

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TEKSTİL ENDÜSTRİSİNDE ATIKSULARIN ENTEGRE MEMBRAN
ARITMA SİSTEMİ İLE ARITIMI VE GERİ KULLANIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Fatma Burçak BULUT**

Anabilim Dalı : Çevre Mühendisliği

Programı : Tezli Yüksek Lisans

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Hüseyin SELÇUK

TEMMUZ 2011

YÜKSEK LİSANS TEZ ONAY FORMU

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 081201005 no'lu öğrencisi Fatma Burçak BULUT tarafından hazırlanan "TEKSTİL ENDÜSTRİSİNDE ATIKSULARIN ENTEGRE MEMBRAN ARITMA SİSTEMİ İLE ARITIMI VE GERİ KULLANIMI" başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı :
(Jüri Başkanı)

Doç. Dr. Hüseyin SELÇUK (İÜ)



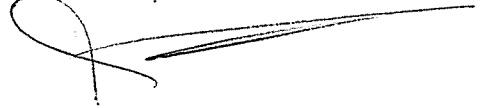
Jüri Üyesi :
(ASİL)

Doç. Dr. Fehiman ÇİNER (PAÜ)



Jüri Üyesi :
(ASİL)

Yrd. Doç. Dr. Sema PALAMUTÇU (PAÜ)



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 07/09/2011... tarih ve 25/14..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.


Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü
Prof. Dr. Nuri KOLSUZ

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

İmza

:

Öğrenci Adı Soyadı : Fatma Burçak BULUT

ÖNSÖZ

Bu çalışma boyunca, her türlü konuda bilgi ve birikimini esirgemeyen, destek ve yardımını aldığım çok değerli danışman hocam Doç. Dr. Hüseyin SELÇUK'a teşekkürlerimi bir borç bilirim. Bu çalışma, Gümüşsu Arıtma Tesisleri San. ve Tic. A.Ş. bünyesinde yürütülmekte olan TÜBİTAK 1507 – Kobi Ar-Ge Başlangıç ve Destek Programı kapsamında, '7090681 No'lu Pamuklu Tekstil Endüstrisi İçin Entegre Su Geri Dönüşüm Sisteminin Geliştirilmesi ve Ürün Kalitesine Etkisinin Araştırılması' başlıklı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Proje yürütücüsü ve Genel Müdür'üm olan Ülkü EMER'e teşekkürlerimi bir borç bilirim. Ayrıca bu çalışmada 'Pamuklu Tekstil Endüstrisi Atıksuyunun İleri Arıtma Sistemleri ile Arıtılarak Geri Kullanımının Sağlanması başlık ve 2010FBE025 No'lu' projeden de sarf malzeme desteği alınmıştır.

Bu çalışma boyunca her türlü konuda bilgi ve birikimini esirgemeyen çok değerli hocalarım Doç. Dr. Fehiman ÇİNER ve Yrd. Doç. Dr. Sema PALAMUTÇU'ya teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca hep yanımda olan, yardım ve desteklerini esirgemeyen çok değerli arkadaşlarım Burcu AKTAN ve Sadık UYUM'a, ayrıca çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen sevgili arkadaşlarım Derya AKTAŞ, Senem PAK ve Şenay BALBAY'a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Desteğiyle her zaman için yanımda olan Zeki UĞRASIZ'a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Tüm eğitim hayatım boyunca ve yüksek lisans eğitimim boyunca büyük katkısı ve özverisi olan, her zaman ve her türlü konuda hiçbir zaman desteklerini esirgemeyen aileme maddi ve manevi desteklerinden dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Temmuz 2011

Fatma Burçak BULUT
(Çevre Müh.)

İÇİNDEKİLER

ÖZET	ix
SUMMARY	x
1. GİRİŞ	1
2. TEKSTİL ENDÜSTRİSİ	3
2.1 Tekstil Sınıflandırılması	3
2.2 Tekstil Prosesleri	3
2.2.1 Haşılama	4
2.2.2 Yıkama ve haşıl giderme	4
2.2.3 Ağartma	4
2.2.4 Merserizasyon.....	5
2.2.5 Boyama.....	5
2.2.6 Apreleme	5
3. TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSULARININ GENEL ARITIMI	6
3.1 Tekstil Endüstrisi İle İlgili Çevre Standartları	10
3.1.1 Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği	10
3.1.2 IPPC (Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Direktifi)	11
4. İLERİ OKSİDASYON YÖNTEMLERİ VE SULARIN GERİ KULLANIMI	13
4.1 Ozonlama	13
4.2 Fotokimyasal Arıtma (UV -O ₃ , UV-TiO ₂)	14
4.3 Fenton Oksidasyon Prosesi (H ₂ O ₂ -Fe(II) Tuzları).....	14
4.4 Elektrokimyasal Arıtma.....	15
5. MEMBRAN SİSTEMLERİ	16
5.1 Membran Konfigürasyonları	16
5.1.1 Boru Tipi Membranlar (Tubuler Module).....	16
5.1.2 Spiral Sargılı Membranlar (Spiral Wound Module).....	17
5.1.3 Boşluklu Elyaf Membranlar (Hollow Fiber Module).....	18
5.1.4 Plaka ve Çerçeve Membranlar (Plate ve Frame Membran Module).....	19
5.2 Yapılarına Göre Membranlar	20
5.2.1 Selüloz Asetat Membranlar (CA):.....	21
5.2.2 Selüloz Tri Asetat Membranlar (CTA):	21
5.2.3 İnce Film Kompozit Membranlar (TFC):.....	21
5.2.4 Poliamid (PA) Membranlar:	22
5.3 Por Büyüklüklerine Göre Membranlar	22
5.3.1 Mikrofiltrasyon (MF)	24
5.3.2 Ultrafiltrasyon (UF).....	24
5.3.3 Nanofiltrasyon (NF)	24
5.3.4 Reverse Osmoz (RO).....	24
5.4 Membran Performansı	28
5.5 Membran Prosesi Uygulama Alanları	29
6. GÜMÜŞSU ARITMA TESİSİ'NİN TANITIMI	30

6.1 Sanayilerin Akım Diyagramı.....	30
6.2 Atıksu Oluşumu ve Arıtımı	35
6.2.1 Fiziksel arıtma ünitesi	36
6.2.2 Biyolojik arıtma ünitesi.....	36
6.2.3 Kimyasal arıtma ünitesi.....	37
6.2.4 Çamur yoğunlaştırma ünitesi.....	37
7. MATERYAL – METOD	38
7.1 Atıksu Karakterizasyonu.....	38
7.2 Kullanılan Yöntemler	38
7.3 Entegre İleri Arıtma Sistemi	39
8. BULGULAR	48
8.1 Entegre Pilot Sistemde Ön Filtrasyon Ünitelerinin Performansları.....	48
8.1.1 Kum Filtrasyon Ünitesi	48
8.1.2 Zeolit Filtrasyon Ünitesi.....	48
8.1.3 Aktif karbon (AK) Filtrasyon Ünitesi	49
8.2 Entegre (Birleşik) Sistemler	49
8.2.1 Ön Arıtılabilirlik Çalışmalarına UF'nin Etkisi.....	50
8.2.2 pH Etkisi.....	52
8.2.3 Decolorant Etkisi.....	53
8.2.4 Decolorant ve Klor Etkisinin Karşılaştırılması	55
9. SONUÇLAR	59
KAYNAKLAR	61
ÖZGEÇMİŞ.....	63

KISALTMALAR

BOİ	: Bİyolojik Oksijen İhtiyacı
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
AKM	: Askıda Katı Madde
BM	: Büyük Menderes
TOK	: Toplam Organik Karbon
ÇKM	: Çözünmüş Katı Madde
TÇK	: Toplam Çözünmüş Katı
IPPC	: Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Direktifi
AB	: Avrupa Birliği
CA	: Selüloz Asetat
CTA	: Selüloz Tri Asetat
PA	: Poliamid
TFC	: İnce Film Kompozit Membranlar
MF	: Mikrofiltrasyon
UF	: Ultrafiltrasyon
NF	: Nanofiltrasyon
RO	: Reverse Osmoz
ED	: Elektrodializ
AK	: Aktif Karbon

TABLO LİSTESİ

Tablolar

3.1 : Boyama atıksularının karakteristikleri.....	7
3.2 : Tekstil atıksularının karakterizasyonu.....	8
3.3 : Boyama atıksularının karakteristikleri.....	9
3.4 : Pamuklu tekstil sektörü için Tablo10,3'te belirtilen standart değerler.	11
5.1 : Ters osmozla giderilen iyonlar, metaller, organik maddeler ve pestisitler.	27
6.1 : Atıksu arıtma tesisi ile ilgili tasarım verileri.	36
7.1 : Atıksu karakterizasyonu.	38
8.1 : Kum filtrasyon ünitesi sonrası analiz sonuçları (pH: 8,0).	48
8.2 : Zeolit filtrasyon sonrası analiz sonuçları (pH: 8,0).	48
8.3 : Aktif karbon filtrasyon sonrası analiz sonuçları (pH: 8,0).	49
8.4 : Analiz sonuçları (a) (pH: 8,0).....	51
8.5 : Analiz sonuçları (b) (pH: 8,0).....	52
8.6 : Analiz sonuçları (c) (pH: 6,5).....	53
8.7 : Decolorant ile koagülasyon sonrası analiz sonuçları (pH: 6,5-8,0).....	54
8.8 : Decolorant ilavesi ile atıksu KOİ ve renk giderimi.	54
8.9 : Decolorant ilavesi sonrası atıksu KOİ ve renk giderimi.....	55
8.10: Klor ilavesi yapılmadan atıksu KOİ ve renk giderimi.	56
8.11: Klor ilavesi sonrası atıksu KOİ ve renk giderimi (pH: 8,0)	56

