

**OTOMOTİV ENDÜSTRİSİ  
ATIKSULARININ  
TERS OSMOS YÖNTEMİYLE  
GERİ KAZANIMININ ARAŞTIRILMASI**

**Elif KUYBU**



T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**OTOMOTİV ENDÜSTRİSİ ATIKSULARININ TERS OSMOS  
YÖNTEMİYLE GERİ KAZANIMININ ARAŞTIRILMASI**

**ELİF KUYBU**

Doç. Dr. Taner Yonar

(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2013

## TEZ ONAYI

Elif Kuybu tarafından hazırlanan “Otomotiv Endüstrisi Atıksularının Ters Osmos Yöntemiyle Geri Kazanımının Araştırılması” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

<b>Danışman</b>	: Doç. Dr. Taner Yonar U.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
<b>Başkan</b>	: Doç. Dr. Taner Yonar U.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
<b>Üye</b>	:Doç. Dr. N. Kamil SALİHOĞLU U.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
<b>Üye</b>	:Yrd. Doç. Dr. Berna KIRIL MERT S.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

**Yukarıdaki sonucu onaylarım**

**Prof. Dr. Ali Osman DEMİR**  
**Enstitü Müdürü**

.././.....

## **Bilimsel Etik Bildirim Sayfası**

**U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;**

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

**23/07/2013**

**Elif Kuybu**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### OTOMOTİV ENDÜSTRİSİ ATIKSULARININ TERS OSMOS YÖNTEMİYLE GERİ KAZANIMININ ARAŞTIRILMASI

Elif Kuybu

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Taner YONAR

Endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan çevre kirliliğinin artması ve doğal kaynakların tükenmeye başlaması nedeniyle işletmelerin çevreye karşı sorumluluğu da artmaktadır. Otomotiv endüstrisi, ülke ekonomisi için ihracat kapasitesi, yan ürün pazarı oluşturma ve istihdam açısından önde gelen bir sektördür. Ayrıca çevresel açıdan bakıldığında kimyasal ve su kullanımı miktarının ve tehlikeli atık miktarının fazla olması, uluslararası anlaşmalar ve yasal gereklilikler nedeniyle hizmet ve üretim süreçlerinde temiz teknolojilerin kullanımını zorunlu hale getirmektedir. Bu çalışmada bir otomotiv endüstrisinden kaynaklanan atıksuların, mevcut arıtma tesisinde arıtıldıktan sonra yeniden kullanılmak üzere arıtılabilirliği araştırılmıştır. Bu kapsamda atıksu, kum filtresi, aktif karbon adsorbsiyonu, ultrafiltrasyon, ters osmos (TO) proseslerine tabi tutulmuştur. Bu proseslerin uygulanmasıyla atıksuyun ileri derecede arıtılarak başta proses suyu olmak üzere çeşitli amaçlarla kullanımı araştırılmıştır. İlk ileri arıtma basamağı olan kum filtrasyonu prosesinde % 90 Askıda Katı Madde (AKM) giderim verimi gözlenmiştir. Aktif karbon adsorbsiyonu işleminde % 68 oranında KOİ, %58 oranında nitrat (NO<sub>3</sub>) giderimi sağlanmıştır. Son olarak uygulanan TO prosesi sonrasında iletkenlik çıkış değerleri %99 giderim verimiyle 11,4 µS/cm değerine düşürülürken, Toplam Sertlik parametresinin de %99 giderim verimiyle 0,67 mg/l'ye düştüğü gözlenmiştir. Çalışma neticesinde, atıksuyun proses suyu olarak tekrar kullanılabilirliğinin mümkün olduğu görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** ters osmos, ultrafiltrasyon, aktif karbon adsorbsiyonu, iletkenlik.

2013, viii+56 s.

## ABSTRACT

MScThesis

### INVESTIGATION OF THE RECOVERY OF AUTOMOTIVE INDUSTRY WASTEWATER BY REVERSE OSMOSIS SYSTEMS

Elif Kuybu

Uludağ University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Environmental Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Taner YONAR

Environmental responsibility of companies increase as environmental pollution originated from industrial activities grow and natural resources runout. Automotive industry is a leading sector with the export capacity, creating by-products market, and in terms of employment. From the environmental point of view, due to large amount of chemical products, water and large amount of hazardous wastes', also international agreements, and legal requirements make it necessary to use clean technologies in production processes and services. This search was carried out to investigate recycling and reuse opportunities of wastewater originated from automotive industry after classical wastewater treatment. At this context activated carbon adsorption, ultrafiltration, reverse osmosis (RO) processes were applied to physically and biologically treated wastewater. By applying advanced treatment process, reuse in various places partially process water reuse was investigated. In sand filtration process which was the first treatment stage in the current work 90% Suspended Solids (SS) was achieved. After activated carbon filtration 68% COD and 58% nitrate (NO<sub>3</sub>) were removed. By reverse osmosis (RO) process which was the last stage in the current work 99% total hardness and conductivity removal efficiencies were achieved. As a result of study it was determined that the quality of treated wastewater was possible to reuse in processes.

**Keywords:** reverse osmosis, ultrafiltration, activated carbon filtration, conductivity.

**2013, viii+56 p.**

## ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Çevre Mühendisliği Programında hazırlanan bu Yüksek Lisans Tezi çalışmasında “Otomotiv Endüstrisi Atıksularının Ters Osmos Yöntemiyle Geri Kazanımının Araştırılması” konusu ele alınmıştır.

Yüksek lisans eğitimim boyunca ve tez çalışmam sırasında bana yol gösteren, her türlü tecrübesiyle aydınlatan maddi ve manevi yardım ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Sayın, Doç. Dr. Taner Yonar’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca gösterdikleri ilgi ve destek için Çevre Mühendisliğindeki değerli hocalarıma, çalışma arkadaşlarıma ve aileme teşekkürü bir borç biliyorum.

Elif KUYBU

23/07/2013

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET .....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Otomotiv Sektörü.....	2
1.2. Otomotiv Endüstrisi Çevresel Sorunları.....	2
1.3. Otomotiv Endüstrisinde Geri Kazanım.....	6
1.3.1. Kentsel Kullanım.....	7
1.3.2. Endüstriyel Kullanım.....	7
1.3.3. Tarımsal Kullanım.....	8
1.3.4. Yer altı Suyu Besleme.....	9
1.4. Endüstriyel Ters Osmos Sistemleri.....	9
1.4.1. Endüstride Ters Osmos Tercih Edilmesinin Nedenleri.....	9
1.4.2. Endüstride Ters Osmos Sisteminin Çalışma Prensipleri.....	10
1.4.3. Ters Osmos Sistemi Kullanım Alanları.....	11
1.4.3.1. Buhar Kazanlarında Besi Suyu Arıtımı.....	12
1.4.3.2. İçme Suyu Arıtımı.....	14
1.4.4. Partikül Boyutu ve Tipine Göre Arıtma Sistemi Seçilmesi.....	14
2. GELİŞME.....	16
2.1. Otomotiv Endüstrisinde Membranlar.....	17
2.1.1. Kullanılan Membran Tipleri.....	18
2.2. Otomotiv Endüstrisinde Ters Osmos'un Kullanım Alanları.....	18
2.3. Ön Uygulamalarda Membran Teknolojileri.....	20
2.3.1. Stabilize Edici Sistem.....	21
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	26
3.1. Tesis Tanıtımı.....	26
3.2. Su Temini.....	26
3.3. Arıtma Tesisi.....	27
3.3.1. Arıtma Tesisi Akım Şeması.....	27
3.3.2. Arıtma Tesisi Çalışma Verimi.....	31

3.4. Geri Kazanım Sistemi Tanıtımı.....	32
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	35
4.1 Mevcut Arıtma Tesis Performans Değerlendirilmesi ve Sorunların Tanıtılması.....	35
4.2. Pilot Tesisin Çalıştırılması.....	37
4.3. Maliyet Hesapları.....	41
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	45
KAYNAKLAR.....	48
EKLER.....	51
EK 1.....	52
ÖZGEÇMİŞ.....	56

## SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

Cd<sup>++</sup>  
Cn<sup>-</sup>  
CrO<sub>3</sub>  
Fe<sup>++</sup>  
FeCl<sub>3</sub>  
HCl  
HCN  
H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  
NaCl  
NaOH  
Ni<sup>++</sup>  
Zn<sup>++</sup>

### Açıklama

Kadmiyum iyonu  
Siyanür iyonu  
Krom oksit  
Demir iyonu  
Demir (III) klorür  
Hidrojen klorür  
Hidrojen siyanür  
Sülfürik asit  
Sodyum klorür  
Sodyum hidroksit  
Nikel iyonu  
Çinko iyonu

### Kısaltmalar

AKM  
EPA  
HDPE  
KOBİ  
KOİ  
NF  
OSB  
ÖÇH  
PVDF  
SÇH  
SEM  
TDS  
TO  
UF

### Açıklama

Askıda Katı Madde  
Birleşmiş Milletler Çevre Programı  
Yüksek Yoğunluklu Polietilen  
Küçük ve Orta Bütçeli İşletmeler  
Kimyasal Oksijen İhtiyacı  
Nanofiltrasyon  
Organize Sanayi Bölgesi  
Ön Çöktürme Havuzu  
Poliviniliden Florür  
Son Çöktürme Havuzu  
Scanning Electron Microscope  
Total Dissolved Solids  
Ters Osmos  
Ultrafiltrasyon

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Endüstriyel ters osmos sistemleri.....	10
Şekil 1.2. Ters osmos sistemi çalışma prensibi.....	12
Şekil 1.3. Partikül boyutu ve tipine göre arıtma sistemleri.....	15
Şekil 1.4. Partikül boyutu ve tipine göre arıtma sistemleri.....	15
Şekil 1.5. Partikül boyutu ve tipine göre arıtma sistemleri.....	15
Şekil 2.1. Ters osmos sistemi diyagramı.....	17
Şekil 2.2. Selüloz asetat membran SEM görüntüsü.....	18
Şekil 2.3. Otomotiv endüstrisi soğutma kuleleri.....	19
Şekil 2.4. Otomotiv endüstrisinde arıtma sistemi ve geri kazanım.....	20
Şekil 2.5. Otomotiv endüstrisinde UF ile arıtma sistemi akım şeması .....	21
Şekil 2.6. Yağ alma işlemi sonrası Ultrafiltrasyon ve T.O (Ters osmos) sistemleri akım şeması .....	23
Şekil 2.7. Fosfatlama sonrası Nanofiltrasyon ve ters osmos ile geri kazanım sistemi akım şeması.....	24
Şekil 2.8. Demineralize su ve geri kazanılmış boyanın sisteme verilmesi akım şeması.....	25
Şekil 3.1. Tesis su girişi akım şeması.....	26
Şekil 3.2. Arıtma Tesisi akım şeması.....	32
Şekil 3.3. Geri Kazanım Sistemi Akım Şeması.....	34

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

<b>Çizelge 1.1.</b> Metal kaplama prosesi atık suyunun içerdiği muhtelif maddeler ve konsantrasyonları.....	4
<b>Çizelge 1.2.</b> Bir otomotiv endüstrisi arıtma tesisi giriş ve çıkış suyu analiz sonuçları....	5
<b>Çizelge 2.1.</b> Banyo çözeltilerine ve atıksuya uygulanan işlemler.....	16
<b>Çizelge 2.2.</b> Ters osmos işlemleri sonrasında suyun kalitesinin özellikleri.....	22
<b>Çizelge 2.3.</b> Boya ve sistem suyunun geri kazanılması sonucunda maliyet analizi.....	25
<b>Çizelge 3.1.</b> Tesis su giriş değerleri.....	27
<b>Çizelge 3.2.</b> Karışık endüstriyel atık suların alıcı ortama deşarj standartları ve atık su arıtma tesisi maksimum giriş değerleri.....	29
<b>Çizelge 3.3.</b> Geri kazanım sistemi öncesi ve sonrasında suyun giriş ve çıkış kalitesi.....	32
<b>Çizelge 4.1.</b> Atıksu arıtma tesisi giriş-çıkış değerleri, giderim verimleri.....	35
<b>Çizelge 4.2.</b> Proses suyu limit konsantrasyon değerleri.....	36
<b>Çizelge 4.3.</b> Kum filtresi çıkış suyunda elde edilen sonuçlar.....	38
<b>Çizelge 4.4.</b> Aktif Karbon ünitesi çıkışında elde edilen sonuçlar.....	39
<b>Çizelge 4.5.</b> Ters osmos prosesi sonucunda elde edilen sonuçlar.....	41
<b>Çizelge 4.6.</b> Birinci akım şeması ünite boyutları ve yaklaşık ilk yatırım maliyeti.....	43
<b>Çizelge Ek 1.1.</b> Terfi Tankı Tasarım Değerleri.....	52
<b>Çizelge Ek 1.2.</b> Kum Filtresi Ünitesi Tasarım Değerleri.....	52
<b>Çizelge Ek 1.3.</b> Aktif Karbon Ünitesi Tasarım Değerleri.....	53
<b>Çizelge Ek 1.4.</b> Ultrafiltrasyon Ünitesi Tasarım Değerleri.....	54
<b>Çizelge Ek 1.5.</b> Her bir modül için tasarım özellikleri.....	54
<b>Çizelge Ek 1.6.</b> Ters Osmos Ünitesi Tasarım Değerleri.....	55

# 1. GİRİŞ

## 1.1. Otomotiv Sektörü

Günümüzde otomotiv sektörü, gelişmiş ve hatta gelişmekte olan ülkeler için “anahtar” sektör rolündedir. Güçlü bir otomotiv sektörü, sanayileşmiş ülkelerin ortak özelliklerinden biri olarak gözümüze çarpmaktadır. Otomotiv sektörünün bu denli bir öneme sahip olmasının başlıca nedeni, bu sektörün diğer sektörlerle olan yakın ilişkileridir. Otomotiv sektörü, başka birçok sektörün ürettiklerinden yararlanır; bunların başında demir-çelik, cam, plastik, tekstil, elektronik ve elektrik sektörleri gelir. Bunun yanında, otomotiv sektörü, yaptığı üretim ile bazı sektörlerin de verimli bir şekilde işlemlerini saptamaktadır. İnşaat, turizm ve tarım sektörleri, bunlara örnek olarak verilebilir. Ayrıca, otomotiv sektörünün, savunma sektörüne ve dolaylı olarak da ülkenin milli güvenliğine katkıda bulunduğu da bilinmektedir.

Türkiye otomotiv sektörü, bugün ilk üç büyük sektör arasında yer almaktadır. Başlangıçta Türkiye’de ithal ikamesi modeli üstüne kurulan otomotiv sektörü bugün ulaştığı noktada 1996 yılı sonrasında yani Gümrük Birliği ile birlikte uluslararası standartlarda üretim ve ürünlerinin kalitesi ile Dünya pazarlarına ihracat yapan bir sektör konumuna gelmiştir. Ülkemiz büyük otomotiv üreticilerinin Dünya üretim üslerinden birisi olmuştur.

Türkiye’de otomotiv sanayisinin gelişmesinin en büyük etkenlerinden biri üretim alanındaki gelişmelerdir. Bu noktada gelişmeden kastedilen sadece üretim miktarı değil, ayrıca üretim kalitesidir. İleri teknolojinin Türkiye’ye transfer edilmesi ile birlikte, Türk otomotiv sanayisinin üretim kalitesi artmış, bu da otomotiv sanayisini ve bütün sektörün gelişmesini ve büyümesini sağlamıştır (Karbuz ve ark. 2008).

