

# ***Eloksal kaplama tesislerinde atıksu ve hammadde geri kazanımının önemi***

***Kemal TÜTÜN<sup>1</sup>, Zafer UTLU<sup>2</sup>, B.Yeşim BYKAKINCI<sup>3</sup>***

Geliş tarihi / Received: 23.03.2017

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 27.03.2017

Kabul tarihi / Accepted: 06.04.2017

## **zet**

*Ekstrüzyon yöntemiyle üretilen alüminyum profil malzeme üzerine yapılan eloksal kaplama, eloksal banyolarında kullanılan asidin elektrolit, kaplanacak olan profil malzeme ise anot görevi yaptırılarak genellikle doğru akım ile yapılan elektroliz işlemidir.*

*Eloksal kaplama banyolarından atıksu ve hammadde geri kazanımı için son yıllarda kullanılmaya başlanan klasik arıtma yöntemlerindeki arıtma yetersizliklerini gideren ileri arıtma yöntemlerden reneli iyon değiştiriciler ve membran prosesler kullanılmaktadır.*

*Membran proseslerle banyo atıksuları belirli bir basınçta çok kk gözenek yapısına sahip membrandan geçirilerek (süzülerek) atıksudan temizsu ve hammadde geri kazanılmaktadır. İyon değiştirici reçine filtreler katyon ve anyonları üzerinde tutarak atıksudan uzaklaştırırlar. İyon değiştirici reçinelerin rejenerasyonunda kullanılan saf su, asit ve baza göre reçine üzerinde tutulan iyonların kimyasal reaksiyonu ile hammadde geri kazanılmaktadır.*

*Geri kazanım-arıtma verimliği atıksu karakterine, arıtma işleminde kullanılan yöntemlere ve bu yöntemlerde kullanılan ekipmanın özelliğine göre değişkenlik göstermektedir. Geri kazanılan*

<sup>1</sup>Kemal TÜTÜN, kemaltutun@mynet.com

<sup>2</sup>İstanbul Aydın ni., Mühendislik Fakültesi, Makina Müh., İstanbul, zaferutlu@aydin.edu.tr

<sup>3</sup>İstanbul Aydın ni., Mühendislik Fakültesi, Tekstil Müh., İstanbul, yesimbuyukakinci@aydin.edu.tr

*hammadde ve atıksu ile kaplama maliyetleri düşürülmekte, proses verimliliği artırılmakta ve doğal kaynak tasarrufu sağlanmaktadır. Kaplamadan oluşan çevre kirliliğinin azaltılmasıyla sürdürülebilir kalkınma desteklenirken ülke ekonomisine de katkı sağlanmış olacaktır.*

**Anahtar Kelimeler:** *Eloksal kaplama, atıksu, arıtma, geri kazanım*

## **Importance of recovery of rawmaterials and wastewater at anodizing coating facility**

### **Abstract**

*Anodizing that is done on an aluminum material with extrusion method provide using it as electrolyte of acid and anode of aluminum material generally for anodizing baths for current electrolysis process.*

*For recovery of rawmaterials and waste water from anodizing coating baths, ion exchange resins and membrane processes which are the further treatment methods are used to eliminate the insufficiencies of conventional treatment methods.*

*Clean water and rawmaterials is recovered by means of filtered of bath wastewaters from membran that have very small pore structure after at a set pressure applied to membrane processes. Ion exchanger resin filters is hold to cations and anions in wastewater. Thus cations and anions is removed from wastewater. Besides wastewater and rawmaterials recovered by means of chemical reaction of the ions held on the resin used according to purewater, acid, and base during regeneration of ion exchanger resin filters. Recovery- treatment efficiency shows variability according to used methods and equipment characteristic. With recovery the costs of rawmaterials, wastewater and coating are decreased, process efficiency is increased and the saving of natural resource is provided. While a sustainable development is supported with the decreasing of environmental pollution due to coating, also the contribution to the national economy will be made.*

*While recovery-treatment efficiency shows variability according to used methods and equipment characteristic, within recovery the costs of*

*rawmaterials, wastewater and coating are decreased, process efficiency is increased and the saving of natural resource is provided. While a sustainable development is supported with the decreasing of environmental pollution due to coating, also the contribution to the national economy will be made.*

**Keywords:***anodising, wastewater, purification, recovery*

## **Giriş**

Ülkemizde ve dünyada, sanayinin gelişmesine bağlı olarak atıksu arıtımı gün geçtikçe önemini artırmaktadır. Fabrikaların atıksularının deşarj limitlerinde olması için kurulması gereken arıtım teknolojisi pahalı olduğundan çoğu tesis, yönetmelikteki yasal boşlukları kullanarak çevreyi bilinçsizce kirletmeye devam etmektedir. Bununla birlikte nüfus artışına bağlı olarak meydana gelen üretim artışı da tesislerden çıkan atıksu miktarının artmasına sebep olmaktadır (stn ve ark., 2004).

Metal kaplama tesislerinde yüksek miktarda kullanılan suyun geri kazanımı da son yıllardaki iklim değişikliği ve kuraklık paralelinde daha da önem kazanmıştır. Yükselen su maliyetleri, su kullanımına getirilmesi beklenen kısıtlamalar ayrıca çevresel şartların iyileştirilmesi baskısı su geri kazanımı sağlayacak teknolojilerin geliştirilmesi ve kullanılmasını cazip kılmıştır.