ŞEKİL LİSTESİ

Şekiller

5.1 : Boru tipi membranlar.....	17
5.2 : Spiral sargılı membranlar.....	18
5.3 : Boşluklu elyaf membranlar.....	19
5.4 : Plaka ve çerçeve membranlar.....	20
5.5 : Membran prosesleri ve por büyüklükleri.....	23
5.6 : Osmoz ve reverse osmoz prosesleri.....	25
6.1 : Çiçek Tekstil'e ait proses akım şeması.....	31
6.2(a) : Funika'ya ait proses akım şeması.....	32
6.2(b) : Funika'ya ait proses akım şeması.....	33
6.3(a) : Güvenç Boya'ya ait proses akım şeması.....	34
6.3(b) : Güvenç Boya'ya ait proses akım şeması.....	35
7.1 : Entegre ileri arıtma sistemi genel görüntüsü.....	40
7.2 : Entegre ileri arıtma sistemi planı.....	41
7.3 : Filtre kumu.....	42
7.4 : Entegre ileri arıtma sistemi-kum filtre üniteleri.....	43
7.5 : Entegre ileri arıtma sistemi-zeolit filtre üniteleri.....	44
7.6 : Aktif karbon.....	45
7.7 : Entegre ileri arıtma sistemi-aktif karbon üniteleri.....	45
7.8 : Entegre ileri arıtma sistemi-ultrafiltrasyon ünitesi.....	46
7.9 : Entegre ileri arıtma sistemi-nanofiltrasyon ve reverse osmoz üniteleri.....	47
8.1 : Uygulanan farklı arıtma konfigürasyonları.....	50
8.2 : Decolorant ile koagülasyon sonrası renk giderimi.....	54
8.3 : Decolorant ilavesi sonrası KOİ giderimi.....	57
8.4 : Decolorant ilavesi sonrası renk giderimi.....	58

ÖZET

Bu çalışmanın amacı; pamuklu tekstil endüstri tesislerinde oluşan atıksuların entegre membran sistemleri ile arıtılarak tekrar kullanımının sağlanmasının araştırılmasıdır. Bu çalışmada öncelikli olarak pamuklu tekstil endüstrisinden elde edilen atıksu karakterizasyonu belirlenmiştir. Sonrasında ise klasik arıtma yöntemlerinin tekstil atıksularını arıtmada tekrar kullanım verimleri araştırılmıştır. Atıksuyun tekrar kullanımının sağlanması için entegre membran sistemlerden faydalanılması gerektiğine karar verilmiş ve entegre membran sistemleri ile ilgili araştırma ve çalışmalar yürütülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Pamuklu tekstil, atık suların geri kullanılması, renk giderimine etkiler

SUMMARY

Purpose of this study of cotton textile industry wastewater facilities, provision of integrated membrane systems to investigate the use of purified again. In this study, primarily cotton textile industry wastewater characterization were obtained. Water Treatment of textile wastewater treatment methods, re-use after the yields of the classic investigated. Should benefit from an integrated membrane systems for wastewater re-utilization of integrated membrane systems has been decided and carried out research and studies related to the.

Key Words: Cotton Textile, reuse of wastewater, effects on the decoloraziation

1. GİRİŞ

Ülkemizde Sanayi Devriminden günümüze kadar geçen süreçte tekstil endüstrisi hızlı bir gelişme göstermiştir. Bu gelişme ile her geçen gün fabrikaların kapasite ve sayıları artmış, üretim kapasitesi önemli boyutlara ulaşmıştır. Ancak üretimdeki bu gelişmelerle birlikte çevresel açıdan da ciddi problemler oluşmaktadır. Büyük debilerde ve yüksek kirlilik yüküne sahip atıksular meydana gelmektedir. Tekstil endüstrisindeki üretim aşamalarına göre farklı atıksu karakterizasyonuna sahip atıksular oluşmaktadır. Bu atıksuların alıcı ortamlara deşarjından önce belli seviyelere kadar arıtılması gerekmektedir. Endüstrilerin her geçen gün artan su ihtiyacı ve atıksuların arıtma maliyetleri, endüstrileri suyun tekrar kullanımına yönlendirmeye başlamıştır. Suyun tekrar kullanımı, deşarj edilen atıksu miktarını önemli derecede azaltacaktır. Ayrıca endüstrilerin su kaynaklarına olan ihtiyacını da azaltacaktır.

Su tüketiminin oldukça yüksek olduğu tekstil endüstrisi atıksuları hem miktarları hem de bileşimleri açısından oldukça değişkendirler. Bu atıksular kompleks bir yapıya sahip olup; yüksek miktarlarda boyar maddeye sahiptirler. Ayrıca biyolojik oksijen ihtiyacı (BOI), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOI), askıda katı madde (AKM), renk vs. gibi pek çok kirletici içermektedirler. Bu kirleticiler sayesinde tekstil atıksuları biyolojik olarak parçalanması zor organik kirliliğe sahip olup alıcı ortamlarda önemli derecede kirletici etkilere sahiptirler. Ayrıca boyar maddeler sonucunda önemli derecede renk sorunları oluşmaktadır. Renk parametresi fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemlerle arıtımı ve deşarj kriterlerinin sağlanması zor olan bir parametredir. Renk ancak ileri arıtma yöntemleri uygulanarak arıtılabilmektedir.

Ülkemizde iklim değişikliğinden en fazla etkilenecek bölgeler Konya ve Denizli ili ve çevreleridir. Denizli ili sürekli gelişen tekstil sektörü ile milli gelirimizdeki payı en yüksek illerimizden biridir. Denizli pamuklu ve sentetik tekstil endüstrisi, bölgedeki en fazla su ve tuz tüketen endüstri olup Ege bölgesinde Büyük Menderes (BM) nehri suları ile sulanan bölgelerde oluşan tuzlanmanın başlıca kaynaklarını oluşturmaktadır. Diğer taraftan tekstil sektörünün tamamının yer altı suyu kullanması

nedeniyle yer altı suyu seviyesinde yıllara göre sürekli bir düşüş gözlenmiş ve 2008 yılında yer altı su seviyesi 13 m'ye kadar düşmüştür (Gümüşsu Arıtma, 2007). Bölgede küresel kuraklığın etkileri henüz görülmekteyken şu anda endüstriyel su ihtiyacının artması ile çok ciddi hidrolik kuraklık yaşanmaktadır.

Tekstil atık sularının ekonomik olarak proses veya sulama amaçlı geri kullanılmasında karşılaşılan en büyük engel boyama banyolarından kaynaklanan renk problemidir. Denizli tekstil sektörü su sorununu gidermek için biyolojik olarak arıtılmış atık suların arıtılıp tekrar kullanılması konusunda araştırmalarına başlamıştır. Fakat biyolojik arıtma ile giderilemeyen renk probleminin çözümünde tek çözüm olan membran proseslerinin tüm tekstil sularının arıtılması için kullanılmasının maliyeti çok yüksektir. Ayrıca atık suyunu denize deşarj eden diğer tekstil sektörlerinden farklı olarak Denizli tekstil sektörü BM nehrine deşarj yaptığından dolayı membran proseslerinden çıkacak olan yoğun tuzlu atık sularını da arıtmak veya bertaraf etmek durumundadır. Bu çalışmada temel amaç tekstil endüstrisi atıksuyunun arıtılıp proses veya sulama suyu olarak maliyeti yüksek arıtma sistemleri ile arıtılmasına gerek kalmadan ekonomik geri dönüşümünü kolaylaştırmaktır. Tekstil sektöründe geri dönüşümde duyulan en büyük endişe geri kullanılacak suyun boyama proseslerinin renk verimine yapacağı olumsuz etkilerdir. Bu amaç doğrultusunda bu çalışmada boyahane atık sularının biyolojik ve ileri arıtma sistemlerinden oluşan entegre ileri arıtma alternatifleri ile arıtılarak geri kullanılmasının sağlanması amaçlanmaktadır.

Entegre arıtma alternatifi olarak Aktif çamur biyolojik arıtma+Entegre ileri arıtma sistemi denenecektir. Arıtma veriminde önemli olan pH, iletkenlik, KOİ, renk vs. gibi su kalite parametreleri izlenecektir. Belirlenen sistemde, su kalite parametreleri ve arıtma verimini etkileyecek olan farklı etkenler göz önünde bulundurularak, sistem üzerinde farklı alternatifler denenecektir.

2. TEKSTİL ENDÜSTRİSİ

2.1 Tekstil Sınıflandırılması

Tekstil endüstrisi; ev tekstilleri, giyim ve endüstriyel kullanım olmak üzere üç ana kullanım alanından oluşmaktadır. Tekstil endüstrisi, doğal ve yapay liflerin önce eğrilerek düzgün ve kesintisiz bir ipliğe sonra dokunarak kumaş, bez, halı vb. ürünlere dönüştürülmesini kapsayan işlemler dizisidir. Farklı üretim aşamalarına sahip olan tekstil endüstrisi, Türkiye’ de hızla gelişme göstermekle beraber büyük kirlilik yüküne sahip ve büyük debilerde atıksuların oluşmasına sebep olmaktadır. Oluşan bu atıksular 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete yayımlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’ de belirtilen deşarj standartlarına göre alıcı ortamlara verilmektedir. Alıcı ortama veya bir atıksu kanal sistemine verilen bu suların arıtma maliyetleri de endüstri proseslerine önemli bir yük getirmektedir. Endüstri proseslerinde suların arıtımı için harcanan maliyetlerin yanı sıra su tüketiminin de oldukça fazla olması su kaynaklarımızın günden güne azalmasında rol oynayan önemli faktörlerden birisidir.

Ülkemizde ve Dünya'da tekstil endüstrisi, liflerin kullanım şartlarına ve özelliklerine göre 3 dala ayrılır:

- Pamuklu Tekstil Endüstrisi
- Yünlü Tekstil Endüstrisi
- Sentetik Tekstil Endüstrisi

2.2 Tekstil Prosesleri

Endüstride uygulanan ana işlemler; haşılama, haşıl sökme, ağartma, merserize etme, boyama, apreleme olmak üzere gruplanabilirler.

2.2.1 Haşılama

İnce kumaşların dokunması esnasında çok ince iplik kullanılır. Fakat bu incelikteki iplik, dokuma sırasında maruz kalacağı gerilimlerin etkisiyle kopar. Bu tür durumlarda, nişasta ve dekstrin gibi maddeler kullanılarak kumaş geçici olarak sağlamlaştırılır. Bu işleme haşılama denir (Kırdar 1995).

