

# KAZANLARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ



**Süreyya AKMAN**

Kimya Yüksek Mühendisi

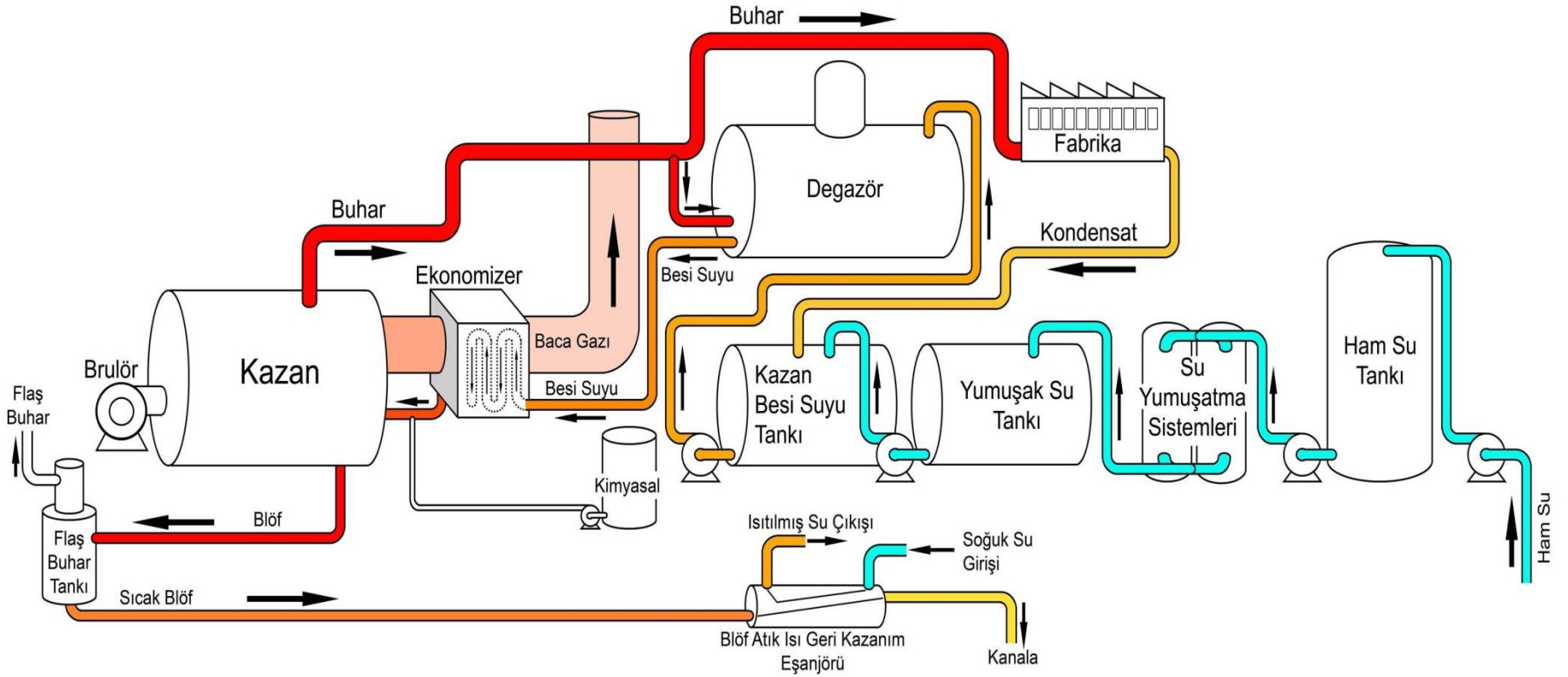


T.C. ENERJİ VE TABİİ  
KAYNAKLAR BAKANLIĞI

# KAZANLAR

- ❧ Yakıtın kimyasal enerjisini yanma yoluyla ısı enerjisine dönüştüren ve bu ısı enerjisini taşıyıcı akışkana aktaran makinalara 'kazan' diyoruz.
- ❧ Kazanların verimi ise yanma sonucu oluşan bu ısı enerjisinin hangi oranda taşıyıcı akışkana veya kullanma mahalline taşınmasına bağlıdır.
- ❧ Yanma sonucu oluşan ısı enerjisinden ne kadar yüksek yararlanırsak o oranda yakıt tüketimimiz düşük, atmosfere attığımız atık gazlar o kadar az olacaktır.