Ağır metaller, metal kaplama endüstrisinde yaygın olarak kullanılmakta ve bu endüstrilerden gelen atıksular toksik etkiye sahip ağır metal iyonlarını önemli miktarlarda içermektedirler. Bu sebeple, metal kaplama endüstrisi endüstriyel atıksuların arıtımında sorunların yoğun olarak grldğu endüstrilerden biridir. Uygulanan prosese, kaplama türüne ve miktarına bağlı olarak atıksuyun ağır metal içeriği, pH'ı, rengi ve Kimyasal Oksijen ihtiyaı (KOI) değeri farklılıklar göstermektedir (Dolay ve ark., 2009). Metal kaplama atıksularının toksik, kompleks, atıksu debi ve karakterinin değişken olması nedeniyle bunların arıtılması veya geri kazanımı için klasik arıtma yöntemlerine ilave olarak ileri arıtma yöntemlerinin geliştirilmesini-kullanılmasını gerektirmektedir.

Atıksuların geri kazanım ile yer altı su kaynakları korunacak, atıksu kirliliğinin ekolojik çevrede meydana getirdiği olumsuz etki ve doğadaki hasarları azaltılacaktır. Atıksudan geri kazanılan kimyasallar ile hammadde tasarrufu sağlanabilecek, bu kimyasalların üretimi esnasında kullanılan hammadde, enerji, su ve atıksu miktarı da azalarak sürdürülebilir kalkınma desteklenecektir.

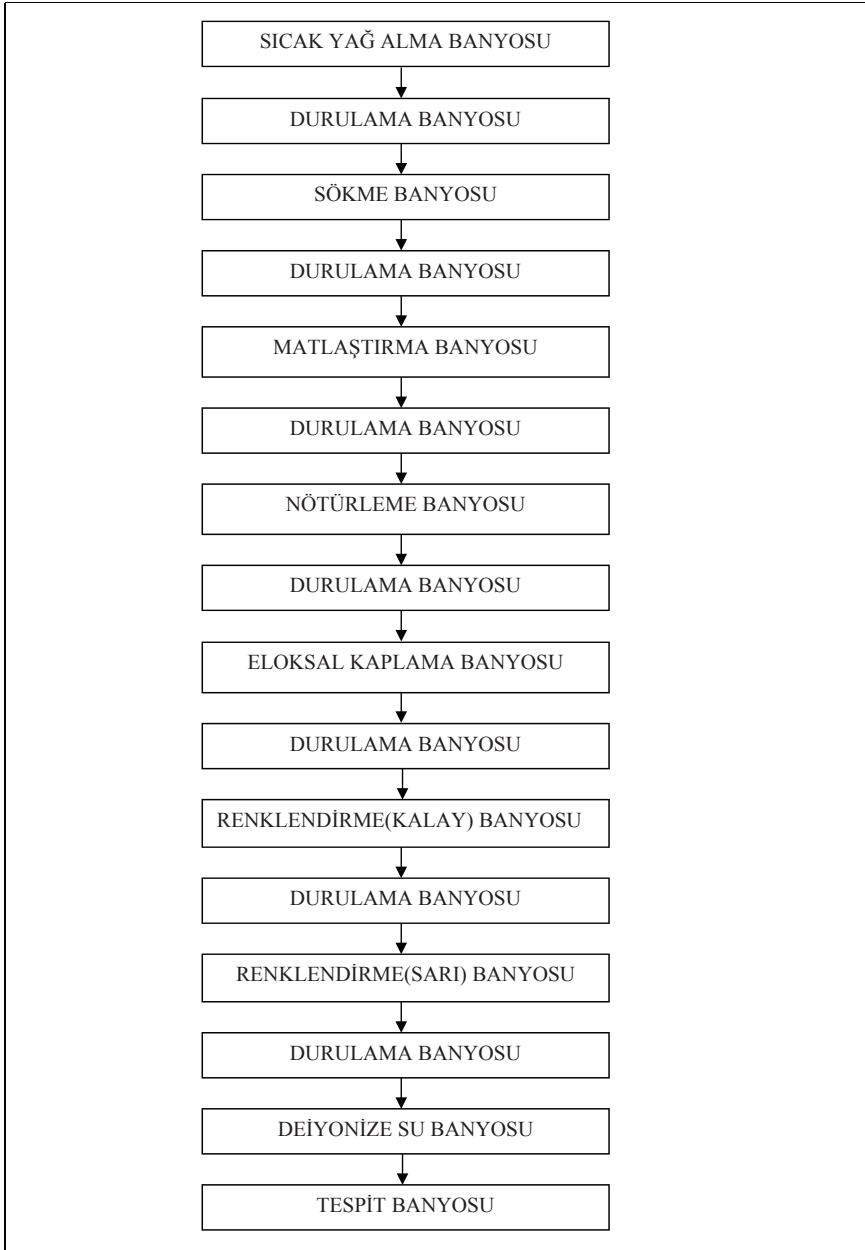
### **Eloksal (anodik oksidasyon) kaplama**

Eloksal kaplama, dayanıklı bir metal olan alüminyuma özel bir kaplama çeşididir. Fakat çeşitli korozif ortamlarda alüminyumun direnci yeterli değildir. Bu nedenle alüminyumun eloksal kaplanması gerekmektedir (URL1). Eloksal kaplama işlemi elektrokimyasal bir prosestir ve bu işlem sonucunda alüminyumun üstünde oluşan tabakanın kimyasal formülü  $Al_2O_3$  şeklindedir. Kaplanacak olan alüminyum malzeme elektroliz işleminin anodu olarak işlem görmektedir. Belirli ve kontrol edilen bir akım (genellikle doğru akım - DA) yoğunluğu, kaplanacak alüminyum malzeme ile uygun bir katot arasında belirli bir süre için geçirilir. Bu süre, eloksal tabakasının özellik ve kalınlığına göre belirlenir. İşlem esnasında ısı ortaya çıkmakta olup banyonun soğutulması gerekir.