Atıksulardaki biyolojik oksijen ihtiyacını artıran en büyük etkenler arasına haşıl maddeleri girmektedir (Kestioğlu, 1992).

2.2.2 Yıkama ve haşıl giderme

Boyama ve apreleme kumaş hazırlamak için, haşılama operasyonundan gelen haşıl maddelerinin giderilmesi gerekir. Bu işlem, tekstil atıksularında toplam kirlilik yükünün yaklaşık %50'sini oluşturur. Boyama ve apreleme için temiz kumaş hazırlamak amacıyla sodyum hidroksit, klor, silikatlar, sodyum bisüfit ve deterjanlar, nişastanın hidrolizi için asitler ve enzimler kullanılır. Boyama proseslerinden önce haşıl maddelerinin giderilmesi önemlidir. Aksi halde haşıl maddeleri boyanın elyafa nüfus etmesini engeller veya boyanın rengini değiştirir (Kırdar 1995).

2.2.3 Ağartma

Ağartma işlemi ile kumaşların renkleri beyazlatılmakta ve daha parlak bir hale getirilmektedir. Oksidasyon işlemi sonucunda renkli maddeler yok edilmektedir. Kumaşın koyu renklere boyanması gerekiyorsa, ağartmaya gereksinim duyulmadan doğrudan boyanabilmektedir. Ancak bazı durumlarda koyu renkli kumaşlarda bile bir ön ağartmaya gerek duyulabilmektedir. Yalnız bu ağartma işlemi tam bir ağartma işlemi olmamaktadır. Açık renkli kumaşlarda veya sonradan bir baskı işleminin yapılacağı kumaşlarda ağartma işlemi zorunludur.

Ağartma iplik, dokuma ve örme kumaş gibi tüm formlarda uygulanabilmektedir. Selüloz liflerini ağartma işlemi için yaygın olarak kullanılan ağartma maddeleri oksidatif maddelerdir. Bu maddeler; hidrojen peroksit (H_2O_2), sodyum hipoklorit ($NaClO$) ve sodyum klorittir ($NaClO_2$).

2.2.4 Merserizasyon

Merserizasyon işleminin asıl amacı pamuk elyafının parlaklığını düzenlemektir. Merserizasyon sonucu, pamuklu lifleri daha pürüzsüz bir görünüm kazanır. Doğal pamuklu elyaftan %20 daha kuvvetli bir hal alır ve boyamada affinitesi artar. Pamuklu dokumaların arıtılması NaOH çözeltisi ile yapılmaktadır.

Bu uygulama, daha çok dokumanın boyanabilmesi ve absorblama karakterini düzeltebilmek içindir. Merserizasyondan çıkan atıksular yüksek alkalinite ihtiva eder (Kestioğlu, 1992).

2.2.5 Boyama

Boyama işlemi bir çok yolla ve yeni boyalar, yardımcı kimyasallar eklenerek yapılır. Kirlilik yükünün %20 - %40 ' mı oluşturmasına karşılık yüksek derecede renklilik ve çok miktarda atık oluşturur (Kestioğlu, 1992).

2.2.6 Apreleme

Fiziksel ve kimyasal özellikleri değişen "kumaşın işlenmesi apreleme olarak adlandırılır. Apreleme işlemi ile görünüş, yumuşaklık, sağlamlık, pürüzsüzlük ve parlaklık gibi özelliklerin daha iyi olması sağlanır. Kullanılan maddeler; nişasta (kola) ve dekstrin kolası, doğal ve sentetik balmumu, sentetik reçineler, amonyum ve çinko klorit, yumuşatıcı maddeler ve çeşitli özel kimyasallar içerir. Bu kimyasalların kullanımı ile aşınma kalitesi düzelir, su geçirmeme, yanmama ve küflenmeme gibi özellikler sağlanır (Kırdar, 1995).

3. TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSULARININ GENEL ARITIMI

Atıksuların arıtımı, 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete yayımlanan Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde belirtilen sektörlere göre verilmiş olan sınır değerler çerçevesinde yapılmaktadır. Arıtılan atıksular alıcı ortam veya kanalizasyon hatlarına verilmektedir. Evsel veya endüstriyel atıksuların arıtımı; fiziksel, kimyasal veya biyolojik yöntemlerle sağlanmaktadır. Her bir atıksu karakterizasyonuna göre farklı yöntemler uygulanabilmekte ve atıksular optimum arıtma verimleriyle arıtılabilmektedir.

Tekstil endüstrisinde kullanılan elyaf; pamuklu, yünlü ve sentetik olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Kullanılan elyafa bağlı olarak proses ve işlemler değişiklik göstermektedir. Örneğin; pamuk ve sentetik olan elyaflarda başlangıçta yıkamayı gerektiren bir kirlilik bulunmazken, yünlü elyaflar çok kirli olmaktadır ve başlangıçta bir yıkama işlemi gerektirmektedir (Arslan, 2008).

Tekstil sektöründe; reaktif boyar maddeler, direkt boyar maddeler, asit boyar maddeler, bazik boyar maddeler, dağılan boyar maddeler, pigment boyar maddeler, vs. gibi farklı boyar maddeler kullanılmaktadır. Bu boyar maddeler ve kullanılan diğer kimyasal maddeler neticesinde oldukça karışık karakterlerde atıksular oluşmaktadır. Ayrıca boyar maddelerden kaynaklanan renk parametresi de atıksu karakterizasyonunu etkileyen parametrelerdendir. Renk, alıcı ortamı doğrudan etkilemese de dolaylı yollardan etkilemektedir. Bu etkenlerden bir tanesi boyama işleminin asidik veya bazik ortamda yapılmasından dolayı oluşan atıksuyun pH'nın nötr olmamasıdır. Ayrıca renk hem estetik açıdan istenmemektedir hem de güneş ışığını geçirmemesi sebebiyle fotosentezi yavaşlatarak çözülmüş oksijen değerini düşürdüğü için istenmemektedir (Arslan, 2008).

Tekstil endüstrisinden kaynaklanan atıksuların karakterizasyonunda, tekstil endüstrisindeki üretim çeşitliliği etkili olmaktadır. Tekstil sektöründe su tüketimi oldukça yüksek miktarlarda gerçekleşmektedir. Oluşan atıksular hem yüksek debilerde olmakta hem de yüksek kirlilik yüküne sahip olmaktadır. Tablo 3.1'de boyama atıksularının karakterizasyonu sunulmaktadır.

Tablo 3.1: Boyama atıksularının karakteristikleri (Arslan, 2008)

Boya Türü	Elyaf Çeşidi	Renk (ADMI)	BOİ (mg/lt)	TOK (mg/lt)	AKM (mg/lt)	ÇKM (mg/lt)	pH
Asit	Poliamid	4000	240	315	14	2028	5,1
1:2 Metal Kompleks	Poliamid	370	570	400	5	3945	6,8
Bazik	Akrilik	5600	210	255	13	1469	4,5
Direkt	Viskoz	12500	15	140	26	2669	6,6
Reaktif, Kesikli	Pamuklu	3890	0	150	32	12500	11,2
Reaktif, Sürekli	Pamuklu	1390	102	230	9	691	9,1
Vat	Pamuklu	1910	294	265	41	3945	11,8
Dispers, Yüksek Sıcaklıkta	Polyester	1245	198	360	76	1700	10,2

Tekstil atıksularının arıtımında genellikle biyolojik arıtma sistemleri kullanılmaktadır. Ancak bazı durumlarda da standartlar sağlanamamakta ve biyolojik arıtma sonrasında kimyasal çöktürme işlemi uygulanabilmektedir. KOİ ve renk gideriminin sağlanabilmesi için kimyasal çöktürmeye ihtiyaç duyulabilmektedir. Tablo 3.2’de tekstil atıksularının karakterizasyonu verilmektedir.

Tablo 3.2: Tekstil atıksularının karakterizasyonu

PARAMETRE	BİRİMİ	DEĞER
pH	-	8,25
İletkenlik	mS/cm	6,01
KOİ	mg/lt	198,0
AKM	mg/lt	54,0
Sertlik	AS	20,0
Sülfür	mg/lt	0,78
Sülfür	mg/lt	< 0,1
NH4-N Amonyum Azotu	mg/lt	1,51
Toplam Krom	mg/lt	< 0,03
Yağ Gres	mg/lt	4,6

Biyolojik olarak parçalanamayan ve yüksek toksik etkiye sahip olabilen tekstil atıksuları alıcı ortamda oldukça büyük kirliliklere sebep olabilmektedir. Ancak bu atıksular klasik arıtma yöntemleri ile arıtılarak alıcı ortamlara verilebilmektedir. Klasik arıtma sistemleri çıkışında arıtılmış atıksuda kalan (AKM, çözünmüş madde, organik maddeler vb. gibi) kirleticilerin de arıtımı ilave arıtma sistemlerini gerektirmekte olup, bu sistemlere ileri arıtma sistemleri denmektedir. Bu kirleticiler organik maddeler, askıda katı maddeler, inorganik maddeler olan Ca, K, SO₄, fosfat, nitrat vb., veya kompleks sentetik organik bileşikler olabilmektedir. Bu bileşiklerin çoğunun çevre üzerine etkileri bilinmektedir. Tablo 3.3'te de görüldüğü gibi bazı bileşiklerin çevreye deşarjının önemli kirlilik problemlerine yol açtığı görülmektedir (Öztürk ve diğ., 2005).