## 1.2 Otomotiv Endüstrisi Çevresel Sorunları

Sanayide çevre uygulamaları uluslararası kurallara göre düzenlenmektedir. Otomotivsanayinin çevreye olan etkileri iki aşamada ele alınabilir. Bunlardan biri üretim aşamasındaki çevresel etkiler, diğeri de ürünün kullanım ömrü boyunca oluşturduğu çevresel etkilerdir (İncecik ve ark, 2007).

Üretim aşamasındaki çevresel etkiler:

**Atıklar:** Gerek proseslerden ve gerekse sosyal ihtiyaçlar sonucu ortaya çıkan atıklar genel olarak iki grup altında incelenebilir. Bunlar ;

• *Evsel nitelikli endüstriyel atıklar :*

Ambalaj atıkları (kağıt,karton, ahşap malzeme, naylon, vb.) , metalik atıklar (atık sac,metal talaşları, ....), beslenme atıkları başlıca atıklardır.

• *Tehlikeli endüstriyel atıklar :*

Boya çamuru, fosfat çamuru, atık yağ, kontamine eldiven & bez, kontamine ambalajlar, akü, kimyasal arıtma çamurları, elektronik atıklar, neon tüpler, mastik, metal çamurları, çeşitli proseslerden çıkan filtreler sektörde çıkan başlıca atıklardır (Anonim 2007).

**Atıksular:**

Günümüzde pekçok endüstri tarafından kullanılan su miktarı proses ve sektör özelliklerine göre değişmektedir. Atıksuyun karakterizasyonu ve miktarı atıksu arıtma tesislerinin tip, boyut ve aşamalarını da belirlemektedir. Türkiye’de bulunan demir-çelik, metal işleme, galvanoplasti, otomotiv, gıda, deri, tekstil, kimya sektörleri atıksuları için koagülasyon/flokülasyon prosesleri, kimyasal/fiziksel oksidasyon, aktif çamur, adsorpsiyon gibi konvansiyonel arıtma yöntemlerinin yanı sıra; ileri oksidasyon, membran prosesler, fenton prosesler, elektrokimyasal oksidasyon, elektrolitik arıtma ve ters osmos yöntemlerini içeren ileri arıtma teknikleri de uygulanmaktadır (Aydın ve ark. 2010).

Krom kaplı metal parçalarının çok üretildiği endüstrilerin başında gelen otomotiv endüstrisinden kaynaklanan atıksularda bulunan krom, kaplama işlemlerinde kullanılan kromik asit banyoları ve durulama sularında bulunmaktadır. Kromatlar, soğutma suyu sistemlerinde oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır ve buradan çıkan atıksu yüksek miktarda krom içerir. Çinko tuzları da inorganik pigment endüstrisinde kullanılmaktadır. Kaplama ve metal endüstrilerinin atıksularındaki birincil çinko kaynağı ise, sıyırmadan veya kaplama banyolarından sonra, üretilen metale yapışan çözeltilerin sıyırılması sonucu yıkama suyuna geçen çözeltilerdir (Alkan ve ark. 2006).

Metal kaplama sektöründe en çok durulama ve soğutma proseslerinde su kullanılmaktadır. Önemli miktarda su atıklara karışmakta veya buharlaşma ile kaybolmaktadır. Bir miktar su da proses çözeltilerinin hazırlanmasında kullanılmaktadır. Genel olarak metal kaplama prosesinde suyun kullanıldığı alanlar aşağıdaki gibidir:

- Soğutma suyu olarak bazı cihazlarda,
- Isı kaynağı olarak kazan dairesinde,
- Durulama işlemlerinde,
- Banyo çözeltilerinin oluşturulmasında,
- Banyolara su eklenmesinde,
- Asit seyreltme işleminde.

Son 15 yılda metal kaplama sektörü su kullanımının azaltılmasında önemli gelişmeler göstermiştir. Ulusal Metal Kaplama Kuruluşu'nun 1994'teyaptığı bir araştırmaya göre, söz konusu işletmelerin %68'inin temiz üretim teknikleriyle su kullanımlarını azalttıkları ortaya çıkmıştır (Engin ve Altınışık 2011). Suyun yeniden proseste kullanılması için ters osmos, kum filtresi veya karbon arıtma kullanılarak içindeki kirleticiler arıtılmalıdır. Metal kaplama sürecindeki atık sular şu kaynaklardan oluşmaktadır:

- Endüstriyel atık su: Durulama suyu, soğutma suyu, buhar kondensatı, kazan blöfü ve yıkama suyu

- Kirilenmiş veya kullanılmış elektro kaplama veya elektriksiz kaplama banyoları,
- Nitrik, sülfürik, hidroklorik, hidroflorik asit içeren daldırma banyoları (Engin ve Altınışık 2011).

Endüstriyel atık sularda bulunan ağır metaller birçok nedenden dolayı arıtma tesislerinin çalışmasını engeller. Metal kaplama sektöründe oluşan çamurun içindeki metaller; kadmiyum, kobalt, bakır, demir, kurşun, nikel ve çinkodur. Öncelikle ağır metaller atık sudan kolaylıkla arındırılmaz ve deşarj edilen çıkış suyunda kalırlar. İkinci olarak ağır metaller arıtma tesisinin verimini düşürür ve biyolojik arıtmayı engellerler. Son olarak atık su çamurunda kalan ağır metaller çamurun yeniden kullanım olasılığını azaltırlar (Engin ve Altınışık 2011). Çizelge 1.1’de örnek olarak bir metal kaplama tesisinden çıkan atık suyun içerdiği maddeler ve konsantrasyonları verilmiştir

**Çizelge 1.1.** Metal kaplama prosesi atık suyunun içerdiği muhtelif maddeler ve konsantrasyonları (Engin ve Altınışık 2011).

<b>Maddeler</b>	<b>Konsantrasyonlar (mg/l)</b>
Zn <sup>++</sup>	4-6
Fe <sup>++</sup>	8-9
Cd <sup>++</sup>	3-4
Ni <sup>++</sup>	2-3
Cn <sup>-</sup>	0,6-1
CrO <sub>3</sub>	0,8-1

Metal ürünlerin yüzey kaplaması işlemleri sırasında elektroliz kullanılan metal kaplama sektöründe oluşan atıksular, kimyasal arıtma yöntemleri ile arıtılmaktadırlar. Arıtma işlemlerinde kullanılan kimyasallar atıksuyun içerdiği kirleticilere göre değişiklik göstermektedir.

Kimyasal arıtma sırasında, kireç, NaOH, HCl, FeCl<sub>3</sub>, sodyum metabisülfid, anyonik polielektrolitler kullanılmaktadır. Otomotiv endüstrisinde demir, çelik, bakır, plastik, çinko gibi çok çeşitli hammaddeler kullanılmaktadır. Otomotiv sektöründe temel kirletici kaynakları olarak yağ alma, fosfatlama, boyama prosesleri gösterilmektedir.

Boyama prosesi atıksuları yüksek oranda organik içeriğe sahiptir. Otomotiv endüstrisinde atıksuya uygulanan kimyasal arıtma işlemlerinde FeCl<sub>3</sub> ve çeşitli polielektrolitler tercih edilmektedir. Aydın ve ark. (2010) yürüttükleri çalışmada, bir otomotiv endüstrisi atık suyuna fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma işlemleri uygulandıktan sonra arıtma tesisi çıkış suyu analiz sonuçlarını incelemişlerdir. İncelenen otomotiv endüstrisi arıtma tesisi giriş ve çıkış suyunun analiz sonuçları Çizelge 1.2.'de verilmektedir (Aydın ve ark. 2010).

**Çizelge1.2.** Bir otomotiv endüstrisi arıtma tesisi giriş ve çıkış suyu analiz sonuçları (Aydın ve ark. 2010).

Parametre	Birim	Giriş	Çıkış
KOİ	mg/l	3480	400
AKM	mg/l	895	80
Yağ ve Gres	mg/l	500	20
Demir	mg/l	5,8	3
Çinko	mg/l	15,7	2
Kurşun	mg/l	1,8	0,3
Toplam Siyanür	mg/l	2	0,05
Krom (VI)	mg/l	-	-

Üretim aşamasında oluşan atık sular da evsel nitelikli ve kimyasal içerikli olarak iki grupta ele alınabilir. Evsel nitelikli atık sular yemekhane, duşlar ve tuvaletlerden gelen suları içerir. Kimyasal nitelikli atık suların başlıca kaynağı ise yüzey işlem, boya ve su şartlandırma prosesleridir. Bu atık sulardan kaynaklanan kirlilik parametrelerinin başlıcaları Kimyasal Oksijen İhtiyacı, Biyolojik Oksijen İhtiyacı, Askıda Katı Maddeler ve çeşitli ağır metallerdir (Aydın ve ark. 2010).

Sektörün tamamında çıkan kimyasal atık sular için fiziksel – kimyasal atık su arıtma tesisi mevcuttur. Evsel atık sular ise bazı fabrikalarda biyolojik arıtmaya tabii tutulmakta, bazılarında ise Organize Sanayi Bölgeleri ya da belediyenin kanalizasyon sistemlerine deşarj edilmektedir. Arıtma tesislerinden çıkan sular düzenli periyotlarda akredite laboratuarlara analiz ettirilerek izlenmekte ve kontrol edilmektedir. Tüketilen suyun azaltılmasına ilişkin yapılan çeşitli faaliyetlerle atık su miktarı ve daha az kirletici unsuru olan kimyasal ürünlerin kullanımına geçerek atık suyla taşınan kirliliğin azaltılmasına çalışılmaktadır (İncecik ve ark. 2007).

### **1.3 Otomotiv Endüstrisinde Geri Kazanım**

Metal işleme sektöründe kaplama ve durulama banyolarından kaynaklanan atık suyun içindeki materyalleri geri kazanmak dünyada metal kaplama sektöründe sıkça karşılaşılan bir yöntemdir.

İşletmede oluşan farklı türdeki atıkların ayrı toplanması, atık minimizasyonu, ve geri kazanım/yeniden kullanılması mümkün olan atıklardan kazanç sağlanması açısından önemlidir. Metallerin geri kazanılması genellikle yeni ekipman alımına dayalıdır ve bu ekipmanlar ciddi maliyet gerektirebilmektedir. Ayrıca bu ekipmanların, kullanım, bakım ve işletimi açısından da zorluklar olabilmektedir. Bunlara karşın, katı atık miktarının azaltılması ve kimyasal maliyetlerinin düşürülmesi göz önüne alındığında geri kazanım işletmeler açısından oldukça faydalıdır (Engin ve Altınışik 2011).

Geri kazanılmış atık suların en çok kullanıldığı alanlar, dört grupta toplanabilir.

Bunlar:

- Kentsel kullanım,
- Endüstriyel kullanım,
- Tarımsal kullanım,
- Yeraltı suyu beslemesi.

### 1.3.1 Kentsel Kullanım

Bir kente verilen içme suyu kalitesindeki sular, içme suyu olarak kullanımı dışında, aşağıda özetlenen amaçlar için de kullanılmaktadır:

- Park, rekreasyon alanı, atletizm alanı, okul bahçesi ve oyun alanı, anayolların ve halka ait binaların ve tesislerin çevresindeki peyzaj alanlarının sulanması,
- İşyeri, dükkân, ofis ve endüstriyel kuruluşların çevresindeki peyzaj alanlarının sulanması,
- Ticari kullanımlar (araç yıkama tesisleri, pencere temizleme, pestisid ve herbisid çözeltilerinin hazırlanması ve sıvı gübrelerin hazırlanması gibi),
- Kent içindeki havuz, fıskiye, şelaleler gibi yapay kullanım alanlarına su verilmesi,
- İnşaat projelerinde beton yapımı için ve toz kontrolünde su kullanımı,
- Yangından korunmak üzere yangın söndürme suyu temini,
- Binalarda tuvalet suyu olarak kullanımı,
- Golf sahalarının sulanması (Büyükkamacı 2009).

### 1.3.2. Endüstriyel Kullanım

Geri kazanılmış suyun endüstride kullanımı, gelişmiş ülkelerde oldukça yaygındır. İçme suyu niteliğindeki suya ihtiyaç duymayan birçok endüstri için, geri kazanılmış su idealdir. Atık suyun geri kazanılması, endüstriyel atık suyun tesis içinde geri çevrimi ile ve/veya evsel atık su arıtma tesislerinde arıtılan suyun kullanılması olabilmektedir (Büyükkamacı 2009).

Arıtılmış atık sular, sanayide soğutma suyu veya proses suyu olarak yeniden kullanılabilir. Suyun en yaygın tekrar kullanım şekli olan soğutma suyu olarak kullanımı ile birlikte çamur oluşumu, korozyon ve köpüklenmenin düşünülmesi gerekmektedir (Kaftan 2010).

Geri kazanılmış suyun soğutma suyu olarak kullanılması en yaygın uygulamalardan biridir.

Geri kazanılmış suyun endüstrilerde proses suyu olarak kullanılabilirliği kullanım yerine göre değişmektedir. Örneğin elektronik sanayinde distile suya yakın kalitede su istenirken, tekstil, kağıt ve metal endüstrilerinde daha düşük kaliteli su kullanılabilir (Karakaya ve Gönenç 2005).

Tekrar kullanım söz konusu olduğunda suyun kullanılacağı amaca göre arıtma seviyeleri de farklı olmaktadır. Su tekrar kullanımı ve yan ürün geri kazanımı olanakları ile ilgili olarak atıksu arıtma gereksinimleri geliştirilmeden önce kirlilik profili analizi yapılmalıdır. Atıksu tekrar kullanımı, yan ürün geri kazanımı ve atık ayrılması, atık arıtımı proses tasarım için temel teşkil edecek revize kütle dengesi-akış diyagramının oluşmasını sağlamaktadır (Anonim 2012).

Pek çok endüstride, soğutma suyu ihtiyacı tesisteki en büyük su ihtiyacını oluşturmaktadır. Temiz su kaynaklarının kirlenmesi ve azalmasına bağlı olarak sanayiciler, açık çevrimli soğutma sistemlerinde ikincil atık su arıtma üniteleri çıkış sularını kullanmaya denemeye yönelmektedir.

Ancak, soğutma suyu olarak arıtılmış atık suların kullanılması durumunda korozyon, çökelek oluşması, mikrobiyal büyüme gibi konulara dikkat edilmesi gereklidir (Büyükkamacı 2009).

### **1.3.3. Tarımsal Kullanım**

Kentsel atıksuların arıtıldıktan sonra sulama amacıyla kullanımı kurak ve yarı kurak ülkelerde yaygın bir uygulamadır. Bu ülkelerde su talebi arttıkça geri kazanılmış su ile tarım alanlarının sulanması su kaynaklarını planlanması ve yönetiminde önemli bir bileşen haline gelmektedir (Karakaya ve Gönenç 2005).

Tarımsal amaçlı sulama için tüketilen su miktarı EPA tarafından toplam tatlı su tüketiminin % 40'ı olarak verilse de pek çok kaynakta bu değer %70'lerde olarak kabul edilmektedir. Dolayısıyla, ziraatta, arıtılmış atık suyun geri kullanımının sağlanması ile önemli miktarda su korunumu sağlanacaktır.

