

# **BUHAR KAZANI BEŞİ SUYU HAZIRLAMA TEKNİKLERİ İÇİNDE TERS OSMOS CİHAZININ EKONOMİK YERİ\***

**Enis BURKUT**

## **ÖZET**

Buhar kazanı satın alınırken kazanın imalat kalitesine ve verimine dikkat edilir. Genellikle, besi suyunu hazırlayacak sistem üzerinde aynı titizlikle durulmaz. Bu nedenle ısı verimi çok yüksek olan bir buhar kazanı dahi yüksek iletkenlikte bir su ile beslendiğinde, yapılan blöflerden dolayı işletme verimi düşük olur.

Ülkemizde buhar kazanı besi suyu genellikle reçineli ion değiştiriciler ile hazırlanmaktadır. Ters Osmos (Reverse Osmosis) tekniği ile daha yüksek kalitede besi suyu hazırlanabilmektedir. 25 yıl kadar önce icat edilmiş olan bu teknik günümüzde rayına oturmuştur. Su içindeki minerallerin % 95-99'unu ayırarak suyu saflaştıran Ters Osmos tekniği ile üretilen besi suyu birçok sanayi tesisinde yüksek işletme ekonomisi sağlamaktadır.

## **1. BUHAR KAZANININ KALİTESİ KADAR BEŞİ SUYUNUN KALİTESİ DE ÖNEMLİDİR**

Bir buhar kazanı satın alınırken bunun imalat kalitesi, imalat sonrası yapılan basınç testleri ve işletme verimi üzerinde çok durulur. Ancak, bu kazanın ömrü, işletme verimi ve ürettiği buharın saflığı, kazanın imalat kalitesinden çok bunun içine konan suyun saflığı ile doğru orantılıdır. Bu nedenle buhar kazanı besi suyunun hazırlanmasında çok bilgili hareket edilmesi ve besi suyunun hazırlanması için gerekli cihazların çok titizlikle seçilmesi ve daha sonra bunların gene aynı titizlik ile işletilmesi gerekir. Buhar kazanının işletilmesinde (kazan ve kondens sistemi) yaşanan sorunların çoğu da gene kazana verilen ve "besi suyu" olarak adlandırılan suyun kimyasal kalitesi ile ilgilidir. Besi suyunun kimyasını küçümseyen, bu konuda kendini yetiştirmeyen işletmecinin sorunları hiç eksilmez. Bu yazıda yalnızca alçak basınçlı kazanların (1 -20 Bar) işletilmesine ait bilgilere yer vereceğiz. Yüksek basınçlı kazanların işletilmesi çok daha hassastır ve bunları işletenlerin bu yazıda sözü edilen konulara hakim olduklarını varsayıyoruz.

## **2. KAZAN BEŞİ SUYUNUN KİMYASI**

Buhar kazanı besi suyunun kimyasını öğrenmek için kimya ilminin derinliklerine inmek gerekmez. Ancak, aşağıdaki listede gösterilen konularda bilgi edinilmelidir. Bu listedeki hususlar konunun alfabesi olduğu için bunları özetleyerek yazının başına koymayı uygun gördük. İletkenlik: Suyun

**Enis BURKUT**

**1944 İzmir doğumludur. 1967 Fransa, Lyon LN.S.A. Makina Mühendisliği Bölümü mezunudur. 1969 - 1971 yıllarında Ankara da, meslekdaşı Erol Baysal ile beraber sanayi tesislerinde radyasyon ile ısıtma, toz alma ve iklimlendirme konularında proje hizmetleri verdi. 1971 yılında ALARKO A.Ş.'nin İzmir Şubesi kuruluşunda görev aldı. 1972 yılında M.M.O. İzmir Şubesi bünyesinde kurulmuş olan "Çevre Sorunları Komisyonu'nun kurucularındandır ve komisyonda üç yıl hizmet vermiştir. 1984 yılından bu yana serbest çalışmaktadır. Burkut Su Tekniği Cihazları San. ve Tic. Ltd. Şti.'nin kurucusu ve yöneticisidir Merkezi ABD'de bulunan Uluslararası iki su derneğine üyedir. Ters Osmos ve Ozon Gazı teknikleri üzerinde ABD1 de birçok şirkette eğitim görmüştür. Çok iyi İngilizce ve Fransızca bilir. Evli ve 3 çocuk babasıdır Su Tekniği konusunda makaleleri teknik dergilerde yayınlanmaktadır ve birçok kuruluşta Su Tekniği konusunda konferanslar vermiştir.**

elektrik iletme kabiliyetidir. Çok kullanılan ölçü birimi "mikrosiemens/cm" (hS/cm).

**Misal: Su içinde yalnızca 100 mg/lit NaCl tuz varsa ve başkaca hiçbir eriyik yoksa bu suyun iletkenliği 212 mikrosiemens/cm'dir.**

Toplam Eriyik Miktarı: Su içinde eriyik halde bulunan minerallerin ağırlıklarının toplamıdır, mg/lit cinsinden ölçülür. Su içindeki eriyik miktarı çoğaldıkça suyun iletkenliği yükselir.