Tablo 3.3: Boyama atıksularının karakteristikleri (Metcalf and Eddy, 1991)

Bileşikler	Etkileri	Kritik konsantrasyonları mg/l
AKM	Çamur birikimine neden olur, alıcı ortamda bulanıklık yaratır.	Değişken
Biyolojik olarak parçalanabilen organikler	Alıcı ortamda çözülmüş oksijen konsantrasyonunu düşürebilir.	Değişken
Uçucu organik bileşikler	İnsanlarda toksik etki yapar, kanserojeniktir, fotokimyasal oksidanlar oluşturur.	Bileşiğin yapısına göre değişir.
Öncelikli kirleticiler	İnsanlar için toksik, kanserojen Su canlıları için toksik	Bileşiğin yapısına göre değişir. Suda, biotada veya sedimentte bulunma durumuna göre farklı
Besi maddeleri Amonyak	Klorür ihtiyacını artırır, proste nitrata çevrilebilir, oksijen kaynağını azaltır, fosfor ile birlikte istenmeyen sucul büyümeyi geliştirir, Balıklar için toksiktir. Alg ve sucul büyümeyi teşvik eder	Herhangi miktar
Nitrat	Bebeklerde metemoglobinemia (blue babies) hastalığına sebep olur. Alg ve sucul büyümeyi teşvik eder. Koagülasyonu engeller	Değişken 0,3 ¹ 45
Fosfor	Kireç-soda yumuşaklığını engeller	0,015 ¹
Diğer inorganikler Kalsiyum ve magnezyum	Sertliği ve toplam çözülmüş katı maddeyi artırır, Tuzlu tat verir, Tarımsal ve endüstriyel prosesleri engeller,	0,2-0,4 0,3
Diğer inorganikler Klorür	Müşil etkisi yapar Köpüklenmeye neden olur, koagülasyonu etkiler	250 75-200
Sülfat		600-1000
Diğer organikler Yüzey aktif maddeleri		1-3

Arıtılmış atıksuda geriye kalan bileşiklerin çevredeki potansiyel etkisi, deşarj edilecek ortamına göre değişiklikler gösterebilmektedir. Her ne kadar askıda katı ve biyolojik olarak parçalanabilen organiklerin arıtımı için klasik ikinci kademe arıtma sistemleri yeterli olsa da deşarjın göl, nehir, dere veya hassas bölgelere yapılması durumunda daha fazla arıtım gerekmekte, bu da ileri arıtma sistemlerinin ilavesini zorunlu kılmaktadır. Örnek verilirse, atıksudaki azot (N) ve fosfor (P)'un alıcı ortamlarda ötrifikasyonu hızlandırdığı ve sucul büyümeyi artırdığı görülmektedir. Bu nedenle azot ve fosforun kontrolü ve deşarjında sınırlandırılması önemlidir (Öztürk ve diğ., 2005).

Ayrıca renk parametresi de tekstil atıksularında istemeyen bir parametredir. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde 24 Nisan 2011 tarihinde değişiklik yapılarak deşarj standartlarına renk parametresi de eklenmiştir. Yine kimyasal desteği ile renk giderimi yapılarak şu anki deşarj standardının sağlanabilmesi mümkün gözükmektedir. Ancak ileri arıtma yöntemleri sayesinde atıksuyun hem rengi hem de kirlilik değerleri giderilerek atıksuyun geri kullanımı mümkün olmaktadır.

3.1 Tekstil Endüstrisi İle İlgili Çevre Standartları

Günümüzde uygulanan çevre standartlarında renk parametresi getirilmiş olup, her geçen gün belirlenen standartlarla ilgili kısıtlamalar getirilmektedir. Gelecekte ise sulama suyu kriterleri getirilecektir. Bu nedenle sulama suyu olarak kullanılacak olan sularda da belirli kriterler aranacaktır. Bu kriterler arasında tuzluluk değerinin de getirilmesi planlanmaktadır. Dolayısıyla ilerleyen zamanlarda tuzluluk değeri için de belirli bir standart değer olacaktır.

3.1.1 Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği

Tekstil endüstrisi suları 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete yayımlanan Su Kirliliği ve Kontrol Yönetmeliği kapsamında, farklı sektörler için belirlenmiş olan sınır değerlere göre arıtılmaktadır. Pamuklu tekstil sektörü için Tablo 10,3'te belirtilen sınır değerler uygulanmaktadır.

Tablo 3.4: Pamuklu tekstil sektörü için Tablo10,3't belirtilen standart değerler (Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 2004)

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE (2 SAATLİK)	KOMPOZİT NUMUNE (24 SAATLİK)
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	(mg/L)	250	200
Askıda Katı Madde (AKM)	(mg/L)	160	120
Amonyum Azotu (NH ₄ -N)	(mg/L)	5	-
Serbest Klor	(mg/L)	0.3	-
Toplam Krom	(mg/L)	2	1
Sülfür (S ⁻²)	(mg/L)	0.1	-
Sülfid	(mg/L)	1	-
Yağ ve Gres	(mg/L)	10	-
Balık Biyodenyi (ZSF)	-	4	3
pH	-	6-9	6-9
Renk*	(Pt/CO)	280	260

* Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelikte belirtilen değerler verilmiştir.

3.1.2 IPPC (Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Direktifi)

IPPC, Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Direktifi anlamına gelmektedir. (96/61/EC-IPPC). IPPC Direktifi ile hava, su, toprakla ilgili çevrenin bütün yönlerini kapsayacak şekilde; ortaya çıkan kirliliğin oluşmadan önce yaratabileceği etkileri tespit etmek amaçlanmaktadır. IPPC Direktifi ile kontrol aşamasında; gerçekleştirilen sanayi ve tesis faaliyetlerinin olumsuz etkilere neden olmaları önlenmektedir. Ancak bu direktifin uygulanabilmesi için bazı şartlar vardır. Bu şartların sağlanabilmesi için mutlak izin almak ve izin alırken de deşarj edilen miktarın belirlenmesi gerekmektedir. İzin alabilmenin koşulları ise şöyle sıralanabilir:

- Yetkili bir merci tarafından bütün koşulların sağlandığının anlaşılması gerekmektedir.
- Sanayi ve tesislerde çevre kirliliğine karşı bütün tedbirlerin alınmış olması gerekmektedir.
- “BAT” adı verilen en iyi ve en uygun tekniklerin kullanılması gerekmektedir.
- Ciddi bir kirlilik olmaması gerekmektedir.

- Atıklarla ilgili bir yönetim planının olması gerekmektedir. Atıklardan kazanım sağlanması ya da çevre üzerine çok daha az bir atık etkisi yaratılması gerekmektedir.

IPPC Direktifi doğrultusunda, mümkün olan en iyi tekniklerin kullanılması gerekmektedir (BAT: Mevcut olan en iyi teknolojileri kullanma). Herhangi bir tekniğin mümkün olan en iyi teknik olarak adlandırılabilmesi için bazı şartları yerine getirmesi gerekmektedir. Her şeyden önce, o teknolojinin endüstriyel düzeyde mutlaka kanıtlarla tespit edilmesi, kanıtlara dayandırılması gerekmektedir. Akla ilk gelen herhangi bir teknik, mümkün olan en iyi teknik anlamına gelmemelidir. Kullanılan tekniğin makul, maliyeti etkin sonuçlar getirmesi gerekmektedir. Mümkün olan en iyi tekniklerin kullanılması ile kirliliğin önlenmesi veya mümkün olan en az kirliliğin oluşması sağlanacaktır.

Birtakım kalite standartlarını, diğer taraftan da, mümkün olan en iyi teknikler ortak olarak ele alınmakta ve bu şekilde izinlerle ilgili koşullar oluşturulmaktadır. IPPC, entegre kirlilik önleme ve kontrol direktifinin temel dayanakları bunlardır.

Avrupa Birliği (AB), IPPC direktifini AB ülkelerine ihracat yapan kuruluşların da uymaları gereken bir direktif olarak kabul etmiştir. AB ülkelerine ihracat yapan tekstil sektörümüz gelişimini devam ettirirken çevre teknolojileri ile birlikte IPPC Direktifine göre sürdürmelidir. Ayrıca özellikle tekstil bölgelerinde yaşanan su sıkıntısı da tekstil sektörünü yeni çevre teknolojilerine yöneltmektedir.

4. İLERİ OKSİDASYON YÖNTEMLERİ VE SULARIN GERİ KULLANIMI

Önceki bölümlerde belirtildiği gibi; arıtımı zor olan kirleticilerin giderilememesi, her geçen gün standartlarla getirilen kısıtlamaların artması ve özellikle tekstil bölgelerinde yaşanan su sıkıntısının giderek artması, ileri arıtma sistemlerini kullanmaya yöneltmektedir. İleri oksidasyon sistemleri hidroksil radikallerinin (OH) üretilmesi prensibine dayanmaktadır. Üretilen hidroksil radikalleri sayesinde organik maddelerin oksidasyonu sağlanmaktadır. Hidroksil radikalleri, ozon ve peroksitten daha hızlı bir şekilde reaksiyona girmektedir ve böylece arıtma maliyetini ve sistem boyutunu azaltmaktadır.

İleri oksidasyon sistemlerinin etkinliği; başlangıç oksidan dozajı, pH gibi bazı fizikokimyasal parametrelere ve temas süresi, ışınlama şartlarına (örn. ışınlama dozu) bağlıdır. Yöntemin başlıca avantajları ise, kirleticilerin yüksek hızlarda oksidasyonu ve su kalite değişkenlerine karşı esnek oluşudur. Dezavantajları ise, yüksek işletme maliyeti, reaktif kimyasal maddelerin (H_2O_2 , ozon) kullanılmasından dolayı özel emniyet gereksinimi ve yüksek enerji kaynağı kullanılmasıdır (Kochany ve Bolton, 1992). Atıksuların ileri derecede arıtımı için uygulanan ileri arıtma yöntemleri aşağıda maddeler halinde belirtilmektedir.

- İleri oksidasyon sistemi
- Ozonlama
- Fotokimyasal arıtma (UV – H_2O_2)
- Fenton (H_2O_2 -Fe(II))
- Elektrokimyasal arıtma

4.1 Ozonlama

70'li yılların başında başlamış olan ozonlama yöntemi ile tekstil atıksularındaki renk etkin bir şekilde giderilmektedir. Ozonlama ile renk giderimi kullanılan boyanın cinsine göre farklılık göstermektedir. Ozon gaz formunda kullanıldığı için atıksu hacminde bir artışa sebep olmadığı gibi çamur da meydana getirmemektedir. Ayrıca toksik ara ürünlerin oluşumuna da neden olmamaktadır.

Ozonlama; fenollerin, klorlu karbonların ve pestisitlerin parçalanmasında oldukça etkilidir (Kochany ve Bolton, 1992).