Bunun yanı sıra, bitki besin maddesi kaynağı olabilecek elementler içermesi ve kalite açısından ürünlere bağlı olarak nispeten uygun özellikler taşıması, zirai amaçlı geri kullanımda artış eğilimine neden olmaktadır (Büyükkamacı 2009).

#### **1.3.4. Yeraltı Suyu Besleme**

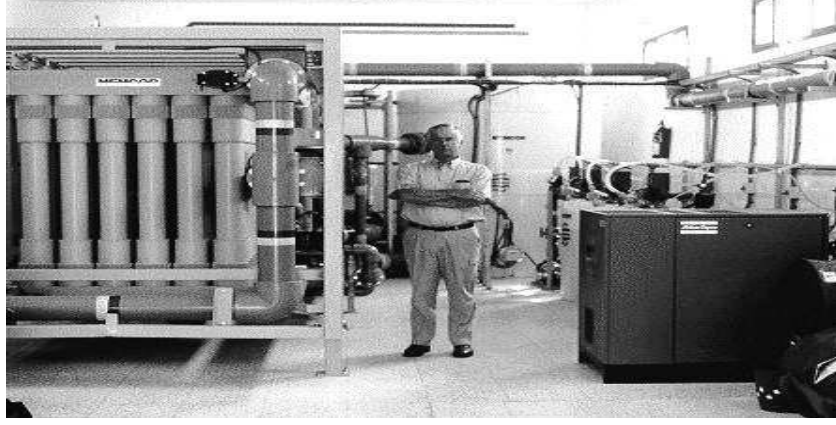
Ülkemizde fazla kullanım alanı bulan bir uygulama olmamakla birlikte, arıtılmış atık suların zemine sızdırılarak toprağın arıtma kapasitesinden yararlanması gelişmiş bazı ülkelerde (ABD, Hollanda, Almanya gibi) uygulama alanı bulmaktadır. ABD’ de, 1962 yılından itibaren gerçekleştirilen arıtılmış atık suların yer altı sularını beslemesi çalışmaları, 1978’den itibaren daha da iyileştirilerek, atık suların içme suyu standartlarında arıtmadan geçirildikten sonra, yeraltına besleme yapılması şeklinde devam etmektedir.

Özellikle ülkemizde yer altı suları içme ve kullanma suyu amacıyla sıklıkla kullanıldığı için, arıtılmış suların yer altı suyu besleme amaçlı kullanılmasında çok dikkatli olmak gereklidir ve beslenen suyun içme suyu kalitesinde bir su olmasına dikkat edilmelidir (Büyükkamacı 2009).

Yeraltı suyunun kirlenmesine neden olan faktörler içerisinde arıtım işlemi görmemiş olan atık suların alıcı ortamlara deşarjı bulunmaktadır. Bu yüzden evsel ve endüstriyel atık suların deşarjı ile ilgili standartların dikkatle incelenmesi ve bu atıksuların herhangi bir alıcı ortama verilmeden önce gerekli arıtım işlemlerinden geçirilmesi gerekmektedir (Şahin ve ark. 2011).

#### **1.4 Endüstriyel Ters Osmos Sistemleri**

Metal işleme suları mekanik işleme endüstrisinde, parça ömrünü artırmak, korozyonu önlemek, verimliliği artırmak için kullanılmaktadır. Bu nedenle endüstriyel kullanıcı çeşitliliği oldukça fazladır. Otomotiv endüstrisi ise metal işleme sularını en çok kullananlar arasında en büyük payı almaktadır (Cheng ve ark. 2005).



**Şekil 1.1.**Endüstriyel ters osmos sistemleri (Durham 1999).

#### **1.4.1. Endüstride Ters Osmos Tercih Edilmesinin Nedenleri**

Endüstriyel ters osmos sistemleri ilk icat edildiğinde fiyatları oldukça yüksek idi. TO cihazları 1990 yılından bu yana ucuzladı, gelişen membran teknikleri ile TO ile üretilen suyun maliyeti de çok azaldı (içinde en çok 2000 mg/litre çözünmüş mineral bulunan bir kuyu suyundan TO ile elde edilen bir ton suyun maliyeti 0,20 - 0,30 Dolar mertebesindedir).

TO cihazlarının bugünkü fiyatları ve işletme maliyetleri çok düşüktür ve bu nedenle işletme riskleri ve işletme zorlukları olan reçineli sistemler yerine TO tercih edilmektedir. Yüksek debilerdeki RO sistemleri yüksek kapasiteli işletmeler, oteller ve su ihtiyacı fazla olan her tip kuruluş için üretilirler. Bu RO sistemleri 850 L/h'den başlayan ve istenilen debilere kadar üretim yapılabilen artım kapasitelerine sahiptirler (Nicolaisen, 2002).

Genellikle membranlara gelen besleme suyuna ön arıtma yapılmış olması ve bu suyun içinde askıda katı madde bulunmaması istenmektedir. Suda çözülmüş olarak bulunan mineraller silika, baryum ve sertlik meydana getiren elementlerdir. Mikroorganizma artışı ise 30-45 °C arasında sıklıkla görülmektedir. Ters osmos membranları minerallere bağlı kirlenmeye karşı hassastırlar.

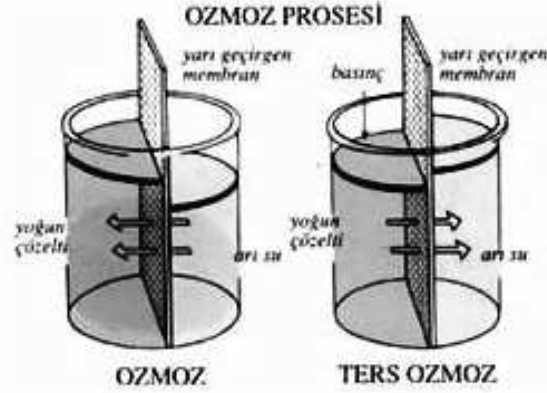
Geçmişte selüloz asetat membranlar kullanılırken günümüzde minerallere karşı daha dirençli olan ince-film poliamid membranlar tercih edilmektedir. Membran malzemesinin seçimi kadar membran yüzeyinin pürüzlülüğü de mineral direncini etkileyen faktörlerdendir. Yüzey pürüzlülüğü arttıkça membran yüzeyinde biriken mikroorganizma ve katı madde miktarı artmaktadır (Nicolaisen, 2002).

#### **1.4.2 Endüstride Ters Osmos Sisteminin Çalışma Prensibi**

Ters osmos işleminin çalışma prensibi cihaz üzerinde bulunan membranlar sayesinde. Su membranlar üzerinde bulunan gözeneklerden, yüksek basınç altında geçmeye zorlanır. Bu işlem esnasında su molekülleri ve bazı inorganik moleküller bu gözeneklerden geçebilirken suyun içindeki maddelerin çoğu bu gözeneklerden geçemez ve konsantre su olarak dışarı atılır.

Yapılan bu işlem diğer filtrasyon sistemlerine göre istenilen kapasitede çok daha iyi su kalitesi elde etmeye olanak verir. Gelişen teknoloji ile beraber tamamen otomatik ters osmos cihazları üretimi mümkün olmuş ve istenilen debide yüksek kaliteli su eldesi ile ters osmos cihazları profesyonel arıtımda üst sıralara yükselmiştir (Anonim 2013).

TO cihazının çalışma şekli insan ve hayvandaki böbreklerin çalışmasına benzemektedir. Böbrek, kandaki zararlı nesnelere ayırır ve bir miktar su ile bunları idrar olarak vücut dışına atar. TO cihazı da sudaki mineralleri ayırır ve bunları dışarı atabilmek için bir miktar suya ihtiyacı vardır. Mineralleri atmak için yeterli miktarda su olmazsa, aynı böbrek taşı misali TO içinde de taşlar oluşur (Shihoh, 2005).



Şekil 1.2. Ters osmos sistemi çalışma prensibi (Anonim 2013).

### 1.4.3 Ters Osmos Sistemi Kullanım Alanları

Klasik kullanım alanları dışında, son yıllarda MBR (Membran Biologic Reactor) denen, atık suların geri kazanılmasındaki uygulamalar dünyadaki su kaynaklarının giderek azalması nedeniyle bir zorunluluk haline gelmiştir.

Bu sistem, ayrıca bugüne kadar atıksu arıtımında uygulanan klasik yöntemlere kıyasla çok daha rasyonel ve pratik bir yöntemdir. Diğer kullanım alanları aşağıda kısaca verilmektedir (Yaşa 2009).

#### 1.4.3.1 Buhar Kazanlarında Besi Suyu Arıtımı

Ham su yüksek iletkenlikte olduğunda (içerisinde fazla miktarda mineral) kazan besi suyunun klasik yöntemler ile hazırlanması (su yumuşatma 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 hazırlanmaları 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.

T.O. sistemi ile üretilen suyun sertliği ve alkalinitesi 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 özetlenebilir:

- 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 inecektir;
- pH derecesinin 9,5 civarında tutulması ile korozyon önlenir;
- 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.

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 tamamı karşılaştırıldığında T.O. sistemi ile su hazırlayan buhar tesisinin çok daha verimli olduğu görülür. 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.

T.O. cihazının kendini temizlerken attığı su sanayi tesislerinin atığı ile karıştırılmamalıdır (Yaşa, 2009).

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 ülkelere göre bu su doğrudan denize, derelere veya yağmur kanallarına verilebilir (Yaşa, 2009).

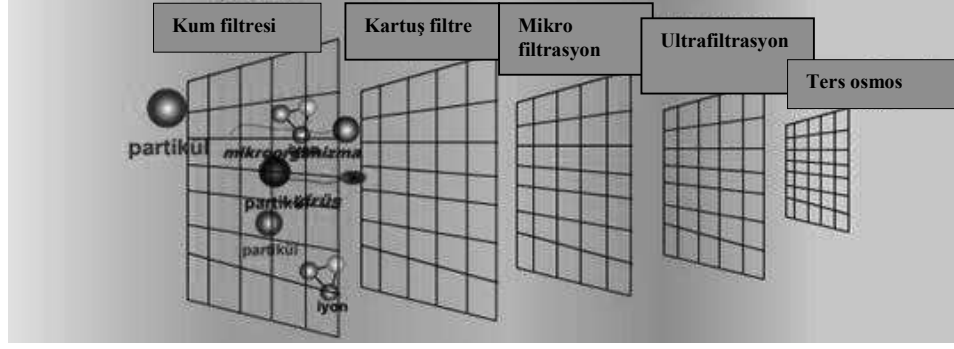
#### **1.4.3.2. İçme Suyu Arıtımı**

İçme suyu kalitesi uluslararası standartlarla belirlenmiş ve bu standartlar bir çok ülke tarafından kabul edilmiştir.

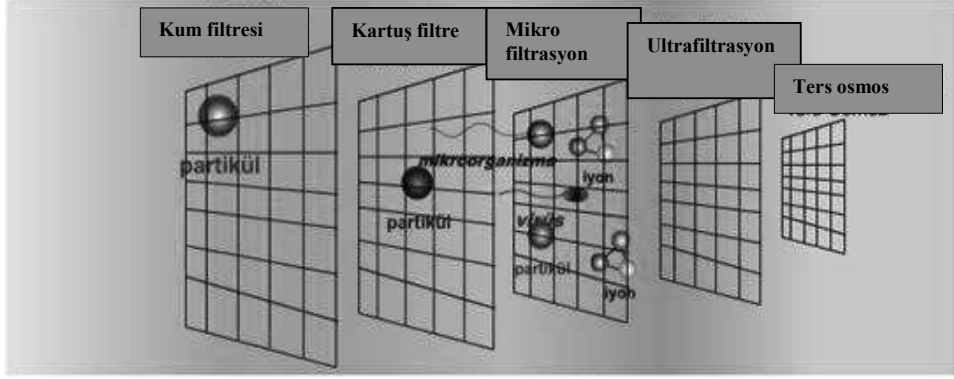
Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) içme suyu standardında EPA' da (Environmental Protection Agency of USA) olduğu gibi, müsaade edilen en yüksek TDS 500 ppm (mg/l)' dir. Tuzlu su arıtımı yapan bir RO sisteminde bu kalitenin elde edilebilmesi, giriş suyu ve buna göre seçilecek sistem şartlarına bağlıdır (Yaşa, 2009).

#### **1.4.4 Partikül Boyutu ve Tipine Göre Arıtma Sistemi Seçilmesi**

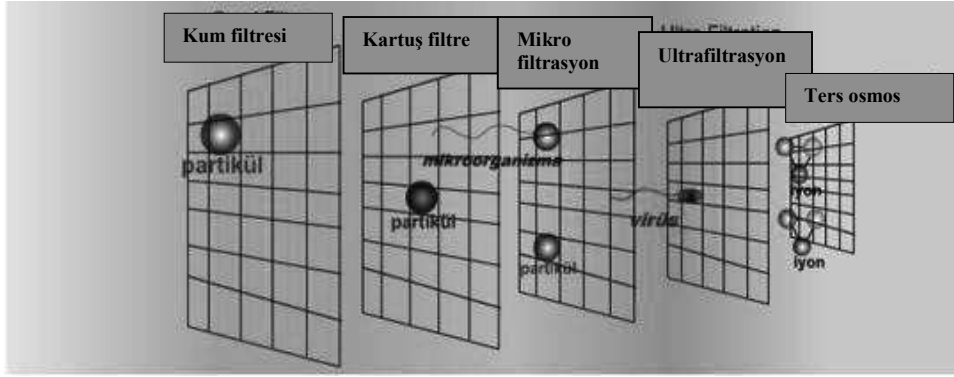
Şekil 1.3, Şekil 1.4 ve Şekil 1.5'te partikül boyutu ve tipine göre seçilmesi gereken arıtma sistemleri verilmiştir.



Şekil 1.3.Partikül boyutu ve tipine göre arıtma sistemleri (Anonim 2013).



Şekil 1.4.Partikül boyutu ve tipine göre arıtma sistemleri (Anonim 2013).



Şekil 1.5.Partikül boyutu ve tipine göre arıtma sistemleri (Anonim 2013).

## 2. GELİŞME

Metal kaplama sürecinde oluşan atısu, içerdiği metaller ve tehlikeli kimyasallar açısından kritik bir öneme sahiptir. Sektörde oluşan atıksuyun yönetimi ve bertarafı en önemli ve maliyetli problemlerden birisidir. Bu kapsamda yapılan analizler Çizelge 2.1’de verilmiştir. Çalışmaya katılan işletmecilerin %60’ı atık suyunu kanalizasyona vermektedir. Yine işletmecilerin yarısından fazlası tesislerinde ön arıtma yapmaktadır. Ön arıtma çöktürme ve pH ayarlama olarak gerçekleştirilmektedir. İşletmelerin %16’sı sadece çöktürme ve pH ayarlama olarak gerçekleştirilmektedir. İşletmelerin %16’sı sadece çöktürme, %38’i ise hem pH ayarlama hem de çöktürme yapmaktadır (Engin ve Altınışık 2011).