# KAZANLAR



# KAZAN TİPLERİ

Kızgın Yağ Kazanı

Su Kazanı

Sıcak Su Kazanı

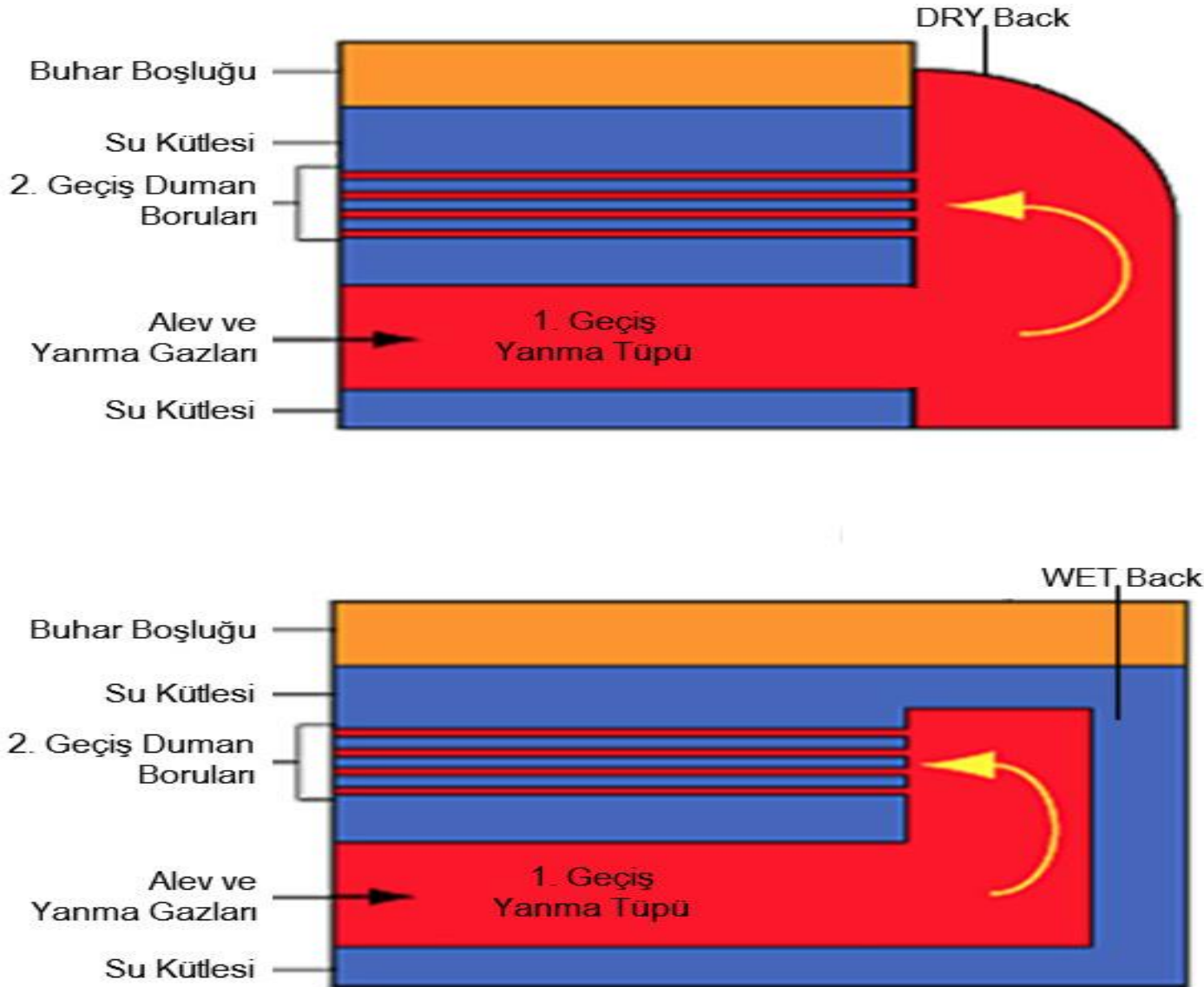
Kızgın Su Kazanı

Buhar Kazanı

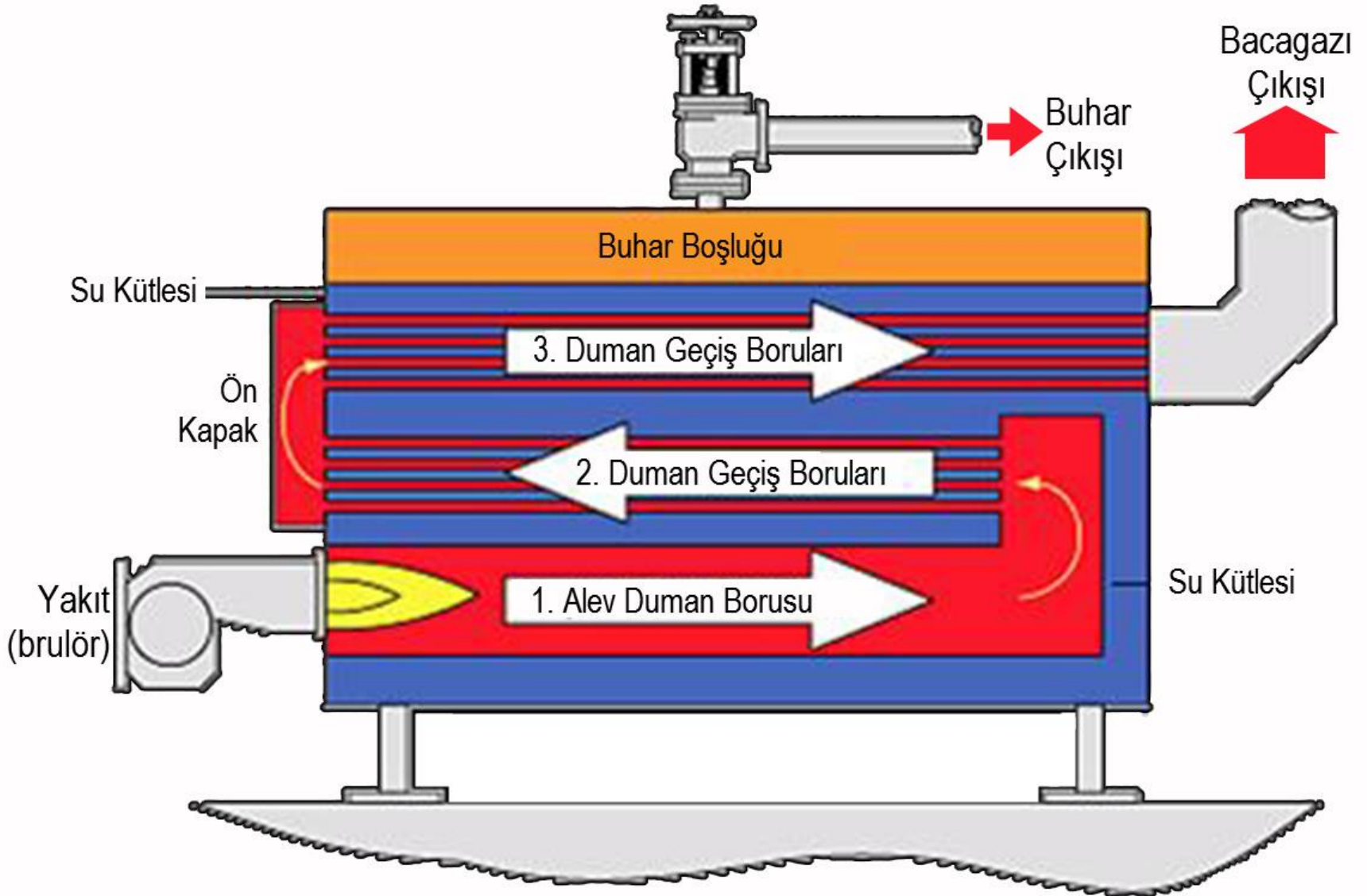
Doymuş Buhar Kazanı

Kızgın Buhar Kazanı

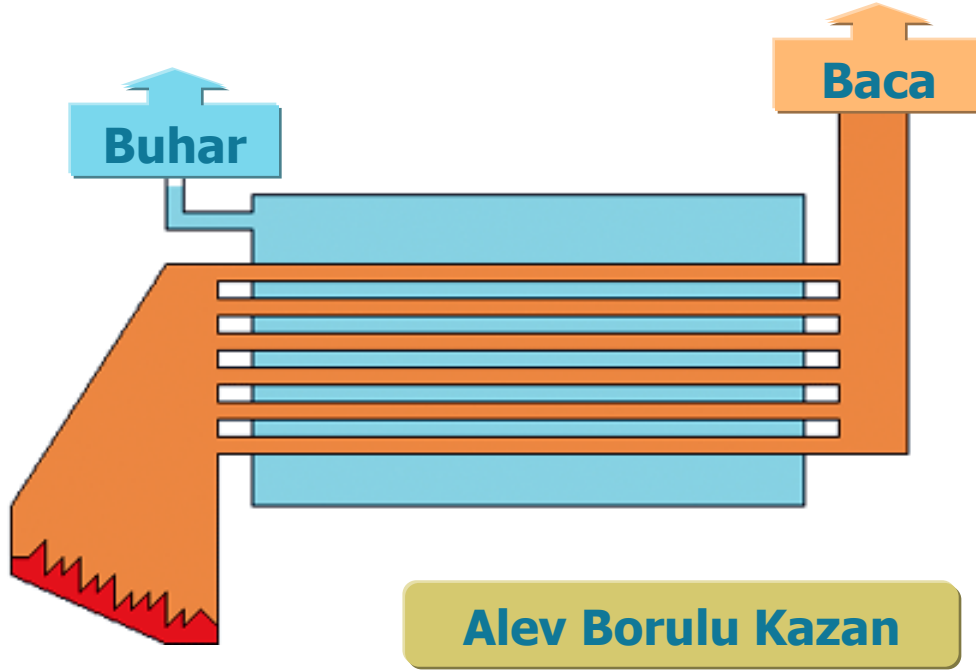
# DRYBACK, WETBACK KAZANLARINA ÖRNEK



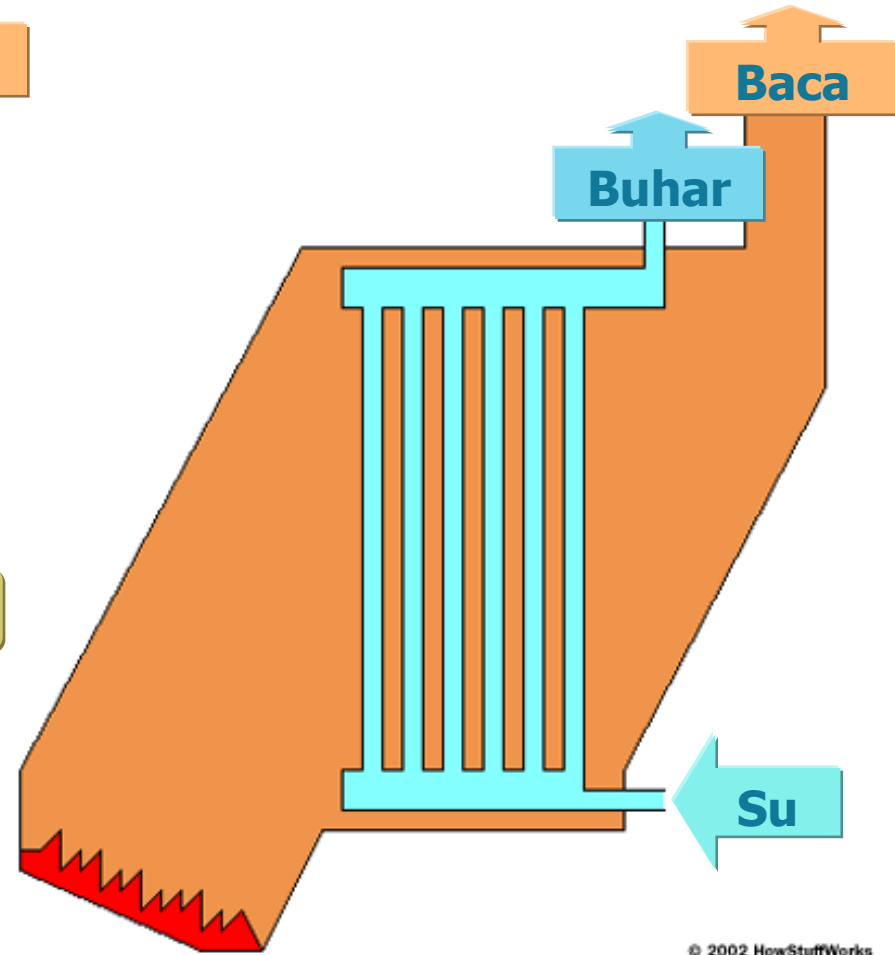
# 3 GEÇİŞLİ WETBACK KAZAN - ÖRNEK



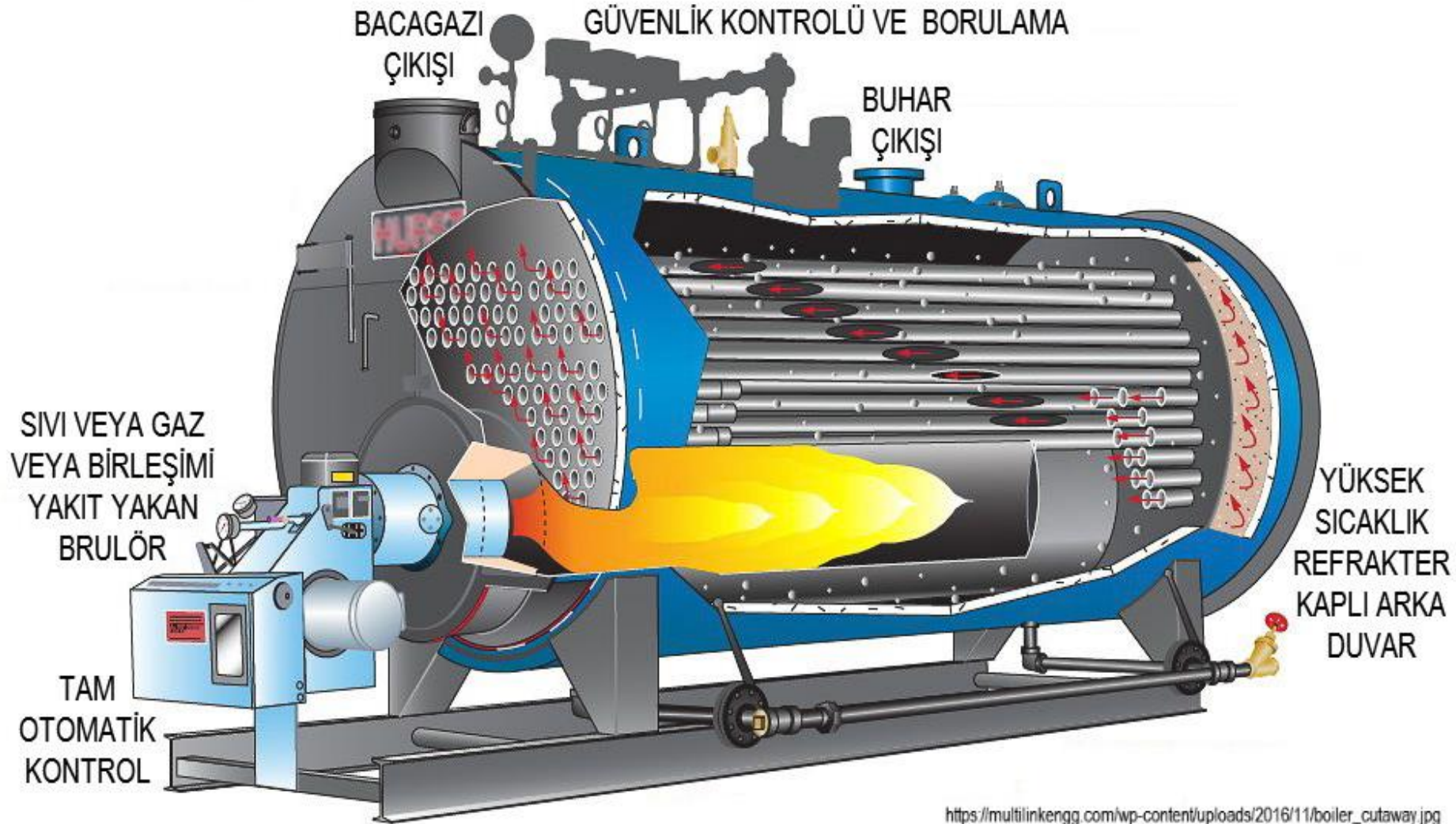
# ALEV VE SU BORULU KAZANLARA ÖRNEK



**Su Borulu Kazan**



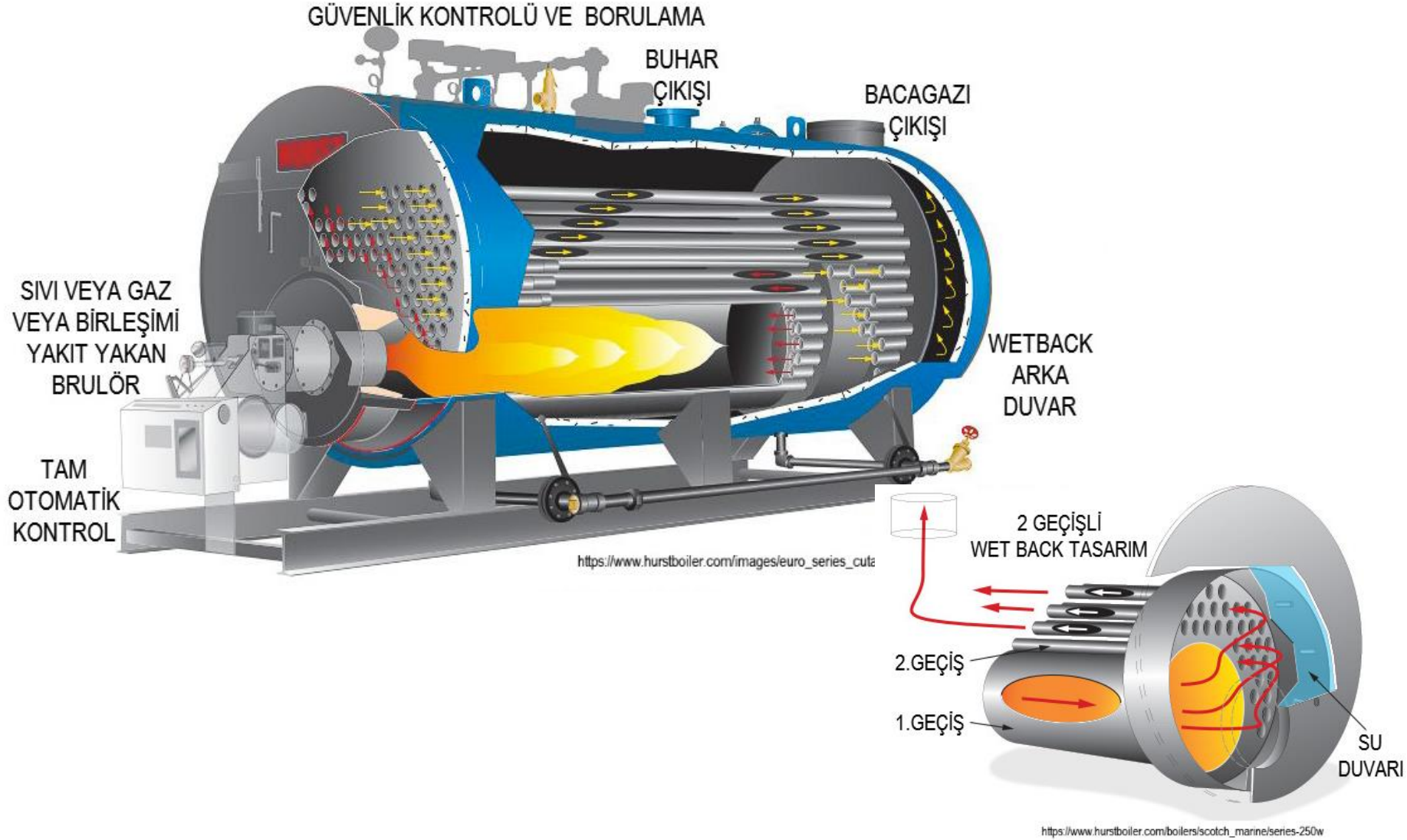
# 2 GEÇİŞLİ DRY-BACK BUHAR KAZANI KESİTİ