Toplam Sertlik: Su içinde eriyik halde bulunan Kalsiyum - Ca ve Magnezyum - Mg bileşiklerinin toplamıdır. Ülkemizde üç değişik birim ile ifade edilir: (mg/lit CaCO<sub>3</sub> cinsinden), Fransız sertliği (= 10 mg/lit CaCO<sub>3</sub>), Alman sertliği (= 17.9 mg/lit CaCO<sub>3</sub>).

Toplam Alkalinite: Suyun asidi nötralize etme kabiliyetidir. Su içinde bulunan Co<sub>3</sub>, HCO<sub>3</sub>, ve OH ionlarının toplamıdır. Toplam Alkalinite mg/lit CaCO<sub>3</sub> cinsinden ifade edilir.

pH: Suyun asidik olma durumunu ifade eder. pH değeri 0 ile 14 sayıları arasında olur. pH= 7 nötr bir suyun sayısal değeridir.

Erimiş Oksijen: Su içinde erimiş halde bulunan O<sub>2</sub> gazının mg/lit cinsinden miktarını belirler.

Erimiş Karbondioksit: Su içinde erimiş halde bulunan CO<sub>2</sub> gazının mg/lit cinsinden miktarını belirler.

Silikat: Su içinde erimiş halde bulunan SiO<sub>2</sub> ionunun mg/lit cinsinden miktarını belirler.

Klorür: Su içinde erimiş halde bulunan Cl<sup>-</sup> ionunun mg/lit cinsinden miktarını belirler.

Demir: Su içinde erimiş halde bulunan Fe ionunun mg/lit cinsinden miktarını belirler.

### **3. BESİ SUYU KALİTESİ NEDENİ İLE BUHAR KAZANINDA VE BUHAR SİSTEMİNDE YAŞANAN SORUNLAR**

- Buhar kazanı içinde taş oluşması ısı iletimini azaltarak çok büyük ekonomik zarara yol açar ve ayrıca kazanın alevli bölümünde saçların fazla ısınarak özelliklerinin kaybolması ve kazan ömrünün azalmasına neden olur.

- Buhar kazanının korozyonu: Oksijen ve pH korozyonu ile beraber elektro-korozyon.

- Buhar kazanında köpük oluşması ve sisteme köpük kaçması dolayısı ile arzu edilmeyen minerallerin buhar hattına geçmesi, buhar kalitesinin bozulması.

- Kondens borularında korozyon (Alkalinitenin yüksek olması nedeni ile kazan içinde CO<sub>2</sub> gazı oluşur. Bu gaz buhar ile beraber sisteme gider, buhar enerjisini harcadıktan sonra kondens haline dönüştüğünde bu gaz suda erir ve kondens suyunun pH derecesini düşürür, dolayısı ile kondens boruları erimeye başlar.

- Yukarıdaki sorunların azaltılması için kazan içindeki suyun iletkenliği belli bir dengede tutulmak istenir. Bu nedenle kazandan blöf yapılır. Besi suyu iletkenliğinin yüksek olması fazlaca blöf yapılmasına neden olur, bu da kazanın işletme verimini düşürür (Bak: paragraf 7)

• Sözü edilen problemlerin azaltılması için bet suyu kalitesini belirlemek gerekir.

### **4. BUHAR KAZANI BESİ SUYU İÇİN İSTENEN KALİTE**

Alçak Basıncılı (1-20 Bar) kazanlar için istenen su kalitesi konusunda literatürde bazı değerler verilmektedir. Ancak, besi suyu kalitesinden daha önemlisi kazan içindeki suyun kalitesidir ki buna "Kazan Suyu" veya "Blöf Suyu Kalitesi" denir.

Buhar Kazanı Besi Suyu Kalitesi Değerleri: (1)

Toplam Sertlik: 0,1 Fr. sertliğinden az

Yağ miktarı: 2 mg/lit'den az

Oksijen: 0,05 mg/lit'den az

Toplam Demir: 0,05 mg/lit'den az

Toplam Karbondioksit: 20 mg/lit'den az

Silikat SiO<sub>2</sub>: olabildiğince düşük

pH değeri: 7,0 - 9,5 arası

Buhar Kazanı Blöfünden Alınan Kazan Suyunda Müsaade Edilen Değerler: [1]

(Kazan içinde kazan kimyasalları kullanıldığı kabul edilmiştir)

Toplam Sertlik: 0,0 °Fr

iletkenlik: en çok 6000 micro simens/cm (bazı literatür 8000 değerini dahi tolere ediyor) [7]

pH:9,5- 11,5

Silikat: en çok 150 mg/lit

Toplam Demir (Fe): 10 mg/lit

Klorür: mümkün olduğu kadar düşük

Çözünmüş Oksijen: 0 (termik Degazör ile Oksijenin çoğu alınır, bakiye ise oksijen tüketen kimyasallar ile yok edilir.)

