{fs} - 120$   
Ocak yakıtı için baca gazındaki düşüş (°C) =  $T_{fg} - 150$

(ii) Yakıcının sınırlamasıyla baca gazındaki düşüş (°C) =  $T_{max} - 40$   
 $T_{mmax}$ , yakıcının kullandığı yanma havasının max. havasıdır.

Kullanılan baca gazındaki maksimum düşüş yukarıdaki (i) ve (ii) nin arasındaki daha düşük değerlerdir.

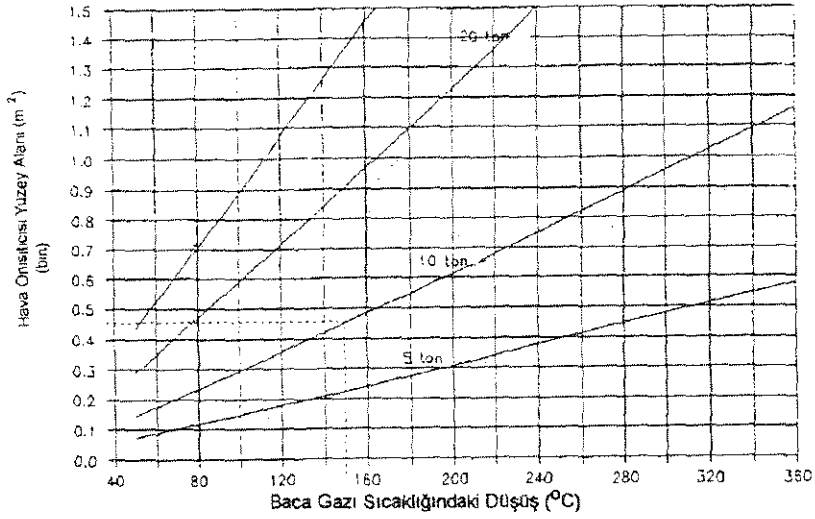
4. Şekil 12 veya 13 den, uygun "baca gazı sıcaklığı düşüşü" ve kazan işletme kapasitesi (to/h), alan ( $m^2$ ) okunabilir.

5. Şekil 12 veya 13 den okunan uygun alan ve kazan işletme kapasitesi (ton/h); şekil 14 veya 15 kullanılarak \$ cinsinden tasarruf hesaplanabilir.

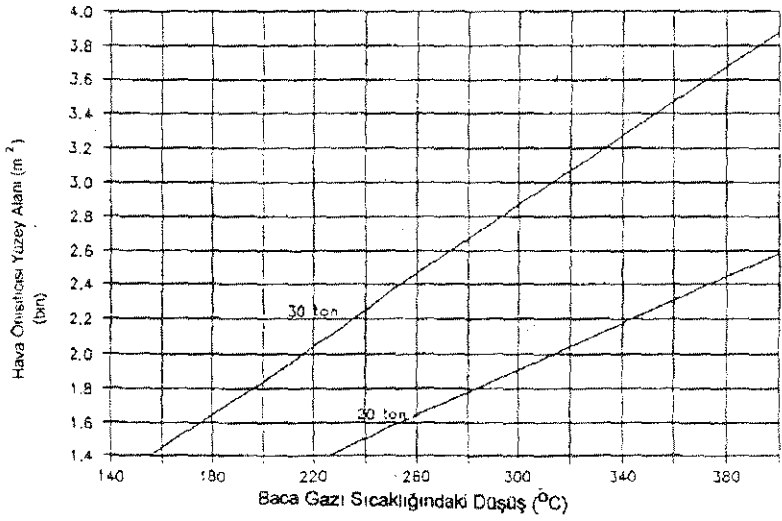
6. Aşağıdaki denklem kullanılarak hava ön ısıtıcısının fiyatı hesaplanabilir.