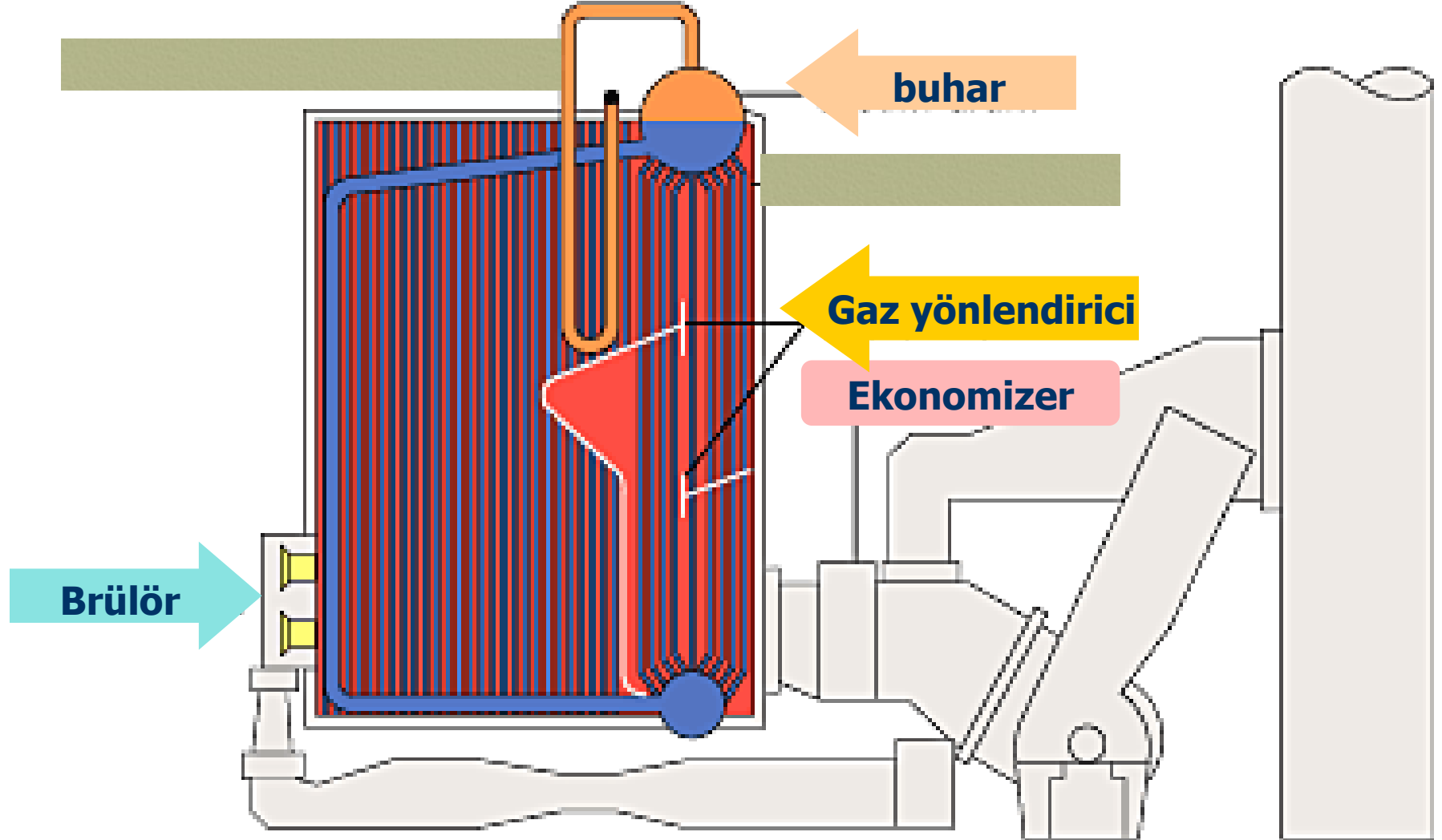
[https://multiinkengg.com/wp-content/uploads/2016/11/boiler\\_cutaway.jpg](https://multiinkengg.com/wp-content/uploads/2016/11/boiler_cutaway.jpg)



# 3 GEÇİŞLİ DRY-BACK BUHAR KAZANI KESİTİ



# SU BORULU KAZANLARA ÖRNEK



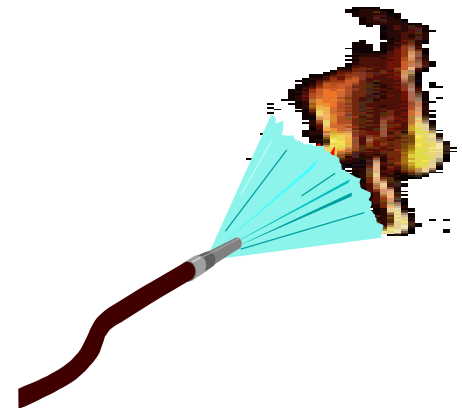
# KAZANLARIN VERİMLİ ÇALIŞTIRILMASI

## YANMA

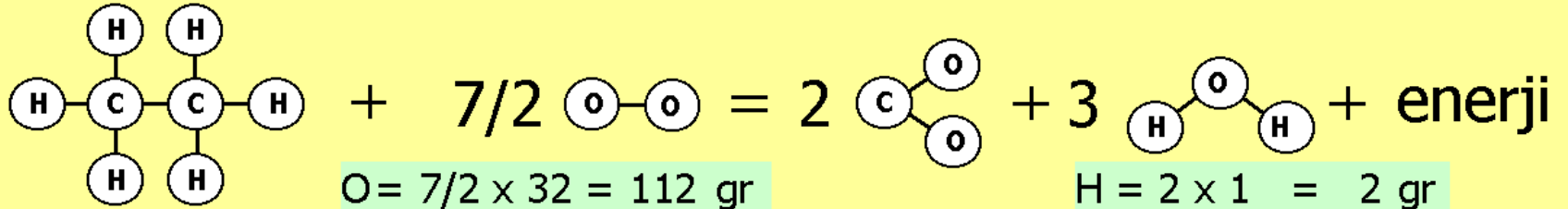
Yakıtların oksijen ile tepkimeye girerek ısı ve diğer yanma ürünlerini oluşturmalarına yanma diyoruz. Biz havanın içindeki yanma için gerekli olan oksijeni yakıt ile karıştırarak yanmayı gerçekleştiriyoruz.

### Yanma Çeşitleri :

- a - Az hava ile yanma
- b - Fazla hava ile yanma
- c - Tam yanma



# KAZANLARIN VERİMLİ ÇALIŞTIRILMASI



$$C = 2 \times 12 = 24 \text{ gr}$$

$$H = 6 \times 1 = 6 \text{ gr}$$

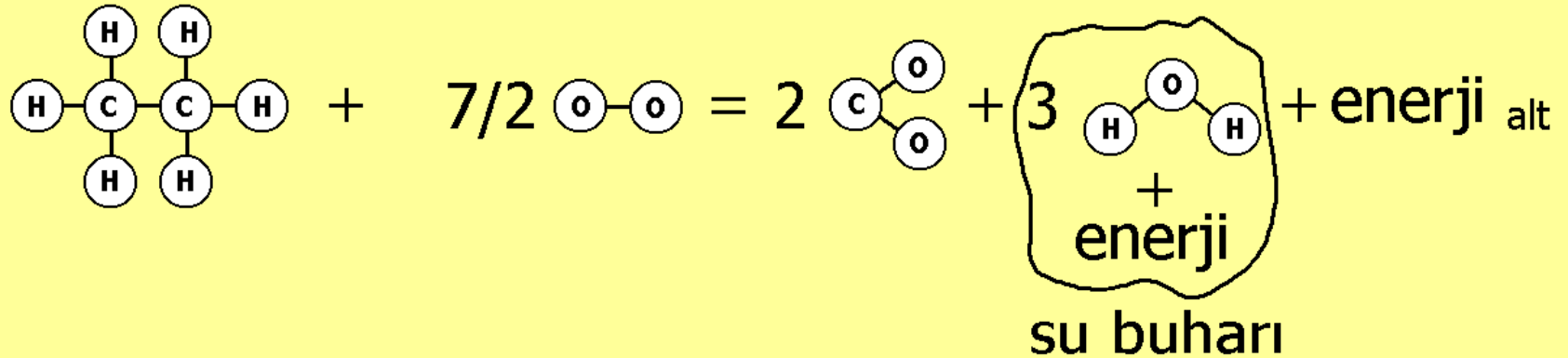
$$O = 7/2 \times 32 = 112 \text{ gr}$$

$$C = 1 \times 12 = 12 \text{ gr}$$

$$O = 2 \times 16 = 32 \text{ gr}$$

$$H = 2 \times 1 = 2 \text{ gr}$$

$$O = 1 \times 16 = 16 \text{ gr}$$



# KAZANLARIN VERİMLİ ÇALIŞTIRILMASI

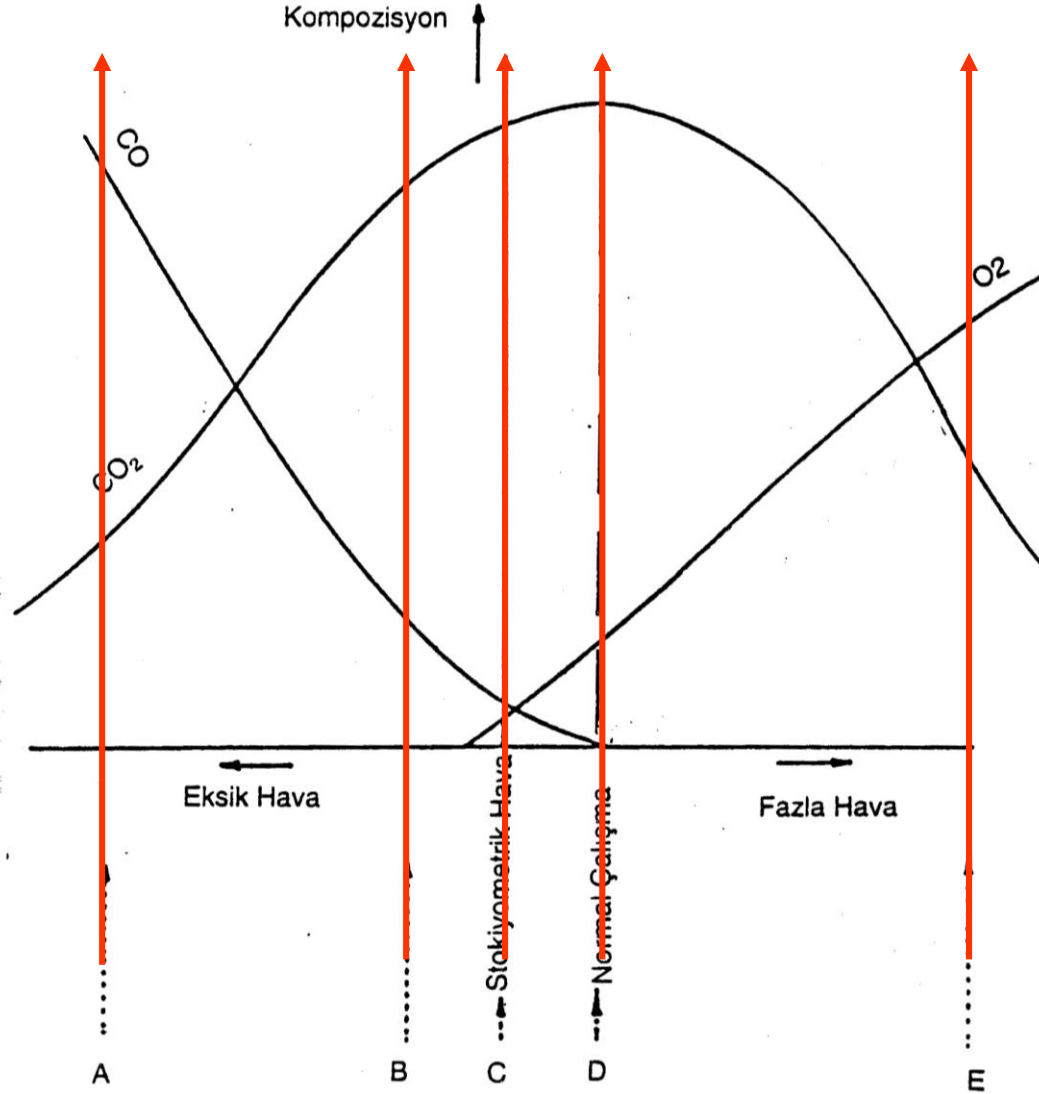
$$\text{Alt Isıl Değer} = \text{Üst Isıl Değer} - ( 600 \times 9 \times ( H ) )$$

$$\text{Alt Isıl Değer} = \text{Üst Isıl Değer} - ( 600 \times 9 \times ( 0,25 ) )$$

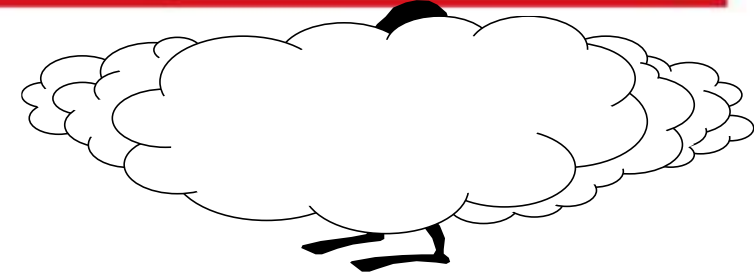
$$\text{Alt Isıl Değer} = \text{Üst Isıl Değer} - ( 6 \times 9 \times ( H ) )$$

$$\text{Alt Isıl Değer} = \text{Üst Isıl Değer} - ( 6 \times 9 \times ( 25 ) )$$

# KAZANLARIN VERİMLİ ÇALIŞTIRILMASI



# KAZANLARIN VERİMLİ ÇALIŞTIRILMASI



## AZ HAVA İLE YANMA

- ❧ Alev rengi olması gerekenden daha koyu renkte
- ❧ Baca gazı analizörü ile baca gazı analizi yapıldığında fazla miktarda CO görülür
- ❧ Isı geçiş yüzeylerinde is ve kurum birikir
- ❧ Isı geçişi zorlaşır
- ❧ Yakıtın kimyasal enerjisinin tamamını ısıya çeviremediğimiz için yakıt tüketimi artar
- ❧ Zararlı CO ile çevre kirliliğine neden oluruz.