Eloksal kaplama işleminden önce alüminyum profil malzeme üzerindeki yağ ve partiküller yağ alma banyolarında temizlendikten sonra alüminyum yüzeyinin kostikle matlaştırılması, nötralizasyonu gibi ön işlemlere tabi tutulur. Eloksal kaplama işleminden sonra renklendirme yapılacak ise renklendirme banyolarında bu işlem alternatif akım yardımıyla nikel sülfat ve kalay sülfat kullanılarak yapılır. Kaplama işleminden sonra kaplamanın dayanıklılığının artması için tespit işlemi uygulanır. Banyoların kararlılığının koruması için banyoların belirli bir kimyasal konsantrasyon, iletkenlik, pH, sıcaklık gibi değerlerde olması gerekir. Eloksal kaplama prosesine ait genel bir iş akım şeması Şekil 1’de verilmiştir.

Şekil 1.Eloksal (anodik oksidasyon) kaplama genel iş akım Şeması\*.

\*Sektördeki firmalardan yararlanılmıştır. Firmalara göre farklılıklar bulunabilmektedir.



Eloksal kaplamada genel olarak uygulanan işlemlerde kullanılan banyoların özellikleri:

1. Yağ Alma Banyosu: Alüminyum profillerin yüzeyindeki yağ, toz ve pisliklerin temizlendiği banyodur. % 3-5 konsantrasyonda alkali temizleme kimyasalı kullanılır. Banyo sıcaklığı 50-55 °C dir.
2. Eloksal Sökme Banyosu: Profil yüzeyindeki ve askı ayaklarındaki oksit tabakasının söküldüğü banyodur. %5 konsantrasyonda kostik içerir. Banyo %6-12 NaOH içermelidir. Banyo sıcaklığı 50-55 °C dir.
3. Matlaştırma Banyoları: %5-6 oranında kostik, %10-20 çözülmüş alüminyum ve %3-5 oranında da katkı malzemesi kullanılmaktadır. Banyo alkanitesinin 50-60 g/L, alüminyumun konsantrasyonunun 150-200 g/L olması istenir. Banyo sıcaklığı 70 °C dir.
4. Nötralizasyon Banyosu: %15-20 oranında sülfürik asit, % 0.7-1 oranında alüminyum sülfat ve 1-2 g/L konsantrasyonda oksidasyon kimyasalı içerir.
5. Eloksal Banyosu: Alüminyum konsantrasyonu 8-12 g/L, banyo sıcaklığı 18-22 °C aralığında olmalıdır. Eloksal kaplama banyosunun kaplama kalınlığına göre kullanılacak asit konsantrasyonu, banyo sıcaklığı, birim yüzey alanına verilmesi gereken akım ve voltaj değerleri Tablo 1. deki gibidir (URL 2).
6. Kalay İçerikli Elektrolitik Renklendirme Banyosu: Asit konsantrasyonunun 17-20 g/L, kalay sülfat konsantrasyonunun 4-6 g/L olması istenir.
7. Nikel İçerikli Elektrolitik Renklendirme Banyosu: Banyo 20-25 g/L Nikel Sülfat ve 70-80 g/L stabilizatör içerir.
8. Tespit Banyosu: Eloksal işleminde elde edilen oksit tabakası gözenekli bir yapıya sahiptir. Bu gözeneklerin iyi bir şekilde kapatılması ve dolayısıyla oksit tabakasının dayanıklılığının artması için tespit işlemi uygulanır.

Tablo 1.Eloksal kaplama kalınlığı için banyo zellikleri\*.

Elektrolitik Asidi	Konsan.(g/l)	Sıcaklık(C°)	Akım(A/dm²)	Voltaj (V)	Tabaka Kalınlığı (Mikron)
Sülfürik	150/200	18/20	1.0/2.0	12/22	5/30
Sülfürik	180/400	-5/5	1.5/3.0	15/70	25/125
Sülfürik	160/180	10/20	1.2/2.0	12/25	5/35
Okzalik	5/10	10/20	1.2/2.0	12/25	5/35
Kromik	30/100	25/55	0.1/1.0	30/70	2/8
Slfosalı-Silik	60/70	18/25	2.0/3.0	35/75	15/35
Fosforik	120/250	20/30	1.0/2.0	30/120	1/30
Borik	40/50	70/100	1.0	50/5000	0,5
Sülfürik	20/40	70/80	2.0	120/150	0,16

\*Banyo zellikleri: Sektördeki firmalardan yararlanılmıştır. Firmalar arasında farklılıklar değişiklikler bulunmaktadır.

Eloksal kaplama işlemine tesir eden faktörler;

- Banyonun asit konsantrasyonu: Banyonun iletkenlik değeri asit konsantrasyonu ile değişmektedir. Elektrolit konsantrasyonundaki farklılıklar akım yoğunluğunda, voltajda ve banyo sıcaklığında değişikliğe neden olmaktadır.
- Anodize banyosu voltajı ve akım yoğunluğu: Uygulamadaki voltaj artışı oksit gozenek sayısını azaltarak kaplamanın sertliğini dur.
- Banyodaki elektrolitin sıcaklığı: Sıcaklık artışını önlemek için voltajın duk tutulması, sıcaklığın sabit tutulması için akım yoğunluğunun sabit tutulması gerekir.
- Anodize banyosunun karıştırılması: Oksit tabakasının kalınlığını kontrol etmek için hava ile karıştırma işlemi önemlidir. Banyo elektrolit yoğunluğunun ve sıcaklığının her tarafta aynı olması düzgün bir oksit tabakasının oluşmasını sağlayacaktır.