İşletme basıncı yüksek olan kazanlar için su kalitesi toleransları çok daha hassastır. Türbin döndürecek buharı elde etmek için ise besi suyunun elektrik geçirmeyecek kadar saf olması arzu edilir (iletkenlik 0,1 micro s/cm, veya rezistivite 2 megaohm'un üzerinde).

## 5. BUHAR KAZANI İÇİNDE YAPILAN SU TERBİYESİ

Buhar kazanını beslemek için hazırlanan kaliteli besi suyunun sisteme zarar vermesi önlenemez. Çünkü kazan içinde buharlaşan su, kazan suyunun saf kısmıdır. Buharlaşmadan sonra geriye kalan su fiziksel ve kimyasal sorunlar çıkarabilir. Bunlara kısaca değinelim:

A. Kazan içindeki buharlaşma ile suyun saf kısmı ayrılır ve arta kalan suyun içindeki mineral oranı ve miktarı yükselir (iletkenlik artar). Bu nedenle taşlaşma, korozyon, köpük sorunları tekrar yaşanabilir. Bunların önlenmesi için bir taraftan kazandan bir miktar su atılır -BLÖF İŞLEMİ- ve böylece kazan içinde kalan suyun kimyasal niteliklerinin dengede kalması sağlanır; diğer taraftan kazan içindeki suya bazı kimyasallar verilerek korozyon, taşlaşma, köpürme gibi sorunlar önlenmeye çalışılır. (Not: bu yazıda kimyasal kullanma detaylarına yer verilmeyecektir.)

Ancak, yalnızca kazan kimyasallarına güvenilerek kazan işletmeciliği yapmak çok ekonomik olmaz. Çünkü kimyasalların miktarı kazan içindeki suyun kalitesine göre saptanır. BLÖF işleminin miktarı da kazan içindeki suyun kalitesi ile orantılıdır. Dolayısı ile kalitesiz bir besi suyu ile işe başlandığında bir taraftan fazlaca kimyasal kullanılır, diğer taraftan bolca yapılan blöfler ile kazan içindeki ısının bir kısmı atılmış olur, işletme verimi düşer, ayrıca kazan kimyasallarının bir kısmı da atılmış olur.

**B. Kondens içindeki havanın oksijeni çözünür ve bu oksijen kazan saçlarının oksidasyonuna, dolayısı ile korozyonuna yardımcı olur. Bunu önlemek için kazana verilmeden önce sular termik degazörden geçirilir ve oksijenden arındırılır. Termik degazör ile terbiye yanında su içine oksijeni tüketici kimyasal da verilir.**

## 6. TERS OSMOS (REVERSE OSMOSİS) İLE KAZAN BESİ SUYUNUN HAZIRLANMASI

*Ham su yüksek iletkenlikte olduğunda kazan besi suyunun klasik yöntemler ile hazırlanması (su yumuşatma cihazı ve dealkalize cihazı ile) çok blöf yapılmasını gerektirir, blöflerin fazla olması ile çok miktarda ısı ve kimyasal dışarı atılır ve işletmenin verimi çok düşer. Yüksek iletkenlikte ham suyu olan işletmelerin klasik yöntemden vazgeçip TERS OSMOS (T.O.) sistemi ile besi suyu hazırlamaları işletmeye ekonomi sağlar. Klasik cihazlara göre ilk yatırımı biraz daha yüksek olan T.O. sistemi çok kaliteli su ürettiği için sonuçta çok ekonomik bir işletme sağlanmış olur. EK-1 'de gösterilen su örneklerinde ham su ve bu sudan T.O. ile üretilen suyun analizleri karşılaştırılmıştır. Bu örneklerde açık bir şekilde görüldüğü gibi, T.O. sistemi ile üretilen suyun sertliği ve alkalitesi çok düşük seviyelere iner, ham suya kıyasla iletkenlik % 2 seviyesine iner, silikat % 3 kadar kalır.*

T.O. ile hazırlanan yüksek kalitede bir besi suyu ile işletilen buhar sisteminde elde edilecek tasarrufu şöyle özetleyebilir:

- blöfler en az onda bire düşeceği veya daha da azalacağı için ısı enerjisi tasarrufu çok yüksektir;
- yüksek kaliteli su kullanıldığı için kazan suyuna verilen kimyasalların çoğuna ihtiyaç kalmaz, kazan suyuna yalnızca az miktarda oksijen tüketici kimyasal vermek yeterlidir.
- blöflerin azalması ile kazan kimyasallarının blöf ile atılması da çok aza iner;
- kaliteli sudan dolayı taş oluşmayacak, dolayısı ile kazanın ısı geçirgenliği ve ısı verimi çok yüksek olacaktır, bakımlar da en aza indirilecektir,
- pH derecesinin 9,5 civarında tutulması ile korozyon önenebilir,
- alkalinite ve iletkenlik çok azaldığından kazanda köpürme ve buhar ile sisteme mineral kaçması olmaz, üretilen buharın kalitesi yükselir;
- alkalinitenin çok az olması nedeni ile kazan içinde karbondioksit oluşmaz, dolayısı ile kondens borularının korozyonu da en aza iner;
- klasik cihazlara karşı çok az bakım isteyen T.O. sisteminin özel personele ihtiyacı yoktur, yalnızca kazan dairesine bakan vardiya teknisyeninin gözetimi altında T.O. sistemi çalışır.