# KAZANLARIN VERİMLİ ÇALIŞTIRILMASI

## FAZLA HAVA İLE YANMA

- ☞ Alev rengi çok açık ve parlaktır
- ☞ Baca gazı hemen hemen gözle görülmez
- ☞ Ocak sıcaklığı düşer, baca gazı sıcaklığı artar
- ☞ Aynı miktardaki buharı elde etmek için daha fazla yakıt yakmak durumunda kalınır
- ☞ Çevreyi daha fazla kirletmiş oluruz
- ☞ Hem ekonomi yönünden, hem çevre sağlığı yönünden olumsuz sonuçları oluşur



# KAZANLARIN VERİMLİ ÇALIŞTIRILMASI



## TAM YANMA

- ☞ Alev rengi katı ve sıvı yakıtlarda açık sarı portakal renginde, gaz yakıtlarda ise mavidir
- ☞ Yanma ürünlerinde ve geri kalan kısımlarda yanıcı madde bulunmaz
- ☞ Baca gazı içinde CO bulunmaz
- ☞ O<sub>2</sub> ölçümü ile de yanmanın fazla hava yönünde olup olmadığı araştırılmalıdır,
- ☞ Bunların dışında baca gazı sıcaklığı da kazan verimi üzerinde direkt rol oynar

# KAZANLARIN VERİMLİ ÇALIŞTIRILMASI



## TAM YANMA

- ❧ Baca gazı sıcaklığı yakıt cinsi ve yakıt bileşenlerine bağlıdır
- ❧ Kükürt ve kükürtlü bileşikler içeren yakıtlarda baca gazı sıcaklığı **180 °C** altına düşürülmemelidir. Aksi halde kükürttten oluşan gaz bileşikler baca gazları içindeki su buharı ile birleşerek **sülfürik asit** oluşumuna olanak verilmiş olunur.
- ❧ İdeal bir yanmada baca gazının karbondioksit ve azot gazından ve bir miktar oksijenden oluşması gerekir.



# KAZANLARIN VERİMLİ ÇALIŞTIRILMASI



## TAM YANMA

- ❧ Yakıtın içinde karbon miktarının artması alev renginin kırmızıya dönmesine, hidrojen miktarının artması ise yanma sonucu oluşan su miktarının (su buharı) artmasına neden olmaktadır.
- ❧ iyi bir yanma neticesinde baca gazı içinde yakıt cinsine bağlı olarak maksimum ( $\approx\%$  12-13  $\text{CO}_2$ ) bulunmalı,  $\text{CO}$  miktarı ise mümkün olan en alt seviyeye indirilmelidir.

# KAZANLARIN VERİMLİ ÇALIŞTIRILMASI

Kazan seçimi yaparken işletmenin yıllık, aylık ve günlük bazda buhar ihtiyaçlarının göz önüne alınması gereklidir.

# KAZANLARIN VERİMLİ ÇALIŞTIRILMASI

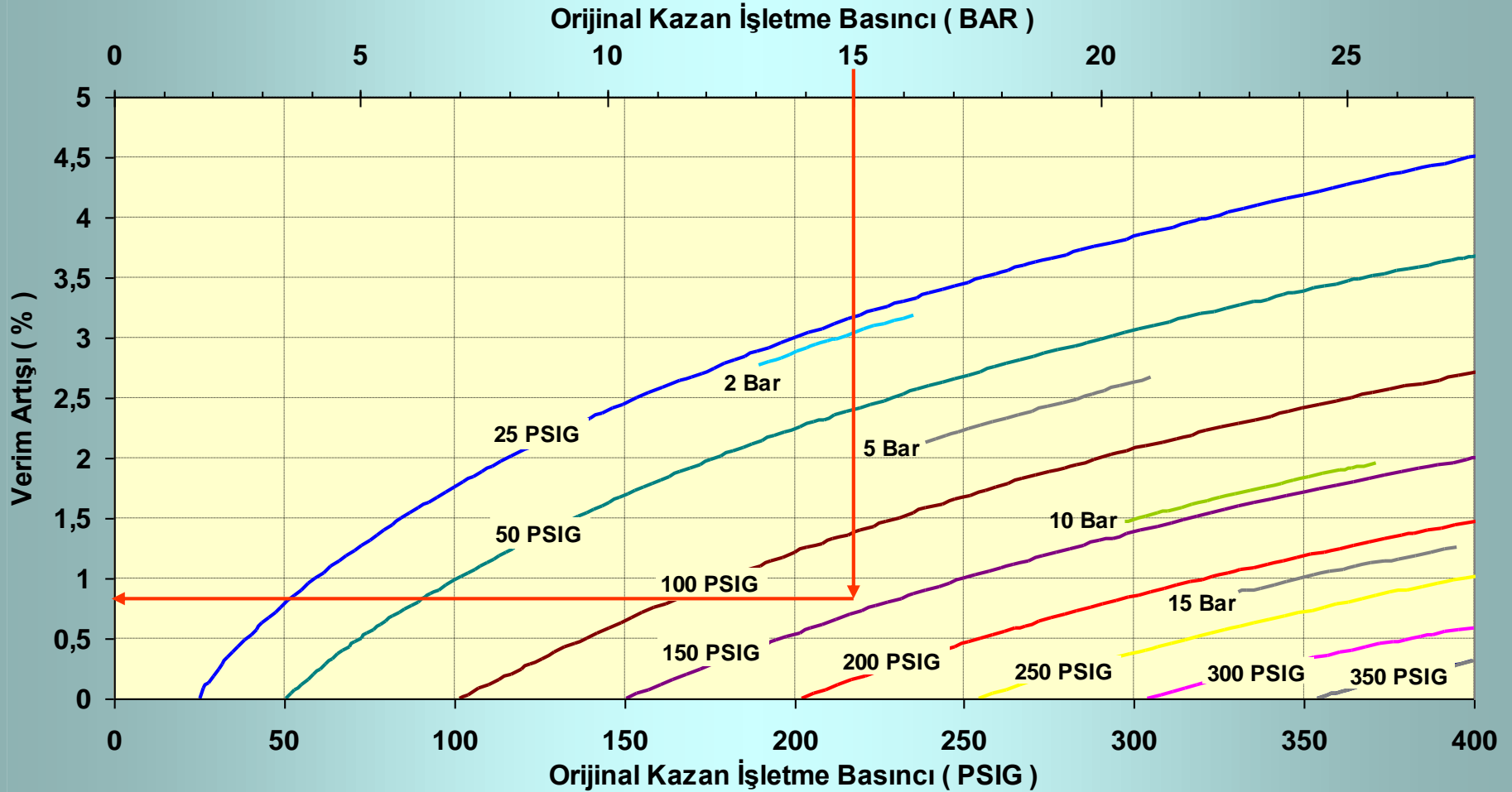
Kullanılan yerde buhar basıncı eğer, kazan basıncından daha düşükse ve devamlı bu durumda kalıyorsa kazan çalışma buhar basıncı düşürülebilir.

Buhar basıncının düşürülmesi

yakıt faturasında %1-2 lik bir tasarruf

# KAZANLARIN VERİMLİ ÇALIŞTIRILMASI

## Kazan İşletme Basıncının Azaltılması Yoluyla Verim Artışı



# KAZANLARIN VERİMLİ ÇALIŞTIRILMASI

Buhar basıncının düşürülmesi

⌚ Baca gazı sıcaklığı düşmesi

⌚ Kazan yüzey kayıplarının düşmesi

# KAZAN VERİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

- ✦ Eksik yanma Nedeniyle Olan Isı Kaybı
- ✦ Baca Gazındaki Su buharı İle Olan Isı Kaybı
- ✦ Kuru Baca Gazı Nedeniyle Olan Isı Kaybı
- ✦ Fazla Hava Nedeniyle Olan Isı Kaybı
- ✦ Baca Gazı Sıcaklığı Nedeniyle Olan Isı Kaybı
- ✦ Yakıtın Özelliğine Bağlı Olan Isı Kaybı
- ✦ Yakma Sistemlerine Bağlı Olan Isı Kaybı

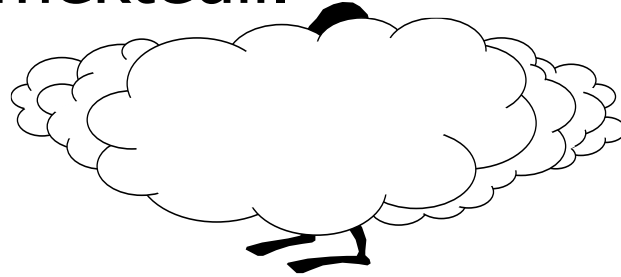


# KAZAN VERİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

- ✦ **Kazan Yüküne Bağlı Olan Isı Kaybı**
- ✦ **Kazan Yüzeylerinden Olan Isı Kaybı**
- ✦ **Blöf Nedeniyle Olan Isı Kaybı**
- ✦ **Besi Suyu Sıcaklığına Bağlı Olan Isı Kaybı**
- ✦ **Kondens Dönüşümüne Bağlı Olan Isı Kaybı**
- ✦ **Yanma Havası Sıcaklığına Bağlı Olan Isı Kaybı**

# EKSİK YANMA SONUCU OLUŞAN ISI KAYBI

Eksik yanma ile olan ısı kayıpları katı, sıvı veya gaz yakıt içerisinde bulunan yanabilir maddelerin yanmayarak kül, curuf içinde kaldığı yada baca gazında yanmamış karbon (is, kurum, CO) oluştuğu zaman meydana gelmektedir.



# SU BUHARI İLE OLAN ISI KAYBI

Yakıtlar serbest nem şeklinde ve kimyasal kompozisyonları nedeniyle içerisinde nem bulundurur.

Yakıtın içerisinde bulunan nem yanma esnasında buharlaşarak açığa çıkmaktadır. Su buharı olarak çıkan nem, kazandaki faydalı enerjinin bir kısmının bacadan dışarı atılmasına neden olmaktadır.

Yakıttaki serbest nemin mümkün olduğunca azaltılması enerji tasarrufu için gereklidir.

# KURU BACA GAZI İLE OLAN ISI KAYBI

Baca gazındaki  $\text{CO}_2$  ve Azot tarafından dışarı ısı taşınmaktadır.

Yanma için gerekli olan  $\text{O}_2$  nin gereğinden yüksek olması da faydalı ısıyı bacaya taşır.

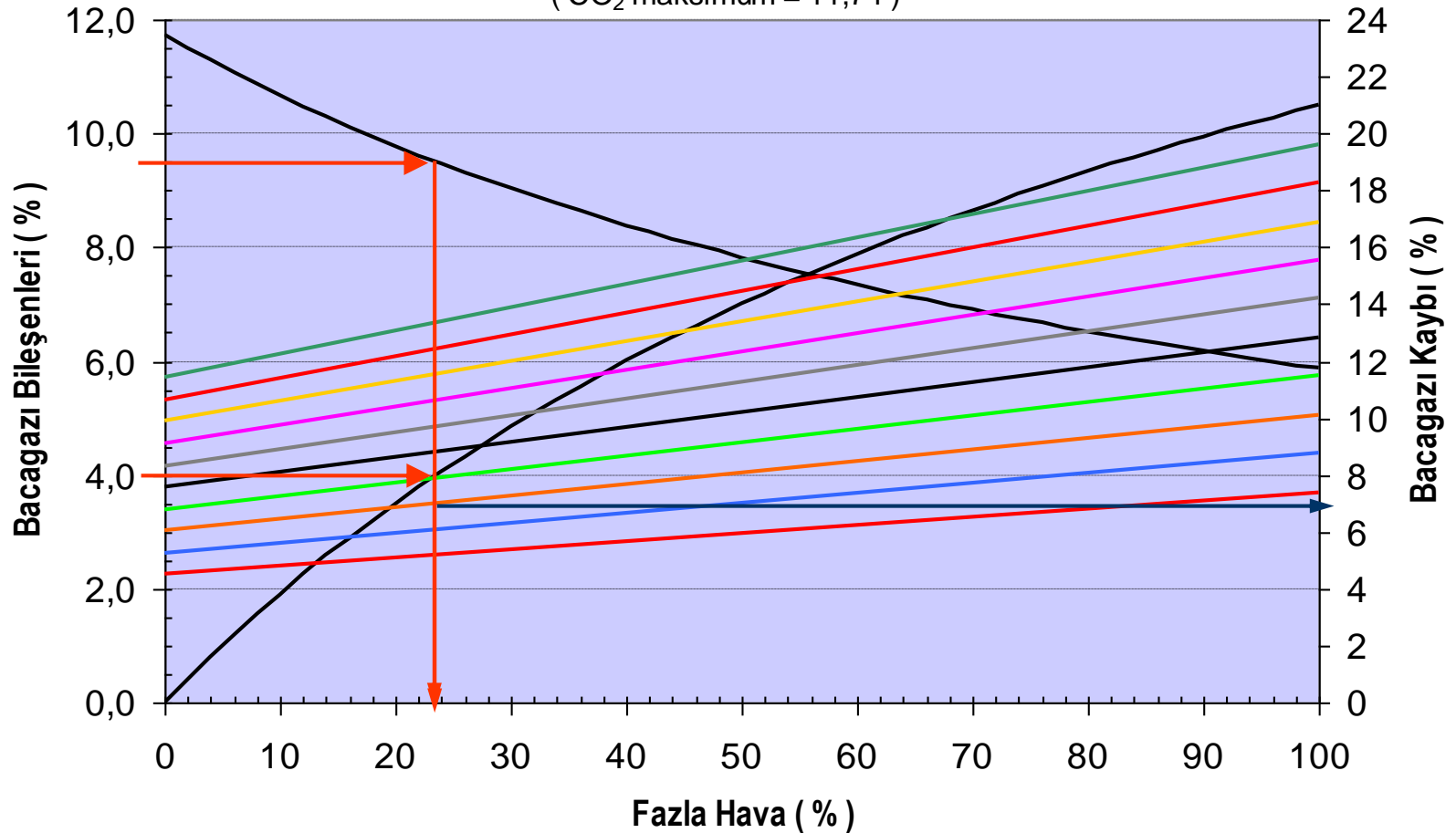
Isı kayıpları fazla hava ve bacagazı sıcaklığı optimum seviyeye indirilerek kontrol edilmelidir.