\$ olarak belirlenen fiyat =  $896 * \text{alan}^{0.67}$

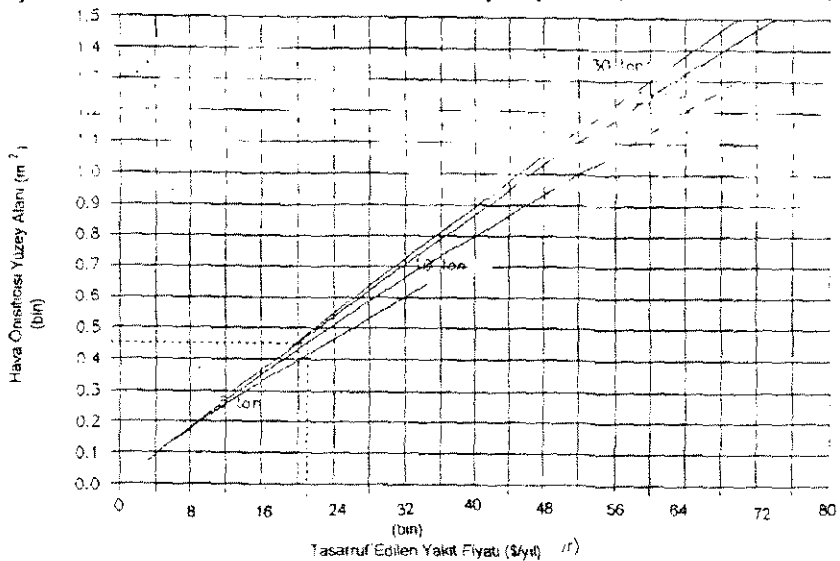
Yukarıdaki denklem, sadece karbon çeliği konstrüksiyonları için geçerlidir.



Şekil 12. Kazanlardaki hava önisitıcılarının yüzey alanı (0-20 ton kazanlar)



Şekil 13. Kazanlardaki hava önisitıcılarının yüzey alanı (20-30 ton kazanlar)



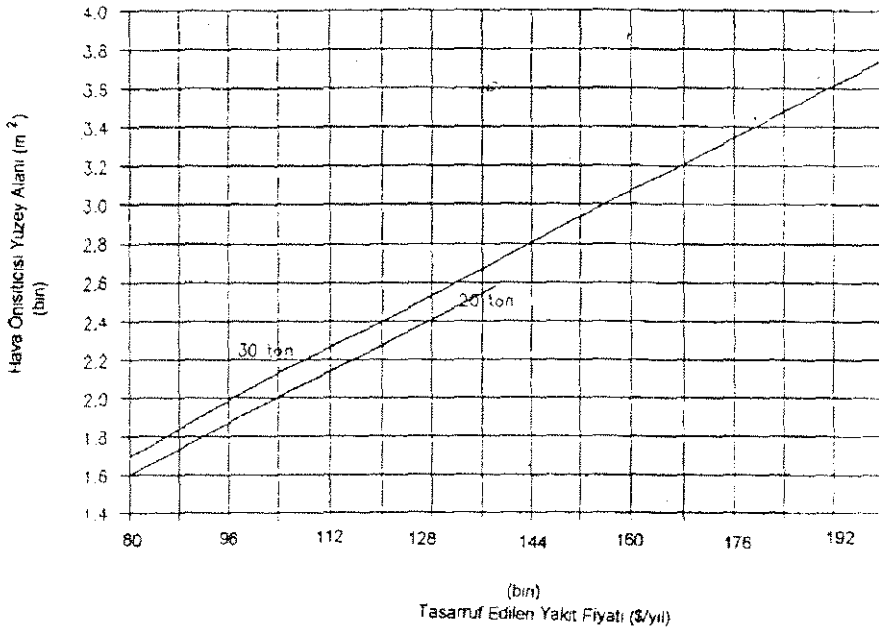
Şekil 14. Kazanlardaki hava önisitıcılarından yapılan tasarruf (5-30 ton kazanlar)

Örnek : Yılda 4020 h çalışan doğal gaz yakıtlı kazanda 10 ton/h lik hava önısıtıcısı kullanılarak elde edilen tasarruf şöyle hesaplanır. Kazan, kısa bir süre önce düzenlenmiş (ayarlanmış) ve baca gazı sıcaklığı 270 °C dir. Mevcut brülörler, 200 °C nin üzerinde hava kullanmaya elverişlidir.

Doğal gaz için baca gazı sıcaklığındaki düşüş: 270-120=150 °C  
Yakıcının sınırlamasıyla baca gazı sıcaklığındaki düşüş:200-40=160 °C

Böylece düşük değerler 150 °C dir. (Yakıt sınırlandırılmış ve brölör sınırlandırılmamış). Şekil 12'den (kesikli çizgi) 150 °C sıcaklık düşüşü ve 10 ton/h kapasite için hava ön ısıtıcısının uygun yüzey alanı 450 m<sup>2</sup> dir.