**ÖNEMLİ NOT:** T.O. cihazları, insan böbreği gibi, kendi kendini temizleyerek çalışır ve bu temizleme için çalışması sırasında T.O. ham suyun % 20 - % 40 kadarını atar. T.O.'nun su atışı ile Su Yumuşatma cihazlarının rejenerasyonda attığı su karşılaştırıldığında T.O. cihazı verimsizmiş gibi görünür. Ancak, bir buhar tesisinde yalnızca su hazırlama cihazlarını değil de buhar kazanı işletmesinin tamamını karşılaştırdığımızda T.O. sistemi ile su hazırlayan buhar tesisinin çok daha verimli olduğu görülür (Bak EK-2). Çünkü T.O. üretim suyu ile beslenen buhar kazanından yapılan blöfler klasik yumuşatıcı tesise kıyasla en az 1/10 oranındadır. Buhar kazanından yapılan blöfler ise T.O.'nun telef ettiği "ham su" kadar ucuz değildir, bu blöf ile atılan su çok yüksek miktarda ısı ve birçok kazan kimyasalı içerir. Bu görüşü doğrulayan EK-2 sayfası T.O. suyu kullanan bir tesisin işletme ekonomisini göstermektedir.

T.O. cihazının kendini temizlerken attığı su sanayi tesislerinin atığı ile karıştırılmamalıdır. T.O.'nun attığı su içinde yalnızca tabiatta bulunan mineraller konsantre halde bulunur, bu su içinde tabiata zarar verebilecek bir kimyasal olmadığı için, T.O. cihazını çok kullanan ülkelerin tüzüklerine göre bu su doğrudan denize, derelere veya yağmur kanallarına verilebilir.

## 7. BUHAR KAZANINDA BLÖF MİKTARININ TAYİNİ

"Blöf Yapılarak" buhar kazanından dışarı atılacak suyun miktarının tayini için iki yönden araştırma yapılır. [6]

A. Buharın kullanılacağı prosesin türüne göre blöf: (Bu yazıda alçak basınçlı kazanlar konu edildiği için buhar türbini işletmesinden söz edilmeyecektir). Bazı gıda işletmelerinde prosesde açık buhar kullanılır ve dolayısı ile kazan içindeki suyun düşük iletkenlikte olması istenir, "böylece kazan suyunun köpük yapması ve köpüğün buhar ile beraber tesise gitmesi önlenir. Diğer tesislerde, blöf suyu iletkenliği 5000 - 6000 mikrosiemens/cm civarı tutulabilir.

B. Besi suyunun İletkenliği ve Silikat içeriğine göre blöf: Kazana verilen taze besi suyunun kalitesine göre aşağıdaki hesaplar yapılır

İletkenliğe göre Konsantrasyon No (ne) = Kabul

edilen Kazan suyu iletkenliği / besi suyu iletkenliği

$100/nc = \% \text{ Blöf miktarı}$

Silikata göre Konsantrasyon No (nc)= Kabul edilen

kazan suyu azami Silikat miktarı/besi suyu silikat miktarı

$100/ ne = \% \text{ Blöf miktarı}$

iletkenlik ve Silikat için ayrı ayrı yapılan hesaplarda ortaya çıkan en yüksek oran (%) kazanın blöf miktarı olarak kabul edilir.

## 8. YUMUŞATMA CİHAZI İLE TERS OSMOS (T.O.) SİSTEMİN EKONOMİK OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI

ÖRNEK HESAP: Bu örnekte, EK-I'de analizi gösterilen Eskişehir yöresinden bir su örneğine göre blöf miktarı hesaplanacaktır. 10 Bar basınçta işletilen ve 10 ton/h buhar üreten bir kazan düşünüldü. Kazan suyu iletkenliği 6000  $\mu\text{S/cm}$ , azami silikat 150  $\text{mg/l}$  kabul edildi.

EK-I'de görüldüğü gibi yumuşak suyun iletkenliği 1912 ve silikat miktarı 43,2 ve aynı sudan T.O. ile üretilmiş olan suyun iletkenliği 172,5  $\mu\text{S/cm}$  ve silikat miktarı 0,4  $\text{mg/l}$ 'dir. Aşağıdaki hesaplar bu değerlere