# KURU BACA GAZI İLE OLAN ISI KAYBI

Doğal Gaz Oksijen - Karbondioksit - Fazla Hava Grafiği

(CO<sub>2</sub> maksimum = 11,74)



— Oksijen	— Karbondioksit	— 120	— 140	— 160	— 180
— 200	— 220	— 240	— 260	— 280	— 300

# FAZLA HAVA İLE OLAN ISI KAYBI

Mevcut durumda fazla havanın, teorik hava (stokiyometrik) miktarına bölünmesiyle elde edilen değer **fazla hava oranı** olarak isimlendirilir.

$$\text{Fazla Hava Oranı(\%)} = \left[ \frac{(\text{CO}_2)_{\text{max}}}{\text{CO}_2} - 1 \right] \times 100$$

$$\text{Fazla Hava Oranı(\%)} = \left[ \frac{\text{O}_2}{21 - \text{O}_2} \right] \times 100$$

# FAZLA HAVA İLE OLAN ISI KAYBI

Mevcut durumda toplam havanın, teorik hava (stokiyometrik) miktarına bölünmesiyle elde edilen değer **hava fazlalık katsayısı** olarak isimlendirilir.

$$\text{Hava Fazlalık Katsayısı} = \left[ \frac{(\text{CO}_2)_{\text{max}}}{\text{CO}_2} - 1 \right] + 1$$

$$\text{Hava Fazlalık Katsayısı} = \left[ \frac{\text{O}_2}{21 - \text{O}_2} \right] + 1$$

$$\text{Hava Fazlalık Katsayısı} = ( \text{Fazla Hava Oranı} / 100 ) + 1$$

# FAZLA HAVA İLE OLAN ISI KAYBI

Kazanlarda yanma sistemi yanma problemlerine neden olmayacak minimum hava / yakıt oranı verecek çalışma seviyesinde ayarlanmalıdır.

Fazla hava miktarı gereğinden çok olursa;

- ❧ Bacagazı miktarını artırır ve artan bu miktardaki hava, bacagazı sıcaklığına kadar ısınıp enerji alacağından daha fazla ısının bacadan dışarı atılmasına neden olur,
- ❧ Bacagazı miktarının artması gaz debisinin, dolayısı ile hızının artmasına ve ısı transferinin düşmesine neden olmaktadır.



# BACAGAZI SICAKLIğI İLE OLAN ISI KAYBI



Bacagazı sıcaklığının kabul edilen değerlerin üzerinde olması halinde bacadan atmosfere fazla enerji atılmış olacaktır.

Bacagazı sıcaklığının yüksek olmasının iki ana nedeni vardır.;

- ☞ Isı transfer yüzeylerinin yetersiz oluşu
- ☞ Isı transfer yüzeylerinde oluşan kirlilikler

Bacagazında normal gaz sıcaklığının üzerine çıkan her 17 °C lik artış verimlilikte yaklaşık % 1 lik düşüşe neden olmaktadır.

# BACAGAZI SICAKLIĞI İLE OLAN ISI KAYBI



Bacagazı sıcaklığının kükürt içeren yakıtlarda asit yoğunlaşma sıcaklığı olan  $\sim 180$  °C' nin, doğalgaz da ise  $\sim 110$  °C' nin altına düşmemesi gerekmektedir.

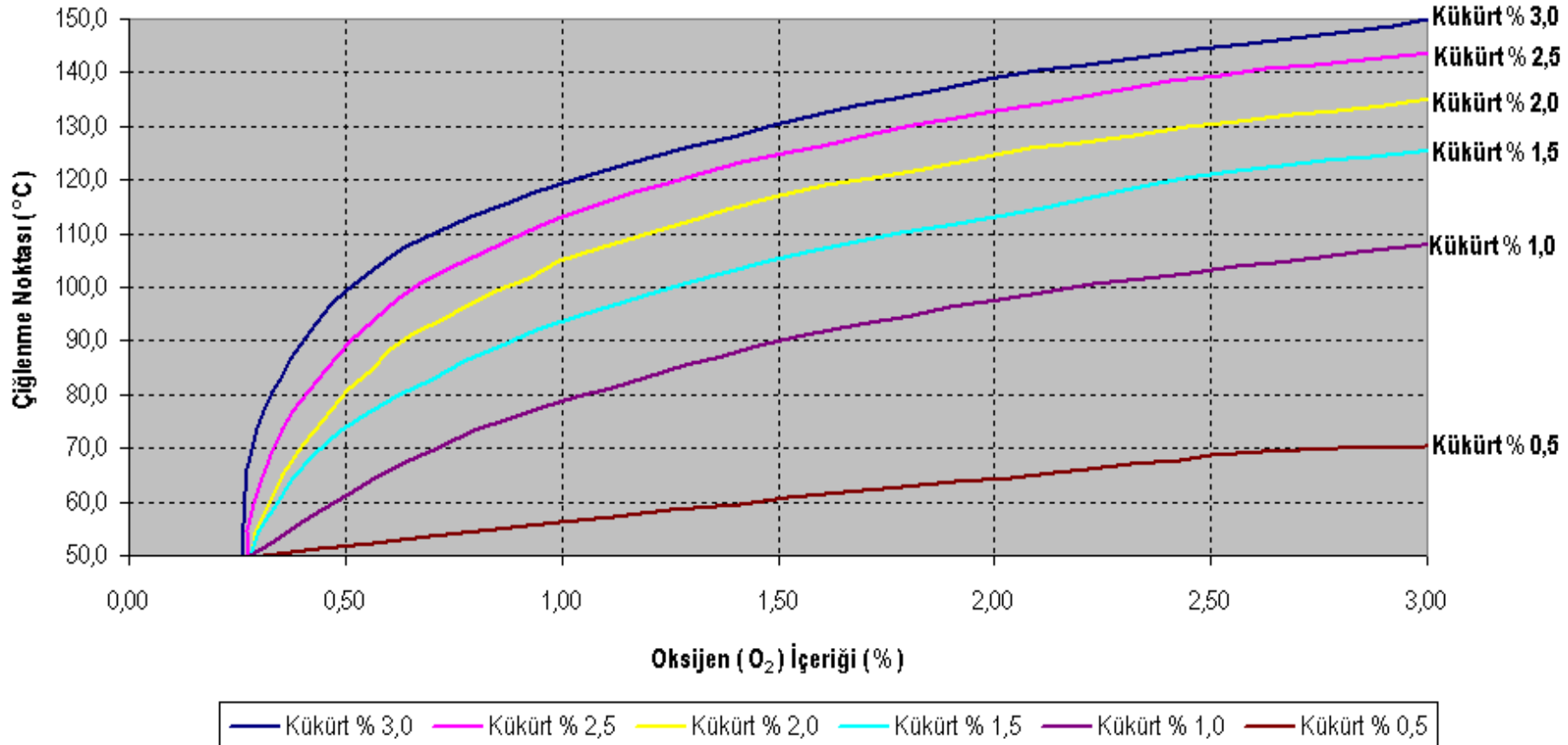
Bacagazı sıcaklığının asit yoğunlaşma sıcaklığının altına düşerse;

- ❧ Bacada korozyon sorunları ile karşılaşılır.
- ❧ Baca çekişinde de önemli düşüşler meydana gelebilir.

# BACAGAZI SICAKLIĞI İLE OLAN ISI KAYBI



Yakıtta Bulunan Kükürt % sine Bağlı Olarak Sülfürik Asit Çiğlenme Noktası Grafiği



# YAKIT CİNSİNE BAĞLI OLAN ISI KAYBI

Farklı yakıtlar farklı oranda karbon ve hidrojen içerdikleri için;

- Isıl değerleri
- Yanma sonucu oluşan bacagazındaki nem miktarı
- Curuf ve kurum miktarı değişmektedir.

Yakıt tipi	Atomizasyon sıcaklığı
Ağır Fuel Oil	100 – 120 °C
Orta Fuel Oil	77 – 94 °C
Hafif fuel Oil	43 – 60 °C

# KAZAN YÜKÜNE BAĞLI ISI KAYBI

Kazanlardan genellikle düşük yükte ve aşırı yük durumunda çalıştırılmadıkları zaman en yüksek verim elde edilir.

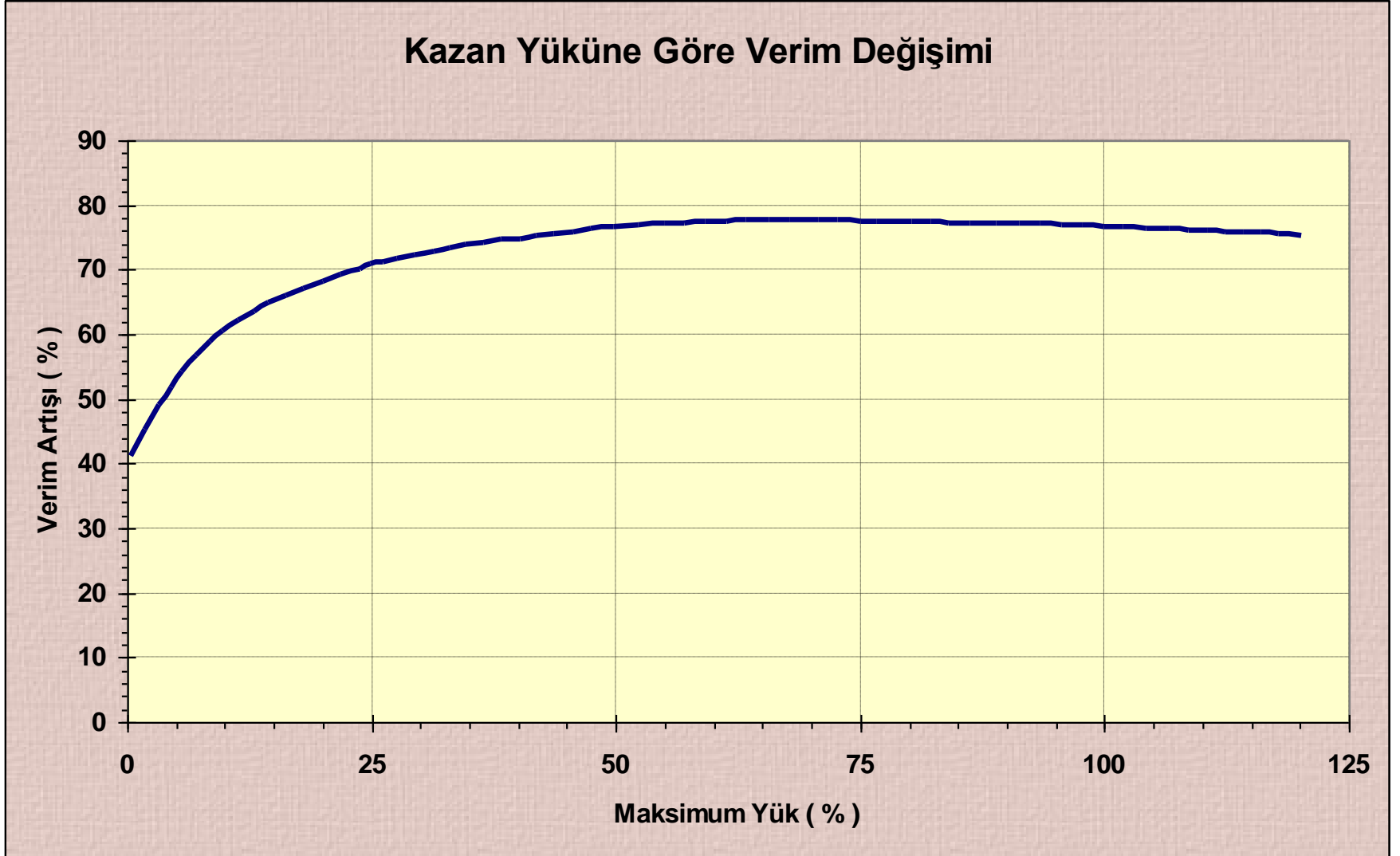
Maksimum yük ve devamlı çalışma durumunda çekilen yük oranı %50'nin altına düştüğünde verim eğrisi de hızla düşmektedir.