4. 2 Fotokimyasal Arıtma (UV –O₃, UV-TiO₂)

Fotokimyasal arıtma kirleticilerin, UV –O₃ ve UV-TiO₂ varlığında UV radyasyonu ile CO₂ ve H₂O'ya dönüştürülmesidir. UV ışığı ile hidrojen peroksit, O₃ ve TiO₂ içeren sulardaki hidroksil radikali oluşturur. Böylece organik maddelerin kimyasal oksidasyonu gerçekleşmiş olur. Bu yöntemde genellikle UV radyasyonu civa ark lambaları ile sağlanmaktadır.

Boyar maddelerin giderim hızı; UV radyasyonunun şiddetine, boyar maddelerin yapısına ve pH'a bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Robinson ve diğ., 2001). Genellikle, yüksek UV radyasyon şiddeti ve pH 7'de, boya sınıflarına göre bu üç fotokimyasal proste yüksek verimde renk giderimi sağlanabilmektedir (Slokar ve Marechal, 1998).

4. 3 Fenton Oksidasyon Prosesi (H₂O₂-Fe(II) Tuzları)

Fenton oksidasyon prosesi ile; Fe²⁺ iyonları Fe³⁺ iyonlarına okside olmaktadır. Aynı zamanda H₂O₂ hidroksit iyonları da hidroksil radikallerine ayrılmaktadır. Oluşan bu son ürünler etkili bir organik madde konsantrasyonu için kullanılmaktadır. Demirin çözünürlüğünü sağlamak amacıyla genellikle pH'ın 3-4 aralığında uygulanması tercih edilmektedir.

Tekstil atık suyunun kimyasal çöktürme, Fenton ayırıcıları ve aktif çamurun ardışık olarak uygulanması ile çok iyi bir performansta arıtıldığı kanıtlanmıştır. Fenton reaktanı kullanımından sonra tam bir renk giderimi olur iken, aktif çamur sistemi ile de KOI değeri son değerine ulaşmaktadır. Ayrıca biyolojik arıtmayı takiben aktif karbon adsorbsiyonu ve Fenton proseslerinin kullanılması çözülmüş organik karbon ve KOI değerinde yüksek bir düşüşe sebep olmaktadır. Fenton prosesleri ile KOI, renk ve toksik maddelerin arıtımı gerçekleşmesine karşı kirleticilerin su içerisinde katı fazına atık taşınımı ile Fenton çamuru oluşmaktadır (Kochany ve Bolton, 1992).

4.4 Elektrokimyasal Arıtma

Bu yöntem 1990'ların ortalarında geliştirilen yeni bir yöntemdir. Elektrokimyasal bir reaksiyonda yük, elektrot ile iletken sıvı içindeki reaktif türler arasındaki ara yüzeyde transfer olur. Elektrokimyasal bir reaktör bir anot, bir katot, bir iletken elektrolit ve güç kaynağından oluşmaktadır. Katotta yük reaksiyona giren türlere geçerek oksidasyon durumunda azalmaya neden olur. Anotta ise yük reaktif türlerden elektroda geçerek oksidasyon durumunu artırır. Oksidasyon durumundaki değişimler türlerin kimyasal özelliklerinin ve formlarının değişmesine yol açar. Boya gideriminde etkili bir şekilde kullanılabilirliği açısından yöntem bazı önemli avantajlara sahiptir. Kimyasal madde tüketimi çok azdır veya yoktur ve çamur oluşumu söz konusu değildir. Oldukça etkili ve ekonomik bir boya giderimi sağlar, renk gideriminde ve dirençli kirleticilerin parçalanmasında yüksek verim gösterir. Organik bileşiklerin elektrokimyasal yöntemlerle arıtımında söz konusu bileşikler anot üzerinde su ve karbondioksit okside olmaktadır. Önceleri anot olarak grafit sıklıkla kullanılmakta idi ancak son yıllarda yapılan çalışmalar elektro-oksidasyon için ince tabaka halinde soy metallerle (Platin, rutenyum vs.) kaplanmış titanyum elektrotlarının kullanımı üzerinde yoğunlaşmıştır (Demiral, 2008).

Yukarıda kısaca anlatılan ileri arıtma yöntemlerinden; ozon ve elektrokimyasal arıtma yöntemleri elektrik enerjisi ile gerçekleştirildiği için yüksek işletme maliyeti gerektirmektedirler. Fenton prosesi ise düşük pH'ta gerçekleştirildiği için birim işletme maliyeti yüksek olmaktadır. Bu nedenlerden dolayı bahsedilen ileri arıtma yöntemlerine uygulamada rastlanmamaktadır. Ancak standartların değişmesi ile (örneğin; renk parametresi) ülkemizde bu proseslerin uygulanabilirliği pilot ölçekli çalışmalarla araştırılmaktadır.

5. MEMBRAN SİSTEMLERİ

Membran teknolojisi, günümüzde atıksu arıtımında giderek yaygınlaşan bir teknoloji haline gelmektedir. Membran prosesleri sayesinde endüstriyel atıksuların arıtımı ve tekrar kullanımı söz konusu olabilmektedir. Özellikle suyun az olduğu bölgeler ve çok su kullanan endüstriler, önemli altyapı yatırımları yapmadan önce evsel atıksuların ve kötü kalitedeki yüzey suları ile endüstrilerden oluşan atıksuların tekrar kullanımını ekonomik bir alternatif olarak dikkate almalıdırlar.

Membran, iki farklı fazı veya ortamı birbirinden ayıran ve bir tarafından diğer tarafa maddelerin seçici bir şekilde taşınmasını sağlayan geçirgen bir tabakadır. Tüm membranla ayırma teknolojilerinde membrandan geçme yönünde akış sağlamak üzere itici bir kuvvet ve bazı maddelerin geçişini engelleyen ayırma faktörü, temel iki prensiptir. Kütle transferi, konsantrasyon farkı, basınç farkı ve elektriksel potansiyel farkı gibi itici güçler yardımıyla gerçekleşmektedir. Membran proseslerinde en yaygın itici kuvvet basınçtır (Correia ve diğ., 1994).

İleri arıtma yöntemleri olarak kullanılan membran sistemlerinde farklı konfigürasyonlar mevcuttur.

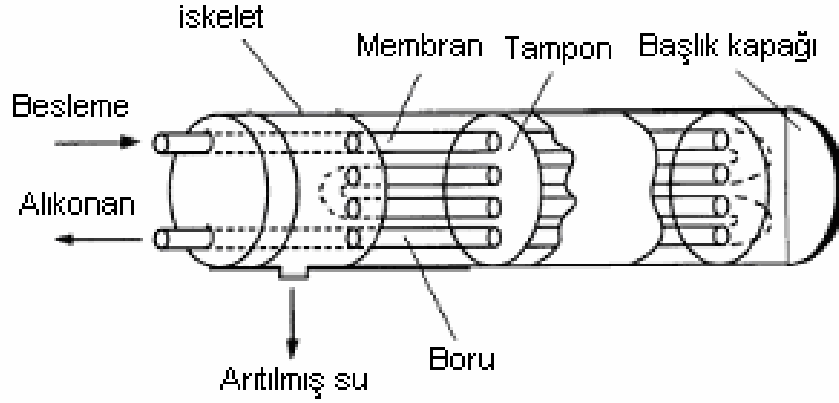
5.1 Membran Konfigürasyonları

Su arıtımında halihazırda dört membran konfigürasyonu kullanılmaktadır. Bunlar, tubuler, hollow fiber, spiral wound ve plate ve framedir.

5.1.1 Boru Tipi Membranlar (Tubuler Module)

Boru tipi membranlar uzun süredir bilinmektedir. Dizaynı basit ve kolaydır. Üniversitelerde araştırma amacı ile boru tipi membranlar kullanılmaktadır. Çünkü bu modellerle Reynold sayısını hesaplamak ve kütle transfer sabitleri hakkında teori kurmak kolaydır. Seramik, karbon veya plastikten üretilmiş gözenekli tüplerin iç çapları 3.2mm. ile 2.5cm. arasında değişir. Gözenekli tüpün iç tarafı membranla kaplanmıştır. Basınçlı besleme suyu, membranın veya membran film iç tarafından girip gözenekli tüp arasından çıkarak arıtılmış su elde edilir. Boru tipi membranlar, türbülanslı şartlarda çalıştırıldığı için zamanla kirlenmeye karşı bir dereceye kadar

dayanıklıdır. Membran üretimi yüksek maliyetli olduğu için büyük hacimli su arıtma tesislerinde kullanılmaz. Fakat küçük kapasiteli endüstride kullanılabilir. boru tipi membranların en büyük dezavantajları, çok yer gerektirir. Membranların değişimi oldukça zor ve zaman alabilir. Büyük kapasiteliler çok enerji tüketir. Geniş iç hacminden dolayı temizlemek zor ve zahmetlidir. (Correia ve diğ., 1994).

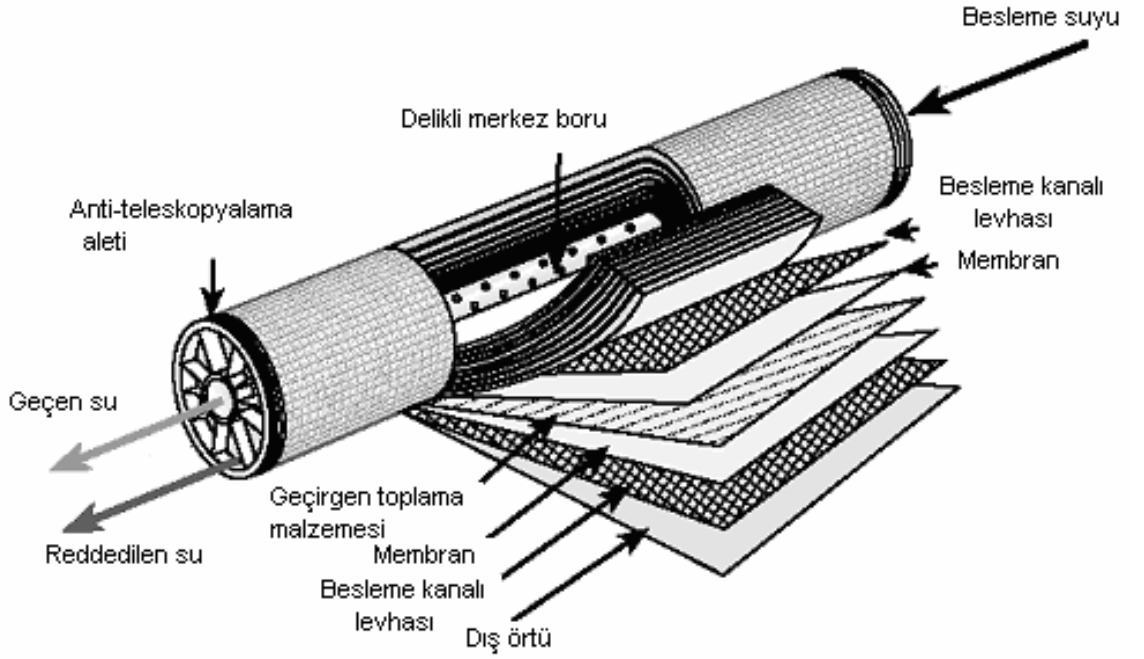


Şekil 5.1: Boru tipi membranlar (Correia ve diğ., 1994).

