



**Bu bir MMO
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

İSKENDERUN DEMİR ÇELİK FABRİKASI ENERJİ TESİSİ SAF SU HAZIRLAMA ÜNİTESİNİN İNCELENMESİ

**EMRAH YALÇIN
ÖZAY AKDEMİR
EGE ÜNİVERSİTESİ**



İSKENDERUN DEMİR ÇELİK FABRİKASI ENERJİ TESİSİ SAF SU HAZIRLAMA ÜNİTESİNİN İNCELENMESİ

Emrah YALÇIN
Özay AKDEMİR

ÖZET

Ülkemizin kuruluş tarihi itibari ile üçüncü, uzun ürün üretim kapasitesine göre en büyük entegre demir ve çelik fabrikası olan İsdemir, 2008 yılında devreye aldığı 3.5 milyon ton/yıl sıcak haddeleme kapasitesi ile Türkiye'nin uzun ve yassı ürün üreten tek entegre tesisidir.

İsdemir'in saf su ihtiyacını karşılamak için 600 t/h kapasiteli yeni saf su tesisleri 18 Mayıs 2004 yılında ticari olarak işletmeye alınmıştır. Bu amaçla kazan suyu üretimine yönelik olarak kurulmuş olan saf su ünitesi sırasıyla 5 adet kumantresit filtre, 3 adet nano filtre, 4 adet katyon filtresi, 1 adet dekarbozitor ve 4 adet anyon filtresinden oluşmaktadır.

Bu çalışmada, saf su hazırlama prosesi ve sistem elemanları değerlendirilerek işlem aşamaları incelenecektir.

Anahtar Kelimeler: Saf su ünitesi, su şartlandırması, İskenderun demir çelik fabrikası

ABSTRACT

ISDEMİR being the third in terms of date of foundation, the biggest integrated iron and steel plant of our country in terms of long product production capacity commissioned in 2008. It is the only integrated facility of Turkey producing long and flat product with its 3.5 million tons/year hot rolling capacity.

Pure water plants are commercial constructed in 18 May 2004 to meet the 600 ton/h pure water capacity of İsdemir. For this purpose, pure water unit has respectively, 5 kumantresit filter, 3 nanofilter, 4 cationfilter, 1 dekarbozit and 4 anion filter that is established for the production of the boiler water.

In this study, pure water production process and system components will be investigated and process steps will be examined.

Key Words: Pure water unit, water treatment, İskenderun iron and steel industry

1. GİRİŞ

Günümüzde rüzgâr, güneş, jeotermal gibi ekonomik, temiz, yenilenebilir ve çevre dostu enerji kaynaklarını kullanarak, elektrik enerjisi üretimi için, işletme ve santral kurma yatırımları hız kazanmış olsa da, elektrik enerjisi üretiminde kojenerasyon tesislerinden sağlanan yüksek verimi hala yakalayamamış durumdadır, bu nedenle kojenerasyon tesislerinin dünyadaki önemi hala ön plandadır [1]. Kojenerasyon tesislerinin yüksek verimlerde çalışmasını geliştiren teknoloji ile birlikte tesislerde

kullanılan ham suyun ileri derecede saf su haline getirilmesiyle sağlanmaktadır. Bundan dolayı kojenerasyon santrallerinde buhar elde edilmesi için ihtiyaç duyulan suyu istenen saflıkta üreten, “Kazan Besi Suyu Hazırlama Tesisleri” nin verimi ve kalitesi büyük önem taşımaktadır [2].

Kojenerasyon tesislerinde kullanılan besi suyunun etkilediği ilk ve en önemli sistem elemanı buhar üretimi için kullanılan kazanlardır. Buhar kazanları, buhar üretimde kullanılan; kömür, yağyakıt, motorin, doğalgaz ve fosil yakıtların yakılmasıyla ortaya çıkan ısıyı suya aktararak buhar oluşumunu sağlayan kazanlardır. Genellikle ısıtma ve enerji üretiminde kullanılmaktadırlar. Buhar kazanı ve elemanlarının ömrü ve veriminde, kazan imalat kalitesi kadar besi suyunun özellikleri çok büyük önem taşımaktadır [3]. Kullanılan suyun saflık derecesi ve kimyasal yapısı kazanın ömrünü direk etkilemektedir. Bu sebepten dolayı buhar kazanlarında kullanılacak besi suyunun hazırlanmasında çok bilgili hareket edilmesi ve besi suyunun hazırlanması için gerekli cihazların çok titizlikle seçilmesi ve daha sonra bunların gene aynı titizlikle işletilmesi gerekmektedir. Bu nedenle buhar kazanı için besi suyu hazırlama tesislerine yeteri kadar yatırım ve önem vermeyen işletmeler veya tesisler besi suyunun kalitesi nedeni ile buhar kazanında ve buhar üretiminde birçok sorunla ve tahribatla karşılaşmaları muhtemeldir. Tablo 1’de işletmelerde besi suyu kalitesi nedeni ile karşılaşılabilecek sorunlardan bazıları verilmektedir.

Tablo 1. Besi suyu kalitesi nedeni ile yaşanan sorunlar ve tahribatları [4].

YAŞANAN SORUNLAR	VERDİĞİ TAHRİBAT
-Buhar kazanın içerisinde kireç taşları oluşumu	-Isı iletimini azaltarak çok büyük ekonomik zarara yol açar
-Buhar kazanı korozyonu	-Sudaki çözünmüş oksijen ve karbondioksit gazları, duman, alev ve kondens borularında delinmeye yol açar
-Buhar kazanında köpük oluşumu ve sisteme köpük girmesi	-Arzu edilmeyen mineraller buhar hattına geçerek buhar kalitesini düşürür
-Besi suyunun iletkenliğinin fazla olması	-Kazanda sıklıkla blöf yapılmasına neden olur ve kazan işletme veriminin düşmesine yol açar

Buhar kazanlarında oluşabilecek tahribatları en aza indirmek için, su arıtma teknolojileri bugünkü ileri teknolojilere ulaşıncaya kadar geçirdiği safhalara paralel bir süreç içinde bütünün bir parçası gibi gelişerek bugünkü ileri seviyesine ulaşmıştır.