İletkenliğe göre Konsantrasyon

İletkenliğe göre Blöf Miktarı

Silikata göre Konsantrasyon No

Silikata göre Blöf Miktarı

Yumuşatma Cihazına Göre

$No = 6000/1912 = 3,14$

$100/3,14 = \% 31,8$

$150/43,2 = No = 3,47$

$100/3,47 = \% 28,8$

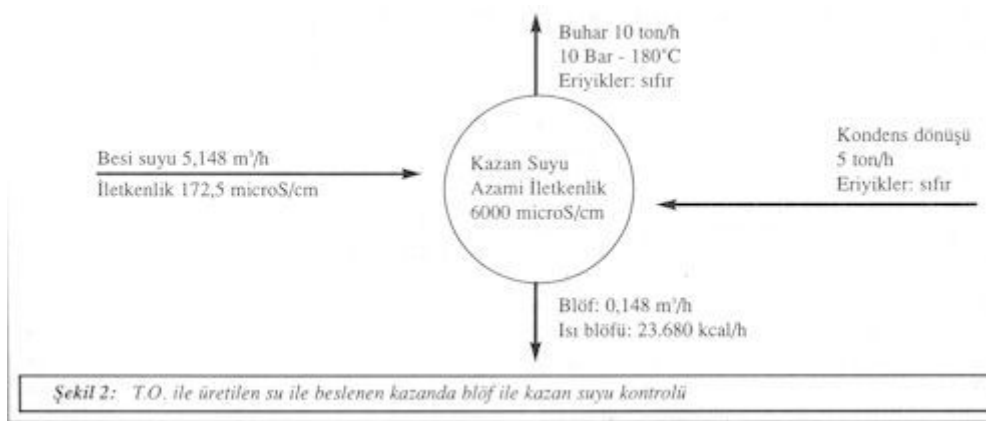
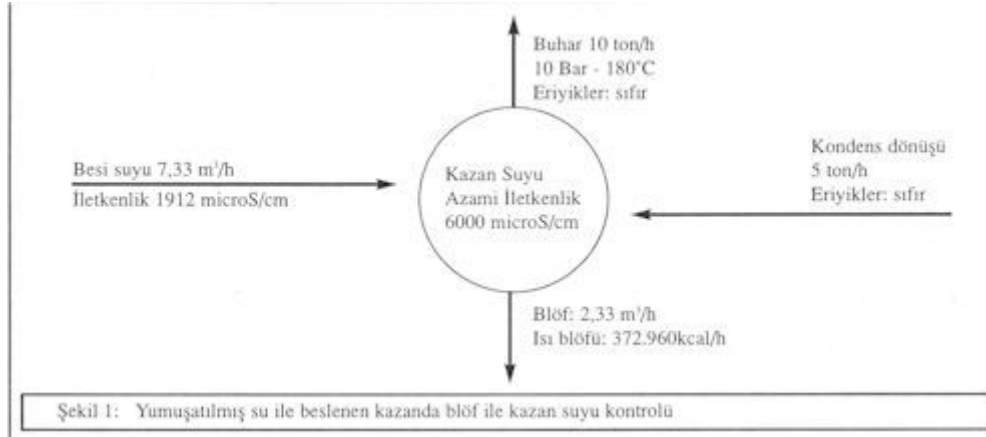
Ters Osmos Sistemine Göre

$6000/172,5 = No = 34,8$

$100/34,8 = \% 2,87$

$150/0,4 = No = 375$

$100/375 = \% 0,27$



**YORUM:** Ham su yalnızca yumuşatılmak sureti ile kazana verildiğinde, kabul edilen kazan suyu değerlerini tutturabilmek için kazana verilen besi suyunun % 31,8'i kadar blöf yapmak gerekecektir. Blöf sırasında kazanın işletme basıncında kaynar su atıldığı için atılan ısının kazan verimine tesiri çok yüksek olur. Aynı zamanda su ile beraber kimyasal da atıldığından işletme maliyeti çok yükselebilir, dolayısı ile işletme ekonomisi çok bozulur. Ham su Ters Osmos sistemi ile iyileştirildiğinde, pH'ın kostik ile yükseltilmesinden sonra suyun iletkenliği 1912'den 172,5  $\mu$ S/cm'ye ve silikat miktarı 43.2'den 0,4 mg/Lt'ye düşmektedir. Bu değerlere göre blöf miktarı hesaplandığında, T.O. ile hazırlanan besi suyunda kazan blöf miktarı % 31,8'den %2,87'e düşmektedir ki bu değer diğerinin 1/11'i kadardır. T.O. ile elde edilen kaliteli su ile işletilen buhar kazanında çok az blöf yapıldığından yüksek miktarda ısı ve kimyasal ekonomisi sağlanır. Bunların yanında alkalinite ve CO2 gazının olmayışı nedeni ile kondens borularının korozyona uğramaması ve sağlıklı kalması da önemli bir ekonomik avantaj olmaktadır.

EK-2'de belirtilen 10 bar basınçlı (180°C) kazan saatte 5000 litre buharı prosesde kullanıyor varsayarsak geriye ancak 5000 litre/saat kondens dönüşü olacaktır. Dolayısı ile 5000 litre/saat ek buhar üretimi için kazana 5000 litre/saat Kondens Suyu eşdeğerinde taze besi suyu vermek gerekecektir. Bu kazanın besi suyu Yumuşatıcı ile hazırlandığında blöf miktarı % 31,8 kabul edildiğinden, kazan verilecek Kondens Suyu eşdeğerindeki su miktarı 7331 litre/saat olacak ve bu ilave su dolayısı ile (7331 x % 31,8=) 2331 litre/saat blöf yapılacaktır. Yumuşatılmış suyun sıcaklığını 20°C kabul edersek bu blöften yaklaşık 372960 kcal/saat (At= 180-20°C) ısı kaybedilecektir, bu da yaklaşık 46,6 litre/saat fuel oil'e eşdeğerdedir.