5.1.2 Spiral Sargılı Membranlar (Spiral Wound Module)

Bir zarf oluşturulmak üzere üç tarafı sızdırmaz yapılarak kapatılmış gözenekli destek levha ile ayrılmış iki düz tabaka membrandan ibarettir. Dördüncü tarafı ise arıtılmış suyu toplamak üzere gözenekli plastik boruya yapışık olarak bağlanmıştır. Bu membran zarfların iki veya daha fazlası, arıtılmış suyu toplayan gözenekli tüpe yapıştırılır ve spiral şekilde yuvarlanır. Spiral modüllerin çoğu, genel olarak fiber glas kaptı seri olarak bağlanır. Destek tabakaları, basınç düşüşünü minimize etmek ve daha yüksek paketleme yoğunluğu elde etmek için dizayn edilir. Yüksek basınç kararlılığındadır. Çapı 40cm' e kadar olanlar vardır. Spiral wound modellerin yoğunluğu 300-1000 m²/m³ arasında değişir. Ayrıca spiral- wound modüller, türbülansı ilerletmek için ekipman destekleri ile dizayn edilir. Böylece membrana karşı kütle transferi artırılabilir. Son zamanlarda geliştirilen modeller yüksek yüzey

alanına sahip olduğu için endüstriyel amaçlıda kullanılmaktadır. Spiral sargılı modelleri yüksek sıcaklıklarda ve yüksek pH'larda kullanmak mümkündür. Son zamanlarda bu modelde hızlı bir gelişme gözlenmektedir (Correia ve diğ., 1994).

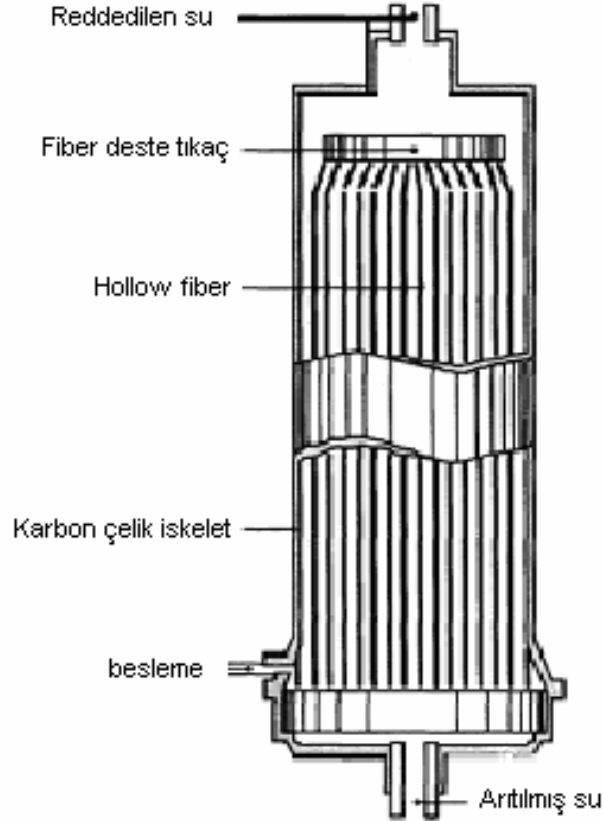


Şekil 5.2: Spiral sargılı membranlar (Correia ve diğ., 1994).

5.1.3 Boşluklu Elyaf Membranlar (Hollow Fiber Module)

Boşluklu elyaf membranlar, silindirik sert basınçlı kapların içine bohçalanmış küçük çaplı çok sayıda membranlardan ibarettir. Bir modül üzerinde fiberler dış taraftan bastırılır. Boru tipi membranlarda olduğu gibi su beslemesi genellikle fiberin iç tarafından aşağı doğru yapılır. Deste içine her bir saç gibi olan fiberler U şeklinde yerleştirilir ve her iki ucu, epoksi reçine destek tıkaçla tutulmaktadır. Boşluklu elyaf membranlar hacmi başına diğerlerine göre daha yüksek membran yüzey alanına ve kapasiteye sahiptir. Belli performans kapasitesi için boyutları diğer modüllerden çok daha küçüktür. Boşluklu elyaf membranlar diğer membranlardan düşük işletme

maliyetine sahiptir. Dolayısıyla spiral sargılı modellere göre daha kısa sürede tıkanır veya kirlenir (Correia ve diğ., 1994).

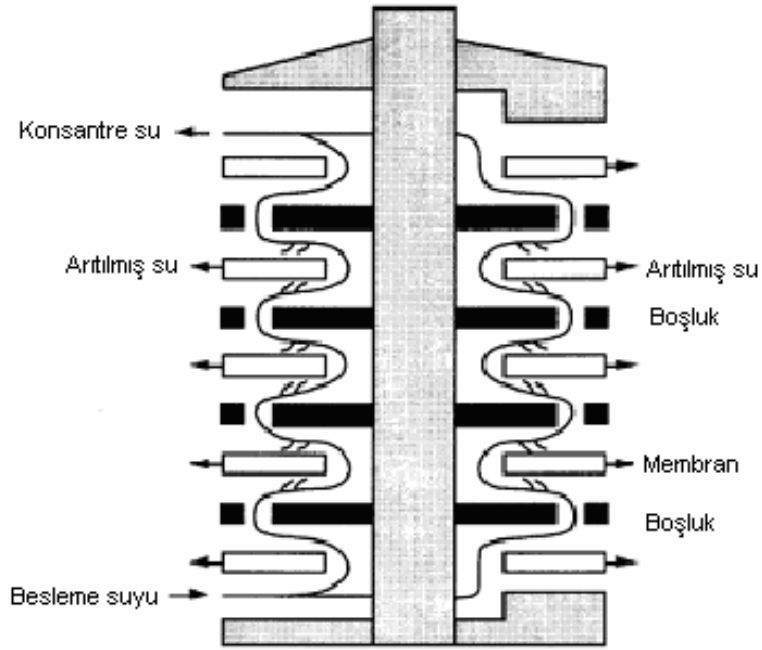


Şekil 5.3: Boşluklu elyaf membranlar (Correia ve diğ., 1994).

5.1.4 Plaka ve Çerçeve Membranlar (Plate ve Frame Membran Module)

Dairesel veya kare plakalar arasında sandwich edilmiş membranlardır. Plaka ve çerçeve membranlarda, ara levhalar ile destekleyiciler arasında düz tabaka membranlar yerleştirilir. Yapısı basittir. Destekleyiciler, besleme suyu için akış kanalı oluşturur. Besleme suyu düz tabakadan akarak bir tabakadan diğerine geçer. Son yıllarda yeni modellerde paketleme yoğunluğu arttırılmıştır. Plaka ve çerçeve membranların bakımı, sökme ve takma işlemi kolaylığından dolayı daha sağlıklı yapılabilir. Daha fazla besleme suyu verildiğinden dolayı daha fazla suyu geri

kazanmak mümkündür. Dolayısıyla daha sık aralıklarla tıkanmaya neden olur. Yoğunluğu $100-400 \text{ m}^2/\text{m}^3$ arasında değişir. Son yıllarda geliştirilen yeni modellerde %25 çözünmüş katı madde içeren suları arıtan modeller geliştirilmiştir. Bu modellerle metal kaplama sanayinde oluşan atık sulardan, metallerin geri kazanılmasında kullanılmaktadır (Correia ve diğ., 1994).



Şekil 5.4: Plaka ve çerçeve membranlar (Correia ve diğ., 1994).

5.2 Yapılarına Göre Membranlar

Besleme suyunun asiditesi, sertliği, pH'ı, sıcaklığı, askıda katı madde miktarı, çözünmüş toplam madde ve klor miktarı membran seçimini etkiler. Membran olarak selüloz asetat (CA), selüloz tri asetat (CTA), poliamid (PA), diğer aromatik poliamitler, poliüretanlar ve polieter amitler kullanılmaktadır. İnce film kompozit (TFC) membranlar birçok farklı malzemelerden oluşan değişik polimerlerden elde edilir.

5.2.1 Selüloz Asetat Membranlar (CA):

(CA) membranlar, daha fazla asetil grubu içerir. Daha fazla çözülmüş maddeyi reddeder. Daha düşük su değişimine sahiptir. Ayrıca CA membranlar daha ucuzdur. Sürekli klorlama yapılan sistemlerde CA membranların kullanılması tavsiye edilir. CA membranlar, biyolojik reaksiyonlara uğrayarak daha kısa sürede hidrolize uğrayabilir. CA membranlar, çok düşük veya yüksek pH'larda hızlı bir şekilde seluloza ve asetik asite dönüşür. Hidroliz olayı besleme suyunun sıcaklığının artması ile veya optimum pH değerlerinin (pH= 6 ila 8) altında veya üstünde hızlanır. Bu nedenle besleme suyunun pH' ı Kontrol altında tutulmalıdır. CA membranlar 30 °C gibi düşük sıcaklıklı sularda kullanılabilir

5.2.2 Selüloz Tri Asetat Membranlar (CTA):

CA membranlar bakterilere karşı dayanıklı olmadığı halde CTA membranlar bakterilere karşı dayanıklıdır. CTA membranlar pH= 4,5 ila 8 arasında kullanılır. CTA membranların kullanıldığı sularda klor önceden bertaraf edilmelidir. Bu tür işletmelerde kloru gidermek için ya aktif karbon veya sodyum metabisüfit kullanılır. Mümkünse kimyasal madde ilavesinden kaçınılmalıdır. Çünkü ilave edilen kimyasal maddeler membranlar üzerinde bakteri büyümesine katkıda bulunur. Piyasada en fazla kullanılan membranlardan biridir.