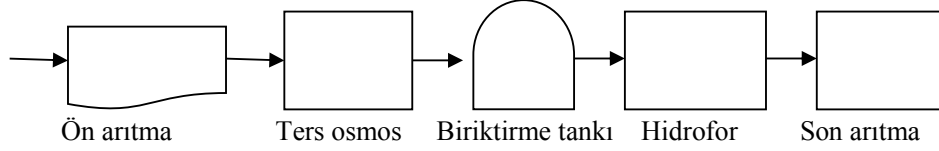
**Çizelge 2.1.** Banyo çözeltilerine ve atıksuya uygulanan işlemler (Engin ve Altınışık 2011).

Uygulanan İşlemler	Dağılım(%)
1. Kanalizasyon hattına verilmesi	60,6
2. Tesis içinde ön arıtma yapılması	54,5
Ön Arıtmada Yapılan İşlemler	Dağılım(%)
Çöktürme	16,7
Çöktürme ve pH ayarlama	37,9
Diğer İşlemler	Dağılım(%)
Tesis içinde arıtma yapılması	1,5
Tesis dışına arıtmak için gönderilmesi	22,7

Metal prosesi atık suyu kentsel atık su arıtma tesislerine verildiği takdirde sıkıntı yaşatabilmektedir. Söz konusu işletmelerin atık sularının arıtıldıktan sonra bu sistemlere verilmeleri gerekmektedir. Katılımcı işletmeler bu kapsamda en temel ön arıtma işlemi olan çöktürme ve pH ayarlamasını yapmaktadırlar. Bu işlemlerden sonra atık su kanalizasyon hattına oradan da kentsel atık su arıtma tesisine verilmektedir (Engin ve Altınışık 2011).

Günümüzde otomotiv endüstrisinde metalle kontamine olmuş atık suların arıtımı için çeşitli metodlar kullanılmaktadır. Bu metodlar başlıca olarak nötralizasyon, presipitasyon, iyon değişimi, sementasyondur; ancak bu yöntemler temel olarak suyun geri kazanımını sağlamamaktadır (Engin ve Altınışık 2011).

Otomotiv endüstrisinden çıkan atık suyun karakteristiği asidik veya bazıktır. Ters osmos sistemi otomotiv endüstrisi gibi metalle kontamine olmuş atık suyun çok bulunduğu bir endüstride atık suyun arıtımı için en iyi çözümdür (Benito ve Ruiz 2002).



**Şekil 2.1.** Ters osmos sistemi diyagramı (Yaşa 2009).

Ters osmosda yer alan membran sisteminden geçen arıtılmış su sisteme yeniden beslenebilir. Bu sistemde sistemin çalışmasının yanı sıra membranların temizliği prosesi de son derece önemlidir. Temizlik prosesi membran ömrünü doğrudan etkilemektedir. Yapılan çalışmalarda konsantrasyon ve seyreltik asidik ve bazık atık sularda ters osmos sistemiyle atık su arıtımı gerçekleştirilmiştir (Benito ve Ruiz 2002).

Siyanür içerikli konsantrasyon alkali karışımli çözeltilerde HCN varlığını engelleyebilmek için ayrıştırılmış olmalıdırlar. Alkali içerikli atık suları asit içerikli sularla karışmasını engellemek için karışım öncesinde mutlaka kaliteli bir şekilde arıtılmalıdırlar. En son olarak sisteme geri beslenmeden önce de mutlaka ters osmos sisteminden geçirilmelidir (Benito ve Ruiz 2002).

## 2.1 Otomotiv Endüstrisinde Membranlar

Ters osmos membranları spiral tipli ve yaklaşık 6 m<sup>2</sup>'lik efektif membran filtrasyon alanına sahip olmalıdır. Tamamen ileri kompozit membranlarından oluşan aromatik poliamid kompozit membranlar 5:1 'lik bir konsantrasyon / geçirgenlik akış oranına sahiptir (Rautenbach ve Albrecht 2008).

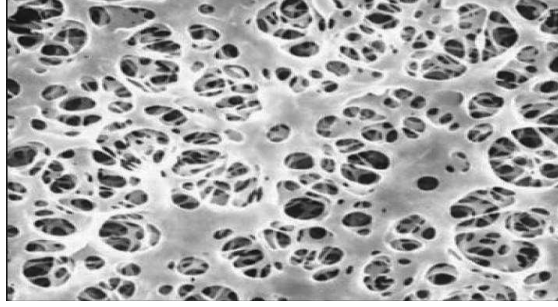
İdeal olan temiz su akışı özellikleri 25°C sıcaklıkta 8.7 m<sup>3</sup>/d at 2000 ppm NaCl, 225 psi'dir. Maksimum çalışma basıncı ve sıcaklığı 42 bar and 45°C'dir (Rautenbach ve Albrecht 2008).

### 2.1.1 Kullanılan Membran Tipleri

#### Ters osmos için ince filmlı kompozit membranlar

##### Selüloz asetat membran

Bu membran asimetrik veya anizotropik membran aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi çözünen maddeyi kusan bir tabaka bulundurmaktadır (Rautenbach ve Albrecht 2008).



**Şekil 2.2.** Selüloz asetat membran SEM görüntüsü (Anonim 2013).

### 2.2. Otomotiv Endüstrisinde Ters Osmos'un Kullanım Alanları

Günümüzde otomotiv endüstrisinde iki tipte atık su çıkmaktadır. Bu atık su karakteristikleri asidik ve bazik olmak üzere ikiye ayrılır. Metalle ve diğer kimyasallarla çok fazla kontamine olmuş olan su yer altı yüzey sularının korunması ve şebekeden alınan suyun azaltılması için ters osmos sistemiyle arıtılarak tezgahlara yeniden verilebilmektedir. Günümüzde ters osmos sistemi içme suyu kalitesinde su elde etmemizi sağlamakta; yine çalışanların içme suyu ihtiyacı da fabrika içerisinde kurulmuş olan Ters Osmos sistemiyle şebekeden alınan suyun arıtılan suyla paçallanmasından sonra fabrika içerisine dağıtılmaktadır. Ayrıca yine atık su arıtımından sonra soğutma kulelerine soğutma suyu olarak verilebilmektedir (Bennett 2010).



**Şekil 2.3.** Otomotiv endüstrisi soğutma kuleleri (Anonim 2011).

\*\* Otomotiv Fabrikalarında soğutma kulelerinde bulunan suda,

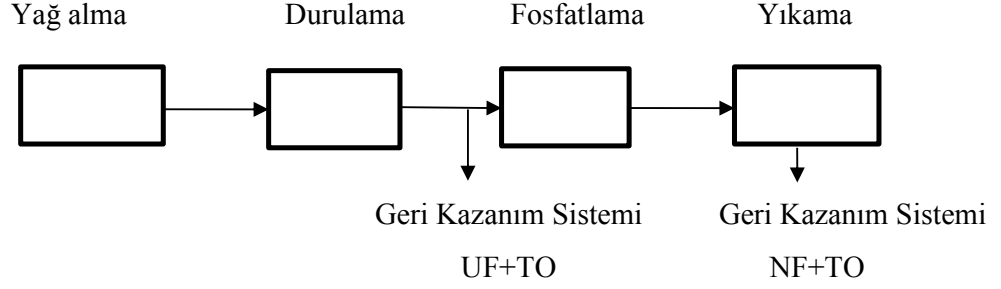
\*\* İçme suyunda,

\*\* Proses tezgah sularında ters osmos sisteminden çıkan su rahatlıkla kullanılabilir (Bennett 2010).

Almanya'da bulunan otomotiv üretim tesislerinde membran teknolojisi ultrafiltrasyon operasyonu ile iç içe olarak hem suyun hem de gerekli olan kimyasalların geri kazanımı için kullanılmaktadır.

Elektroforetik boyaların kullanımından başlamak üzere; membran teknolojisi elektro kaplama prosesinin ön safhasını oluşturmaktadır. Geçtiğimiz yıllarda otomotiv endüstrisindeki atık suyun geri dönüştürülmesi ve yeniden kullanımı çok büyük önem kazanmıştır. Otomotiv endüstrisi araba kasalarını boyamaktan başlayarak prosesinde suyu ve kimyasal ürünleri yüksek oranda kullanmaktadır. Bunlar çoğunlukla ön muamele ve elektro kaplama basamaklarıyla doğrudan ilişkilidir. Otomobil kasaları üzerine spreysel şekilde astar uygulanmadan önce yüzeyler temizlenerek bu membran (ters osmos sistemiyle) teknolojisiyle arıtılmış olan sular kullanılarak su bazlı boya uygulaması yapılmaktadır (Holmes 2002).

Elektro kaplama tesisleri neredeyse 20 yıla dayanan bir geçmişte ultrafiltrasyon arıtma sayesinde suyu geri kazanarak proseslerinde kullanmaktadır (Holmes 2002).



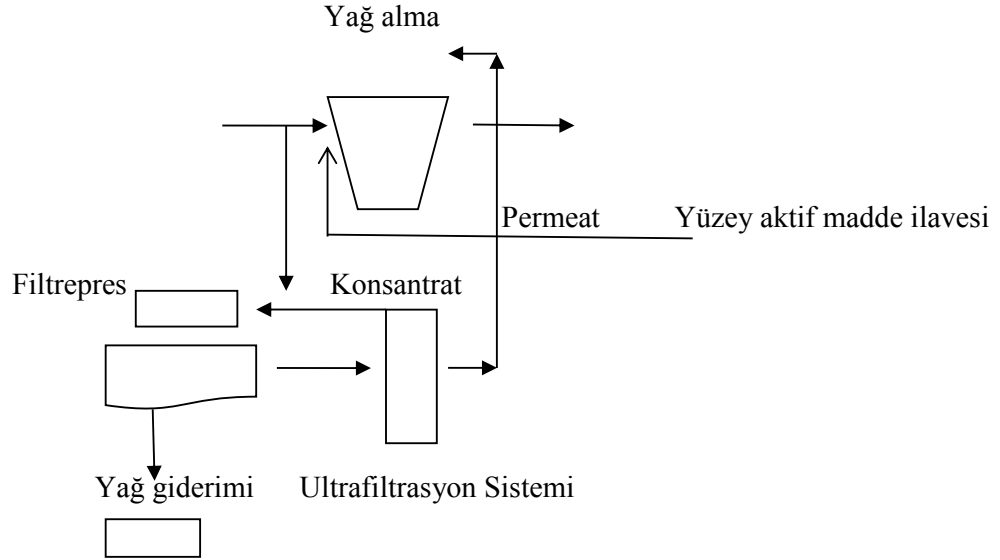
**Şekil 2.4.** Otomotiv endüstrisinde arıtma sistemi ve geri kazanım (Holmes 2002).

### 2.3. Ön uygulamalarda membran teknolojileri

Membranlar emülsifiye yağların ayrılmasında ve yağlardan ilgili temizlik maddelerinin ayrışmasında proses olarak Almanya ve diğer Avrupa ülkelerinde yıllardır kullanılmaktadırlar.

Suyla temizleme ve ilgili yağı azaltma, yüzey aktif madde ve diğer çözünen ürünlerin yağın yüzeyden ayrılarak emülsiyon halinde tutulmasını sağlamaktadır.

Temizleme prosesi belirli bir konsantrasyonda tutulmakta olup, periyodik olarak yüzeyin temizlenmesinde ve yeni bir çözelti hazırlanmasında bu proses yardımcı olmaktadır.



**Şekil 2.5.** Otomotiv endüstrisinde UF ile arıtma sistemi akım şeması (Holmes 2002).

### 2.3.1 Stabilize edici sistem

Ultrafiltrasyon ünitesi, sisteme dahil edildiğinde temizleyici içerisindeki yağ konsantrasyonu sabitlenir. Gerekli olan arıtılmış atık su standartları belirlenir. Membranlardan sızan arıtılmış su, tamamen emülsifiye olan yağdan uzaklaştırılmıştır ve prosese geri döndürülebilmektedir (Holmes 2002).

Membrandan geçemeyen emülsifiye olan yağ bir toplama tankında stoklanmaktadır. Sonunda %40-50 seviyesinde bir yağ miktarına geldiğinde de ya atık olarak fabrikanın atık sahasına gönderilmekte; veya araçlarda yakıt olarak değerlendirilmektedir. Ön uygulama proses tankının ömrü kullanım etkinliğine bağlı olarak 1 yıla kadar çıkmaktadır (Holmes 2002).

### **İnorganik membranlar**

300 kD'lık inorganik membranlar 125 l·h/m<sup>2</sup>'lık geçirgenlikte olan membranlar uzun kullanım süreleri olması, yüksek sıcaklıklara dayanabilmeleri nedeniyle çok kullanışlıdır (Holmes 2002).

### **Boyahane fosfat banyolarında**

Boyahane üretim tesisinin her adımında su akışı gereklidir. Bu suların geri beslemesi su içerisindeki tuzların ve çözünmüş katıların uzaklaştırılmasında kullanılmaktadırlar (Holmes 2002).

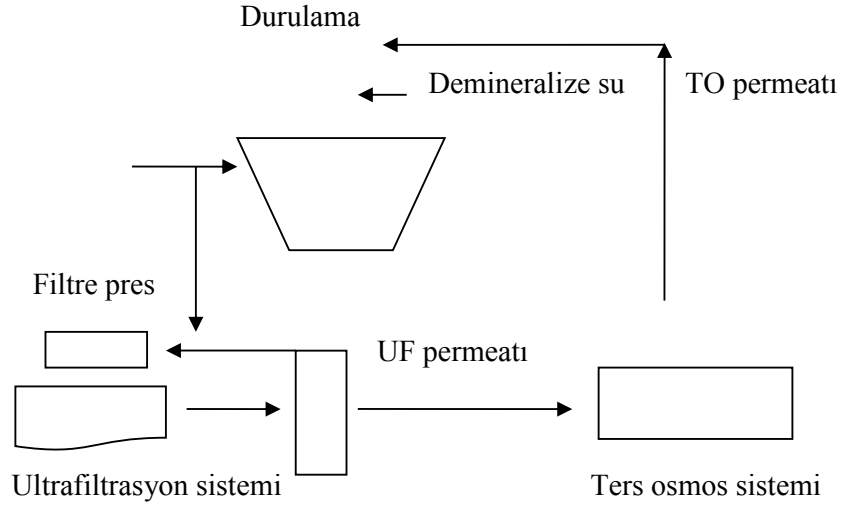
### **Temizlenmiş olan suyun geri kazanımında**

Bu işlem için 2 aşamalı bir proses gereklidir. Ultrafiltrasyon ünitesi, askıda katı maddeyi uzaklaştırmak için kullanılırken ilk adımda ultrafiltrasyondan geçen arıtılmış su akabinde ters osmosla çözünmüş katı maddelerin sudan uzaklaştırılması sağlanmaktadır (Holmes 2002).

En son gönderilen ters osmosdan çıkan su, boya sonrası temizlik ve durulama suyu olarak tanka depolanmaktadır. Arıtılmış suyun karakterizasyonu Çizelge 2.2’de gösterilmektedir.