☞ kazan yüzeylerinden ısı kaybı artar.

☞ yakılan yakıt miktarı artar

Maksimum verim genel olarak kazanın tam yükünün %50'inden yukarı yüklerde çalışması durumunda ulaşılır.

# KAZAN YÜKÜNE BAĞLI ISI KAYBI

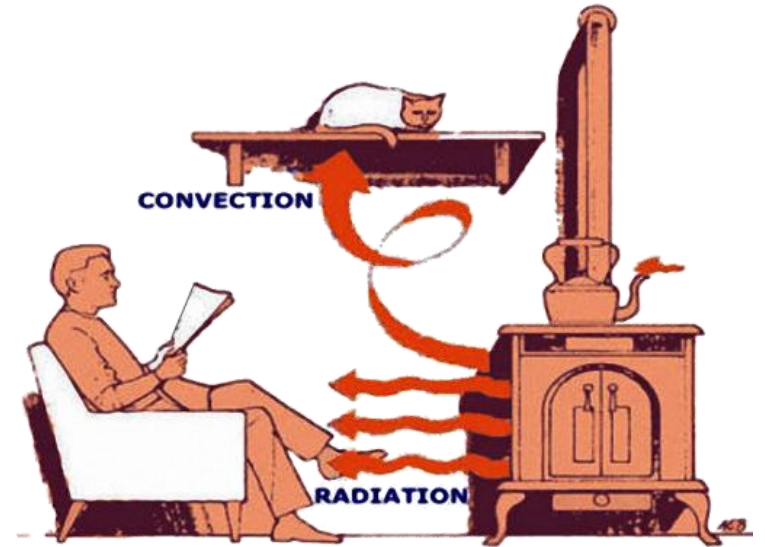


# KAZAN YÜZEYİNDEN OLAN ISI KAYBI

Kazan yüzeyinden olan ısı kaybı radyasyon ve konveksiyon şeklinde olmaktadır.

☞ yeni kazanlarda % 1

☞ eski kazanlarda %10



$$\text{Kayıp (\%)} = \frac{100}{\text{Kazan Çalışma Yüğü (\%)}}$$

# BLÖF NEDENİYLE OLAN ISI KAYBI



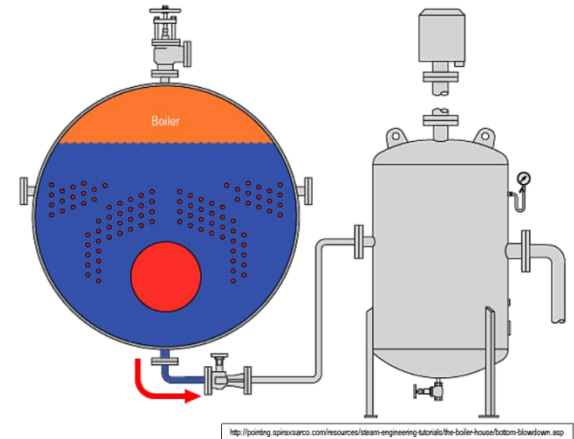
Kazan suyunun içindeki bazı mineraller yüksek sıcaklıkta çözünürlüklerinin değişmesi

sonucu suyun içerisinde tortulaşırlar ve kazanda ısı transferini azaltarak verimin düşmesine sebep olurlar.

Kazana iletkenliği düşük besi suyu verilmelidir.

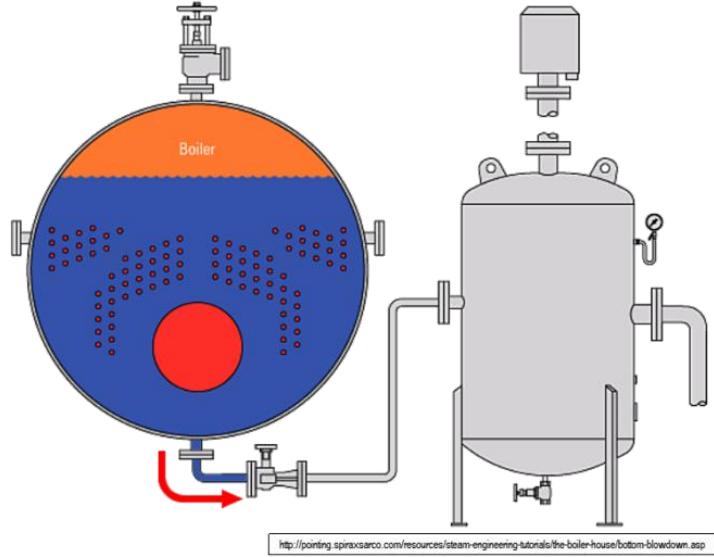
Kazan suyunda oluşan tortular temizlenmezse kireç taşı oluşur.

Kazan içerisindeki suyun bir miktarının belli aralıklarla boşaltılmasına **BLÖF** adı verilir.





# BLÖF NEDENİYLE OLAN ISI KAYBI



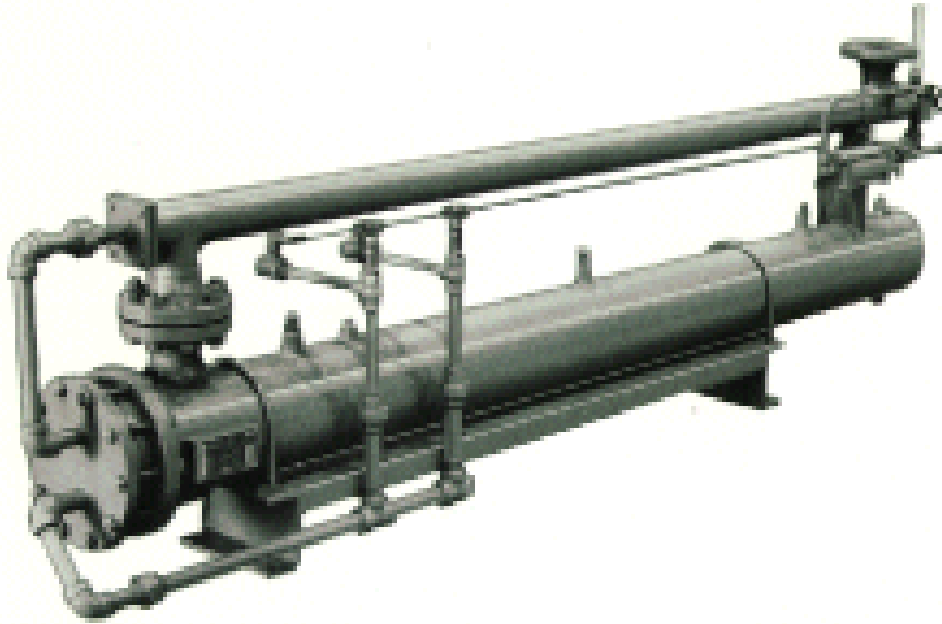
Blöf miktarı yüksek olan işletmelerde yapılan blöf ile dışarıya atılan enerjinin bir kısmı geri kazanılabilir.

❧ Isı değiştirici vasıtası ile ısı geri kazanımı

❧ flař tankında basıncın dūřürölmesi ile sıcak suyun tekrar buharlaştırılması sonucunda oluşan flař buharın yeniden kullanılması yoluyla ısı geri kazanımı