5.2.3 İnce Film Kompozit Membranlar (TFC):

(TFC) membranlar, klora veya diğer oksidantlara maruz kaldıklarında bozunurlar. TFC membranlar mikrobiyolojik etkiye karşı dayanıklıdır. Yüksek pH' larda (9'dan daha büyük değerlerde) kullanılabilir. Bu membranlar pH= 4 ila 11 arasında ve 45 °C gibi yüksek sıcaklıklarda hidrolize uğramadan en iyi şekilde çalıştırılabilir. TFC membranlar pahalı oldukları halde çok kuvvetli ve kararlıdır. Yüksek miktarda çözülmüş maddeleri reddetme meyindedir (>%99). 1500- 2000 mg/lt. toplam çözülmüş katı madde içeren suları TFC membranlarla arıtmak mümkündür. TFC membranlar, klorlu sularda hızlı bir şekilde bozulur. Eğer ön filtrasyonla (aktif karbon gibi) klor giderilirse daha sağlıklı olarak kullanılır. TFC membranlar suda

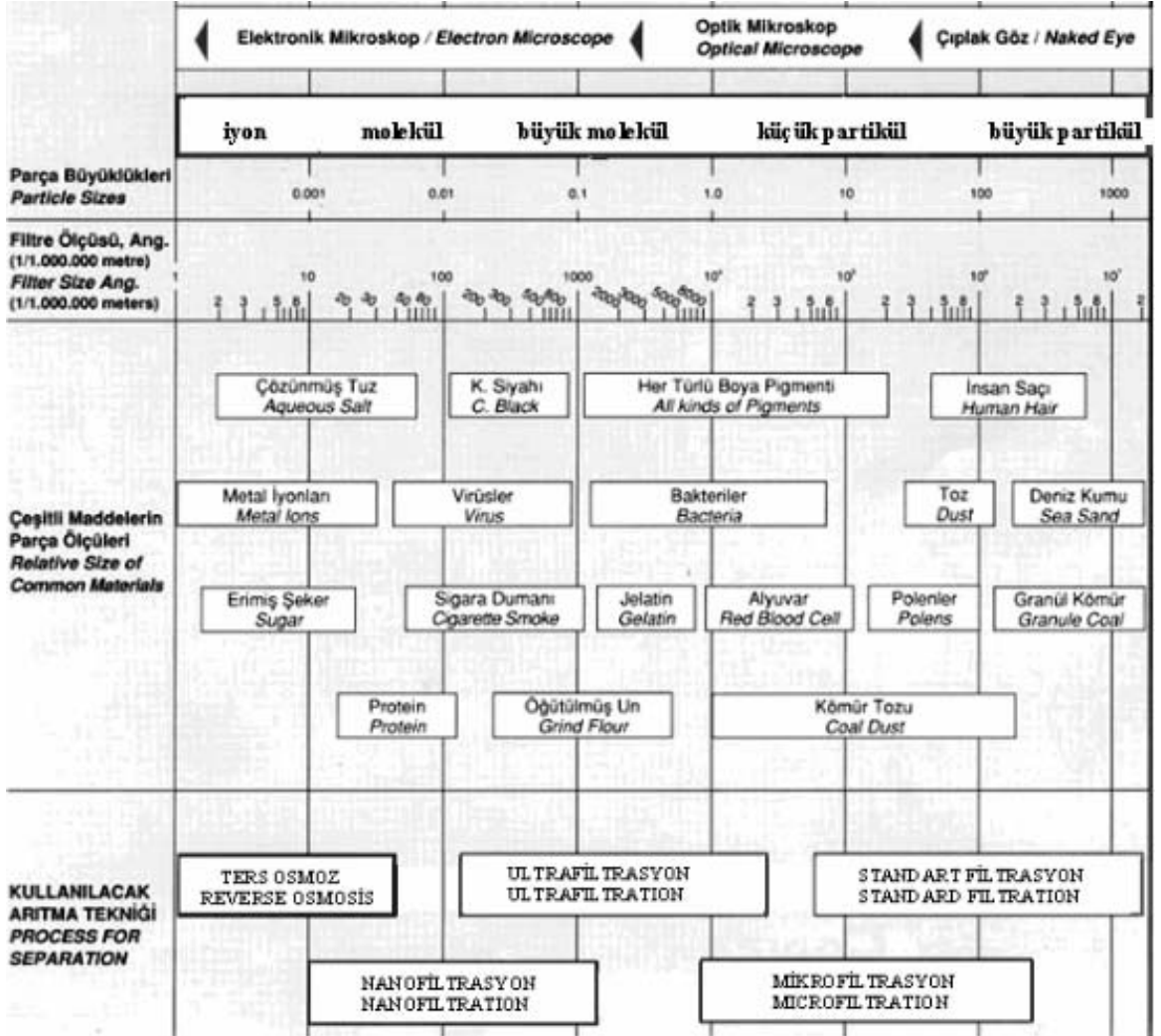
çözünmüş katı maddeleri daha yüksek reddetme oranına sahiptir. TFC membranlar, genel olarak CTA membranlardan daha uzun ömürlüdür.

5.2.4 Poliamid (PA) Membranlar:

PA membranlar, pH= 4 - 11 aralığında çalışabilir. Çalışma sıcaklığı 4-35°C' dir. Bakterilerden olumsuz etkilenmezler. Dolayısıyla atık suların arıtılmasında kullanılabilir. Serbest klorun olumsuz olarak etkilenir. Serbest kloru gidermek için başta aktif karbon olmak üzere çeşitli kimyasallar kullanılabilir. Piyasalarda en fazla kullanılan membranlar CTA, PA ve TFC'dir. CTA membranlar, sadece 5 µm sediment ön filtrasyonu kullanılarak şartı ile atıksu arıtımında kullanılabilir.

5.3 Por Büyüklüklerine Göre Membranlar

Membran ayırma prosesleri mikrofiltrasyon (MF), ultrafiltrasyon (UF), nanofiltrasyon (NF), ters ozmos (RO), elektrodializ (ED), ve pervaporasyondur. Bu yöntemlerde ayırma, moleküllerin boyutlarına ve molekül kütlelerine göre olur. Bu membranlar geçirdikleri maksimum molekül ağırlığına göre ayırt edilirler (Öztürk ve diğ., 2005). Membran sistemleri ile arıtma yöntemlerinde, işletme maliyeti membranların por büyüklüğü ve uygulanan basınç ile doğru orantılıdır. Dolayısıyla UF < NF < RO olarak işletme maliyetleri sıralanmaktadır. Membran prosesleri ve por büyüklüklerine göre membranların partikül tutma kapasiteleri Şekil 5.5 ve Şekil5.6'da görülebilmektedir.



Şekil 5.5: Membran prosesleri ve por büyüklükleri (Özkan, 2007).

Mikrofiltrasyon (MF), ultrafiltrasyon (UF), nanofiltrasyon (NF) ve reverse osmoz (RO) proseslerinin üretimleri giderek gelişmekte ve bu proseslerin kullanım alanları artmaktadır. Bu gelişmeler sayesinde çeşitli membran prosesleri, gıda, petrokimya, metal işleme, petrokimya, eczacılık vb. gibi pek çok endüstri alanında kullanılmaktadır (Hepşen, 2010).

5.3.1 Mikrofiltrasyon (MF)

Mikrofiltrasyon (MF) en eski membran teknolojilerinden bir tanesidir. MF membranları sayesinde, gözenek çapı 0,1µm'den 10,0µm'ye kadar olan partikül maddeler tutulabilmektedir. MF membranlarının gözenek boyutları büyük ve MF membranları düşük dirençte olduğu için 0-2 bar gibi düşük basınç altında çalıştırılmaktadır (Kaya, 2007).

UF ve MF'da itici kuvvet tamamen basınçtır. UF ve MF proseslerinde membranların gözenek boyutları daha büyük olduğundan ayırma için daha düşük basınç gerekir.

5.3.2 Ultrafiltrasyon (UF)

Ultrafiltrasyon (UF) membranları sayesinde 1,0nm'den 100,0nm'ye kadar partikül büyüklüğüne sahip maddeler tutulabilmektedir. UF membranları 1-10 bar aralığındaki basınçta çalıştırılırlar. UF membranları çapraz akışlı olarak çalıştırılmaktadır. Çapraz akış sayesinde membranlar devamlı olarak temizlenmekte ve bu sayede kimyasal madde tüketimi azaltılmaktadır (Hepşen, 2010).

UF prosesi atıksudan makro molekül ve kollooidlerin konsantre edilerek ayrılmasında kullanılır. Atıksu belirli gözenek boyutundaki geçirgen zarın bir tarafında basınç altında bulunur. Gözenek boyutundan küçük tüm maddeler membrandan geçer, büyük boyutlular kirli su tarafında kalır. UF prosesi, NF ve RO prosesleri öncesi ön arıtım kademesi olarak da kullanılır.

5.3.3 Nanofiltrasyon (NF)

Nanofiltrasyon (NF) UF ve RO membranları arasındaki teknolojidir. NF membranları sayesinde, düşük moleküler ağırlıklı organik bileşikler ve iki değerlikli iyonların ayrımı sağlanmaktadır (Hepşen, 2010).