**Çizelge 2.2.** Ters osmos işlemleri sonrasında suyun kalitesinin özellikleri (Holmes 2002).

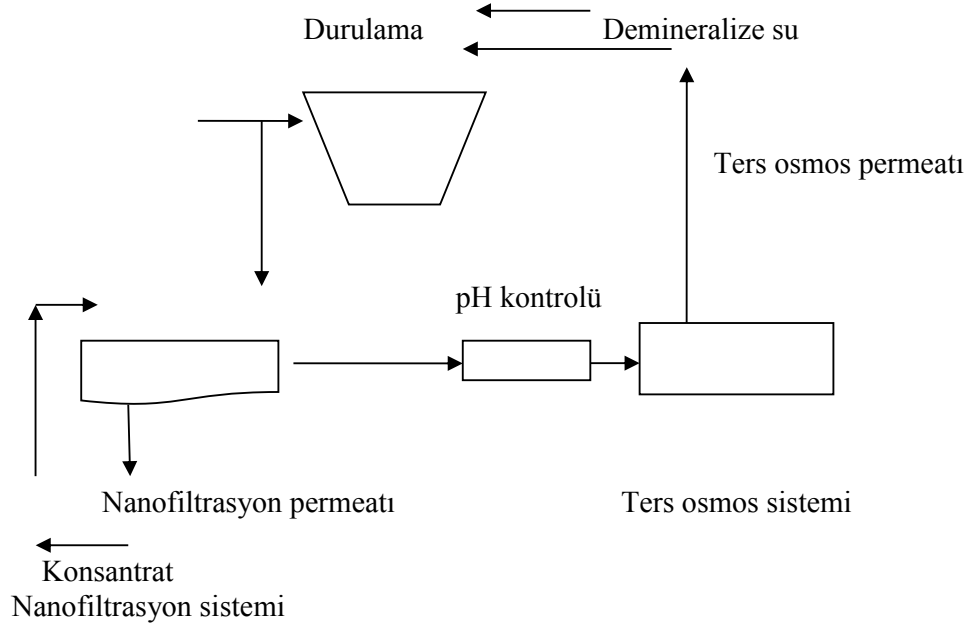
<b>Parametre</b>	<b>Ters osmos sonrası konsantrasyon değerleri (mg/l)</b>	<b>İstenen değerler (mg/l)</b>
KOİ	<10	
Kuru madde	15	
AKM	<0,2	
Nitrat	6	
Klorür	4	<100
Sülfat	6	<100
Fosfat	<4	60
Kalsiyum	1	60
Magnezyum	0,1	60
Potasyum	2	100
Sodyum	5	100
Silikon	0,5	100
Fosfor	0,05	
Titanyum	<0,05	
Çinko	<0,04	



**Şekil 2.6.** Yağ alma işlemi sonrası Ultrafiltrasyon ve T.O (Ters osmos) sistemleri akım şeması (Holmes 2002).

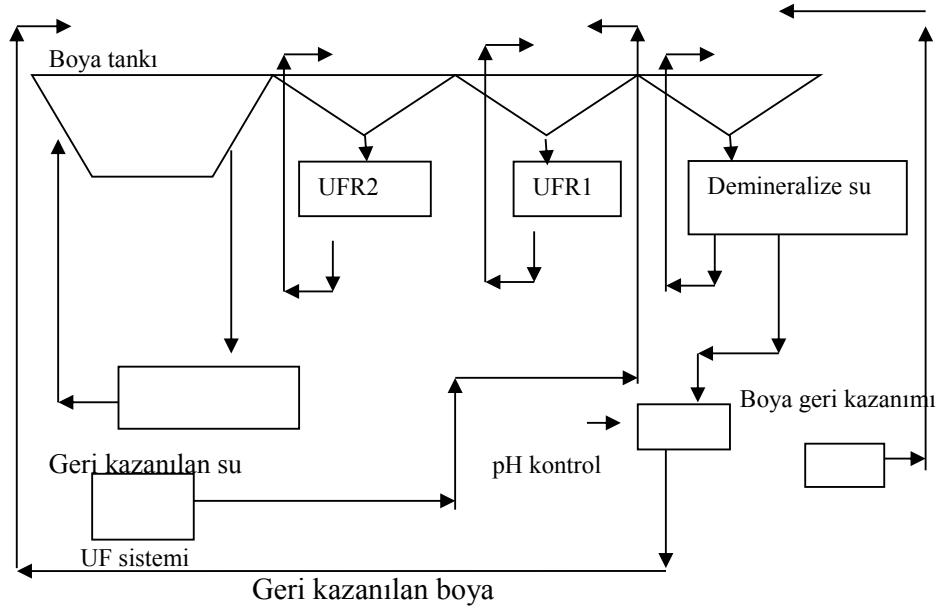
### **Fosfatlama sonrası su geri kazanım**

Ön uygulama etabında fosfat banyosu için yağ almada bu proses kullanılmaktadır. Bu etapta tam olarak 3 aşamada su geri kazanılabilmektedir. Daha önceki üretim etaplarında sadece UF ve Ters Osmos yeterli gelmişken burada kimyasalları ve proseste uygulanan boya da geri kazanılacağı için Nanofiltrasyon etabı da bu arıtma işlemine dahil olmaktadır.



**Şekil 2.7.** Fosfatlama sonrası Nanofiltrasyon ve ters osmos ile geri kazanım sistemi akım şeması (Holmes 2002).

Fosfat banyosu sonrasında geri kazanılan kimyasallar Şekil 2.7.'de görüldüğü üzere ayrı bir sistemde geri kazanılmakta; Şekil 2.8.'de yer alan toplu sistemde de tüm sistem arıtılmaktadır.



**Şekil 2.8.** Demineralize su ve geri kazanılmış boyanın sisteme verilmesi akım şeması (Holmes 2002).

Şekil 2.8’de demineralize su ve geri kazanılmış olan boyanın sisteme nasıl verildiği ve üretim hattında yer alan Ultrafiltrasyon ve Ters Osmos sistemleri gösterilmektedir (Holmes 2002).

**Çizelge 2.3.** Boya ve sistem suyunun geri kazanılması sonucunda maliyet analizi (Holmes 2002).

<b>Ekonomik Kazanç</b>	<b>€</b>	<b>Ultrafiltrasyon Maliyetleri</b>	<b>€</b>
Boya geri kazanımı	100.000	Enerji	16.500
Su geri kazanımı	327.000	Membran temizleme maliyetleri	5.500
İşçilik	30.000	UF için yatırım maliyetleri	294.000
<b>Toplam Kazanç</b>	<b>457.000</b>	<b>Toplam Maliyet</b>	<b>316.000</b>

### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1 Tesis Tanıtımı**

Üretim, Karoseri-Montaj ve Mekanik aktivitelerinin gerçekleştirildiği iki ayrı proseste gerçekleştirilmektedir. Karoseri-Montaj bölümünde Pres, Plastik enjeksiyon, Kaporta, Boya ve Montaj atölyeleri mevcuttur. Mekanik fabrikasında ise Motor, Vites Kutusu ve Şasi (Ön takım, Arka Takım, Motor Beşiği, Dingil) imalatları gerçekleştirilir.

Sac levhalar fabrikaya ulaşır. Pres bölümü, sac levhaları kapı, tavan, ön ve arka kaput, vs. olacak biçimde şekillendirir. Kapı, ön ve arka kaput, tavan vs. şekline sokulan sac parçalar kaporta bölümünde kaynak yoluyla birleştirilir. Böylece otomobilin kasası ortaya çıkar. Sac kasanın doğal etkilerle (yağmur, çamur, toz, nem, vs.) zarar görmesini, örneğin paslanmasını engellemek için boyahane bölümünde paslanmaya karşı koruyucu işlem, astar boyama, boya ve cila işlemleri yapılır.

Montaj departmanında, boyanmış otomobil kasasının üzerine koltuk, direksiyon, lastikler, farlar, gösterge tablosu, elektrik tesisatı ve mekanik fabrikasında üretilen motor, vites kutusu gibi parçalar takılır.

Mekanik üretimi Vites Kutusu, Motor ve Şasi imalat departmanlarından oluşmaktadır. Her bir imalat bölümü prensip olarak talaşlı imalat, kaynak ve montaj aktivitelerinden oluşur. Vites Kutusu imalatında ilave olarak ısıtma işlem birimi yer almaktadır. Talaşlı imalatta yurt içi ve yurt dışından gelen brüt malzemeler islenerek pürüzlülükleri giderilir. Yine aynı ünite kesme sıvılarının da yardımıyla somun delikleri ve pasoları açılır.

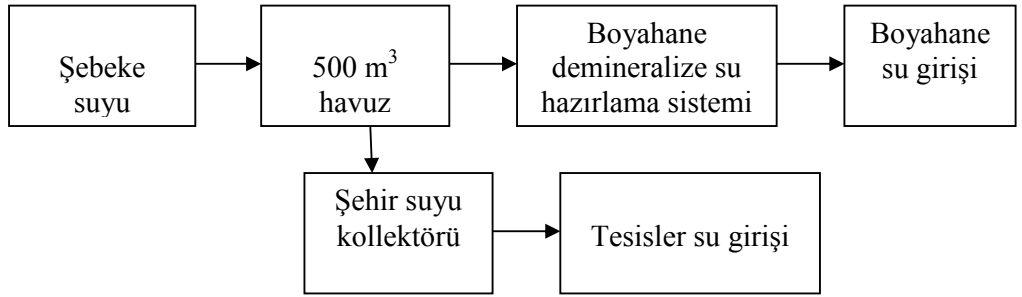
#### **3.2 Su Temini**

Tesise, OSB tarafından su temin edilmektedir. Şebekeden temin edilen suyun tesis giriş değerleri Çizelge 3.1’de verilmektedir.

**Çizelge 3.1.** Tesis su giriş değerleri

Parametre	Tesis Giriş Değeri	Birim
pH	7,56	-
Toplam Sertlik	257	mg/lt CaCO <sub>3</sub>
AKM	3	mg/l
Cl- (Klorür)	28	mg/l
Cu (Bakır)	0,03	mg/l
Fe (Demir)	0,07	mg/l
İletkenlik	390	µS/cm

OSB şebekesinden iletilen suyun tesis içinde izlediği yol Şekil 3.1’de verilmektedir.



**Şekil 3.1.** Tesis su girişi akım şeması

### 3.3 Arıtma Tesisi

#### 3.3.1 Arıtma Tesisi Akım Şeması

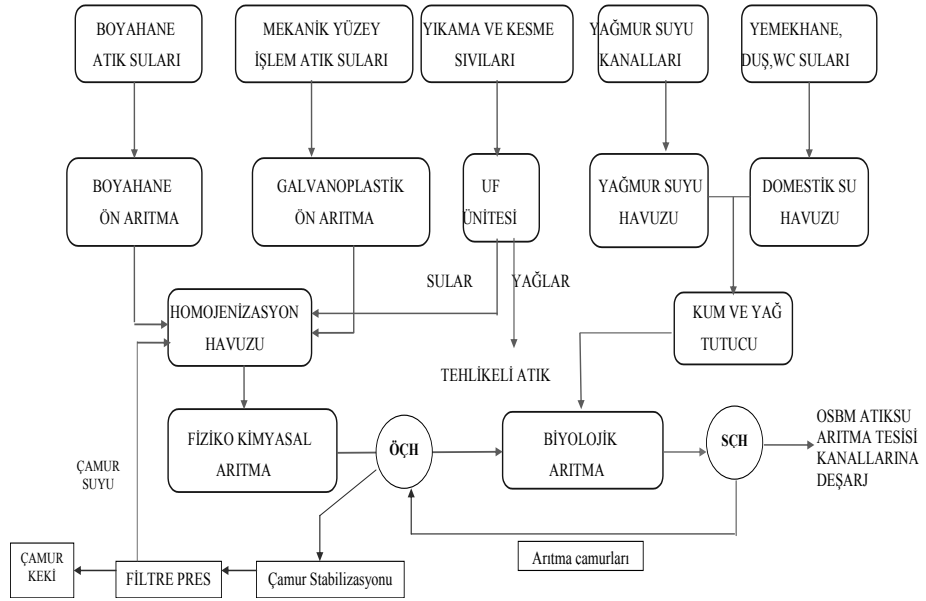
Tesisin atıksu kaynakları, Boyahane, Mekanik Yüzey İşlem, Makinalarda kullanılan yıkama ve kesme sıvıları, yağmur suyu kanalları ve yemekhane, duş ve WC sularıdır.

Bu atıksuların tesis içerisinde kanallar ile izlediği yol ve tabii tutulduğu arıtma işlemleri ve arıtma tesisi ile ilgili şema yukarıdaki gibidir. Fabrika içinde arıtma tesisi bulunmakta olup, arıtma işleminden çıkan sular kanal aracılığı ile OSB atıksu arıtma tesisine iletilmektedir. Arıtma tesisi akım şeması şekil 3.2’de verilmiştir.

Arıtma tesisi, biyolojik arıtma safhasına geçmeden önce iki değişik zincir olarak organize edilmiştir.

-Endüstriyel su homojenleştirme havuzundan ve sonra fizikokimyasal işlemden geçer.

-Evsel atıksular ve yağmur suları, biyolojik havuza gönderilmeden önce kum ve yağ tutucudan geçer.



Şekil 3.2. Arıtma tesisi akım şeması

## FİZİKOKİMYASAL ARITMA

Endüstriyel atıksuyun biyolojik arıtma için hazırlandığı bölümdür. Bu bölümde metaller giderilmektedir. Atık su şu işlemlerden geçer:

- Homojenizasyon
- Nötralizasyon
- Koagülasyon
- Flokülasyon
- Ön çökeltim/Yoğunlaştırıcı

### **Homojenleştirme Havuzu**

Tesisin tüm endüstriyel atıksuyu bu üniteye gelir. Havuzda bulunan elektro karıştırıcı eriyiği homojenleştirir. Havuz çıkışında elektromanyetik debimetre bulunur. Bu debimetre tanklarda kimyasal maddelerin ayarlanmasını sağlayan otomata sinyal gönderir.

### **Nötralizasyon**

Kullanılan kimyasal maddeler: Kireç (CaO) ve polimerdir.

Etki: Kireç, Ph değerinin 9 civarına kadar yükselmesini sağlar. Bu değer de sudaki metal oksitlerin çökebileceği aralıktır. Aynı zamanda nötrleştirme, biyolojik arıtma için de gereklidir. Polimer demir klorürün oluşturduğu flokları bir araya getirir ve daha kolay çökebilecek boyuta gelirler.

### **Koagülasyon**

Kullanılan kimyasal maddeler: Demir klorür/ Sülfürik asit

Demir klorür partiküllerin elektrostatik yüklerini yok eder ve bir araya gelmelerini sağlar. Oluşan demir hidroksit sayesinde floklar meydana gelmektedir.

Sülfürik asit, demir klorürün daha etkili olması için Ph'ı düşürmektedir. Ph değeri 7 civarında olmalıdır.

### **Flokülasyon**

Flokülasyon ünitesinde oluşan floklar hacim kazanır ve ağırlaşır.

### **Ön Çökeltim/ Yoğunlaştırıcı**

Bu bölümde iki işlem gerçekleştirilir.

-Fiziksel-kimyasal işlemle oluşmuş flokları ayırma

-Tesis çamurlarının pres filtreye gönderilmek üzere yoğunlaştırılması ve karıştırılması

## **BİYOLOJİK ARITMA**

### **Kum ve Yağ Tutucu**

Evsel atıksular ve yağmur suları biyolojik arıtma öncesinde kum ve yağlarından arındırılır.