Daha sonra şekil 14 'den 450 m<sup>2</sup> yüzey alanı için hesaplanan yıllık tasarruf miktarı 21000 \$ dir. Fiyat hesaplaması için denklemini kullanarak bulunan fiyat = 896\*(450)<sup>0.67</sup> = 53700 \$



Şekil 15. Kazanlardaki hava önısıtıcılarından yapılan tasarruf (20-30 ton kazanlar)

## OCAKLAR

### YATIRIM VE TASARRUFA BAĞLI OLARAK YÜZEY ALANI TESBİTİ

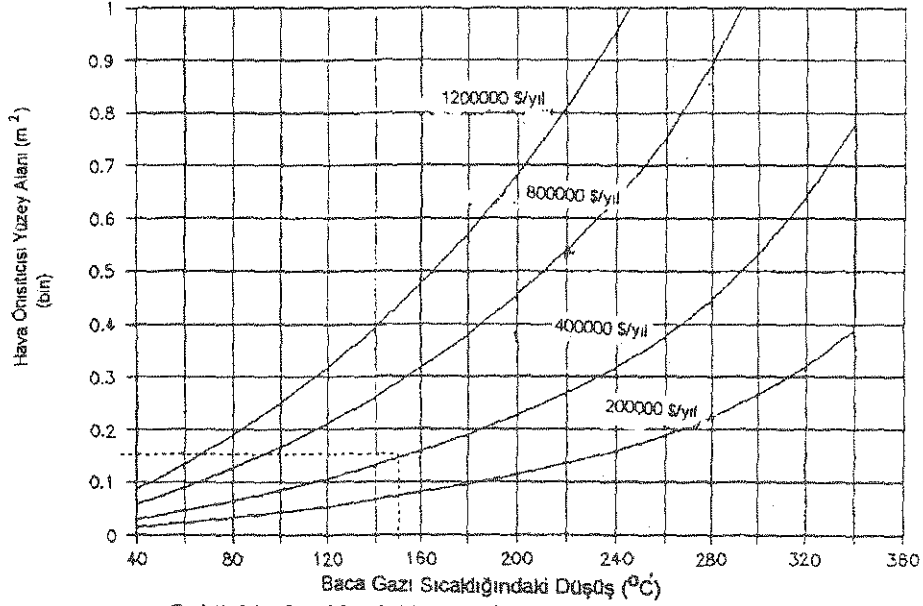
1. Baca gazı sıcaklığındaki maksimum olası düşüş, yukarıda (kazanlarda) olduğu gibi tesbit edilir. 2. Şekil 16'dan; yukarıda hesaplanan uygun "Baca Gazı Sıcaklığı Düşüşü" nde, ocaklarda yıllık yakıt tutarı için gerekli hava ön ısıtıcısı alanı okunabilir.

3. Şekil 16'dan okunan uygun alan ve şekil 17'deki ocaklarda yıllık yakıt tutarı (\$/yıl) kullanılarak \$ olarak tasarruf hesaplanır.

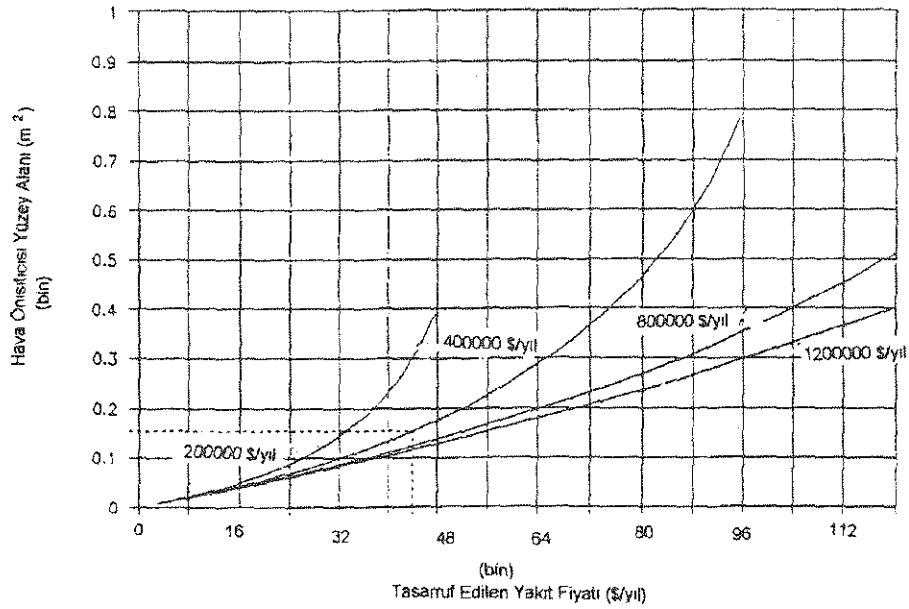
4. Aşağıdaki denklem kullanılarak hava ön ısıtıcısının fiyatı hesaplanabilir.

$$\text{\$ olarak belirlenen fiyat} = 2680 * (\text{alan})^{0.67}$$

Yukarıdaki denklem, sadece çelik aлаışımli konstrüksiyonlar için geçerlidir.