- Anodize olacak alüminyum malzemesinin alaşım kompozisyonu: İyi bir parlaklık elde etmek için üretimde saf (safa yakın) alüminyum kullanılmalıdır.
- Çözeltideki alüminyum miktarı: Eloksal banyosu çözünmüş alüminyumun 12 g/L üzerinde ise malzeme yüzeyinde donuk bir oksit tabakası elde edilmektedir.
- Banyoda bulunabilecek artık maddeler: Banyodaki 200 ppm miktarındaki demir, kaplama sonrası profil parlaklığının azalmasına neden olmaktadır. Pb, As, Cu vb. ağır metal miktarının 10 ppm'den az olması istenir. Banyo suyu klorsuz olmalıdır.
- Elektrik ileten baralar, katot sistemi ve ölçüsü, anot bağlantıları, gerekli elektriksel güç (katot/anot oranı), uygun askılama sistemi: Redresörler ile eloksal banyosu arasında elektrik iletkeni olarak kullanılan alüminyum baralar arasında mesafe arttığında voltaj kayıpları olmaktadır. Anot olarak bağlanan malzemeler üzerinde kullanılan askıların kesiti en az 0.2 mm<sup>2</sup>/amper ve katot-anot oranı 0.5-1 aralığında olmalıdır.
- Yüzey işlem banyolarında kullanılan suyun kalitesizliği kaplama üzerinde; yapışma, parlaklık, beneklenme, örtücülük azlığı, lekelenme, yüzey pürüzlüğü gibi uygunsuzluklar oluşmaktadır (Anonim, 2002).

### **Atıksu arıtma yöntemleri**

Metal kaplama sanayi hızla gelişen sanayi dalları arasında önemli bir yer tutmaktadır. Gelişen teknoloji ve tesislerine rağmen metal kaplama sanayi büyük miktarda çevre kirliliğine neden olmaktadır. Atıksulardaki kirleticileri gidermek (kirlilik yükünü azaltmak) için uygulanan klasik arıtma işlemleri Tablo 2'de verilmiştir (Eroğlu, 1988).



Tablo 2. Atıksulardaki kirleticileri gidermek için kullanılan klasik arıtma yöntemleri.

KİRLETİCİ	ARITMA PROSESİ
Askıdaki Katı Madde	ktrme, Yüzdürme, Filtrasyon, Koagülasyon-ktrme, Fiziko Kimyasal İşlemler, Arazide Arıtma
Biyolojik Olarak Parçalanabilir(Ayrışabilir) Organik Maddeler	Aktif amur Sistemleri, Biyofilm Prosesleri, Stabilizasyon Havuzları, Lagünler, Anerobik Arıtma, Arazide Arıtma
Patojenler(Zararlı Mikroorganizmalar)	Klorlama, Ozonlama, Ultraviyole
Azot Giderimi	Nitrifikasyon ve Denitrifikasyon, İyon Değiştirme, Kırılma Noktası Klorlaması, Olgunlaştırma Havuzları, Arazide Arıtma
Fosfor Giderimi	Metal Tuzları İlavesi İle ktrme, Kireç Koagülasyonu-ktrme, Biyokimyasal Olarak Fosfor Giderimi, Arazide Arıtma
Ağır Metal Giderimi	Kimyasal ktrme, İyon Değiştirme, Arazide Arıtma
Çözünmüş İnorganik Katı Giderimi	İyon Değiştirme, Ters Osmoz
Yağ ve Gres Katı Giderimi	Yüzdürme
kelebilen Katı Maddelerin Giderimi	Izgara, Kumtutucu

Atıksuların arıtılması için kirleticilerin şekline göre fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemler kullanılmaktadır (Curi, 1980). Fiziksel arıtma sistemleri (birincil) atıksudaki yüzen ve keleben katı maddelerin uzaklaştırılması amacıyla uygulanır. Fiziksel yöntemler; ızgaralama, dengeleme, süzme (filtrasyon), yüzdürme, kum tutma, elekten geçirme, flotasyon, çöktürme, adsorbsiyon vb. işlemleri kapsamaktadır. Kimyasal yöntemler (ikincil) olarak; nötralizasyon,

koagülasyon-flokülasyon, kimyasal oksidasyon, iyon değiştirme, kimyasal oksidasyon, dezenfeksiyon vb. yöntemler kullanılır. Biyolojik arıtma işlemleri (ikincil) ise suda çözünmüş olan organik maddeleri bakteri etkisiyle karbondioksit haline getirerek sudan uzaklaştırmaktır.

İkincil tasfiye işlemleri, atıksulardaki askıda bulunan katı madde ve patojenik mikroorganizmaları önemli miktarda gidermesine rağmen ağır metal, azot, fosfor konsantrasyonlarına az etki yapmaktadır. Üçüncü derece tasfiye ise atıksuyun içinde bulunan bu tür kirleticileri uzaklaştırmayı amaçlamaktadır (Curi, 1980).

Atıksu geri kazanımında teknoloji seçimi proses verimliliği bakımından oldukça önemli olmaktadır. Atıksu geri kazanımı için seçilecek teknoloji tipini etkileyen faktörler; atıksuyun nerede geri kullanılacağı, atıksu karakteristikleri, geri kazanılacak atıksuyun kalitesi, eser elementlerin miktarı, mevcut duruma uyumu, prosesin esnekliği, işletme, bakım, enerji, kimyasal ve personel ihtiyacıdır. Atıksu geri kazanımı için uygulanan arıtma teknolojileri ve giderdikleri kirleticiler Tablo 3'te verilmiştir (URL 3).

Tablo 3. Atıksu geri kazanımı için uygulanan arıtma teknolojileri ve giderdikleri kirleticiler.