### **Biyolojik Arıtma Havuzu**

Biyolojik arıtmaya tabi tutulacak olan evsel atıksu, yağmur suları ve ilk çökeltimden gelen endüstriyel kaynaklı atıksulardır. Atıksudaki kirleticiler, burada bulunan bakteriler tarafından besin olarak kullanılarak biyolojik kütleye dönüşmektedir. Biyolojik çamur, havalandırma kanalından durulaştırıcıya, gaz alma tertibatıyla gönderilir. Durulaştırıcıda su ve çamur çökeltme yoluyla birbirinden ayrılır. Dipten toplanan çamur tekrar havalandırma kanalına gönderilir. Arıtılan ve üst fazda bulunan su kanala gönderilir. Biyolojik bir sürecin geliştirilebilmesi için arıtılacak suların toksik ve inhibe edici maddeler içermemeleri ve en azından bu maddelerin mikroorganizmalara zarar vermeyecek kadar düşük konsantrasyonlarda olmaları gerekmektedir.

Biyolojik arıtmada 3 temel işlem bulunmaktadır:

- Oksijenlendirme : Ortalama oksijen miktarı 2 mg/l olmalıdır.
- Çamurların dolaşımı: Çöken çamurlar dibe pompalanır ve biyolojik arıtma bölümüne doğru pompalanır. Burada amaç, havuzda yeterli biyolojik kütle konsantrasyonunu sağlamaktır.
- Çamurların atılması : Aktif çamur fazlası havuzlardan atılır.

### 3.3.2 Arıtma Tesisi Çalışma Verimi

Tesis atıksu arıtma tesisi çıkışı suyu OSB kanalına bağlanmaktadır. Bu nedenle Çizelge 3.1’de yer alan Ticaret ve Sanayi Odası OSB Hizmet Yönetmeliği deşarj kriterlerine uyulmaktadır.

**Çizelge 3.2.** Karışık endüstriyel atık suların alıcı ortama deşarj standartları ve atık su arıtma tesisi maksimum giriş değerleri (Anonim 2007).

Parametre	Birim	Tablo 19		ATIK SU ARITMA TESİSİ
		(Kanunen Kabul Edilen Değerler)		Maksimum Giriş Değerleri
NUMUNE TİPİ		2saatlik	24 saatlik	2 saatlik
KOİ	mg/l	400	300	1208
AKM	mg/l	200	100	527
Yağ ve Gres	mg/l	20	10	204
Toplam Fosfor	mg/l	2	1	12.3
Toplam Krom	mg/l	2	1	1
Krom VI	mg/l	0,5	0,5	0.5
Kurşun	mg/l	2	1	1
Toplam Siyanür	mg/l	1	0,5	0.5
Kadmiyum	mg/l	0.1	-	0.1
Demir	mg/l	10	-	10
Florür	mg/l	15	-	15
Bakır	mg/l	3	-	3
Çinko	mg/l	5	-	5
Sülfat (SO <sub>4</sub> )	mg/l	1500	1500	1500
T. Kjeldahl Azotu	mg/l	20	15	20
Civa	mg/l		0,05	-
pH		6-9	6-9	6-9

### 3.4 Geri Kazanım Sistemi Tanıtımı

60 m<sup>3</sup>/h üretim kapasiteli Ters Osmos Sistemi ile sistem giriş suyu kalitesi ve çıkışta istenen su kalitesi değerleri aşağıdaki gibi olacaktır.

**Çizelge 3.3.** Geri kazanım sistemi öncesi ve sonrasında suyun giriş ve çıkış kalitesi

Parametreler	Giriş Konsantrasyon (mg/l)	Çıkış Konsantrasyon (mg/l)
AKM	50	<1
KOI	90	<1
pH	7,8	6,5-7
Pb (Kurşun)	0,01	<1
Fe (Demir)	0,22	<1
Ni (Nikel)	0,25	<1
Cu (Bakır)	0,12	<1
Al (Alüminyum)	0,24	<1
Cr <sup>+6</sup> (Krom +6 iyonu)	0,3	<1
Toplam Krom	0,45	<1
Zn (Çinko)	0,41	<1
Hg (Civa)	0	<1
Cd (Kadmiyum)	0	<1
Yağ	3,9	<1
F <sup>-</sup> (Florür iyonu)	1,3	<1
Toplam Fosfor	20	<1
Amonyum Azotu	4	<1
Kjeldah Azotu	5	<1
Mn (Mangan)	3,0	<1
Ca <sup>+2</sup> (Kalsiyum iyonu)	50	<1
Mg <sup>+2</sup> (Magnezyum iyonu)	42	<1
K (Potasyum)	34	<2
İletkenlik	< 1500 µS/cm	<50 µS/cm
Sülfat	49,0	<1
Nitrit	0,15	<1
Nitrat	45	<4
Cl <sup>-</sup> (Klorür iyonu)	< 250	<2
Yüzey aktif madde	<0,08	0
Sodyum (Na)	80	<2
Silikon	0	0

Yüzey sularının, 2. kalite kullanım suyunun ve arıtılmış atıksuyun paçallanması ile elde edilecek karışım suyunun şebeke suyu kalitesine getirilmesi için; öncelikle söz konusu sular 1000 m<sup>3</sup> hacmindeki depoda toplanır.

Bu tank 2 parçaya bölünmelidir. Bu bölümlerden birisi yaklaşık 200 m<sup>3</sup> hacminde olmalıdır ve rejenerasyon pompaları bu bölümden emiş yapmalıdır.

Akabinde 1 asıl + 1 yedek pompadan oluşan pompa grubuyla önce aktif karbon filtresine (aktif karbon filtresinde bir miktar organik madde giderimi ve serbest klor giderimi sağlanır) ardından da bu üniteye seri bağlı olan ultrafiltrasyon sistemine beslenir.

Ultrafiltrasyon sisteminden çıkan su yaklaşık 18 - 20 m<sup>3</sup> hacmindeki bir filtrelenmiş su tankında depolanır. Bu depo tankı ultrafiltrasyon sistemi geri yıkamaya girdiği zaman da TO (ters osmos sistemini) sistemini beslemeyi devam ettirebilmektedir.

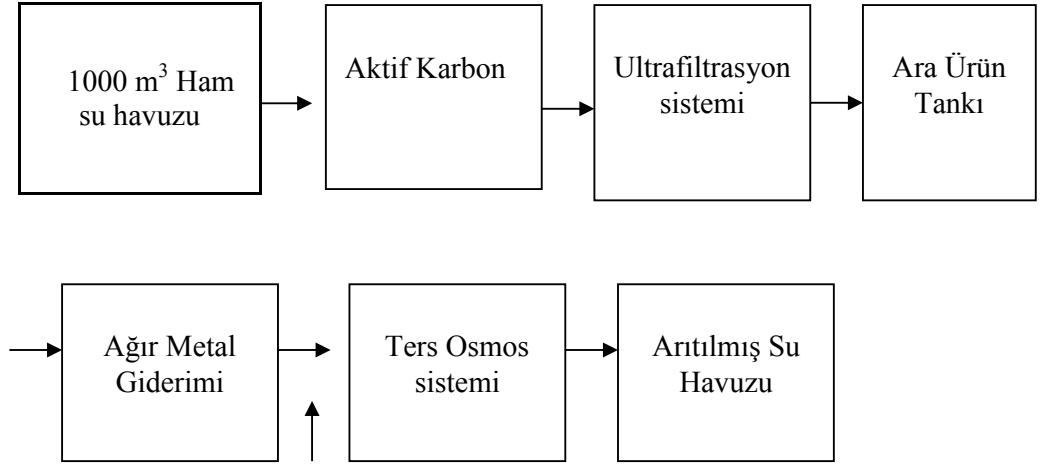
Bu su depo tankından çıkan su, 1 asıl + 1 yedek pompadan oluşan pompa grubuyla sırasıyla birbirine seri bağlı olan “özel iyon değiştirici reçine sistemlerine” (özel iyon değiştirici reçine sistemlerinden birisi Cr (+6) giderimi ve diğeri de tüm diğeri ağır metallerin giderimi için dizayn edilmiştir) ve akabinde yine özel iyon değiştirici reçine sistemlerine seri bağlı olan TO (ters osmos sistemine) sistemine beslenir.

TO sisteminden çıkan su, yaklaşık 50 micro / Scm kalitede proses suyu kalitesindedir. Bu su bünyesindeki askıda katı madde ve eser miktardaki yağdan da arındırılmıştır. “Özel iyon değiştirici reçine sistemi” yaklaşık olarak 9 günde bir defa rejenerasyon işlemine girmektedir (her bir iyon değiştirici). Rejenerasyon prosesinden çıkan atıksu OSB Atıksu kanalına bağlanır.

Tesiste kullanılan boruların malzemeleri şu şekildedir:

PN6 basınç sınıfına kadar olan proses (su) hatları HDPE'dir. PN16 basınç değeri olan TO besleme ve konsantrat hatları SS304 malzemedен imal edilmiştir.

Ayrıca, saf  $H_2SO_4$ 'un (%96 – 98) dozlandığı hatlar PVDF malzemeden imal edilmiştir.



Antiskalant ilavesi

**Şekil 3.3.** Geri kazanım sistemi akım şeması

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1 Mevcut Arıtma Tesis Performans Değerlendirilmesi ve Sorunların Tanıtılması

Seçilen otomotiv endüstrisi atıksu arıtma tesisi çıkışı suyu OSB kanalına bağlanmaktadır. Bu nedenle atıksu arıtma tesisi, Ticaret ve Sanayi Odası OSB Hizmet Yönetmeliği deşarj kriterlerine uygun olarak tasarlanılarak yapılmış bir tesistir. Bu nedenle Çizelge 3.2’de yer alan Ticaret ve Sanayi Odası OSB Hizmet Yönetmeliği deşarj kriterlerine uyulmaktadır.

Çizelge 4.1’de tesise giren atıksudan ve tesisten çıkan arıtılmış sudan alınan numunelerden çıkan sonuçlar, giderim verim değerleriyle birlikte verilmiştir. Analiz sonuçları incelendiği zaman arıtma tesisinin yüksek performans sergilediği açıkça görülebilir. Özellikle % 92’lik organik madde giderim verimi tesisin istenilen verimi tutturduğunu açıkça göstermektedir. Diğer yandan katı madde giderim verimliliği de % 92 dolayındadır.

Arıtma tesisi çıkışında toplam fosfor konsantrasyonu değeri 13,6 mg/l olmasına karşın bu konsantrasyon değerinin, Ticaret ve Sanayi Odası OSB Hizmet Yönetmeliği deşarj kriterlerinin üstünde kaldığı görülmektedir.

Tesis atıksuyunda toplam fosfor değerinin yüksek olması, boya ve mekanik departmanlarında bulunan fosfat kaplama banyolarında ve yüzey işlem ünitelerinde kullanılan kimyasal maddelerden kaynaklanmaktadır.

**Çizelge 4.1.** Atıksu arıtma tesisi giriş-çıkış değerleri, giderim verimleri

Parametreler	Giriş Konsantrasyon (mg/l)	Çıkış Konsantrasyon (mg/l)
KOİ	1333±50	110±15
AKM	506±20	42±10
pH	7,26±1	7,75±1

Tesisin atıksu arıtma tesisi çıkış konsantrasyon değerlerinin, geri kazanılacak suyun proseste kullanılmasını sağlamak üzere Çizelge 4.2’de verilen limit konsantrasyon değerleri altında olması gerekmektedir.

**Çizelge 4.2.** Proses suyu limit konsantrasyon değerleri

Parametreler	Giriş Konsantrasyon (mg/l)	Proses suyu limit konsantrasyon değerleri (mg/l)
AKM	50	<1
KOI	90	0
pH	7,8	6,5-7
Pb	0,01	0
Fe	0,22	0
Ni	0,25	0
Cu	0,12	0
Al	0,24	0
Cr <sup>+6</sup>	0,3	0
Toplam Cr	0,45	0
Zn	0,41	0
Hg	0	0
Cd	0	0
Yağ	3,9	0
Fe	0,22	0
F <sup>-</sup>	1,3	<1
Toplam Fosfor	20	<1
Amonyum Azotu	4	<1
Kjeldah Azotu	5	<1
Mn	3,0	<1
Ca <sup>+2</sup>	50	<1
Mg <sup>+2</sup>	42	<1
K	34	<2
İletkenlik	< 1500 µS/cm	<50 µS/cm
Sülfat	49,0	<1
Nitrit	0,15	<1
Nitrat	45	<4
Cl <sup>-</sup>	< 250	<2
Yüzey aktif madde	<0,08	0
Sodyum (Na)	80	<2
Silikon	0	0

Çizelge 4.2’de tesis atıksu arıtma tesisi çıkış değerleri ve proses suyu limit konsantrasyon değerleri karşılıklı değerlendirilmiştir. Buna göre çıkış suyu değerlerinin istenilen konsantrasyon değerlerine fizikokimyasal ve biyolojik arıtma prosesleri ile indirilmesi teknik olarak imkansızdır. Bu noktadan hareketle seçilen tesis atıksu arıtma tesisi çıkış sularının öncelikli olarak proses suyu değerlerini sağlayabilmesi ve istenilen özelliklere kavuşabilmesi için bu sorunların çözümü gereklidir.

Yukarıda da bahsedildiği üzere fizikokimyasal ve biyolojik arıtma birimlerinden oluşan mevcut atıksu arıtma tesisi yapısı ile istenilen özelliklerin sağlanamadığı açık ve kesindir. İstenilen proses suyu özelliklerinin sağlanabilmesi de ancak ileri arıtma proseslerinin uygulanması ile mümkün olabilecektir. Bu durumda yapılabilecek yaklaşım ise ileri arıtma sonrası işletme maliyetleri ve geri kullanım imkanlarının da göz önüne alınarak ters osmos arıtma proseslerinin incelenmesi ve uygulanabilirliğinin araştırılmasıdır.

#### **4.2 Pilot Tesisin Çalıştırılması**

Seçilen tesis atıksu arıtma tesisine kurulan pilot tesiste öncelikle atıksular bir pompa vasıtasıyla kum filtesine iletilmiştir. Burada atıksuda bulunan AKM değerinin azaltılması amaçlanmıştır. Çizelge 4.3’te kum filtesi ünitesi çıkışında yapılan analizlerin sonucu, yaklaşık giderim verimleri verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre bu ünite ile %90 seviyesinde AKM giderim verimi sağlanırken, toplam sertlik, KOİ, klorür, yağ parametreleri konsantrasyonlarında herhangi bir değişme olmamıştır.