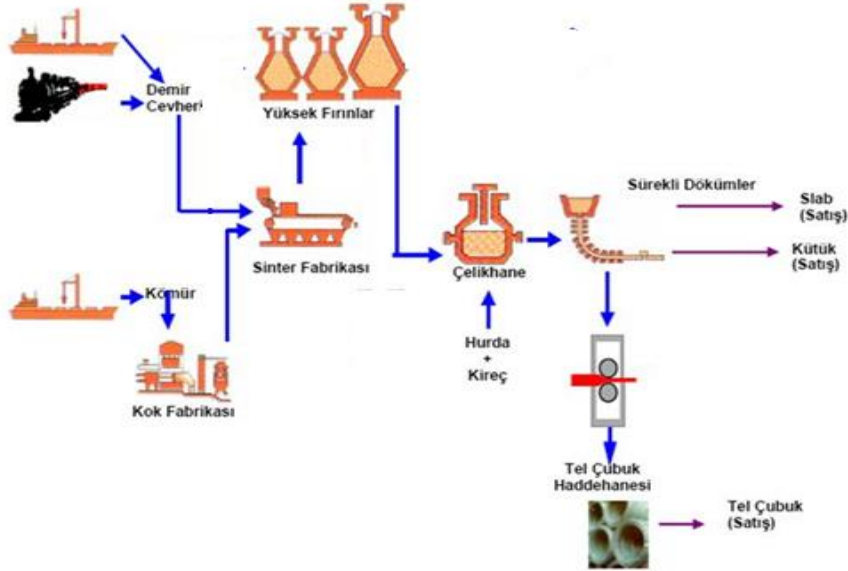
Bu bildiri kapsamında tüm bu gelişen teknolojiler ışığında; su arıtımı için, nanofiltreler ve reçineli iyon değiştirme teknoloji sistemlerini kombinasyonlu olarak kullanılmakta olan İskenderun Demir Çelik Fabrikası'nın, “Demineralize Saf Su Üretim” tesisinin proses kademeleri göz önünde bulundurularak, suyun saflaştırılması işlemlerinin yapılaş aşamaları ayrıntılı olarak anlatılmaktadır.

2. İSKENDERUN DEMİR ÇELİK FABRİKASI

İskenderun Demir Çelik A.Ş. Türkiye'nin güneyinde İskenderun Körfezinde bulunmaktadır. Tesisler İskenderun ilçesinin 17 km kuzeyinde Yakacık yöresinde sosyal tesislerle birlikte toplam 8.6 milyon metre kare alan üzerine kurulmuştur. İskenderun Demir Çelik Fabrikası Türkiye'nin kuruluş tarihi itibarı ile üçünü, uzun mamul üretimi açısından ise en büyük entegre tesisidir. Fabrika kendi bünyesi içerisinde; hammadde hazırlama ve sinter tesisleri müdürlüğü, kok ve yan ürünleri müdürlüğü, yüksek fırınlar müdürlüğü, çelikhane müdürlüğü, haddehaneler müdürlüğü, mekanik ve yardımcı atölyeler müdürlüğü, sürekli dökümler müdürlüğü, liman müdürlüğü ve enerji tesisleri müdürlüğü gibi farklı birimlerde oluşmaktadır [5].

2.1. Üretim Akışı

İskenderun Demir Çelik Fabrikasının genel tesis şeması Şekil 1’de gösterilmektedir. Fabrikaya deniz ve demir yoluyla gelen katı hammaddeler ilk olarak sinter bölümlerinde ısıtılıp birleştirilerek sıvı hale getirilmektedir. Sinterlenen hammaddeler yüksek fırınlarda sıvı ham demir elde edilmesinde kullanılmaktadır. Elde edilen sıvı ham demir, çelikhanelerde oksijen püskürtme işlemleri ile sıvı ham demirin içerisindeki karbonlar yakılarak sıvı çelik elde edilmektedir. En son olarak istenilen kalıplarda döküm işlemi yapılarak son ürün yani kullanılmaya hazır ürün elde edilmektedir.



Şekil 1. İskenderun Demir Çelik Fabrikasının Genel Tesis Şeması.

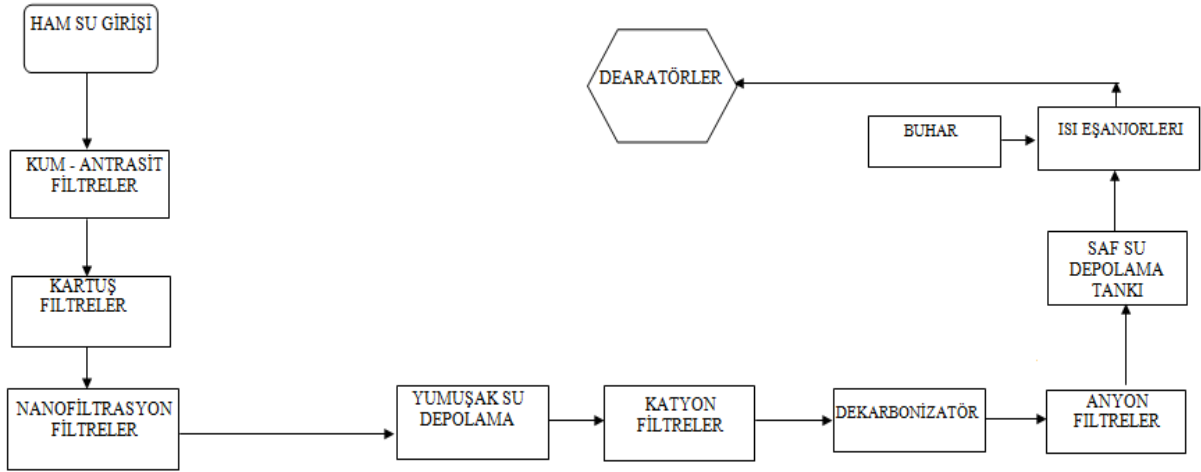
2.2. Enerji Tesisleri Müdürlüğü

Fabrikanın bünyesinde bulunan birimlerinden enerji tesisleri müdürlüğü, işletmenin kimyasal su, distile su, buhar, elektrik, yüksek fırın yanma havası, oksijen, azot, basınçlı hava ihtiyaçlarının üretimlerini, yüksek fırın gazının temizlenmesini, yüksek fırın gazı ve kok gazı dağıtımlarını, LPG, argon, karbondioksit gazlarının depolama ve dağıtımlarını yapmaktadır. Enerji tesisleri müdürlüğü; kuvvet santrali, oksijen tesisleri ve gaz tesisleri olarak üç üniteden oluşmaktadır.