# BLÖF NEDENİYLE OLAN ISI KAYBI

ısı değiştirici vasıtası  
ile ısı geri kazanımı



flaş tankı vasıtası  
ile ısı geri kazanımı

# BLÖF NEDENİYLE OLAN ISI KAYBI

$$BD = \frac{S_f}{S_b} \times 100$$



**BD:** % Blöf (besi suyu miktarına göre)

**$S_f$ :** Besi suyunun iletkenlik değeri (ppm)

**$S_b$ :** Kazanda müsaade edilen maksimum iletkenlik değeri (ppm)

# BLÖF NEDENİYLE OLAN ISI KAYBI

$$BD = \frac{S_f}{(S_b - S_f)} \times 100$$



**BD:** % Blöf (buhar miktarına göre)

**S<sub>f</sub>:** Besi suyunun iletkenlik değeri (ppm)

**S<sub>b</sub>:** Kazanda müsaade edilen maksimum iletkenlik değeri (ppm)

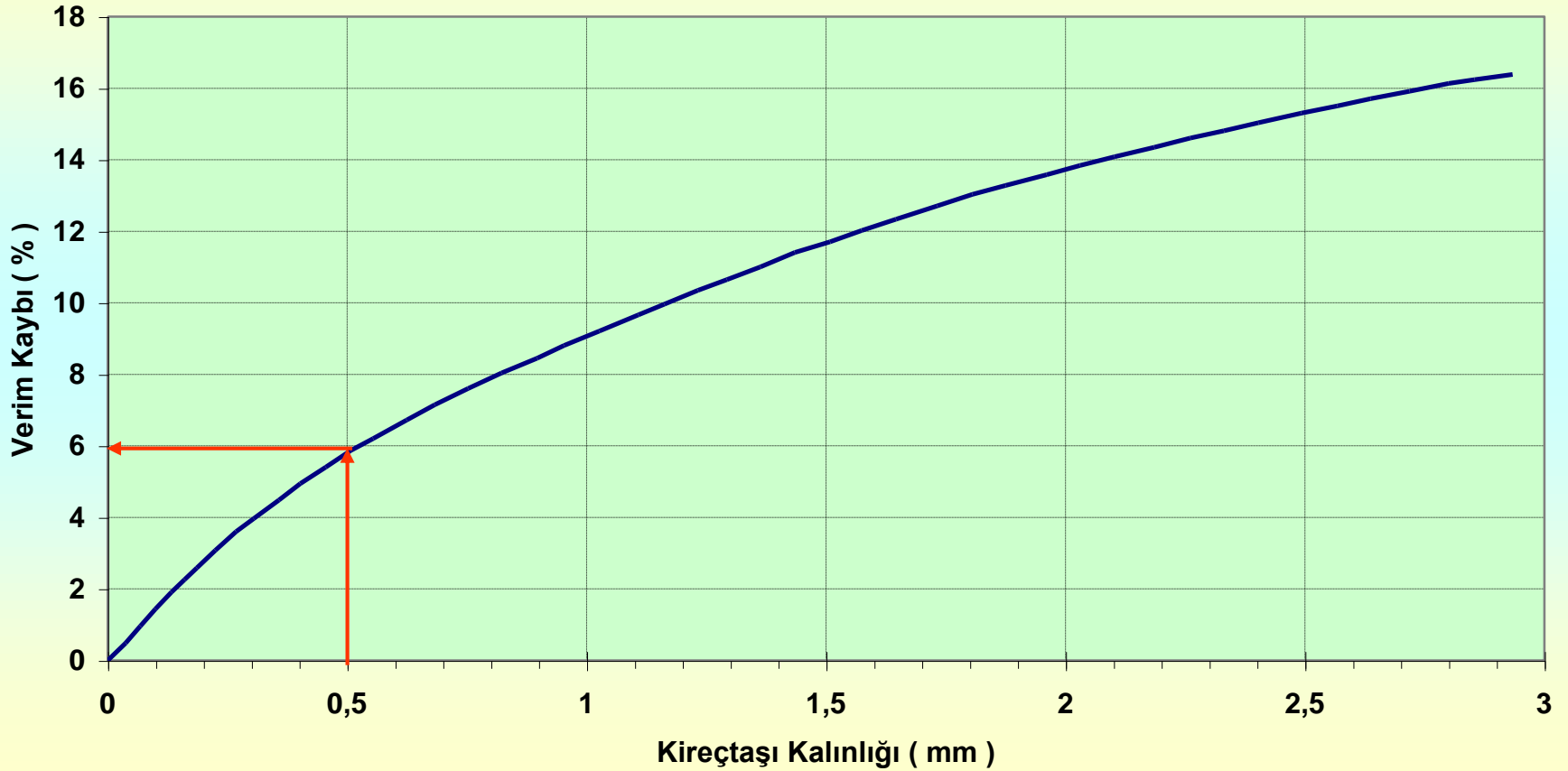
# BLÖF NEDENİYLE OLAN ISI KAYBI

$$BD = \frac{S_f}{S_b} \times 100$$

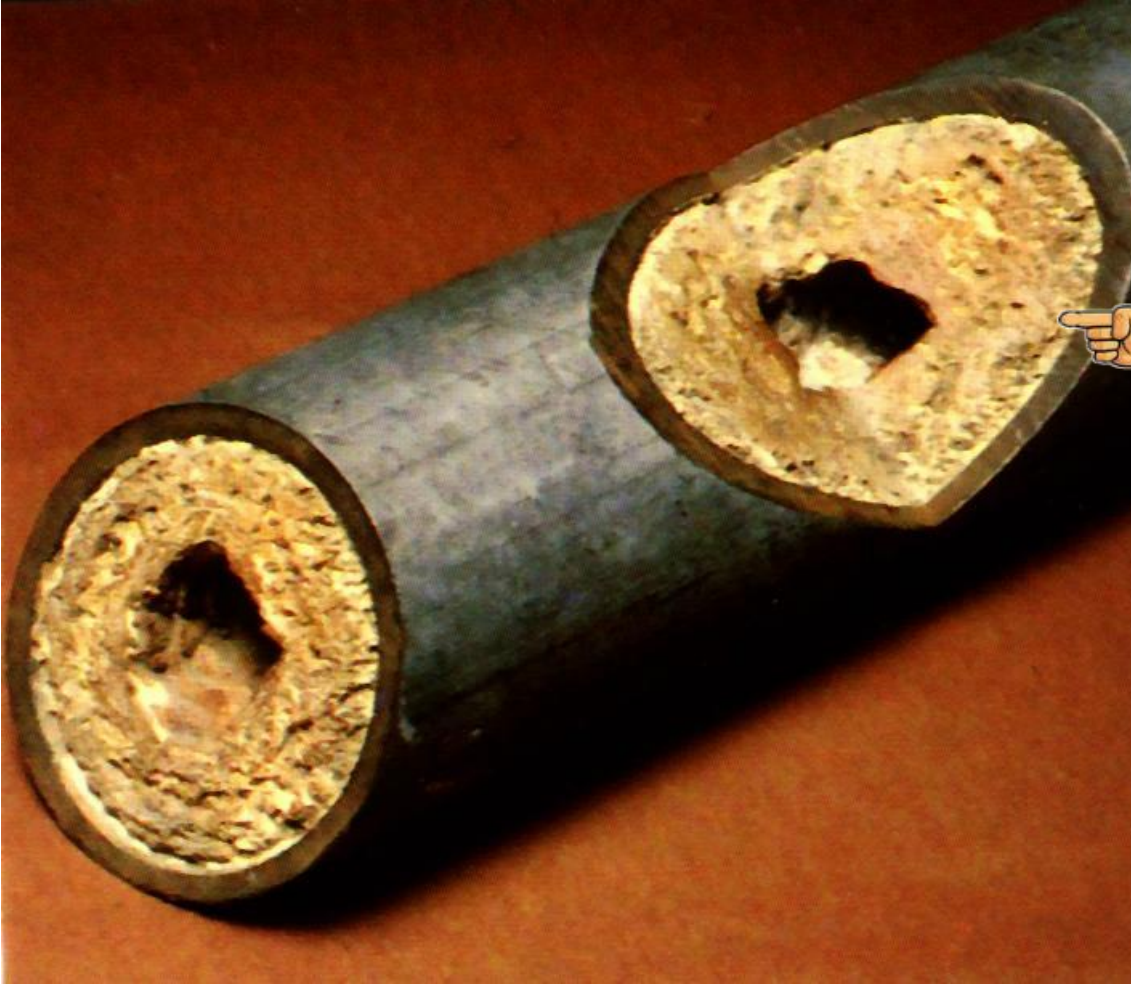
Kazan Basıncı (bar)	İletkenlik (ppm ~ $\mu\text{s/cm}$ )
0-20	3500
21-30	3000
31-40	2500
41-50	2000
51-60	1500
61-67	1250
68-100	1000
101-133	750
134 ve üstü	500

# KİREÇTAŞI NEDENİYLE OLAN VERİM KAYBI

Kireçtaşı Kalınlığı - Verim Kaybı



# KİREÇTAŞI OLUŞUMU VE SONUÇLARI



**Kireçtaşı**

# BESİ SUYU SICAKLIĞI NEDENİYLE OLAN ISI KAYBI

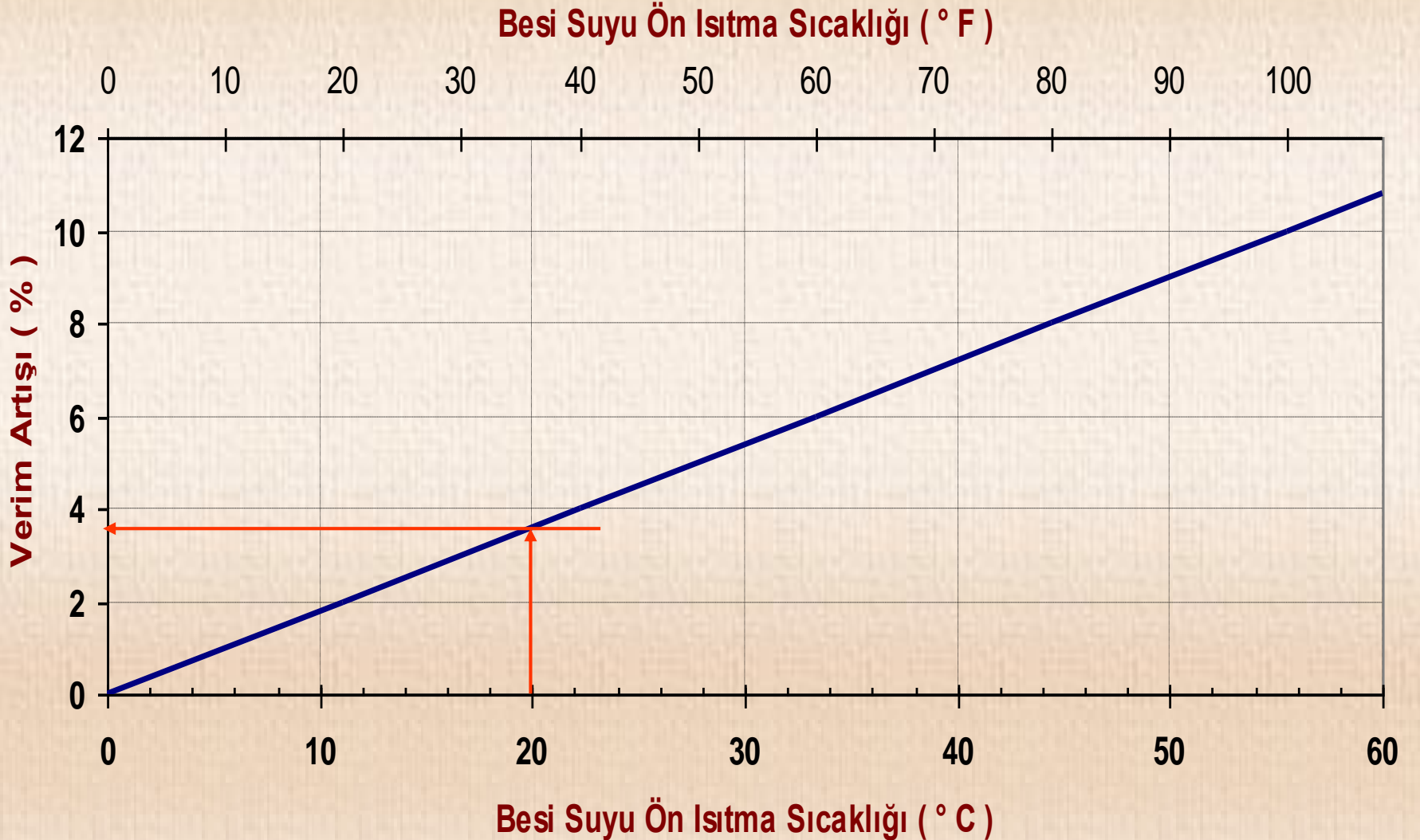
Kazan suyu;

- ❧ açık kondens tanklarında buharlaşma,
- ❧ proseste direkt buhar kullanımı
- ❧ blöf yapılması sonucu

zaman içerisinde bir miktar eksilmektedir. Bilindiği gibi besi suyu adını verdiğimiz tasfiye edilmiş su ve kondens suyu ile kazan suyu takviye edilmeli ve bu su mümkün olduğu kadar yüksek sıcaklıkta olmalı. Besi suyuna ilave olarak verdiğimiz tasfiye edilmiş suyun sıcaklığının da yüksek olması verimi olumlu yönde etkilemektedir.



# BESİ SUYU SICAKLIĞI NEDENİYLE OLAN ISI KAYBI



# KONDENSAT GERİ KAZANIMI

Kazanlarda üretilen buharın enerjisi kullanım yerinde kullanıldıktan sonra gönderilen buharın bir kısmı doymuş buhar bir kısmı da su olarak sistemden ayrılmaktadır.

Buhar kullanan ekipmanlardan sonra ve buhar hatlarında uygun yerlere konulacak buhar kapanları ile buharın sistemde kalması kondensatın geri alınması sağlanabilmektedir. Prosesten kaynaklanabilecek herhangi bir kirlenme söz konusu değilse sıcak ve kaliteli su olarak ayrılan kondensatın besi suyu olarak maksimum oranda kazana döndürülmesi ile kazanın verimi artırılabilir.

# KONDENSAT GERİ KAZANIMI

Kondensat geri dönüş oranına ve kondensat sıcaklığına bağlı olarak kazan verimi artırılmakta ve bunun sonucunda yakıt tasarrufu yapılabilmektedir.

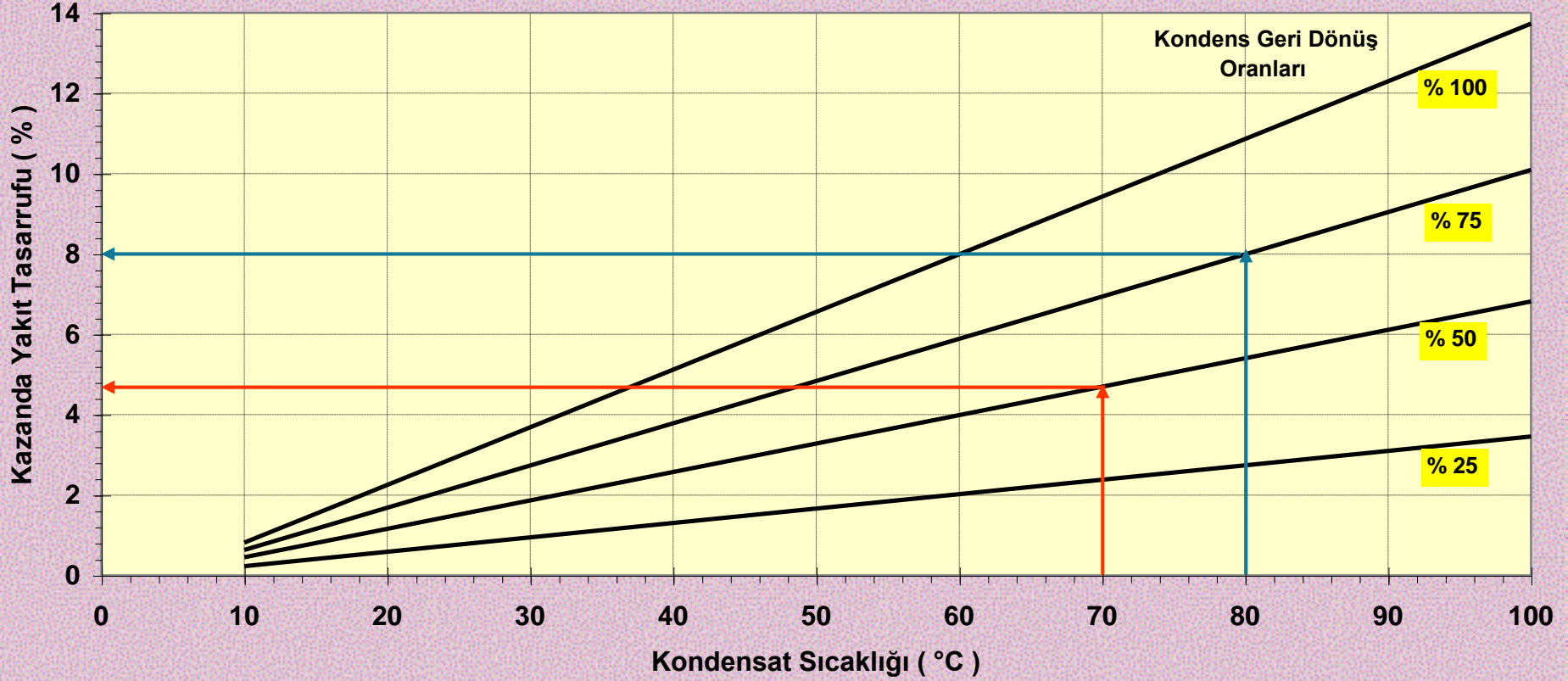
Kondensatın kirli olması ve kazana döndürülmesinin sakıncalı olduğu durumlarda;