Şekil 16. Ocaklardaki hava ön ısıtıcısının yüzey alanı



Şekil 17. Ocaklarda hava ön ısıtıcısından yapılan tasarruf

Ömek : 400000 \$/yıl yıllık yakıt tutarı olan doğal gaz yakıtlı ocakta hava ön ısıtıcısı kullanarak elde edilen tasarruf şöyle hesaplanır. Ocaklarda, 190 °C yakma havası uygun işletme sıcaklığıdır. Ocakların egzost gazı sıcaklığı 500 °C dir.

Doğal gaz için, baca gazı sıcaklığı düşüşü:  $420 - 120 = 300$  °C  
Brülör sınırlamasıyla baca gazı sıcaklığı düşüşü:  $190 - 40 = 150$  °C

Böylece, daha düşük değer 150 °C 'dir (brülör sınırlı veya yakıt sınırsızdır).

Şekil 16 'dan (kesik çizgi) 150 °C sıcaklık düşüşü için ve 400000 \$/yıl yakıt tutarı için hava ön ısıtıcısının uygun yüzey alanı  $150 \text{ m}^2$ 'dir.

Sonra, şekil 17'den  $150 \text{ m}^2$  yüzey alanı için hesaplanan yıllık tasarruf 44000 \$ dır. Denklem kullanarak hesaplanan fiyat =  $2688 * (150)^{0,67} = 77164$  \$

## DİZAYN VE KONSTRÜKSİYON

İyi dizayn edilmiş ve yapılmış bir ekonomizör veya hava ön ısıtıcısı, uygun koruyucu bakım ile yıllarca arızasız hizmet verecektir ( tipik olarak 10 yıldan daha fazla ). Aşağıdaki faktörler, ısı geri kazanma ekipmanlarının farklı dizaynları karşılaştırılırken göz önünde tutulmalıdır.

### \* Boru Çapı

Boru çapları genellikle ekonomizör için 2,54-5,08 cm arasında ve hava ön ısıtıcıları için 3,81-7,62 cm arasında tutulur. Isı transferi genellikle küçük borularda büyük borulara nazaran daha verimlidir.

### \* Boru İçerisinde Akış Hızları

Boru içerisindeki suyun akış hızı, 1,22-2,44 m/s arasındadır. Boru içerisine yerleştirilmiş çap düşürücüler, yüksek hızlı akışlara da yardım ederler. Boru içerisinde 3 m/s' den daha fazla olan hızlar korozyona sebep olur ve bu durumdan kaçınılmalıdır. Büyük kazanlar için akış hızı seçiminde ekonomizördeki basınç kayıpları da hesaba katılmalıdır.

Hava ön ısıtıcıları için borulardaki hava hızı genellikle 15,26-30,52 m/s arasında tutulur.

### \* Bacada Basınç Düşümü

Baca içindeki boruların düzenlenmesi, baca gazının akışına aşırı bir direnç sağlamamalıdır. Genellikle boru boşlukları sudaki akış kayıplarını 10,16 cm den daha küçük tutmak için 4,45-5,08 cm arasında sınırlandırılır.

Herhangi bir kazan çıkışına bir ekonomizör veya bir hava ön ısıtıcısı yerleştirildiği zaman, baca gazına direnç katan, aşırı çalışmaya zorlanan ve teşvik edilen fanların yerleştirilmesinin yenileştirme fiyatına ( masrafına ) eklendiği dikkate alınmalıdır. Hatta fanlar, ek basınç düşümü sağlayan elverişli basma yüksekliğine sahip olduğu zaman artan elektrik enerjisi fiyatı gözönünde bulundurulmalıdır.

Ekonomizör boruları içinde sağlanan baca gazı hızı 610,4-915,6 m/dk olursa, uygun basınç kaybı ile elverişli ısı transferi elde edilecektir.

### \* Kanatlı Borular

Kanatlı borular kullanılan atık ısıyı geri kazanma ekipmanları, küçük kazanlarda ilave olarak artan tasarruftan dolayı efektif değeri gitgide arttırmaktadır. Bununla beraber, kanatlı boruların temizlenmesi, özel tedbirlerle ve tekniklerle gerçekleştirilir. Bakımın bu yönü, kanatlı borulara dayanan bir dizayn seçilirken de dikkate alınmalıdır.