3. SAF SU ÜRETİM ÜNİTESİ

İçinde gaz ve tuzların kolayca eriyebilmesi nedeniyle ham su adı verilen doğadaki su, saf halde değildir. Kazan besleme suyu içinde özellikle su borulu kazanlarda yağ, organik madde, gaz ve sertlik yapabilen elemanlar bulunmamalıdır. Aksi takdirde bu elemanlar, kazanın su tarafında birikerek ısı transferini güçleştiren tabakalar oluşturur, malzemenin korozyona uğramasına veya köpük ve kabarmalar yaparak kızdıricılara su sürüklenmesine neden olur [6].

Bu nedenle, İskenderun Demir Çelik Fabrikası Enerji Tesisinin saf su ihtiyacını karşılamak üzere, bünyesinde reçineli iyon değişimi ve nanofiltre kombinasyonlarını kullanmakta olan saf su üretim ünitesi 2004 yılında faaliyete geçmiştir. Saf su üretim ünitesi, fabrikanın enerji tesisleri müdürlüğüne bağlı kuvvet santralinin bir ünitesi olarak faaliyet göstermektedir. Ünite ham su ihtiyacını, İskenderun'un Sariseki beldesi yakınlarındaki Amanos dağının eteğinden çıkan ve Mersin Çayı olarak adlandırılan doğal kaynak suyundan karşılamaktadır. Ünitenin genel işleyiş amacı, buhar kazanlarında buhar üretimi için kullanılacak olan kazan besleme suyunu elde etmektir. Bu kapsamda kurulan ünitenin genel proses aşamaları Şekil 2’de gösterilmektedir.



Şekil 2. Saf Su Ünitesinin Proses Şeması.

İskenderun Demir ve Çelik fabrikası, İskenderun körfezinin kıyısına kurulmuş bir sanayi tesisi olduğundan dolayı, ham su ihtiyacını deniz suyundan kolayca karşılayabileceği ilk başta düşünülebilir. Buna karşın İskenderun körfezi deniz suyunun kimyasal özellikleri ile Amanos dağından temin edilen Mersin Çayı olarak adlandırılan doğal kaynak suyunun kimyasal özellikleri karşılaştırıldığında, bu iki ham su kaynağının saf suya dönüştürme maliyetleri dikkate alındığında Mersin Çayı suyunun bu amaçla kullanılması çok ekonomik olmaktadır. İskenderun Körfezi deniz suyunun ve Mersin Çayı'nın kimyasal özellikleri Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2. Mersin Çayı ve İskenderun Körfezi Deniz Suyu Analiz Sonuçları [7,8].

Mersin Çayı Suyu Analiz Sonuçları [7]		İskenderun Körfezi Deniz Suyu Analiz Sonuçları [8]
ph	7.58	7.8/8.1
İletkenlik	1393 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	48000 - 56200 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
CO_3^{-2}	0	0.66 (mg/l)
Mg^{+2}	48.6 (mg/l)	1640 (mg/l)
Ca^{+2}	200.4 (mg/l)	440 (mg/l)

3.1. Kum - Antrasit Filtreler

Dünyada en yaygın olarak kullanılan tek tabakalı silika kumunun kullanıldığı filtrelerinin yerine günümüzde silika kumu ile birlikte antrasit kömürü kullanılan çift tabakalı kum-antrasit filtreleri kullanılmaktadır. Bu tür filtrelerde silika kumunun üzerine daha iri fakat yoğunluğu daha az olan antrasit kömürü yerleştirilir. Daha iri olan bir malzemenin gözenek boyutu da daha büyük olmaktadır. Bununla birlikte antrasitin küreselliği silika kumuna göre daha düşüktür. Bundan dolayı, malzeme boyutundan bağımsız olarak, antrasitin gözenekliliği silika kumun gözenekliliğinden daha yüksektir. Antrasit için tipik gözeneklilik değerleri 0.56-0.60 ve silika kumunun gözeneklileri 0.42-0.47 aralıklarındadır [9].

Bir silika kum filtresi geri yıkandıktan sonra en küçük kum taneleri filtrenin en üstünden, en iri taneler ise en altında kalmaktadır. Bu durumda kum yatağında küçükten büyüğe doğru tabakalaşma meydana gelir. Filtrasyon işlemi sırasında yukarıdan aşağıya doğru süzülen kirli su önce en küçük ebatları kum tabakasından geçer. Bu durumda askıdaki katı maddeler büyük oranda filtrenin yüzeyinde ve en üst tabakalarında tutulurlar. Filtrede yük kaybının artması neticesinde filtrenin sık sık geri yıkanması gerekir. Geri yıkama işlemi filtre edilmiş su ile yapıldığından bu durum arıtma tesisinin net üretimini

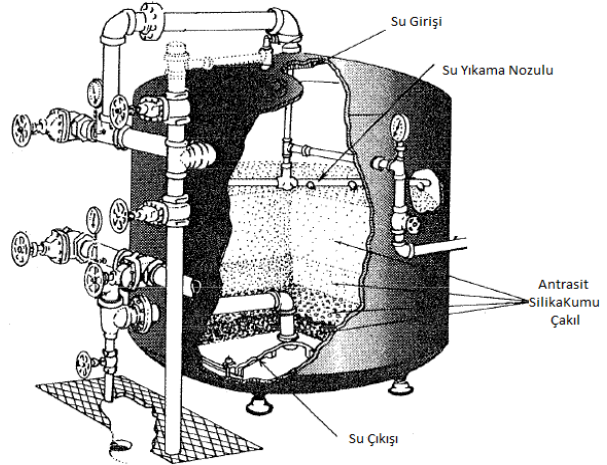
azaltır ve işletme maliyetini artırır. Kum-antrasit filtrelerde hafif ve iri antrasit kömürü daha küçük fakat daha ağır olan silika kumu ile birlikte kullanılır. Geri yıkamadan sonra antrasit tabakası kumun üstünde kalır. Daha iri olan ve daha büyük gözenekliliğe sahip antrasit, yük kaybı artışının gecikmesini ve filtrasyon süresinin uzamasını sağlar. Alttaki küçük tane çaplı (ince) kum tabakası antrasit tabakasında tutulamayan küçük parçacıkları tutarak kaliteli bir su elde edilmesini sağlamaktadır [9].