Aynı kazanı 5000 litre/saat Kondens Suyu eşdeğerinde T.O. suyu ile beslemek istediğimizde kazana 5148 litre/saat taze su verilecek, % 2,87 oranda yalnızca 148 litre/saat blöf yapılacak ve bu blöften yalnızca 23680 kcal/saat ısı kaybedilecektir, bu da yaklaşık 2,96 litre/saat fuel oil'e eşdeğerdedir.

Örnek Hesap'da belirtilen blöf ve ısı ekonomisinin hakikate uygunluğunu Eskişehir Şeker Fabrikasında inceledik. 1997 Haziran ayında bu işletmede çalışmaya başlayan T.O. cihazı ile günde 600 m<sup>3</sup> kazan besi suyu üretilmektedir. Pancar mevsimi dışında sürekli çalışan alçak basınçlı kazanlar 1997 Haziran ayından başlayarak T.O. üretim suyu ile beslenmektedir. İki aylık çalışma sonucu blöflerin ve dolayısı ile günlük fuel oil harcamasının % 30 kadar düştüğü gözlemlenmiştir.

Besi suyunun T.O. ile elde edilmesi sonucu çok büyük enerji ve dolayısı ile yakıt tasarrufu sağlanmaktadır,

ancak bu tasarrufu T.O.'nun işletilmesi sırasında harcamalar ile karşılaştırmak gerekir. T.O. cihazı iyi su üretebilmek için şu harcamaları yapar. T.O. bir miktar suyu sürekli atar, üzerindeki basınçlı pompa elektrik harcar, T.O.'ya verilen ham suya asit ve kireçtaşı inhibitörü dozlanır; T.O. üretim suyuna kostik dozlanır ve 1-2 ayda bir 5 mikronluk kartuş filtreleri yenilenir. Bu harcamalar T.O.'dan elde edilen suyun maliyetini oluşturur. Burada belirtilen giderler bugünkü piyasa değerlerinin dövizle çevrilmesi ile hesaplanmış ve EK-2'de karşılaştırmalı maliyet analizinde gösterilmiştir. Proses gereği açık buhar kullanımı fazla olan işletmelerde buhar kazanına fazlaca besi suyu ilavesi olur. Özellikle bu tür açık buhar tüketen işletmelerde, buhar kazanı besi suyunun T.O. ile hazırlanması çok daha ekonomik olmaktadır. Ancak, ön kararlı olmayıp EK-2'deki örnek göz önüne alınarak her işletmeci, tesiste açık buhar sarfiyatı dolayısı ile ilave besi suyu oranına, tesisin elindeki ham su değerlerine ve diğer girdilerin bölgesel fiyatlarına göre karşılaştırmalı maliyet hesaplamalı ve işletme için en uygun olan su hazırlama sistemini seçmelidir.

## 9. TERS OSMOS (T.O.) SİSTEMİNİN YENİ KURULAN TESİSLERE UYGULANMASI

*T.O. cihazlarına verilecek suyun öncelikle çok iyi filtrelenmesi gerekir. Ham suyun filtrasyondan başka bir terbiyeye gereksinime duymayacağı ham suyun kimyasal analizine bağlıdır. Küçük tesislerde, ham suyun iletkenliği uygunsa ve su yumuşatılabiliyorsa, T.O. öncesi suyu yumuşatmak işletme kolaylığı sağlar. Yüksek kapasiteli sistemlerde ham suyun yumuşatılması gerekmez. İyi bir filtrasyondan sonra suyun içine verilecek kireçtaşı önleyici kimyasal (inhibitör) ve pH kontrolü için asit dozlaması ile ham suyun terbiyesi yapılır. Bu işlemde sonra T.O.'dan üretilen suyun içinde erimiş halde karbondioksit gazı kalır. Bu gazın sudan alınması için su soğuk bir degazörden geçirilir ve kondens deposuna verilir. Üretilen suyun pH derecesi düşük ise suya Kostik (NaOH) ilavesi ile suyun pH derecesi yükseltilir.*

## 10. TERS OSMOS SİSTEMİNİN SU YUMUŞATMA CİHAZI KULLANAN İŞLETMELERE UYGULANMASI

T.O. sistemine verilen ham suyun iyi filtrelenmiş olması ve T.O. cihazına zarar vermeyecek şekilde olması ve T.O. cihazına zarar vermeyecek şekilde hazırlanması gerekir. Su Yumuşatma Cihazı olan ve bunu iyi kullanan bir işletmede T.O. işletmesi kolaylaşır, filtrelenmiş ve yumuşatılmış su başkaca bir işlemde geçirilmeden T.O. cihazına verilir. Ancak kazan beslemeden önce suyun sıcak degazörden geçirilerek erimiş oksijenden arındırılması her zaman tavsiye edilir.