Arıtma birimleri	Askıdaki Katı Madde	Kolloidal Maddeler	Partiküller Organik Madde	znmş Organik Madde	Azot	Fosfor	Eser Maddeler	Toplam znmş Madde	Bakteri	Protozoa	Virüs
İkincil arıtma	X			X							
Ntriient giderimi				X	X	X					
Filtrasyon	X								X	X	
Yüzey filtrasyonu	X		X						X	X	
Mikrofiltrasyon	X	X	X						X	X	
Ultrafiltrasyon	X	X	X						X	X	X
Flotasyon	X	X	X							X	X
Nanofiltrasyon			X	X			X	X	X	X	X
Ters osmoz				X	X	X	X	X	X	X	X
Elektrodiyaliz		X						X			
Karbon adsorpsiyonu				X			X				
İyon değiştirme					X		X	X			
İleri oksidasyon			X	X			X		X	X	X
Dezenfeksiyon				X					X	X	X

### İleri arıtma yöntemleri

Esas olarak ileri atıksu arıtma teknolojileri, suyu yeniden kullanma amacıyla arıtmak için uygulanan yöntemlerdir. İkincil arıtma ile arıtılmış atıksuların daha ileri (ncl) arıtımına, aşağıdaki belirtilen nedenlerden dolayı ihtiyaç duyulabilir (Mackenzie, 2015):

- Artan nüfusa bağlı olarak nehir, akarsu ve göllere deşarj edilen organik madde ve askıdaki katı madde yükündeki artış,
- Daha etkin dezenfeksiyon sağlamak üzere askıda katı madde gideriminin artırılmasına olan ihtiyaç,
- Hassas su kütlelerinde ötrofikasyonu önlemek amacıyla besi maddesi giderimine olan ihtiyaç,
- Suyun yeniden kullanımını engelleyen veya durduran bileşenlerin giderimine olan ihtiyaç

İleri arıtma (üçüncül); membran biyoreaktörler(mbr), membran prosesler (mikrofiltrasyon (mf), nanofiltrasyon (nf), ultrafiltrasyon (uf), ters osmoz(ro)), elektrodializ, iyon değiştirme, ileri oksidasyon, elektrokimyasal yöntemler, ileri adsorpsiyon kullanılarak ikincil arıtmada giderilemeyen kirleticilerin uzaklaştırılmasında kullanılan prosesleri kapsar.

İleri arıtma yöntemleri, son yıllarda bu klasik yöntemlerin temelinde dayanılarak geliştirilen ve klasik arıtma yöntemleri ile atıksularda arıtılamayan kirliliklerin giderilmesinin yanında atıksudan geri kazanılan kimyasalların ve atıksuyun tekrar proseste kullanımına imkân verebilmektedir. Klasik arıtma işlemleri uygulanmış atıksularda giderilemeyen çözünmüş madde, organik madde ve askıdaki katı madde (AKM) vb. gibi kirleticilerin arıtımı ilave arıtma sistemlerini gerektirmektedir. İleri arıtmada atıksuyun içerisindeki uçucu organik karbon, ağır metal, iyon, tat, koku gibi parametreler giderilmektedir.

### **Membran prosesleri**

İleri arıtma yöntemlerinden biri de membran prosesleridir. Membranlar moleküler karışımların ayrılması için kullanılan ayırma prosesi olarak ifade edilebilirler. İki faz arasında seçicilik yapan bir ayıraç olarak da tanımlanabilirler (Acar ve ark., 2002). Membran filtrasyonu için kullanılan membran yarı geçirgen olup bazı bileşenleri için yüksek geçirgenli bazıları ise az geçirgenli olan sentetik malzemedir. Membran filtrasyonu işleminde bileşenlerin ayrılması için, su membran yüzeyine doğru pompalanır. Bunun

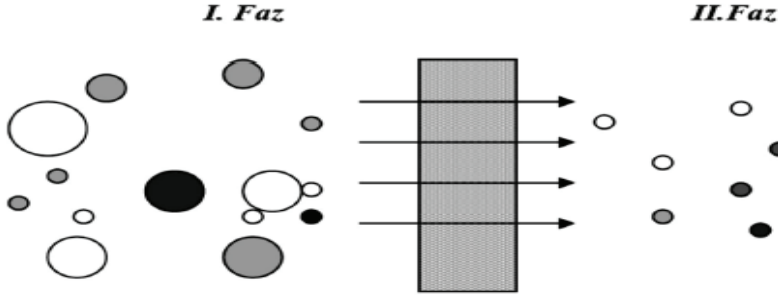
sonucunda sznt suyunun ve konsantrenin ayrılması gerçekleşir. Membran tasarımımda 0.034-0.170 m<sup>3</sup>/sa.m<sup>2</sup> aralığındaki akı değerleri kullanılır. Membranlar; membran gözenek boyutu, moleküler ağırlık nleme sınırı (MWCO), membran materyali ve geometrisi, giderilmesi hedeflenen maddeler ve arıtılacak ve/veya arıtılan suyun kalitesine göre tanımlanırlar (Mackenzie, 2015).