Kum-antrasit filtrelerin kullanılmasının faydalarından biri de direkt filtrasyonun uygulanmasına yardımcı olmasıdır. Direkt filtrasyonda çöktürme tankları yoktur. Yumuşatıcı eklenen ham su doğrudan filtrelere girer. Arada çöktürme tankı olmadığı için, sadece silika kumu kullanan filtrelerin çabuk tıkanması muhtemeldir. Bunun için filtrelerin önünde pahalı çöktürme birimleri inşa edilmektedir. Antrasit tabakasının kirlilik tutma kapasitesi yüksek olduğu için, kum-antrasit filtreler direkt filtrasyon için uygundur. Diğer bir deyişle, kum-antrasit filtrelerin kullanımının yaygınlaşması hem ilk yatırım hem de işletme maliyeti bakımından daha ucuz olan direkt filtrasyonunda da yaygınlaşmasını sağlayacaktır.

İskenderun Demir Çelik Fabrikası Enerji Tesisinin saf su üretim ünitesinde ilk filtrasyon işlemini gerçekleştirmek için kum-antrasit filtreleri kullanılmaktadır. Ham su tanklarından gelen su Şekil 3(a)'da gösterildiği gibi kum-antrasit filtrelerine üstten girip alttan çıkmaktadır. Kum-antrasit filtreleri Şekil 3(b)'de gösterildiği gibi çakıl, silika kumu ve antrasit kömür tabakalarından oluşmakta olup suda çözülmeyen kil, çamur ve tortuların sudan ayrılmasını sağlamaktadır.



(a)



(b)

Şekil 3. Tesisten kum-antrasit filtrenin genel bir görüntüsü ve kum-antrasit filtrenin yapısı.

3.2. Kartuş Filtreler

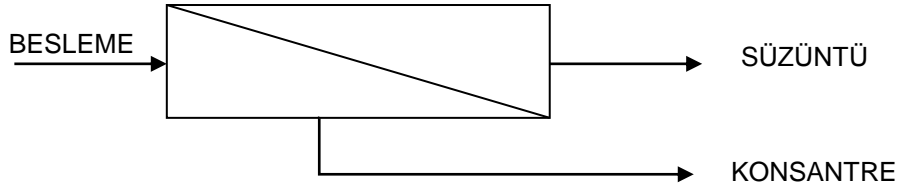
Kartuş filtreler, kum-antrasit filtrelerde tutulamayan 3 mikron ve üzeri partiküllerin tutulması amacıyla kullanılır. Bu sayede, nanofiltrasyon ünitesindeki membranlara bu partiküllerin zarar vermemesi sağlanmaktadır. İskenderun Demir Çelik Fabrikası Enerji Tesisi'nin saf su üretim ünitesindeki kartuş filtreler dikey olarak dörder adet yerleştirilmiş şekildedir. Her bir kartuş filtrenin içerisinde 81 adet kartuş bulunmaktadır. Kartuşlarda, kartuş filtrelerin içine dikey olarak yerleştirilmiştir. Kartuşa belirli basıçta soldan gelen su, kartuşta temizlendikten sonra aşağı doğru akarak terk etmektedir. Şekil 4'de görüldüğü üzere kartuşlar belli süre kullanıldıktan sonra kirlendikleri için değiştirilmek zorundadırlar. Bu nedenle filtre tanklarının üst kapağı açılarak, kirlenen kartuşlar çıkartılarak yenileri ile değiştirilmeleri gerekmektedir.



Şekil 4. Tesisten kirlenen kartuş filtrelerinin görünümü.

3.3. Nano Filtreler

30 yıl öncesine kadar membran prosesler çevre teknolojisi açısından pek önemli gözüküyordu. Ancak farklı ayırma prensiplerine ve mekanizmalarına sahip çok sayıda membran prosesinin geliştirilmesi ve bunların partiküllerden moleküllere kadar değişken çeşitli boyutlardaki maddelerin ayrılmasına çözüm getirmeleri ile birlikte, membran prosesler su ve atık su arıtımında çok önemli bir konuma gelmiştir. Membranlar, belirli türlerin hareketini kısıtlayan, metal, inorganik veya organik polimerlerden yapılan geçirgen veya yarı geçirgen bir malzemedir. Bu membranlar, gaz ayırımı, katı/sıvı ve sıvı/sıvı ayırımı gibi amaçlar için kullanılır. Şekil 5’de gösterildiği gibi membrandan geçen akım süzüntü, geçemeyen akım ise konsantre akım olarak adlandırılır [10].



Şekil 5. Nanofiltrenin yapısı.

Günümüzde yapısı ve fonksiyonları farklı olan pek çok membran bulunmaktadır. Membranların sınıflandırılması, membran ayırma işlemi ve süzülen maddenin büyüklüğüne göre yapılmaktadır. Basınç tahrikiyle çalışan membranlar mikrofiltrasyon, ultrafiltrasyon, nanofiltrasyon, ters osmoz şeklinde ve elektriksel kuvvet tahrikiyle çalışan membranlar elektrodiyaliz, ters elektrodiyaliz şeklinde gruplandırılmaktadır [11].

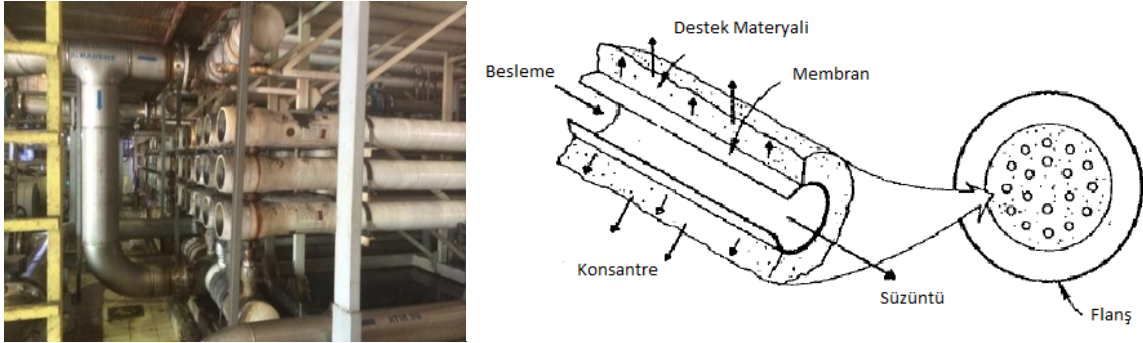
Basınç tahrikiyle çalışan membranlar, seçici bariyer görevi yapmaktadır. Suyun membrandan geçişi için tahrik edici kuvvet su basıncıdır. Nanofiltrasyonlar yaklaşık 1 nm (10 Å) büyüklüğündeki partikülleri uzaklaştırmaktadır. Nanofiltrasyon, ters osmozun benzeri olarak, yüksek sodyum geri kazanımının gerekmediği, fakat Mg^{+2} ve Ca^{+2} gibi iki değerlikli tuzların tutulması gerektiği durumlarda kullanılmaktadır [12]. İşletme basıncı 3.5-15 bar arasındadır. Nanofiltrasyonun en büyük uygulaması, su yumuşatma alanındadır. Ayrıca NF, renk bileşikleri ve THM (Tri Halo Metanlar) formasyonu gibi bileşenleri uzaklaştırmak içinde kullanılmaktadır.