## 11. TERS OSMOS (T.O.) CİHAZININ İŞLETİLMESİ

Burada T.O. tekniğinin detaylarına yer verilmeyecektir. T.O. sistemi incelendikten sonra aşağıda sözü edilen konular daha net anlaşılır.

T.O. sistemi suyun basıncından yararlanarak çalışır. Bu nedenle T.O. cihazı üzerinde kademeli bir pompa bulunur. Ayrıca su içine kimyasal dozlayan en çok üç adet dozaj pompası görev yapar. T.O. sistemi üzerinde bulunan hareketli cihazlar bunlardır. Her işletmede bu tür pompalar olduğundan bu cihazların periyodik bakımları işletmeci için bir problem oluşturmaz.

T.O. sisteminde asıl önemli olan ve işletme hatası kabul etmeyen, böbrek misali suyun saflaşmasını sağlayan T.O. membranlarıdır. Sistemde kuruluş hatası olması, suyun ön filtrasyonunun ve ön terbiyesinin iyi yapılmaması veya suyun ön hazırlığı sırasında su içine

dozlanan kimyasalların iyi seçilmemesi veya dozlama ihmali ile membranlar tıkanır. Membran tıkanması kısa zamanda olmaz ve cihaz üzerinde bulunan basınç göstergeleri ile flovmetrelerin periyodik takibi ile membranların tıkanma ihtimali gözlemlenir, buna göre önlemler alınır. Membranların tıkanma sebebine göre kimyasallar ile yıkanması ve tıkanıklığının giderilmesi mümkündür. Ön terbiyesi iyi yapılan ve işletme hatalarının az olduğu işletmelerde membranların 6-8 yıl kadar hizmet verdiğini görmekteyiz, işletme hataları yapılan tesislerde bu süre çok kısadır[6].

## 12. SONUÇ

Kuyu suyu, yüzey suyu, hatta deniz suyundan dahi çok kaliteli su üreten T.O. cihazları yukarıda belirtilen ekonomik avantajlarından dolayı dünyanın birçok ülkesinde sanayide buhar kazanı besi suyu hazırlamada kullanılmaktadır. T.O. cihazları soğutma suyu, proses suyu ve içme suyu hazırlama için de kullanılabilir. Yatırımcılar ve yatırımcılara yön veren mühendisler EK-2'deki fiyat analizine benzer ekonomik analizler yaptıktan sonra su hazırlama cihazları seçimine karar vermelidirler ve ekonomik hesaplar uygun görünüyorsa alışılabilir su yumuşatma cihazı yerine T.O. cihazlarını seçebilirler. Çok kaliteli su üreten T.O. cihazlarının ülkemizdeki birçok işletmenin ekonomisi ile bağdaştığına inanıyorum.

**ÖRNEK-1****ESKİŞEHİR YÖRESİNDEKİ BİR SUDAN TERS OSMOS TEKNİĞİ İLE KALİTELİ SU ELDE EDİLMESİ**

İLAVESİ	HAM SU	T.O. ÇIKIŞI	SOĞUK DEGAZÖR + KOSTİK
Toplam Sertlik	70,1 Fr	0,19 Fr	0,19 Fr
İletkenlik $\mu\text{S/cm}$	1912	16,5	172,5
Toplam Eriyikler	1275 mg/lt	11,0 mg/lt	115 mg/lt
Cl	128 mg/lt	0,8 mg/lt	0,8 mg/lt
SiO <sub>2</sub>	43,2 mg/lt	0,4 mg/lt	0,4 mg/lt
CO <sub>2</sub>	55,7 mg/lt	266 mg/lt	1 mg/lt
pH	7,4	4,7	8,0 (NaOH ilavesi ile)

**ÖRNEK-2****İZMİR - ÇİĞLİ YÖRESİNDEKİ BİR SUDAN TERS OSMOS TEKNİĞİ İLE KALİTELİ SU ELDE EDİLMESİ**

İLAVESİ	HAM SU	T.O. ÇIKIŞI	SOĞUK DEGAZÖR + KOSTİK
Toplam Sertlik	45,6 Fr	0,17 Fr	0,17 Fr
İletkenlik $\mu\text{S/cm}$	4093	79	111
Toplam Eriyikler	2729 mg/lt	52,7 mg/lt	74 mg/lt
Cl	1416 mg/lt	26 mg/lt	26 mg/lt
SiO <sub>2</sub>	76,0 mg/lt	1,5 mg/lt	1,5 mg/lt
CO <sub>2</sub>	3,9 mg/lt	17,9 mg/lt	0,2 mg/lt
pH	7,9	5,8	8,0 (NaOH ilavesi ile)