**Çizelge 4.3.** Kum filtresi çıkış suyunda elde edilen sonuçlar

Parametre	Birim	Giriş	Çıkış	Giderim Verimi (%)
pH	-	7,32	7,43±1	-
İletkenlik	µS/cm	1150	1161±10	-
Toplam Sertlik	mg/lt CaCO <sub>3</sub>	259,7	258,5±3	0
Renk	Pt-Co	25	< 5	>80
KOİ	mgO <sub>2</sub> /lt	25	25±2	0
NO <sub>2</sub>	mg/lt	0,16	< 0,05	>69
NO <sub>3</sub>	mg/lt	54,3	117,1±5	0
SO <sub>4</sub>	mg/lt	42,1	45,4±4	0
NH <sub>4</sub>	mg/lt	0,16	< 0,1	>38
NH <sub>3</sub>	mg/lt	0,14	< 0,1	>29
Cl <sup>-</sup>	mg/lt	204	218±5	0
Toplam Fosfor	mg/lt	83,6	74,3±5	11
Cr <sup>+6</sup>	mg/lt	< 0,01	< 0,01	0
AKM	mg/lt	22	< 2	91
Yağ	mg/lt	< 10	< 10	0
Mn	mg/lt	2,1	1,8±0,2	14
Toplam Krom	mg/lt	< 0,005	< 0,005	0
Toplam Demir	mg/lt	< 0,1	< 0,1	0
Cu	mg/lt	< 0,005	< 0,005	0
Ni	mg/lt	2,2	1,9±0,3	14
Pb	mg/lt	< 0,005	< 0,005	0
Cd	mg/lt	< 0,005	< 0,005	0
Zn	mg/lt	0,27	0,10±0,02	63

Kum filtresi sonrasında atıksular aktif karbon ünitesine alınmıştır. Burada organik madde giderimine yönelik yapılan adsorbsiyon işlemi sonucunda atıksu numunesinde yapılan analizlerin sonucu yaklaşık giderim verimleri Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Sonuçlar değerlendirildiğinde % 68 oranında KOİ, %58 oranında nitrat (NO<sub>3</sub>) giderimi sağlanmıştır.

**Çizelge 4.4.** Aktif Karbon ünitesi çıkışında elde edilen sonuçlar

Parametre	Birim	Giriş	Çıkış	Giderim Verimi (%)
pH	-	7,43	7,45±1	-
İletkenlik	µS/cm	1161	1139±20	2
Toplam Sertlik	mg/lt CaCO <sub>3</sub>	258,5	256,5±15	0
Renk	Pt-Co	< 5	< 5	0
KOİ	mgO <sub>2</sub> /lt	25	< 8	68
NO <sub>2</sub>	mg/lt	< 0,05	< 0,05	0
NO <sub>3</sub>	mg/lt	117,1	49,2±5	58
SO <sub>4</sub>	mg/lt	45,4	44,6±5	2
NH <sub>4</sub>	mg/lt	< 0,1	< 0,1	0
NH <sub>3</sub>	mg/lt	< 0,1	< 0,1	0
Cl <sup>-</sup>	mg/lt	218	203,2±10	7
Toplam Fosfor	mg/lt	74,3	76,6±8	0
Cr <sup>+6</sup>	mg/lt	< 0,01	< 0,01	0
AKM	mg/lt	< 2	< 2	0
Yağ	mg/lt	< 10	< 10	0
Mn	mg/lt	1,8	1,17±0,02	35
Toplam Krom	mg/lt	< 0,005	< 0,005	0
Toplam Demir	mg/lt	< 0,1	< 0,1	0
Cu	mg/lt	< 0,005	< 0,005	0
Ni	mg/lt	1,9	< 0,005	97
Pb	mg/lt	< 0,005	< 0,005	0
Cd	mg/lt	< 0,005	< 0,005	0
Zn	mg/lt	0,1	< 0,1	0

KOİ ve AKM parametrelerinin bir sonraki aşamada kullanılacak ters osmos sisteminde tıkanmalara yol açması ve dolayısıyla sisteme zarar vererek performansını düşürmesi durumu göz önünde bulundurulduğunda sistemde ön arıtma olarak ultrafiltrasyon sisteminin kullanılması önem arz etmektedir.

Ultrafiltrasyon sisteminden çıkan su filtrelenmiş su tankında depolanmıştır. Bu tank, ultrafiltrasyon sistemi geri yıkamaya girdiği zaman da TO (ters osmos sistemini) sistemini beslemeyi devam ettirmiştir.

Bu su depo tankından çıkan su, “özel iyon değiştirici reçine sistemlerine” (özel iyon değiştirici reçine sistemlerinden birisi Cr (+6) giderimi ve diğeri de tüm diğer ağır metallerin giderimi için dizayn edilmiştir) ve akabinde yine özel iyon değiştirici reçine sistemlerine seri bağlı olan TO (ters osmos sistemine) sistemine beslenmiştir.

Ters osmos işlemi çıkışında atıksu numunelerinde yapılan analizlerin sonucu, yaklaşık giderim verimleri Çizelge 4.5’te verilmiştir. Buna göre iletkenlik çıkış değerleri %99 giderim verimiyle 11,4 µS/cm değerine düşürülürken, Toplam Sertlik parametresinin de %99 giderim verimiyle 0,67 mg/l’ye düştüğü gözlenmiştir. Tesisin proses suyu kriterlerini sağlayabilmesi için önem arz eden yağ, ağır metal ve organik bileşikler giderim verimi pilot ölçekli ileri arıtma tesisi ile yaklaşık %99 olup bu giderim verimiyle istenen kriterlerin sağlandığı görülmektedir. Rejenerasyon prosesinden çıkan atıksuyun OSB (Organize Sanayi Bölgesi) Atıksu kanalına bağlanması planlanmaktadır.

**Çizelge 4.5.** Ters osmos prosesi sonucunda elde edilen sonuçlar

Parametre	Birim	Giriş	Çıkış	Giderim Verimi (%)
pH	-	7,42	6,62±1	-
İletkenlik	µS/cm	1199	11,4±2	99,05
Toplam Sertlik	mg/lit CaCO <sub>3</sub>	258,6	< 0,67	99,74
Renk	Pt-Co	< 5	< 5	-
KOI	mgO <sub>2</sub> /lt	25	< 8	68,00
NO <sub>2</sub>	mg/lit	< 0,05	< 0,05	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/lit	61,5	< 1,38	97,76
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/lit	55,8	< 7,92	85,81
NH <sub>4</sub>	mg/lit	0,14	< 0,1	28,57
NH <sub>3</sub>	mg/lit	0,13	< 0,1	23,08
Cl <sup>-</sup>	mg/lit	215	1,40±0,02	99,35
Toplam Fosfor	mg/lit	59,6	0,40±0,10	99,33
Cr <sup>+6</sup>	mg/lit	< 0,01	< 0,01	-
AKM	mg/lit	< 2	< 2	-
Yağ	mg/lit	< 10	< 10	-
Mn	mg/lit	3,8	< 0,005	99,87
Toplam Krom	mg/lit	< 0,005	< 0,005	-
Toplam Demir	mg/lit	< 0,1	< 0,1	-
Cu	mg/lit	< 0,005	< 0,005	-
Ni	mg/lit	2,5	< 0,005	99,80
Pb	mg/lit	< 0,005	< 0,005	-
Cd	mg/lit	< 0,005	< 0,005	-
Zn	mg/lit	0,31	< 0,1	67,74

Öngörülen tesis tasarım bulguları ile ilgili sonuçlar Ek 1’de verilmiştir.

### 4.3. Maliyet Hesapları

Arıtma tesislerinin maliyet hesaplamaları, sistemin işletme verimliliğinin yanında o sistemin işlerliğinin en önemli ikinci parametresidir.

Bununla beraber, tam proje maliyetlerini tek bir kalemde genellemek çok kolay değildir. Proje maliyetleri, yapılan projeye has olup her bir spesifik durum için değerlendirilirler. Sistemlerin ekonomik değerlendirilmesinde ilk yatırım ve işletme maliyetleri dikkate alınmaktadır (Arık 2012).

Arıtma Tesisinin ilk yatırım maliyeti genellikle 4 aşamada hesaplanır: (1) İnşaat maliyeti, (2) mekanik maliyeti, (3) elektrik maliyeti, ve (4) diğer maliyetler. Genel olarak inşaat maliyeti; kazı çalışmalarını, betonarme, binalar, kazı ve vinç kiralama, elektrik ve işçi maliyetlerini içermektedir. Arsa maliyeti, sanayinin kendi arsası kullanıldığı için hesaplama dışında tutulmuştur. Mekanik ve elektrik maliyeti bir arıtma tesisi için bir diğer önemli yatırım maliyetleridir. Mekanik maliyeti, boru ve bağlantı parçaları, malzeme taşıma ve mekanik işçilik, mekanik ekipmanın satın alma maliyetlerinin toplanmasıyla belirlenmiştir. Elektrik maliyetleri; otomasyon, kablolama, sensör (debi, pH, oksijen, oksijen redüksiyon potansiyeli vb.) ve elektriksel işçiliği içerir. Ayrıca, mühendislik tasarım ücreti, masraf ve vergiler ve kar yükü dahildir (Yonar 2010).

Tüm ekipman ve malzeme fiyatları, işçilik maliyetleri Türkiye'deki farklı arıtma tesisi ekipmanı tedarikçilerinden ve mühendislik bürolarından derlenerek yaklaşık olarak belirlenmiştir

İşletme ve bakım maliyetleri; güç ihtiyacı, kimyasallar, yedek parçalar, atıksu deşarj ücretleri ve tesis bakım ve işçilik maliyetlerini içermektedir. Diğer taraftan işçi maliyetleri işletme ve bakım maliyetlerinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. İşçi maliyetleri tesise özgüdür ve tesisin büyüklüğüne, konumuna ve tasarımına bağlıdır. Bu bakımdan işçilik maliyetleri önemli ölçüde değişebilir. İş gücü maliyetleri gibi elektrik ve kimyasal maliyetleri de tesise bağlı olarak değişebilir (Yonar 2010).

Tüm bu girdiler ele alınarak arıtma tesisi birim maliyet hesabı ters osmozun kullanıldığı Şekil 3.3'de sunulan akım şeması ünite boyutlarına göre yapılmış ve sonuçlar Çizelge 4.6'da gösterilmiştir.

Elde edilen her iki maliyet analizinde elde edilen sonuçların birbirine yakın olduğu gözükmemektedir. Birim atıksu maliyeti (m<sup>3</sup>) hesaplanırken, işletme masrafları (kimyasal madde ve elektrik sarfiyatı) dikkate alınarak bir maliyet profili çıkarılmaya çalışılmıştır. Maliyet profiline laboratuvar masrafları ve çamur bertaraf maliyeti dahil edilmemiştir.

**Çizelge 4.6.** Birinci akım şeması ünite boyutları ve yaklaşık ilk yatırım maliyeti

Ünite	Maliyet
Terfi Havuzu	100 000 €
Aktif Karbon Ünitesi	120 000 €
Basınçlı Kum Filtresi	60 000 €
Ultrafiltrasyon Ünitesi	150 000 €
Ters Osmos Ünitesi	200 000 €
İnşaat Maliyeti	200 000 €
Diğer Maliyetler	150 000 €
<b>YAKLAŞIK TOPLAM</b>	<b>980 000 €</b>

Çizelgeden de görüleceği üzere bu tip bir sistemin ilk yatırım maliyeti yaklaşık olarak 1 milyon Euro civarındadır. Diğer yandan arıtma tesisi çıkış sularının kalitesi şebeke suyu kalitesinden de çok farklı değildir. Diğer bir ifadeyle mevcut atıksu arıtma tesisi çıkış suları mevcut sistemde halihazırda kurulu olan su tasfiye sistemine de bağlanabilir. Bu durumda da ayrı bir fayda elde edilmesi mümkündür.

Özetle ifade edilecek olursa 1 milyon Euro civarı bir yatırım ile Atıksu Arıtma Tesisi çıkış suları proste kullanılabilir hale gelebilecektir. Böylece yaklaşık 1500 TL/gün veya diğer bir hesapla 500.000 TL/yıl su faturasından tasarruf etmek mümkün olabilecektir. Bu da sistemin kendisini 5 yılda amorti etmesi anlamına gelmektedir ki bu süre yatırım yapılabilirlik adına makul bir süredir.

Diğer yandan fabrikada kurulu bulunan ve halihazırda OSB'den sağlanan suyu olarak işletmede kullanılabilir hale getirmek için çalışan bir ileri arıtma sistemi de mevcuttur. Bu durumda da atıksu arıtma tesisi çıkış suları bu sisteme beslenmek suretiyle de işletilebileceği kanaati hasıl olmuştur. Çünkü işletilen pilot tesis ile su tasfiye sisteminin çalışma prensibi aynıdır ve aynı işlevi görmektedirler. Bu durumda da arıtma tesisi çıkış suları basit bir ön işlem sonrası (kum filtrasyonu – mikrofiltrasyon – adsorpsiyon kombinasyonu) bu sisteme beslenebilir ve istenilen verim sağlanabilir. Böyle bir durumda 1 milyon Euro'luk yatırım yerine, birkaç yüzbin Euro'luk bir iyileştirme ile de aynı sonuç elde edilebilir ve kazanılacak fayda 6 aylık bir sürenin sonunda amorti edilmiş olabilecektir.

Görüldüğü üzere geri kazanım günüz koşullarında artık sadece masraf edilen ve sadece çevresel kaynakları korumak adına yapılan bir işlem olmaktan çıkmış, maddi olarak kazanım sağlayabilir hale de gelmiştir.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Temiz üretim fırsatları kapsamındaki iyi işletme uygulamaları, kirliliği azaltmanın en basit ve ucuz yoludur. Metal kaplama sektörü oluşturduğu atıklar ve bundan doğan çevresel yükümlülüklerini yerine getirmek için kompleks arıtma sistemlerine ihtiyaç duymaktadır. Bireysel olarak firmaların finansal ve teknik anlamda bu yatırımları gerçekleştirme zorlukları göz önüne alındığında, oluşan atık miktarını proseste azaltan ve maliyetlerde düşüş sağlayan temiz üretim fırsatları özellikle ülkemiz KOBİ'leri için büyük avantaj sağlamaktadır (Engin ve Altınışık 2011).

Daha çok yönetsel ve operasyonel değişiklikler gerektiren temiz üretim uygulamalarının ilk aşaması genellikle yeni ekipman alımını gerektirmez. İyi işletme uygulamaları arasında işyeri düzeninin sağlanması, önleyici bakım, envanter kontrolü, sızıntıların önlenmesi ile çalışanların eğitilmesi gibi önlemler yer almaktadır. Bu uygulamaların işletmede etkin bir şekilde hayata geçirilmesinde çalışanların ve planlamanın rolü büyüktür. Düşük maliyetli ve kolay olan bu uygulamalar, hammadde tasarrufu ve atık azaltımı konularında önemli faydalar sağlamaktadır (Engin ve Altınışık 2011).

Otomotiv Endüstrisinde özellikle Boyahane'de suyun, ilgili kimyasalın ve boyanın geri kazanılması ile ne büyük kazançlar sağlanacağı görülmektedir. Ayrıca hem çevreye zarar verilmemesi hem de kaynakların korunması ve hammadde sarfiyatının azaltılması yönünden çok büyük avantajları da beraberinde getirmiştir.

Avrupa da yaklaşık 10 yıldır bu sistemler etkili olarak kullanılmakta olup; ilgili yönetmelikler de kişileri ve firmaları bu yönde zorunlu kılmaktadır. Türkiye'de de aynı şekilde bu tip uygulamaların başlatılması hem üretenin faydasına hem de kaynakların korunmasına büyük ölçüde yararlı olacaktır.

Bu çalışma kapsamında bir otomotiv endüstrisinde evsel ve endüstriyel atıksuların fiziksel, biyolojik ve kimyasal olarak arıtıldığı atıksu arıtma tesisi çıkış sularının proses suyu olarak tekrar kullanılabilirliği araştırılmış, proses suyu limit konsantrasyon değerlerini sağlayabilmesi için ileri arıtma prosesleri tatbik edilmiştir.