Nanofiltrasyonlar ters osmozun bir benzeri olarak çalıştığı için ters osmoz işleminin tanımını anlamak, nano filtrasyon sisteminin çalışma prensibini anlamamıza yardımcı olacaktır. Ters osmoz işlemini tanımlamadan önce osmoz olayını anlamak gereklidir. Suda farklı miktarda çözünmüş maddeler içeren iki farklı konsantrasyondaki çözelti yarı geçirgen bir membranla ayrıldığı zaman osmoz olayı gerçekleşir. Bazı maddeler membran arasından geçerken bazıları reddedilir. Suda çözünmüş halde bulunan maddelerin osmotik basıncı, seyreltik bölgeden konsantre bölgeye suyu geçirerek suyun seyrelmesine neden olmaktadır. Membranın iki tarafında çözeltilerin konsantrasyonu eşit olunca geçiş durmaktadır. Ters osmoz işlemi ise, konsantrasyonu fazla olan sıvı tarafından bir basınç (osmatik basınçtan daha büyük) uygulanarak, sağlanacak ters akışla, yoğunluğu fazla olan sıvı içerisinde

bulunan mineraller, tuzlar ve organik maddeler, membranın bir tarafında bırakılarak diğer tarafa, yoğunluğu daha az, tuzlar ve minerallerden arındırılmış bir sıvı olarak geçirilmektedir [13].

İskenderun Demir Çelik Fabrikası Enerji Tesisi'nin saf su üretim ünitesinde Şekil 6'da gösterilen üç farklı grupta yatay olarak kurulan membran prosesleri suyun iletkenliğini 1393 ($\mu\text{s}/\text{cm}$)'den yaklaşık 40-50 ($\mu\text{s}/\text{cm}$)'lere kadar düşürmektedir. Her bir grubun içerisinde 9 adet membran proses borusu bulunmaktadır ve her membran proses borusunun içerisinde 6 adet nanofiltreler bulunmaktadır. Her gruptaki membran prosesleri %50 su geçirme prensibine göre çalışmaktadır. Yani bir membran prosesine 300 m³ su giriş yaparsa bu suyun 150 m³ süzüntü, 150 m³ konsantre akım olarak sistemi tamamlamaktadır. Toplam membran prosesine giren suda aynı %50 çalışma prensibine göre sistemi terketmektedir.

Nanofiltrelerden konsantre akım olarak drenaj edilen atık su sanayi tesislerinin diğer atıkları ile karıştırılmamalıdır. Nanofiltrelerin atık suyunun içinde yalnızca tabiatta bulunan mineraller konsantre halde bulunmaktadır. Bu su içerisinde tabiata zarar verebilecek bir kimyasal olmadığı için bu su doğrudan denize, derelere veya yağmur kanallarına verilebilmektedir [4].

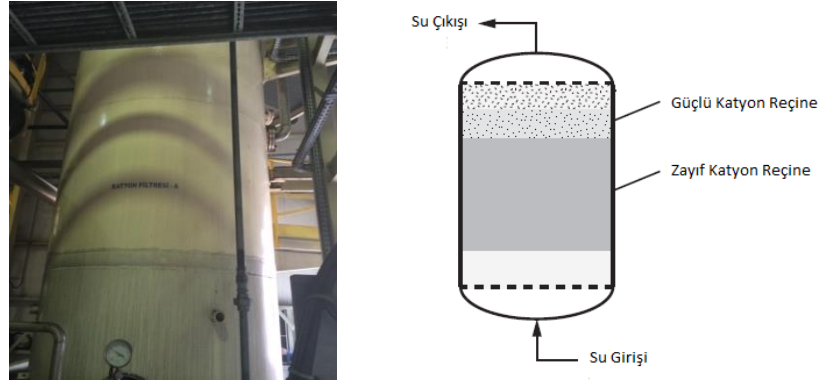


Şekil 6. Tesisten nanofiltrelerin genel bir görüntüsü ve membran yapısı.

3.4. Katyon Filtreler

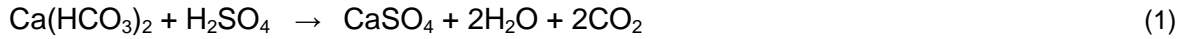
Su arıtımında kullanılan, reçine iyon değiştirme prensibi ile çalışan sistemlerden birisi Katyon filtrelerdir. Katyon filtrenin yapısında bulunan reçineler, iyon değiştirme işleminde sudaki tuzları kendi yapısına alıp, kendi yapısındaki iyonuda suya vermesi için özel olarak üretilmiş polimerlerdir. İyon değiştirici reçine, genellikle beyaz ya da sarımtırak renkte, küçük tanecikler (0.3/2 mm çapında) formunda, çözölemeyen bir matristir. Çok gelişmiş gözenekli yapıya sahiptir. Kolaylıkla tutulan ya da serbest bırakılan iyonlar bu gözeneklerde tutulmaktadır [14].

İskenderun Demir Çelik Fabrikası Enerji Tesisi'nin saf su üretim ünitesinde nanofiltrelerden sonra gelen katyon filtreler Şekil 7'de gösterildiği gibi düşey olarak yerleştirilmiştir. Katyon filtreler, alt kısmında zayıf katyon reçine, üst kısmında güçlü katyon reçine olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Su, katyon filtresinin alt kısmından giriş yaparak (ph=6-7) ,+ yüklü iyonlardan arınmış halde üst kısımdan çıkışı gerçekleşmektedir.



Şekil 7. Tesisten katyon filtrenin genel bir görüntüsü ve katyon filtrenin yapısı.

Alt kısımda bulunan zayıf reçinelerinde, su içerisinde bikarbonatlar (HCO_3^-) ile bileşik oluşturmuş + yüklü iyonlar ($\text{Mg}^{+2}, \text{Ca}^{+2}$ vb.), reçinenin yapısında bulunan H^+ iyonları ile yer değiştirilmesi suretiyle ayrıştırma işlemi yapılmaktadır. Bikarbonatlar parçalanıp, CO_2 (karbondioksit) açığa çıkmaktadır. Tepkime sonunda CO_2 açığa çıktığı için suyun asitliği artmaktadır ($\text{pH}=4-5$). Burada oluşan kimyasal tepkime denklem (1)'de verilmektedir [15].