### \* Kazan Taşı, Kirlenme ve Korozyon

Kazanlarda, suyun kalitesini kontrol ederek kazan taşını ve korozyonu en aza indirmek, ekonomizörlerin temel görevidir. Düzenli bakım, boruların içini güçlendirerek kazan taşını ve boruların dışında kirlenmeyi azaltarak ekipman verimini yüksek ve korozyondan uzak tutar. Ekonomizörlerde, durgun su cepleri, çukur aşınmaya ( korozyona ) neden olur ve bu dizayndan kaçınılmalıdır.

### \* Bakım Kolaylığı

Dizayn kolay bakımı temin etmelidir,

## SONUÇ

Endüstride çeşitli amaçlar için kullanılan ocaklarda yakıtın yanması ile verilen ısı enerjisinin bir kısmı kullanma gayesi için kullanılırken bir kısmı da çeşitli yollarla kaybolur.

Isı enerjisinin kaybı genellikle ocağın yüzeylerinden dış ortama doğal ısı taşınımı veya ısı ışınımı yoluyla ve en önemli kayıp ise baca gazları yoluyla olur.

Bilindiği gibi ülkemiz enerji ihtiyacının büyük bir bölümü dış kaynaklardan karşılanmakta, gelişmeye paralel olarak artan enerji talebi ile döviz olarak ödenen enerji faturası da artmaktadır. Bu durumda daha az enerji ile aynı işi yapmak üzere çaba harcamak, enerjiyi daha akılcı kullanmak gerekir.

Enerji tüketiminden tasarruf yaparak ülke çapında sağlanacak yararın yanında, sanayi işletmelerinin bir çoğunda enerji giderlerinin, toplam giderler içerisinde önemli bir paya sahip olması nedeniyle, işletmenin sağlayacağı kazançlarda gözardı edilmemelidir. Ayrıca daha az enerji ile aynı üretimin yapılmasının güncel bir sorun olan çevre kirliliğinin azalmasına da katkıda bulunacağı hatırlanmalıdır. İşte bu nedenlerle tasarruf çalışmalarına ağırlık verilmesi büyük önem taşımaktadır.

## KAYNAKLAR

- 1.Enercon, "Waste Heat Recovery", Publication 8&124
- 2.Babcock & Wilcox, "Steam- Its Generation & Use" 1978
- 3.Wayne C. Turner, "Energy Management Handbook" 1982
- 4.N.,AYBERS, "Mühendislik Termodinamiğinin Esasları", İstanbul, 1990
- S.Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları A.Ş. Yayınları, "Sanayide Enerji Tasarrufu", Zonguldak, 1985

## ÖZGEÇMİŞ

### Ethem TOKLU

1971 Giresun doğumlu olan Ethem TOKLU 1992 yılında Yıldız Üniversitesi Kocaeli Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 1994 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalından Yüksek Lisans derecesini aldı. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde doktora devam etmekte ve Kocaeli Üniversitesinde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.

### İbrahim KILIÇASLAN

1968 izmit doğumlu olan İbrahim KILIÇASLAN 1990 yılında Yıldız Teknik Üniversitesinden Makina Mühendisliği Isı-Proses opsiyonundan mezun oldu. 1991-1992 yılları arasında Pakistanda şeker fabrikasında araştırma mühendisi olarak çalıştı. 1992-1993 yılları arasında Aquatherm Marmara Bölge Bayi ABKA Müh. Ltd. Şti.'de şantiye mühendisi olarak çalıştı. Aynı dönemde Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Isı-proses Bölümünden Yüksek Mühendis olarak mezun oldu. Halen KOÜ 'de Doktora yapmakta ve Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.

**K.Süleyman YİĞİT**

1965 Burdur doğumlu olan K.Süleyman YİĞİT 1986 yılında Yıldız Ü.niversitesi Kocaeli Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 1989 yılında Yıldız Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalından Yüksek Lisans derecesini aldı. 1994 yılında Kocaeli Üniversitesinden doktora derecesi aldı ve Kocaeli Üniversitesinde Yardımcı Doçent olarak çalışmaktadır.

**Yüksel KORKMAZ**

1966 Kırşehir doğumlu olan Yüksel KORKMAZ 1991 yılında Yıldız Üniversitesi Kocaeli Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 1994 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalından Yüksek Lisans derecesini aldı. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde doktora devam etmekte ve Kocaeli Üniversitesinde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.