Boyutlandırma çalışması yapılırken geri kazanıma tabi tutulması düşünülen  $60\text{m}^3/\text{sa}$ 'lik debi göz önünde tutulmuştur.

Kurulan pilot tesis çalışmasında atıksular öncelikle  $1000\text{ m}^3$  hacmindeki depoda toplanmıştır. Bu tank 2 parçaya bölünmüştür. Seçilen tesis atıksu arıtma tesisine kurulan pilot tesiste öncelikle atıksular bir pompa vasıtasıyla kum filtesine iletilmiştir. Kum filtresi sonrasında atıksular aktif karbon ünitesine alınmıştır. Bu aşamadan sonra ultrafiltrasyon çıkış suları ters osmos sistemine verilmiştir.

Arıtılabilirlik çalışmaları sonrasında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- 1) Kum filtesi ünitesi çıkışında elde edilen sonuçlara göre bu ünite ile %90 seviyesinde AKM giderim verimi sağlanırken, toplam sertlik, KOİ, klorür, yağ parametreleri konsantrasyonlarında herhangi bir değişme olmamıştır.
- 2) Kum filtresi sonrasında atıksular aktif karbon ünitesine alınmıştır. Burada organik madde giderimine yönelik yapılan adsorbsiyon işlemi sonucunda atıksu numunesinde yapılan analizlerin sonucu %68 oranında KOİ, %58 oranında nitrat ( $\text{NO}_3$ ) giderimi sağlanmıştır.
- 3) Ters osmos işleminde iletkenlik çıkış değerleri %99 giderim verimiyle  $11,4\ \mu\text{S}/\text{cm}$  değerine düşürülürken, toplam sertlik parametresinin de %99 giderim verimiyle  $0,67\ \text{mg}/\text{l}$ 'ye düştüğü gözlenmiştir. Tesisin proses suyu kriterlerini sağlayabilmesi için önem arz eden yağ, ağır metal ve organik bileşikler giderim verimi pilot ölçekli ileri arıtma tesisi ile yaklaşık %99 olup bu giderim verimiyle suyun endüstride proses suyu olarak tekrar kullanılabilirliği mümkün kılınmıştır.

- 4) İşletme sonuçlarına göre böyle bir sistemin tam ölçekli yatırım maliyetinin 1 milyon Euro dolayında olacağı belirlenmiştir. Bu sistemin kurulup işletilmesi halinde 5 yılda maliyetini karşılayabileceği tahmin edilmektedir. Oysa mevcut ileri arıtma sistemi atıksu arıtma tesisi çıkış suları ile entegre edilirse bu ilk yatırım maliyeti hem çok düşmekte hem de sistem 6 aylık bir sürede kendini amorti edebileceği sonucu görülmektedir.

Sonuç olarak seçilen otomotiv endüstrisinin atıksu arıtma tesisi çıkış sularının uygulanan prosesler sonucu proses suyu olarak kullanılabilmesi için sırasıyla 50 mg/l AKM, 90 mgO<sub>2</sub>/l değerlerinin %96 ve %91 giderim verimleriyle 2 mg/l ve 8 mgO<sub>2</sub>/l olan proses suyu limit konsantrasyon değerlerine indirilmesi sağlanmış olup, toplam fosfor değeri ise %98 giderim verimiyle 20 mg/l'den 0,4 mg/l'ye düşürülmüştür.

Bu çalışmayla su kaynaklarının hızla tükenmesi ve kirlenmesi göz önüne alındığında tükettikleri su miktarı oldukça yüksek olan otomotiv endüstrilerine yol gösterilmek istenmiş ve arıtılmış atıksuların yeniden kullanımı çalışmalarına katkıda bulunulmuştur.

## KAYNAKLAR

**Alkan, U., Çalışkan Eleren, S., Odabaş, E.2006.** Cr<sup>+6</sup> ve Zn<sup>+2</sup> metallerinin aktif çamur sistemine toksik etkileri. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 11(2): 94.

**Anonim, 2007.** Bursa TSO OSB Hizmet Yönetmeliği, 2007. Bursa Ticaret ve Sanayi Odası, Bursa.

**Anonim, 2007.** Otomotiv Sanayii Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013). Yayın no: 2736, Ankara.

**Anonim, 2011.** <http://www.alfer.com.tr/files/axialtower.pdf>-(Erişim tarihi: 12 Haziran 2013).

**Anonim, 2012.** Endüstriyel Atıksu Yönetimi ve Endüstriyel Atıksu Arıtımı. <http://www.adanaziraatmuhendisleri.com/wpcontent/uploads/2012/01/6.END%C3%9CSTR%C4%B0YEL-ATIK-SU-Y%C3%96NET%C4%B0M%C4%B0-VE-END%C3%9CSTR%C4%B0YEL-ATIKSU-ARITIMI.pdf>- (Erişim tarihi:16 Mayıs 2013).

**Anonim, 2013.** Ters Osmos Sistemleri. [https://www.esli.com.tr/teknik\\_details-4.html](https://www.esli.com.tr/teknik_details-4.html)- (Erişim tarihi:16 Mayıs 2013).

**Anonim, 2013.** Ters Osmos Sistemlerinin Kullanım Alanları. <http://www.kimyaevi.org/TR/Genel/BelgeGoster.aspx?F6E10F8892433CFF679A66406202CCB0650F71462C1ACF13#TO05-> (Erişim tarihi: 16 Mayıs 2013).

**Anonim, 2013.** Coated Cellulose Acetate Membrane Filters. [http://www.advantecmfs.com/filtration/membranes/mb\\_cmf.shtml](http://www.advantecmfs.com/filtration/membranes/mb_cmf.shtml)- (Erişim Tarihi:17 Mayıs 2013).

**Arık, S. 2012.** Organize sanayi bölgeleri atıksu arıtma tesisi çıkış sularının geri kullanımının araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

**Aydın, S., Çelik, Y., Güneysu, S., Arayıcı, S. 2010.** Türkiye’de Endüstriyel Atık Su Arıtma Yöntemleri ve Verimliliklerinin Değerlendirilmesi. *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 13(2): 16-18.

**Bennett, A. 2010.** Automotive: Innovative filtration applications in the auto industry. *Filtration & Separation*, 1(47): 28-31.

**Benito, Y., Ruiz, M. L. 2002.** Reverse osmosis applied to metal finishing wastewater. *Desalination*, 3(142): 229-234.

**Büyükkamacı, N. 2009.** Su Yönetiminin Etkin Bileşeni: Yeniden Kullanım. İzmir Kent Sorunları Sempozyumu, 8-10 Ocak 2009, İzmir.

**Cheng, C., Phipps, D., Alkhaddar, R. M. 2005.** Treatment of spent metalworking fluids. *Water Research*, 17(39): 4051-4063.

**Durham, B. 1999.** Endüstride atıksuyun yeniden kullanımının uzun dönem işletme deneyimi. IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 4-7 Kasım 1999, İzmir.

**Engin, S., Altınışık, S. 2011.** Sanayide daha etkili bir çevre yönetimi için temiz üretim: metal kaplama sektörü. Milli Produktivite Merkezi, Ankara, 23.

**Holmes, D. 2002.** Water and chemicals recovery in the German automotive industry. *Membrane Technology*, 10(2002): 6-10.

**İncecik, S., Görgün, E., Ateşsaçan T., 2007.** Sanayide AB Çevre Mevzuatına Uyum. TÜSİAD, [http://www.tusiad.org/\\_\\_\\_rsc/shared/file/2007-06-04\\_SanayideABCevre.pdf](http://www.tusiad.org/___rsc/shared/file/2007-06-04_SanayideABCevre.pdf)- (Erişim tarihi: 10.05.2013).

**Kaftan, A. 2010.** Entegre Et Tesislerinde Atık Suyun Yeniden Kullanımı. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 2(1): 81-88.

**Karakaya, N., Gönenç, İ. 2005.** Alternatif Su Kaynakları. DSİ II. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, 21-24 Eylül 2005, İzmir).

**Karbuç, F., Silahçı, A., Çalışkan, E. 2008.** Otomotiv Sektör Raporu. İstanbul Ticaret Odası Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Şubesi. İstanbul.

**Nicolaisen, B. 2003.** Developments in membrane technology for water treatment. *Desalination*, 3(153): 355-360.

**Rautenbach R., Albrecht R. 1989.** Membrane processes. John Wiley & Sons Eds., New York, 325.

**Shihoh, M.C. 2005.** An overview of arsenic removal by pressure – driven membrane processes. *Desalination*, 172: 85-97.

**Şahin, Ü., Tunç, T., Örs, S. 2011.** Yeraltı Suyu Kirliliği Açısından Atık Su Kullanımı. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 4(1): 33-39.

**Yaşa, E. 1995.** (Reverse Osmosis) Su Arıtma Sistemleri. 2. Tesisat Mühendisliği Kongresi, 10-14 Ekim 1995, Büyük Efes Oteli, İzmir.

**Yaşa, E. 2009.** Ters osmos su arıtma tekniği ve muhtelif kullanım alanları. IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 6-9 Mayıs 2009, Tepekule Kongre ve Sergi Merkezi, Ankara.

**Yonar, T. 2010.** Treatability studies on traditional hand-printed textile industry wastewaters using fenton and fenton-like proses: plant design and cost analysis. *Fresenius Environmental Bulletin*, 19(12):2758-2768.

## **EKLER**

**EK 1**

Arıtma Tesisi Boyutlandırma Çalışmaları

## EK 1 Arıtma Tesisi Boyutlandırma Çalışmaları

### Terfi Tankı Tasarım Değerleri

Gelen atıksular 1000 m<sup>3</sup> hacmindeki depoda toplanacaktır. Bu tank 2 parçaya bölünmelidir. Bu bölümlerden birisi yaklaşık 200 m<sup>3</sup> hacminde olmalıdır ve rejenerasyon pompaları bu bölümden emiş yapmalıdır. Tankın tasarım bilgileri aşağıda Çizelge Ek 1.1’de verilmiştir.

**Çizelge Ek 1.1.** Terfi Tankı Tasarım Değerleri

Tasarım Kriteri	Değer	Birim
Ortalama Debi	60	m <sup>3</sup> /sa
Bir tankın hacmi	200	m <sup>3</sup>
Bekleme süresi	2	sa

### Kum Filtresi Ünitesi Tasarım Değerleri

Kum filtresi hem ultrafiltrasyon sistemini hem de ters osmos gubunu koruma amaçlı kullanılmıştır. Üniteye ait tasarım bilgileri aşağıda Çizelge Ek 1.2’de verilmiştir.

**Çizelge Ek 1.2.** Kum Filtresi Ünitesi Tasarım Değerleri

Tasarım Kriteri	Değer	Birim
Tasarım Debisi	95	m <sup>3</sup> /sa
Tasarım Sıcaklığı	20	°C
Filtrasyon Hızı	13,4	m/sa
Alan (A <sub>f</sub> )	7	m <sup>2</sup>
Çalışma sıcaklığı	5-50	°C
Ters yıkama süresi	10-20	dk.
Ters yıkama debisi	250	m <sup>3</sup> /sa
Antrasit miktarı	4000	kg
Kum	4675	kg
Alt yatak medyası	5575	kg
Birim tank çapı	3	m
Tank yüksekliği	3,3	m
Tank alanı	7,07	m <sup>2</sup>

## Aktif Karbon Ünitesi Tasarım Değerleri

Üniteye ait tasarım bilgileri aşağıda Çizelge Ek 1.3'te verilmiştir.

**Çizelge Ek 1.3.** Aktif Karbon Ünitesi Tasarım Değerleri

Tasarım Kriteri	Değer	Birim
Ünite Sayısı	2	
Tasarım debisi	95	m <sup>3</sup> /saat
Tasarım sıcaklığı	20	°C
Çalışma sıcaklığı	5-50	°C
Ters yıkama süresi	10-20	dk
Çalışma basıncı	2-5	bar
Ters yıkama debisi	114	m <sup>3</sup> /saat
Aktif karbon miktarı	7100	kg/tank
Alt yatak medyası	5575	kg ( 4 katmanlı ) / tank
Her bir tank çapı	3	m
Her bir tank yüksekliği	4,8	m
Her bir tankın kesit alanı	7,07	m <sup>2</sup>

## Ultrafiltrasyon Ünitesi Tasarım Değerleri

Üniteye ait tasarım bilgileri aşağıda Çizelge Ek 1.4'te verilmiştir.

**Çizelge Ek 1.4.** Ultrafiltrasyon Ünitesi Tasarım Değerleri

Tasarım Kriteri	Değer	Birim
Besleme debisi	95	m <sup>3</sup> /saat
Kazanım oranı	~ % 84,2	
Tasarım sıcaklığı	20	°C
Çalışma sıcaklığı	5-35	°C
Flux (Akı) değeri	~ 50 l	m <sup>2</sup> h
Membran miktarı	32	adet
Modül membran yüzey alanı	77	m <sup>2</sup>
Fiber genişliği dış çap	1,3	mm
Fiber genişliği iç çap	0,7	mm
Sıcaklık (maksimum)	40	°C
Aktif alan	77	m <sup>2</sup> /modül
Modül Gövde malzemesi	U-PVC	
Fiber Malzemesi	PVDF	
Fiber Gözenek Çapı	~ 0,03	µm
Fiber yapısı	PVDF Polimer, asimetrik sık dokulu süngerimsi tabaka karışımı	

Her bir modül için tasarım özellikleri aşağıda verilmiştir

**Çizelge Ek 1.5.** Her bir modül için tasarım özellikleri

Tasarım Kriteri	Değer	Birim
Uzunluk ( L )	2,36	m
Uzunluk ( L1 )	2	m
Uzunluk ( L2 )	2,13	m
Uzunluk ( L3 )	2,32	m
Çap ( D )	0,225	m
Genişlik ( W1 )	0,18	m
Genişlik ( W2 )	0,342	m
Modül Hacmi	39	Litre
Fiber adedi	10.000	adet

## Ters Osmos Ünitesi Tasarım Değerleri

Üniteye ait tasarım bilgileri aşağıda Çizelge Ek 1.6'da verilmiştir.

**Çizelge Ek 1.6.** Ters Osmos Ünitesi Tasarım Değerleri

<b>Tasarım Kriteri</b>	<b>Değer</b>	<b>Birim</b>
Besleme Debisi (iki hat için toplam)	80	m <sup>3</sup> /sa
Üretim debisi (iki hat için toplam)	60	m <sup>3</sup> /sa
Kazanım	75%	
Tasarım sıcaklığı	15-20	°C
Filtre tipi	Kartuř Filtre	
Filtre adedi	4	adet
Kapasite	80	m <sup>3</sup> /sa
Membran adedi	98	adet

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Elif Kuybu  
Doğum Yeri Tarihi :Bursa 17.12.1984  
Yabancı Dili :İngilizce, Fransızca

### Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise :Bursa Anadolu Lisesi  
Lisans :İstanbul Teknik Üniversitesi  
Yüksek Lisans :Uludağ Üniversitesi

### Çalıştığı Kurum ve Yıl

: -

### İletişim

:elifkuybu@yahoo.com

### Yayınları

:Alaton, A., Kabdaşlı, I., Hanbaba, D., Kuybu, E.

2008. Electrocoagulation of a real reactive dye bath effluent using aluminum and stainless steel electrodes. Journal of Hazardous Materials, 150(1):166-73.