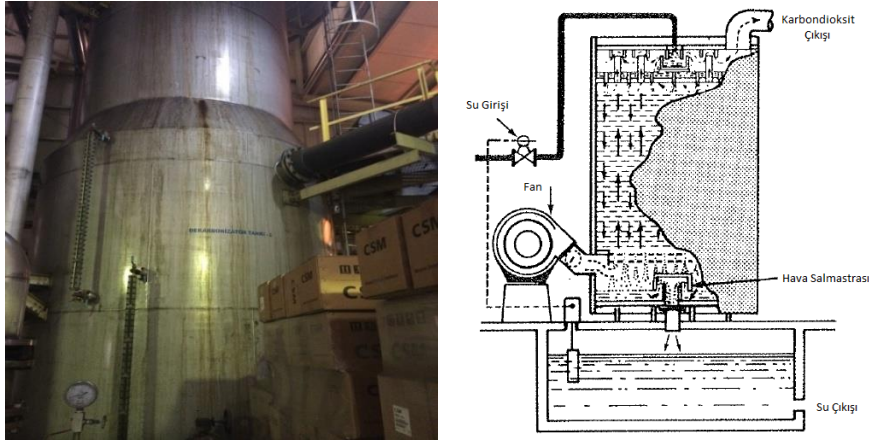
Üst kısımda bulunan güçlü reçinelerde ise, su içerisinde bikarbonatlar (HCO_3^-) haricindeki anyonlarla ($\text{SO}_4^{2-}, \text{Cl}_2^-$) ile bileşik oluşturmuş + yüklü iyonlar ($\text{Mg}^{+2}, \text{Ca}^{+2}$ vb.), reçinenin yapısında bulunan H^+ iyonları ile yer değiştirmesi suretiyle ayrıştırma işlemi yapılmaktadır. Bu kısımda meydana gelen kimyasal tepkime denklem (2)'de verilmektedir.



3.5. Dekarbonizatörler

Bikarbonatların parçalanmasıyla oluşan CO_2 , zaman içerisinde ortamın sıcaklığının artması ile birlikte su ile kimyasal reaksiyona girerek karbonik asidi meydana getirmektedir. Bu karbonik asit korozyona sebep olarak kazan boruların ve vanaların zamanla aşınmasına neden olmaktadır. Bu sebepten ötürü karbondioksitin suyun yapısından olabildiğince ayrıştırılması gerekmektedir. Dekarbonizatör, katyon filtrasyon işlemleri sırasında bikarbonatların (HCO_3^-) parçalanmasıyla açığa çıkan ve suyun yapısına geçiş yapan karbondioksitin (CO_2) suyun yapısından ayrıştırıp atmosfere atmaktır.

İskenderun Demir Çelik Fabrikası Enerji Tesisi'nin saf su üretim ünitesindeki dekarbonizatörler Şekil 8'de gösterildiği gibi düşey olarak yerleştirilmiştir. Su, dekarbonizatörlere üst kısımdan giriş yapmakta ve aşağı inen su ($\text{pH}=4-5$), raşing halkalarından geçirilerek yavaş yavaş dekarbonizatörün içinde aşağı inmektedir. Bu sırada dekarbonizatörün alt kısmında bulunan fanlardan basınçlı hava, aşağı doğru inmekte olan suya püskürtülerek karbondioksitin (CO_2) sudan ayrıştırılması sağlanmaktadır. Ayrılan CO_2 dekarbonizatörün üst kısmından atmosfere verilmektedir. Dekarbonizatör tanklarında CO_2 gazının %98'lik kısmı atmosfere atılmaktadır. Geri kalan %2'lik kısım ise Anyon filtrelerinden atılmaktadır. CO_2 'den arınmış su ($\text{pH}=7$) ise dekarbonizatörün alt kısmından çıkmaktadır.



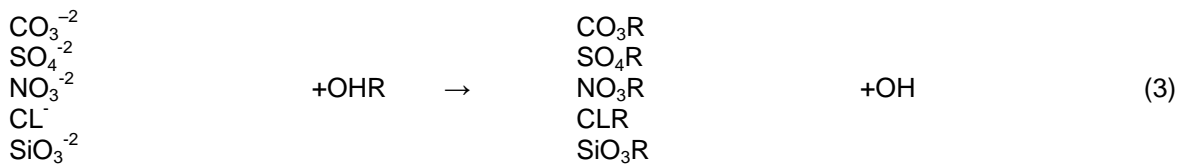
Şekil 8. Tesisteki dekarbonizatörün genel bir görüntüsü ve dekarbonizatör yapısı.

3.6. Anyon Filtreler

Su arıtımında kullanılan reçine iyon değiştirme prensibi ile çalışan bir diğer sistem anyon filtreleridir. Anyon filtreleri su içerisinde çözülmüş halde bulunan CO_3^{-2} , SO_4^{-2} , NO_3^{-2} , CL^- , SiO_3^{-2} gibi iyonları suyun yapısından ayırtmak ve dekarbonizatörlerde sudan ayırtamadığımız %2'lik karbondioksiti (CO_2) suyun yapısından ayırtmaktır.

İskenderun Demir Çelik Fabrikası Enerji Tesisi'nin saf su üretim ünitesindeki anyon filtreleri düşey olarak yerleştirilmiştir. Şekil 9'da yapısı gösterilen anyon filtreleri iki kısımdan oluşmaktadır. Anyon filtrelerinin alt bölümünde zayıf anyon reçinesi, üst kısmında ise güçlü anyon reçinesi bulunmaktadır. Su anyon filtrelerine alt kısmından giriş yaparak (ph=7), - yüklü iyonlardan arındırılmış olarak filtrenin üst kısmından çıkmaktadır (ph=7). Zayıf ve güçlü anyon reçinelerin yapısında OH^- iyonları bulunmaktadır.

Su, anyon filtrelerden geçerken yapısında bulunan – yüklü iyonları reçinenin yapısında bulunan OH^- iyonu ile yer değiştirmek suretiyle yapısını temizlemektedir. Bu iyon değiştirme işlemi kimyasal tepkime ile sağlanmaktadır. Bu kimyasal tepkime denklem (3)'de verilmektedir.