**ÖRNEK-3****DENİZLİ YÖRESİNDEKİ BİR SUDAN TERS OSMOS TEKNİĞİ İLE KALİTELİ SU ELDE EDİLMESİ**

İLAVESİ	HAM SU	T.O. ÇIKIŞI	SOĞUK DEGAZÖR + KOSTİK
Toplam Sertlik	132 Fr	0,13 Fr	0,13 Fr
İletkenlik $\mu\text{S/cm}$	2835	28,2	187,5
Toplam Eriyikler	1890 mg/lt	18,8 mg/lt	125 mg/lt
Cl	17,8 mg/lt	0,5 mg/lt	0,5 mg/lt
SiO <sub>2</sub>	22,0 mg/lt	0,84 mg/lt	0,84 mg/lt
CO <sub>2</sub>	84 mg/lt	260 mg/lt	1 mg/lt
pH	7,0	5,0	8,0 (NaOH ilavesi ile)

**EK-2**

10 Ton Saat için

**10 TON/SAAT - 10 BAR KAPASİTELİ BİR KAZAN İÇİN SU YUMUŞATMA CİHAZI İLE TERS OSMOS  
SİSTEMİNİN EKONOMİK YÖNDEN KARŞILAŞTIRILMASI  
TESİSDE 5 TON/SAAT AÇIK BUHAR KULLANILDIĞI VARSAYILDI (ÖRNEK OLARAK EK-1'DE ANALİZİ  
VERİLEN ESKİŞEHİR SUYU ALINMIŞTIR)**

**Değerler Tesisin Günde 24 Saat Çalışmasına Göre ve Günlük Olarak Hesap Edildi  
(Ağustos 1997 Piyasa Fiyatlarınının US Dolar karşılıkları alındı)**

	YUMUŞATICI	T.O. SİSTEMİ
Tebliğ'in 11. paragrafına göre Blöf ile atılan su miktarı oranı	Yumuşatıcı için % 31,8	T.O. için % 2,87
Blöften dolayı ısı kaybının eşdeğeri	46,6 kg/hx24=1118,4 kg/gün	2,96x24=71,04 kg/gün
Fuel oilin günlük değeri	184,5 Dolar/gün	11,7 Dolar/gün
5000 litre/h ek buhar üretimi için gerekli taze besi suyu ihtiyacı	7,33 m <sup>3</sup> x24 ton/gün= 175,2 m <sup>3</sup> /gün(blöf dahil)	5,15m <sup>3</sup> x24 ton/gün 123,5 m <sup>3</sup> /gün(blöf dahil)
Yatırım amortismanı günlük (kabul: 300 iş günü/yıl x 5 yıl)	7,5 m <sup>3</sup> /h Oto. Tandem cihaz 6 Dolar/gün	125 m <sup>3</sup> /gün T.O. 33,5 Dolar/gün
Kullanılacak ham suyun maliyeti 8 saatte bir rejenerasyon suyu (kuyu suyu veya şehir suyu fiyatı dahil 192 m <sup>3</sup> /gün hesaplanacaktır)	.....Dolar/gün	% 75 randıman ile 167 m <sup>3</sup> /gün .....Dolar/gün
Elektrik tüketimi 1 Kwh= 0,064 Dolar	YOK	7,5x24=180 Kwh/gün 11,5 Dolar/gün
Tuz gideri	135 kg/gün 13,10 Dolar/gün	YOK
Sülfürik asit gideri(%92'lik)	YOK	9 kg/gün 3,1 Dolar/gün
Kireç inhibitörü gideri	YOK	1,4 kg/gün 14 Dolar/gün
Kostik gideri(%50'lik sıvı)	YOK	12,5 kg/gün 5,5 Dolar/gün
Kartuş filtre gideri(2 ayda bir)	YOK	1,17 Dolar/gün
Kazan kimyasal gideri (blöf miktarı ilave edilerek kimyasal hesaplanmalıdır)	175,2 m <sup>3</sup> /gün yumuşak besi suyu için .....Dolar/gün	123,5 m <sup>3</sup> /gün kaliteli T.O. suyu için .....Dolar/gün

Not: Bu EK-2'deki hesap verilerine uyan bir işletmede Ters Osmos sistemi en çok BİR YIL içinde amorti etmektedir.

## KAYNAKLAR

- 1. The NALCO Water Handbook, NALCO Chemical Co. ABD.**
  - 2. BETZ Handbook of Industrial Water Conditioning, BETZ Lab. ABD**
  - 3. Stratton, Tom. "Treating Boiler Feedwater", Water Technology, March 1993**
  - 4. Smothers, Kent W. "Reverse Osmosis for Makeap", Industrial Water Treatment, September 1995.**
  - 5. Dudley, Richard P. "How to Select a Boiler Feed Water Pretreatment System", Chemical Processing.**
  - 6. Burkut Su Tekniği Ltd. Şti/nin 1990 yılından beri kurmuş olduğu TO. tesislerinin dokümanları.**
  - 7. Gürsel Teknik Şirketinden Yük. Müh. Savaş Gürsel'in şahsi notları.**
- \* Bu makale III Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, İzmir, Kasım 1997 Bildiriler Kitabı'ndan alınmıştır.**