Süzme (filtrasyon) işlemi, kirliliklerin giderilmesi için birbirinden farklı aşağıdaki işlemlerle gerçekleşmektedir (Eroğlu, 1999);

- Mekanik Süzme: Kullanılmış suların filtre yatağından geçerken bazı kirleticilerin filtre malzemesi tarafından tutulması işlemidir. Süspansiyon haldeki katıların boyutları, yatak malzemesi gözeneklerinden büyük olduğu için burada tutulurlar.
- Çökelme: Filtrede filtre yatağının üzerinde bir durgun su sütunu bulunmaktadır. Burada kelme işleminde olduğu gibi bazı danecikler filtre yatağının üzerine çökelir.
- Adsorpsiyon (Tutulma): Kolloidlerin küçük çaplı askıdaki katı maddelerin sudan uzaklaştırılmasında en mühim işlemlerden birisidir. Adsorpsiyon kuvvetleri 0.01-0.1 mikron gibi çok kısa mesafeler için etkili olmaktadır. Burada kesişme, atalet, yerçekimi, difüzyon ve hidrodinamik tesirler etki etmektedir.
- Kimyasal Reaksiyon: Filtrasyon işlemi esnasında bazı reaksiyonlar meydana gelmektedir. Suda oksijen mevcut ise organik maddeler aerobik olarak ayrırır.1 gr organik madde ayrırırken 1.4 gr oksijen sarf edilmekte ve 0.16 gr amonyum oluşmaktadır. Oluşan amonyum bakteriler tarafından okside olmaktadır.
- Biyolojik Faaliyet: Filtre yatağında ve yatak üzerinde yaşayan mikroorganizmalar, biyolojik faaliyet gösterirler. Bu mikroorganizmalardan bir kısmı süzme, çökelme ve adsorpsiyon ile daneciklerinin yüzeyinde tutulur.

Membran proseslerle ayırma işleminin şematik gösterimi şekil 2'de verilmiştir (akmakı, 2013).

*Şekil 2. Membran proseslerle ayırma işleminin şematik gösterimi.*



Karışım halindeki pek çok maddenin ayrılması amacıyla gaz ayırımı, katı/sıvı ve sıvı/sıvı ayırımı ile membranlar kullanılabilir. I. Faz besleme, II. Faz ise, süzüntü (temiz su) fazı olarak adlandırılmaktadır. I. Faz ya da besleme çözeltisi içerisinde bulunan bazı türler membran tarafından tutulmaktadır.

Membran proseslerinin en büyük avantajları; enerji tüketiminin düşük olması, ek kimyasal kullanımını gerektirmemesi, kullanılan ekipmanların basitliği ve işletim kolaylığıdır (Kural, 2000). Katı partiküllerin ayrılması, çözeltinin konsantre edilmesi, değerli maddelerin geri kazanılması ve çok kirli suların arıtılmasında membran prosesler sıklıkla kullanılmaktadır.

Membranlarda üç tip kirlenme vardır. Bunlar; kek tabakası oluşumu, gözeneklerin tıkanması ve gözenek içinin kirlenmesidir. Kek tabakası oluşumu ve gözeneklerin tıkanması membranın yüzeyindeki kirlenmedir. Gözenek tıkanması süresince alıkonan moleküller gözenekleri bloke ederken kek oluşumu sırasında tortulaşmış moleküller membran yüzeyinde birikir (URL 4).

Membranların tıkanması, sabit basınçta süzülen su debisindeki kademeli azalma veya sabit akıyı sağlamak için gerekli trans membran basıncındaki artış olarak tanımlanmaktadır. Tıkanma, partiküler madde, çözünmüş organik madde, ya da biyolojik büyüme nedeniyle

olabilir (Mackenzie, 2015). Membranların tıkanmasının ve verimin düşmesinin engellenmesi için belirli bir süre filtrasyon işleminden sonra membran özelliğine göre hava ve/veya su kullanılarak belirli periyotlarda hızlı ve yavaş geri yıkama-durulama (rejenerasyon) yapılırlar.

### **Mikrofiltrasyon (MF);**

Mikrofiltrasyon, akışkandaki partiküllerin basınç yardımıyla mikro gözenekli membrandan geçerek uzaklaştırıldığı bir prosestir. Mikrofiltrasyon prensip olarak, ters osmoz, ultrafiltrasyon ve nanofiltrasyonla temelde aynı işlemlerdir sadece ayrıştırılan materyalin boyut aralığı farklıdır. MF membranlar özellikle suyun geri kazanımı için kullanılmakta olup NF - RO işlemleri öncesinde ön arıtma için tercih edilmektedirler (Koyuncu, 2001).

### **Ultrafiltrasyon (UF);**

Yüksek molekül ağırlığına sahip znmş maddeleri, mikroorganizmaları ve askıda katı maddeleri sıvıdan uzaklaştıran bir ayırma prosesidir. Bu yöntem safsızlaştırılacak sıvının yüksek hızla membran yüzeyine paralel akımıyla gerçekleşir. Giriş ve çıkış arasındaki basınç farkı nedeniyle akım yönüne dik doğrultuda ayırma işlemi gerçekleşir.

UF membranları da MF membranları gibi çapraz akışlı olarak işletilmektedir. Çapraz akış ile membranın devamlı suretle temizlenmesi ve kimyasal madde ihtiyacının azaltılması sağlanmaktadır. UF membranlarıyla 1-10 bar basınç farkı arasında çalışılır. Membranda basınç artırıldığı zaman akı da artar ancak konsantrasyon polarizasyonunun etkisi akıyı sınırlamaktadır. Bunun nedeni, sınır tabakası içinde, membran üst düzeyinde znen maddelerin birikmesidir. Bu durum daha sonra membran yüzeyinin tıkanmasına neden olmaktadır (Koyuncu, 2001).

UF membranları genellikle tekstil endüstrisinde haşıl maddelerinin ve indigo boyar maddelerinin geri kazanımı, kâğıt endüstrisinde ağartma atıksularının konsantre edilmesi, metal endüstrisinde yağ emülsiyonlarının konsantre edilmesi amacıyla kullanılmaktadır

(Barlas, 2002). Son yıllarda atıksudaki katı madde giderimi ve atıksudaki ağır metallerin gideriminde de UF tercih edilmektedir.