R=Reçine

Reçineli iyon değiştirmeli filtrasyon işlemlerinin en büyük dezavantajı reçinelerin yapısında bulunan iyonların zamanla azalmasından dolayı görevlerini yapamaz duruma gelmeleridir. Bu gibi durumlarda filtrelere rejenerasyon işlemi yapılmaktadır. Rejenerasyon işlemi, filtrelerin içindeki reçinenin yapısına göre (katyon veya anyon) tersten yıkama işlemi gerçekleştirilerek sağlanmaktadır. Katyon filtrelerine H_2SO_4 bileşimini, Anyon filtrelerine NaOH bileşiği ters akımda verilerek, ilgili filtrelerde gerçekleşen kimyasal tepkimelerin tersten gerçekleştirilmesi sağlanarak reçineler, kation reçinesi H^+ iyonuyla, anyon reçinesi OH^- iyonu ile zenginleştirilmesi yapılmaktadır.

3.7. Saf Su Tankı

Saf su üretim ünitesine Mersin Çayı'ndan alınan ham su, sırasıyla kum-antrasit filtreleri, kartuş filtreleri, nano filtreleri, kation filtreleri, dekarbonizatörler ve anyon filtrelerinde gerekli ve istenilen

filtrasyon işlemlerini tamamladıktan sonra saf su özelliğinde prosesi tamamlamaktadır. Saf su, buhar kazanlarının besi suyunda kullanılmak üzere Şekil 9'da gösterilen saf su tanklarında depolanmaktadır. İskenderun Demir Çelik Fabrikası Enerji Tesisi'nin saf su üretim ünitesinde elde edilen saf suyun kimyasal özellikleri Tablo 3'de verilmektedir.



Şekil 9. Tesisteki saf su tanklarının genel bir görüntüsü.

Tablo 3. Saf Suyun Analiz Sonuçları [16].

Saf Suyun Kimyasal Özellikleri	
ph	8>
İletkenlik	<1 ($\mu\text{s/cm}$)
Sertlik	0
Silikat	0.02(mg/lt)
Karbondiyoksit	0
Organik madde	0

3.8. Kimyasal Dozajlama

Saf su üretim tesisinde üretilen saf su, buhar kazanlarına gönderilmeden önce kimyasal dozajlamalar ve degazör sistemlerinden geçirilerek kazan besleme suyu için uygun şartlara getirilmektedir.

3.8.1. Amonyum Hidroksit (NH_4OH) Dozajlaması

Buhar kazanlarında oluşabilecek asit alkali korozyonundan dolayı saf suyun ph değeri, saf suya kuvvetli baz olan Amonyum hidroksit (NH_4OH) eklenerek, 7'den 9 civarlarına çıkarılmaktadır. Asit korozyonu çok düşük ph derecesine sahip olan, yani asidik sularda ortaya çıkan korozyondur. Asitlerin H^+ iyonları, ortamın elektriksel iletkenliğinin artmasına ve korozyon ürünlerinin erimelerine sebep olmaktadır. Bu nedenle suyun ph değeri ne kadar düşüğe korozyon o kadar hızlıdır. Buhar kazanlarında kullanılan çelik boruların korozyonu özellikle yüksek sıcaklıklarda asit miktarı arttıkça hızlanmaktadır. Bu nedenle kazan besi suyunda en küçük ph değerinin (ph=9) korunması gerekmektedir. Asit korozyonu metal yüzeyi önemli ölçüde aşındırır. Çözünmez kalsiyum fosfat çökeleği elde etmek için ph yeteri kadar yüksek tutulmalıdır. Bununla birlikte eğer ph çok artarsa yüksek basınçlı kazanlarda korozyon hızlanabilmektedir.

3.8.2. Tri-Sodyum Fosfat ($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) Dozajlaması

Fosfatlı bileşikler buhar ve sıcak su borularında kireç oluşumunu engellemek amacıyla kullanılmaktadır [17]. Kazanların metal korozyonunu korumak ve kazan suyundaki ph değerini bir değerde tutulmasını sağlamak için gerekli ortamı temin etmek için uygulanmaktadır.

3.8.3. DEHA ($\text{C}_2\text{H}_{11}\text{NO}$) Dozajlaması

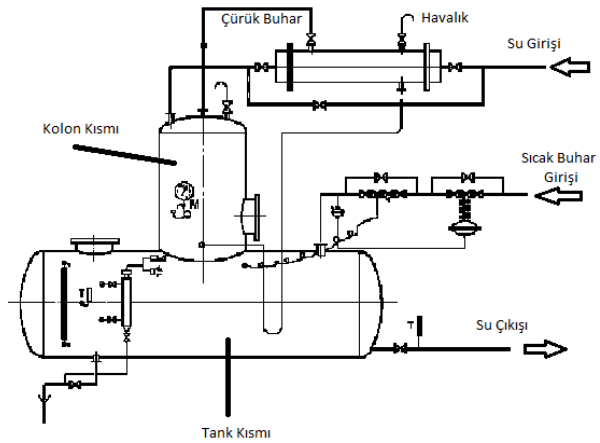
Korozyon inhibitörü olarak sınıflandırılan dietilhidroksilamin (DEHA), oksijenle reaksiyona girerek sudaki oksijeni uzaklaştırır. Bunun sonucunda metal yüzeylerde çok düşük bir düzeyde aşınma meydana gelmektedir [18]. DEHA, ince bir geçirimsiz katman oluşturarak korozyona neden olan maddelerin yüzeylerle temas etmesini önler. Dolayısıyla, korozyon reaksiyonu oluşmaz. DEHA, kimyasal tepkimeye girerek tükenmezler. Bu nedenle, yalnızca koruyucu film tabakasının devamının sağlanması için gerekli olan miktarda eklenilmesi gerekmektedir.

3.9. Degazörler

Kazan besi suyunun, besi suyu pompaları ile transferi öncesi ısıtıldığı ve sudaki serbest oksijenden arıtıldığı besi suyu tankına degazör adı verilmektedir [19].

Degazörler Şekil 10'da gösterildiği gibi kolon ve tank olmak üzere iki ayrı bölümden oluşmaktadır. Oksijenin ayrıştırılması işlemi degazörün kolonu diye tabir edilen üst kısımda gerçekleşmektedir. Degazörlerin kolon kısımları üst üste sıralanmış delikli sac paketlerinden oluşmaktadır. Su besleme kolonunun üst kısmından girerek sac paketlerinden aşağı doğru süzülür. Kolonun yan kısmından sıcak buhar verilerek suyun buhar ile teması sağlanır. Sıcak buhar, hem suyu ısıtmış olur, hem de suyun delikli paketlerin arasından geçişi sırasında damlacıklara ayrışması ve pülverizasyon ile birlikte sudaki oksijeni ayrıştırır. Ayrışan gazlar degazör havalıklarından sürekli olarak atmosfere atılır. Degazör kolonu ile içindeki oksijeni alınan besleme suyu degazörün alt kısmında yer alan tankta biriktirilmektedir [20].