❧ sıcak kondensat saf su aranmayan yerde kullanılabilir

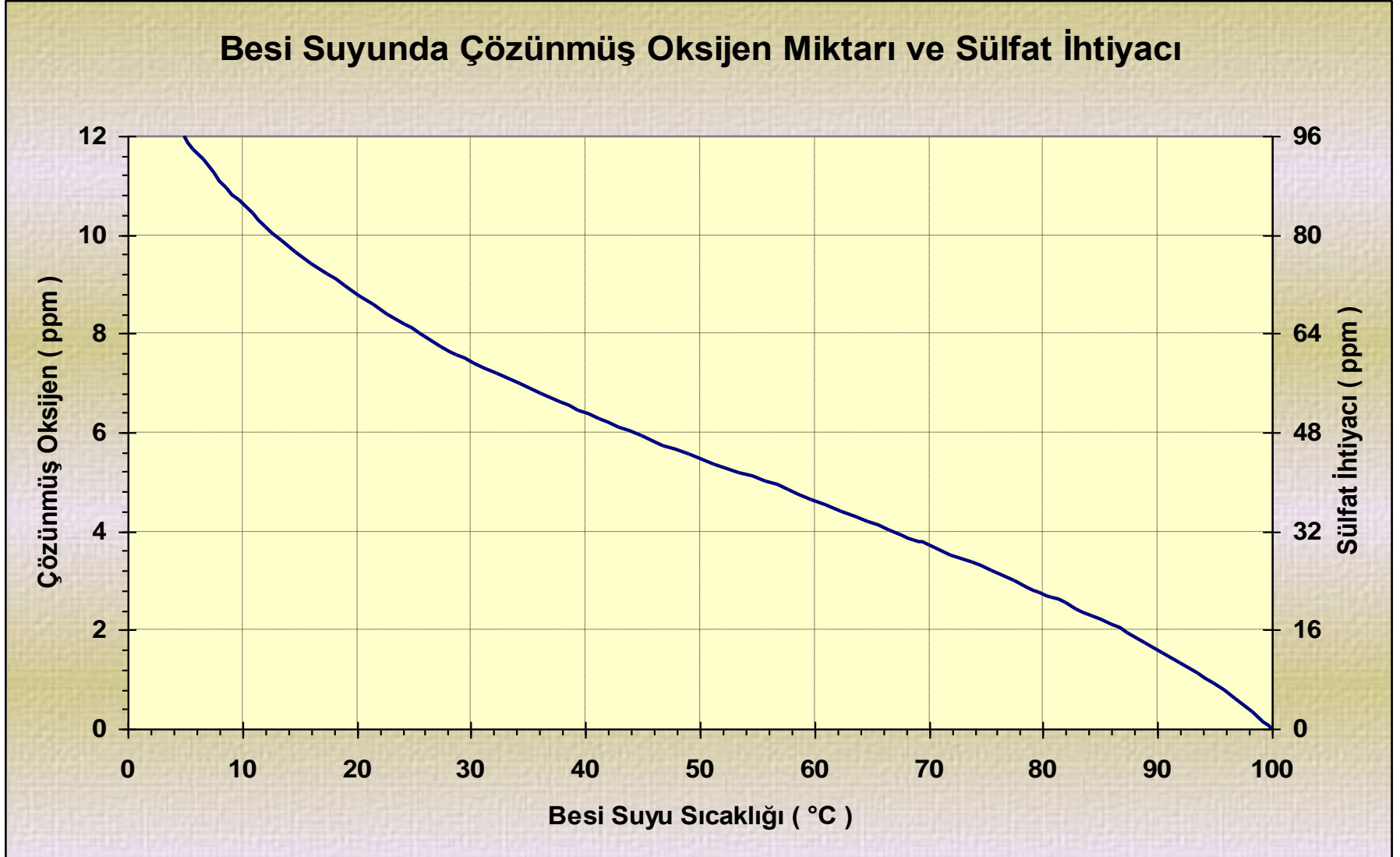
❧ kirli kondensat bir ısı değiştiriciden geçirilmek suretiyle sahip olduğu ısı geri kazanılabilir.

# KONDENSAT GERİ KAZANIMI

## Kondensat Geri Dönüş Oranının Artırılması İle Yakıt Tasarrufu



# BESİ SUYUNDA ÇÖZÜNMÜŞ OKSİJEN ve SONUÇLARI



# ÇÖZÜNMÜŞ OKSİJEN NEDENİYLE OLAN KOROZYON

Korozyon



# DEGAZÖR



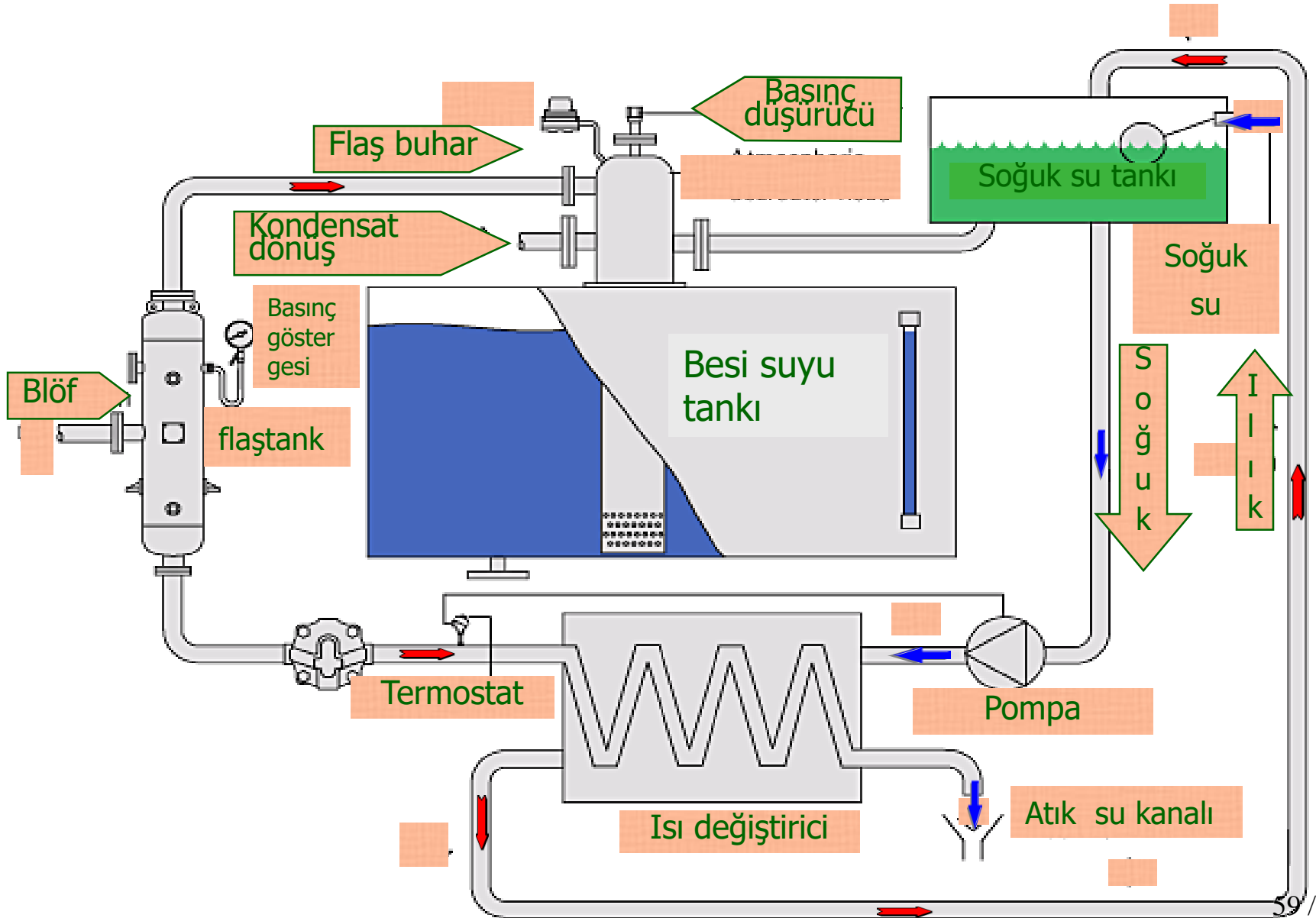
# YANMA HAVASI SICAKLIĞI



Yanma havasının, atık ısılar kullanılmak suretiyle ısıtılması sonucu sağlanacak her 28 °C'lik sıcaklık artışı kazan verimini yaklaşık olarak %1 artırabilmektedir.

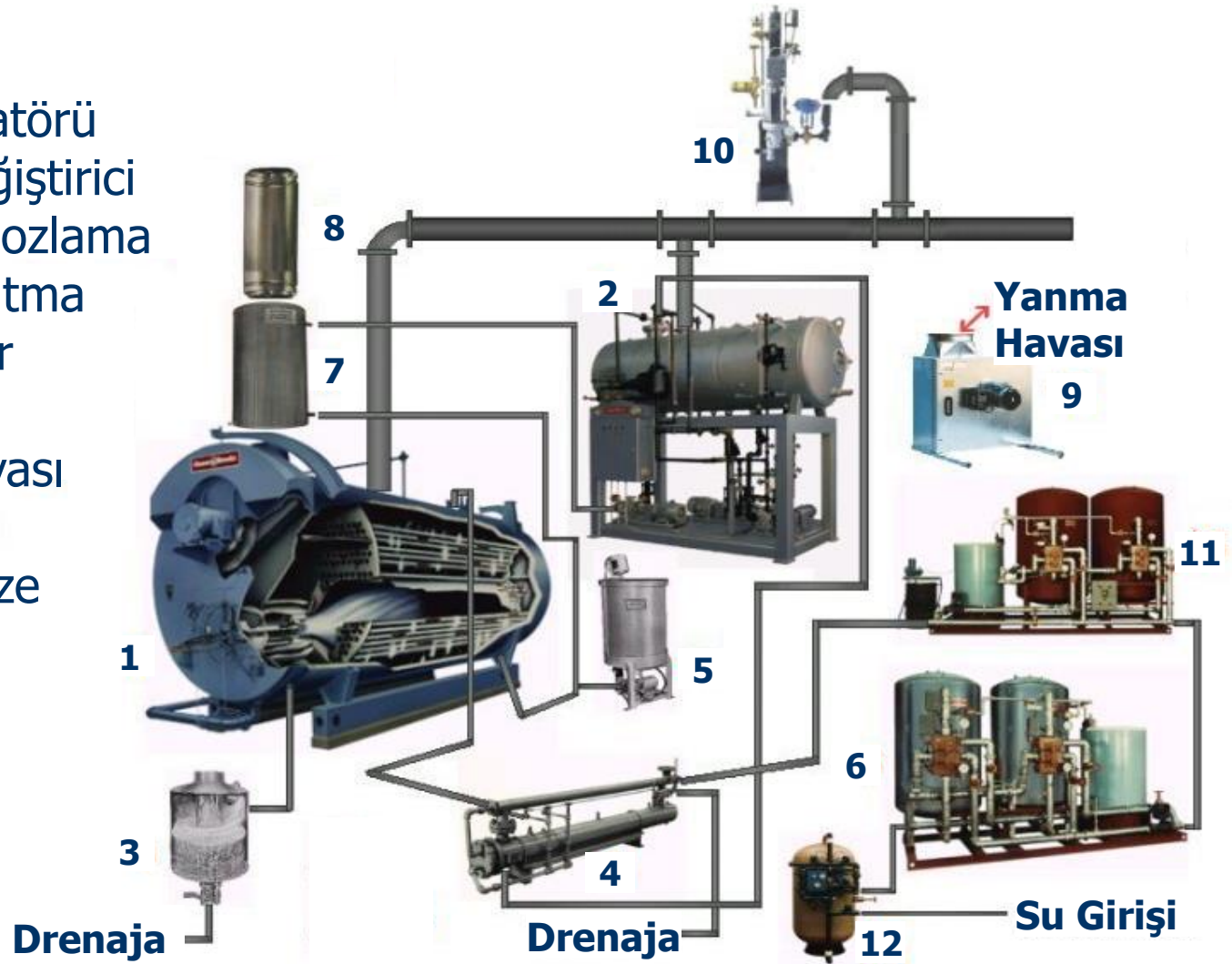


# ENERJİ GERİ KAZANIMI



# ENERJİ GERİ KAZANIMI

1. Kazan
2. Degazör
3. Blöf Separatörü
4. Blöf Isı Değişirici
5. Kimyasal Dozlama
6. Su Yumuşatma
7. Ekonomizer
8. Baca
9. Yanma Havası
10. Su Isıtıcı
11. Demineralize
12. Su Filtre



# KAZAN VERİM HESAPLAMA METOTLARI

## 1. Direkt Metot



$$\eta = \frac{\text{Faydalı Enerji}}{\text{Verilen Enerji}} \times 100$$

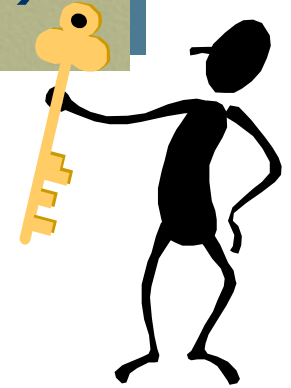
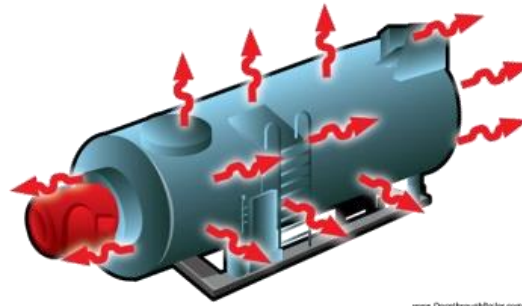


# KAZAN VERİM HESAPLAMA METOTLARI

## 2. Kayıpların Tespiti Metodu



$$\eta = 100 - \text{Toplam kayıplar (\%)}$$



# KAZANLARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ



**Süreyya AKMAN**

Kimya Yüksek Mühendisi

Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı

e-posta : sakman@enerji.gov.tr

sureyya.akman@enerji.gov.tr