### **Nanofiltrasyon (NF);**

Yaklaşık 1 nm (10 Å) büyüklüğündeki partikülleri uzaklaştırır. Bu yüzden “nanofiltrasyon” olarak adlandırılır. Nanofiltrasyon, mikrofiltrasyon ve ters osmoz arasında çalışır. Molekül ağırlığı 200-400’den büyük organik moleküller atılır. Aynı zamanda çözünmüş tuzların %20-98’i uzaklaştırılır. Tek değerlikli anyonları olan (monovalent) tuzlar (NaCl, CaCl<sub>2</sub>) %20-80 oranında uzaklaştırılırken çift değerlikli anyonları olan (divalent) tuzlar %90-98 oranında atılır. Tipik uygulamalar arasında yüzey sularından renk ve toplam organik karbonun uzaklaştırılması, kuyu suyundan sertlik ve radyumun uzaklaştırılması, gıda ve atıksu uygulamalarında organik maddelerin anorganik kısımdan ayrılması sayılabilir. Trans membran basıncı 3.5-16 bardır (Kitiş ve ark., 2009).

### **Ters osmoz (RO);**

Ters osmoz, konsantr çözeltiye, çözeltinin ozmotik basıncından daha yüksek basınç uygulanmasıyla ortaya çıkan kütle transfer olayıdır. Böylece su konsantr çözeltiden ayrılıp saf su tarafına akar ve aralarında konsantrasyon farkı bulunan iki faz meydana gelmiş olur. Eğer uygulanan basınç ozmotik basınçtan düşük olursa su seyreltik taraftan derişik tarafa doğru akar (Barlas, 2002). RO membranları bütün çözünmüş organik ve inorganik türleri ayırabilmektedir. Ters osmoz olayının teorisini, solvent ve çözeltilerin membran üst tabakasında çözündüğü ve difüze olduğu çözünmedifüzyon modeline dayandırılmaktadır (Koyuncu, 2001). Ters osmoz ünitesinin işletimi nispeten basittir. Giriş suyu membran içeren üniteye beslenmekte ve çıkış suyu toplanmaktadır; atıksu ise ayrıca toplanmaktadır.

Membranların kullanımı, hala çözülmesi gereken birçok sorunu olmasına rağmen, on yıllardır birçok araştırma ve geliştirme çalışmasında başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Birçok membran malzemesi laboratuvar araştırmaları sonucu geliştirilmiştir. Ancak modüllerin yüksek maliyetleri ve işletme koşullarında istenen verimin



elde edilmemesi membranların geniş alanda verimli kullanmasını sınırlamıştır. Membran üretimindeki gelişmeler günümüzde yeni membran malzemelerinin geliştirilmesine ve daha bütünsel bir yaklaşım benimseye bağlıdır (Aslan, 2016).

### **İyon değiştiriciler;**

Sudaki belirli artı veya eksi yüklü iyonların sudan alınarak yerine aynı yüke sahip başka iyonların suya verilmesi, böylelikle sudaki iyon dengesinin korunarak belirli iyonların giderilmesi işlemine iyon değişimi denir. İyon değişirme ile renk, sertlik, demir ve mangan, nitrat ve diğer inorganikler, ağır metaller ve organik maddeler giderilebilir. İyon değiştirici, katyonik-asit iyon değiştirici veya anyonik-bazik iyon değiştirici olabilir (Coşkun, 2013).

Katyon veya baz değişirme, pozitif bir iyonun veya katyonun (kalsiyum, mağnezyum, sodyum, hidrojen, demir, mangan vb) diğer bir pozitif iyonla yer değiştirilmesidir. Anyon değişirme veya asit değişirme negatif bir iyonun yani anyonun (klor, sülfat, nitrat vb.) diğer bir negatif iyonla yer değiştirilmesidir.

Katyon değiştiricilerle yapılan geri kazanım işleminde kullanılan maddenin veya iyon değiştiricinin tipine bağlı olarak sodyum veya hidrojen iyonları ile sıvı içindeki katyonların bir kısmı veya tamamı yer değiştirir. Anyon değiştiricilerde karbonat veya hidrosit iyonları ile sıvı içindeki anyonların bir kısmı veya tamamı yer değiştirirler.

### **Sonuç**

Dünyada ve ülkemizde son yıllarda meydana gelen evre kirliliği ve bunların ekolojik çevrede meydana getirdiği olumsuz etkiler sonucunda yasal boşlukların ortadan kaldırılma çalışmaları başlatılmış ve deşarj kıstasları için limitler daraltılmıştır.

evre Kanunu altında çıkarılan yönetmelik ve tebliğlerle bazı sektörlerin (kimya-tekstil gibi) proseslerinde atıksu geri kazanımı, atıksudan kimyasal geri kazanımı, enerji geri kazanımı vb. projeleri ile temiz üretim planlarının evre ve Őehircilik Bakanlığı'na sunularak onaylatılması ve sunulan planların yıllık gelişme raporlarını bakanlığa bildirmeleri istenmektedir.

Metal kaplama işlemlerinden oluşan atıksuların; belediye alt yapı tesisine veriliyorsa ilgili belediyenin deşarj yönetmeliğine, OSB altyapı tesisine veriliyorsa ilgili OSB yönetmeliğine, atıksular altyapı tesisi haricindeki dere, göl vb. alıcı ortama veriliyorsa Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne (URL 5) göre belirlenen deşarj limitlerine uygun olarak fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemlerle arıtılması istenmektedir.