Saf su üretim ünitesinde elde ettiğimiz saf su son olarak degazörlerden geçtikten sonra, buhar kazanlarında buhar üretimi için kullanılacak en ideal kazan besleme su özelliğine getirilmektedir.



Şekil 10. Tesisteki degazörün genel bir görüntüsü ve degazör yapısı.

SONUÇ

Buhar kazanlarında oluşabilecek tahribatları minimum seviyelere indirmek için su arıtma teknolojileri çok büyük önem taşımaktadır.

Bu bildiri kapsamında tüm bu gelişen teknolojiler ışığında; su arıtımı için, nanofiltreler ve reçineli iyon değiştirme teknoloji sistemlerini kombinasyonlu olarak kullanılmakta olan İskenderun Demir Çelik Fabrikası'nın, "Demineralize Saf Su Üretim" tesisinin proses kademeleri göz önünde bulundurularak, suyun saflaştırılması işlemlerinin yapılaş aşamaları ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Saf su üretim ünitesine giriş yapan ham suyun ve filtrasyon işlemi gerçekleştirerek üniteden çıkış yapan saf suyun kimyasal özellikleri Tablo 2 ve Tablo 3'de verilmektedir. Tablolardaki özellikler karşılaştırıldığında suyun, ne oranlarda filtre edildiği ve hangi özelliklere getirildiği açıkça görülmektedir. İskenderun Demir Çelik Fabrikası'nın, "Demineralize Saf Su Üretim" tesisinden elde edilen saf su, kimyasal dozajlama ve degazör işlemlerinden sonra buhar kazanlarında kullanılabilecek ideal kazan besleme suyu haline getirilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, "Elektrik-Elektronik Teknolojisi", Enerji Üretimi No:522EE0124, Ankara 2011.
- [2] Hidrogrup Endüstri, "Kojenerasyon Santrallerde Suyun Önemi", (www.hidrogrup.com/haberler_kojenerasyon.html, Erişim: 2014).
- [3] ONAT, K. , GENCELİ, O. F. , ARISOY, A. , "Buhar Kazanlarının Isıl Hesapları", Birsan Yayınevi, 2007.
- [4] BURKUT, E. , "Buhar Kazan Besi Suyu Hazırlama Teknikleri", Makine Mühendisleri Odası, Yayın No:050, TESKON 1997.
- [5] İskenderun Demir Çelik Fabrikası, "Genel Şirket Profili", (www.isdemir.com.tr, Erişim: 2014).
- [6] BULUT, H. , "Buhar Kazanları Ders Notları", Harran Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Öğretim Görevlisi, Ocak 2011.
- [7] Etrasu, "Su Tesisleri ve Çevre Arıtma Sistemleri", 2008.
- [8] Devlet Su İşleri Hatay Şube Müdürlüğü, "İskenderun Körfezi Deniz Suyu Özellikleri", 2008.
- [9] SOYER, E. , AKGİRAY, Ö. , ELDEM, N. Ö. , SAATÇI, A. M. , "Çift Tabakalı Filtreler: Türkiye Şartlarına Uygun Bir Tasarım ve Değerlendirme", İTÜ Dergisi Cilt.21 Sayı:2, Kasım 2011.
- [10] John, C. , David, W. , Kerry J. , James, H. , "MWH's Water Treatment", John Wiley & Sons Inc. , 2012.
- [11] KİTİŞ, M. , "Su ve Atık Su Arıtımında İleri Arıtma Teknolojileri-Arıtılmış Atık Suların Geri Kullanımı", Süleyman Demirel Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Aralık 2009.
- [12] YİĞİT, N.Ö. , KÖSEOĞLU, H. , BEKAROĞLU, Ş. , "Membran Proseslerle Su ve Atık Su Arıtımındaki Uygulamaları ve Membran Proseslere Genel Bakış", Süleyman Demirel Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Aralık 2009.
- [13] YAŞA, E. , "Reverse Osmosis(Ters Osmoz) Su Arıtma Sistemleri", Makine Mühendisleri Odası, Yayın No:044, TESKON 1994.
- [14] BAYHAN, Z. , "İyon Değiştirici Reçineler Kullanarak Ayırma İşleminin Sağlanması", Erciyes Üniversitesi, Ocak 2004.
- [15] Drew Industrial Division Ashland Chemical Company Division of Ashland Oil, Inc. , "Principles of Industrial Water Treatment", Eleventh Edition 1994.
- [16] İskenderun Demir-Çelik Fabrikası, "Saf Su Analiz Laboratuvarı Sonuçları", 2014.
- [17] Fosforlu Bileşikler Deney Föyü. , "Fosfat Tayini", Yıldız Teknik Üniversitesi, Çevre Kimyası 2 Laboratuvarı.
- [18] HATER, W. , "Kazan Besi Suyu Şartlandırmasında Film Yapıcı Aminler", Çeviren: İ. ÖZTÜRK, Su ve Çevre Teknolojileri e-Dergi Arşivi.
- [19] SÖYLEM, A. , "Endüstriyel Tesislerde Yardımcı Servisler Otomasyonu", İzmir.
- [20] İskenderun Demir Çelik Fabrikası-Enerji Tesisleri Müdürlüğü, "Degazör El Kitapçığı", 2014.



ÖZGEÇMİŞ

Emrah YALÇIN

02.01.1989 yılında İstanbul'da doğumludur. İlkokul ve ortaokul eğitimlerini Adana'da tamamlamıştır. 2008 yılında Adana İsmail Safa Özler Anadolu Lisesinde lise eğitimini tamamlamıştır. 2010 yılında Ege Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimine başlamıştır. Halen lisans eğitimine devam etmektedir.

Özay AKDEMİR

1975 yılı Ankara doğumlu, evli ve iki çocuk babasıdır. 1997 yılında Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nü bitirmiştir. Yüksek Lisans eğitimini 2001 yılında Ege Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde ve doktora eğitimini 2007 yılında Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü'nde tamamlamıştır. 1998-2007 yılları arasında Ege Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmıştır. 2007 yılından beri Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde Yrd. Doç. Dr. olarak görev yapmaktadır.