Metal kaplama tesislerinde atıksu arıtma verimliliğinin artırılması amacıyla, klasik arıtma yöntemlerinin dışında ileri arıtma yöntemlerinin uygulanması da gerekmektedir. Atıksu ve hammadde geri kazanımında ileri arıtma yöntemlerden reçineli iyon değiştiriciler ve membran prosesleri (mikrofiltrasyon, nanofiltrasyon ve ultrafiltrasyon) kullanılmaktadır. Membran proseslerle banyo atıksuları belirli bir basınçta çok küçük gözenek yapısına sahip membrandan geçirilerek (süzülerek) atıksudan temizsu ve hammadde geri kazanılmaktadır. İyon değiştirici reçine filtreler katyon ve anyonları üzerinde tutarak atıksudan uzaklaştırırlar. İyon değiştirici reçinelerin rejenerasyonunda kullanılan saf su, asit ve baza göre reçine üzerinde tutulan iyonların kimyasal reaksiyonu ile hammadde geri kazanılmaktadır.

Eloksal kaplama banyolarında yapılan arıtma-geri kazanım işlemleri ile atıksu ve kimyasal geri kazanımı yapılmakta, bunların tekrar proseste kullanımı sağlanarak hammadde, su ve doğal kaynaktan tasarruf sağlanmakta ve proses verimliliği de artmaktadır. Bunların yanında daha az hammadde kullanımı ve daha az atıksu oluşumu ile faaliyetin çevre boyutu etkisi de (hava, toprak ve su kirliliğine olan etkisi, doğal kaynak kullanımı) önem kazanmaktadır.

Sonuç olarak geri kazanım prosesleri ile tesisin arıtma verimliliği artarken, kullandığı arıtma kimyasalı ve enerji miktarı düşerek maliyetler azaltılmaktadır. Ayrıca deşarj limitlerinin aşılmasıyla meydana gelebilecek çevresel cezalar önlenebilmektedir. Doğal kaynakların korunması, su ve enerji tüketiminin azalması sayesinde ülke ekonomisine de önemli ölçüde katkı sağlanacaktır.

## Kaynaklar

- [1] Acar, F.N, Malkoç, E., (2002). *Sıvı membranların mekanizması ve uygulama alanları. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Sayı:2, s.256, Denizli.
- [2] Anonim., (2002). *Alüminyum Yüzey İşleme Derneği Kitabı, Alüminyum Yüzey İşlemleri -1, s.67.*
- [3] Aslan, M., (2016). *Membran Teknolojileri, evre ve Őehircilik Bakanlığı, TUEV, Ankara.*
- [4] Barlas, H., (2002). *Suların Arıtımında İleri Teknolojiler Ders Notları*, İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi evre Mühendisliği Bölümü, Avcılar, İstanbul
- [5] Coşkun, T., (2013). *İyon Değiştirici Dizayn Notları*, Yıldız Teknik niversitesi, s.2,3, İstanbul.
- [6] Curi, K., (1980). *III. Atıksu Tanımlama ve Arıtma Kursu, Atıksu Arıtma Tesislerine Genel Bir Bakış*, Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Teknoloji ve Sistem Araştırmaları Enstitüsü evre Sorunları alışma Grubu Arıtma Sistemlerinin Tasarımı, s.1-10, İstanbul.
- [7] akmakı, M., (2013). *Su Arıtma Tesislerinin Tasarım ve İşletme Esasları*, Yıldız Teknik niversitesi, evre Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- [8] Dolay, E., (2009). *Emaye Kaplama Endüstrisi Atıksularının Fenton Prosesiyle Arıtılması*, Selçuk Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü evre Mühendisliği Bölümü Yüksek Lisans Tezi, s.1- 2, Konya.
- [9] Eroğlu, V., (1988). *Atıksuların Arıtılması Dersi Ders Notları*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [10] Eroğlu, V., (1999). *Su Tasfiyesi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayını, s.179-184, İstanbul.
- [11] Kitiş, M., Yiğit, N.., (2009). *evre ve Orman Bakanlığı evre Görevlisi Eğitimi Ders Notları*, Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi evre Mühendisliği, Isparta.

- [12] Koyuncu, İ., (2001). *Nanofiltrasyon Membranları İle Tuz Gideriminde Organik İyon Etkisi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, İstanbul
- [13] Kural, E., (2000). *Tekstil Boyahane Atıksularının Nanofiltrasyon Membranları İle Geri Kazanımı ve Renk Giderimi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [14] Mackenzie L. D., (2015). *Su ve Atıksu Mühendisliği Tasarım Esasları ve Uygulamaları*, (Çeviri Toröz, İ.), s.12-2, 12,-6, 26-2.
- [15] Üstün, G.E., Solmaz, S.K.A, Kestioğlu, K., (2004). Organize sanayi bölgelerinde atıksu arıtımı. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, (s.1-9), Bursa.

---

## **İnternet kaynakları**

- [1] URL 1-<http://www.metalyuzey.com>, *Alüminyum Eloksal Kaplama Nedir*; Metal Yüzey İşlem Tekniği San.Tic. Ltd. Şti. (Erişim tarihi 09.03.2017)
- [2] URL 2-<http://www.eloksal.gen.tr> , *Eloksal İşlemleri*, İdol Eloksal (Erişim tarihi 09.03.2017)
- [3] URL3-<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/03/20100320-7.htm>, *Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği* (2010), 20.03.2010 Tarih ve 27527 Sayılı Resmi Gazete (Erişim tarihi 09.03.2017)
- [4] URL 4-<http://www.ultramembrane.com> , *Membran Filtrasyonu*, Mayasan A.Ş. (Erişim tarihi 09.03.2017)
- [5] URL 5-<http://www.resmigazete.gov.tr> , *Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği* (2004), 31.12.2004 Tarih ve 25687 Sayılı Resmi Gazete (Erişim tarihi 09.03.2017)