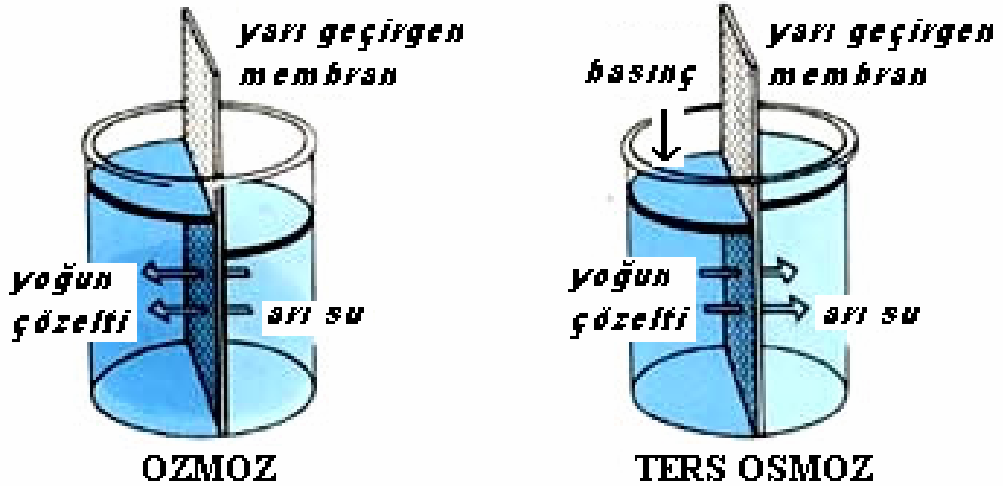
5.3.4 Reverse Osmoz (RO)

Çözücü maddelerin, yarı geçirgen bir membran tarafından az yoğun ortamdan çok yoğun ortama geçişine osmoz denir. Osmoz işlemi fiziksel bir olaydır ve enerji harcanmaz. Reverse osmoz, osmoz olayındaki sürecin ozmotik basınçtan daha yüksek bir basınç uygulanarak tersine döndürülmesi işlemine denir. Böylece sıvı akışı, çözelti konsantrasyonunun yüksek olduğu taraftan düşük olduğu tarafa doğru

gerçekleşir. Reverse osmoz olayı da tamamen fiziksel bir olaydır ve ısı, ışın veya kimyasal kullanılmaz (Url-1, 2011).

Reverse osmoz sistemi çapraz akış filtrasyon prensibine göre çalışır. Bu sistemde yüksek basınç uygulanan su, membranlara doğru itilir ve membranlar üzerinde bulunan gözeneklerden geçmeye zorlanır. Bu işlem esnasında su molekülleri bu gözeneklerden geçebilirken suyun içerisinde eriyik halde bulunan organik ve inorganik maddeler, tuzlar, ağır metaller, virüsler ve bakteriler geçemez. Membranlara doğru itilen ham suyun bir kısmı, yüksek basıncın etkisiyle yarı geçirgen membranın karşı tarafına geçerken, besleme tarafında kalan konsantrasyon su membran yüzeyini süpürerek drenaja atılır. Böylece çapraz akış işlemi sayesinde membran yüzeyinin sürekli olarak temiz ve tıkanmadan kalması sağlanır.

OZMOZ PROSESİ



Şekil 5.6: Osmoz ve reverse osmoz prosesleri (Kestioğlu, 1992)

Ters osmoz uygulaması, ticari olarak yaygın bir kullanım alanı bulan ilk çapraz akışlı membran ayırma işlemidir. Ters osmoz organik bileşimlerin çoğunu ve tüm iyonların % 99 kadarını uzaklaştırır. Ters osmoz, genelde tuz giderimi ile proses suyu eldesinde,

deniz suyundan içme suyu eldesinde, atıksulardan sorun yaratan iyonların uzaklaştırılmasında ve sudaki zararlı mikroorganizmaların tutulmasında kullanılır. Ters ozmos sisteminin uygulama alanlarıyla ilgili bazı örnekler ise aşağıda verilmektedir;

- Maden drenaj sularındaki CaSO_4 'ın konsantre edilmesi
- Tekstil boyama atık sularının arıtılması (pamuk-polyester boyama)
- Yapay ipek üretiminden sodyum sülfatın geri kazanımı
- Selüloz yıkama sularının konsantre edilmesi
- Katı Atık Düzenli Depolama Sızıntı sularının konsantre edilmesi
- Ağartma sularının arıtılması
- Fosforik asit geri kazanımı
- Çözücü içeren atıksuların konsantre edilmesi
- Buhar kazanlarında kazan taşı oluşumunun önlenmesi (Url-3, 2011).

Özellikle içme suyunda koku, tat, renk, çözülmüş maddeleri ve sertliği gidermek amacı ile ters osmoz işlemi son yıllarda geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Ayrıca ters osmoz sistemleri, laboratuvar, kozmetik ve ilaç sanayi, akü üretimi, diyaliz merkezleri, batarya sanayi, buz yapımı, metal kaplama sanayi, biomedikal uygulamalar, alkolsüz ve alkollü içecek sanayi, cam sanayi, elektronik sanayi, tekstil sanayi, hastanelerde işletme suyu ve son yıllarda ise daha kaliteli içme suyu üretiminde uygulanmaktadır (Url-4, 2011). Ters osmozla su içerisinde düşük moleküllü halde bulunan, mikro filtrasyon ve ultra filtrasyonla giderilemeyen, anyon ve katyon gibi iyonları gidermek mümkündür. Ters osmoz işleminde kullanılan membranların gözenek çapları 0,1nm ile 1,5nm arasında değişir. Ters osmoz ile, belli yüksek moleküllü organik kirleticileri bazı deterjanları ve spesifik pestisitleri gidermek de mümkündür. Tablo5.1'de ters osmozla giderilen, anyon ve katyonlarla bazı organik bileşikler, partiküller ve pestisitlerle bu bileşiklerin her birinin reddedilme oranı verilmektedir. Bu oranlar ters osmoz membranın tipine ve sistemin işletme şartına bağlı olarak değişmektedir. Çok küçük molekül ağırlıklı organik maddeleri ters osmozla gidermek mümkün değildir.

Tablo 5.1: Ters osmozla giderilen iyonlar, metaller, organik maddeler ve pestisitler (Url-4, 2011)

Anyonlar,Katyonlar, Organikler ve Pestisitler	Giderim %	Anyonlar,Katyonlar, Organikler ve Pestisitler	Giderim %
Alüminyum	97-98	Nikel	97-99
Amonyum	85-95	Nitrat	93-96
Bakteriler	99+	Polifosfatlar	98-99
Bikarbonat	95-96	Potasyum	92
Bromür	93-96	Pirojen	99+
Kadmiyum	96-98	Radyoaktivite	95-98
Kalsiyum	96-98	Radyum	97
Klorür	94-95	Selenyum	97
Kromat	90-98	Silika	85-90
Krom	96-98	Silikat	95-97
Bakır	97-99	Gümüş	95-97
Siyanür	90-95	Sodyum	92-98
Ferro siyanür	98-99	Sülfat	99+
Florür	94-96	Sülfid	96-98
Demir	98-99	Çinko	98-99
Kurşun	96-98	Virus	99+
Magnezyum	96-98	İnsecticides	97
Mangan	96-98	Deterjanlar	97
Civa	96-98	Herbicides	97
%TÇM	95-99	Bor	50-70
Tiosülfat	96-98	Borat	30-50
Selenyum	90-95	Arsenic	94-96

Ters osmoz sistemler sulardaki tüm maddeleri gidermez. Karbon dioksit gibi gazlar yanında etanol gibi sıvıları ters osmoz membran arasından reddedilmeden geçer. Ters osmoz sistemlerde bazı organik maddeleri (tri halo metanlar, pestisitleri ve diğer VOC'ları) etkili olarak bertaraf etmek mümkün değildir. Ters osmoz sistemler son zamanlarda özellikle çok kirli atık suların arıtılmasında da ciddi olarak uygulanmaya başlanmıştır. Zeytin karasuyu, peynir altı atık suyu, katı atık sızıntı suyu, kaplama sanayi atık suyu, tekstil sanayi atık suları, asit üretim tesisleri, gıda sanayi atık suların arıtılmasında ters osmoz sistemi kullanılmaya başlanmıştır. Bu tür işletmelerde ters osmoz sistemi kullanılmadan önce membranın bu tür atıksulara, elde edilecek ürünlere uygun olup olmadıkları, hangi pH aralığında çalışılırsa olumlu sonuç alınacağı, hangi verimlilikte ürün (arıtılmış su) elde edildiği, membran temizleme ve değiştirme süreleri, birim hammadde miktarına karşılık gelen maliyet mutlaka dikkate alınmalıdır.

5.4 Membran Performansı

Akı: Birim zamanda membranın birim alanından geçen akım miktarıdır ($m^3/m^2/sn$ veya $l/m^2/saat$).

Giderme verimi: Membranın tuttuğu madde miktarının ölçüsüdür.

Basınç: Akı, uygulanan basınç ile membrandaki ozmotik basınç farkı ile artar. Uygulanan basınç ne kadar fazla ise akı da o kadar fazladır. Ancak membrana uygulanabilecek basınç limitlidir.

Sıcaklık: Akı, besleme atıksuyu sıcaklığı ile artar. Standart sıcaklık $21^{\circ}C$ olarak verilmektedir, ancak $29^{\circ}C$ a kadar sıcaklıklar tolere edilmektedir. $29^{\circ}C$ ın üstündeki $38^{\circ}C$ a kadar olan sıcaklıklar membranın bozulmasını hızlandırmakta olup uzun süre işletmeye dayanamaz.

Membran diziliş yoğunluğu: Birim hacme yerleştirilebilecek membran alanı olarak tanımlanır. Bu faktör ne kadar büyükse sistemden çıkan toplam akı da o kadar büyük olur.

Geri kazanım faktörü: Sistemin kapasitesini gösterir, uygulamada ulaşılan maksimum değer %80'dir. Daha yüksek geri kazanım faktörü proses suyunda daha yüksek tuz konsantrasyonu olduğunda ulaşılır. Yüksek konsantrasyonlarda membranın yüzeyinde çökme fazla olur, bu da işletme veriminin düşmesine neden olur.

Tuzun reddetme etme: Atıksudaki tuzun reject etme kullanılan membranın tip, karakter ve atıksudaki tuzun konsantrasyon dağılımına bağlıdır.

Membran ömrü: Atıksudaki fenol, bakteri, mantar gibi maddelerin varlığı, yüksek sıcaklık ve yüksek veya düşük pH değerleri membran ömrünü etkiler.

pH: Selüloz asetat membranlar yüksek ve düşük pH'larda hidroliz olurlar. Optimum işletme pH aralığı 4,5-5,5'tir.

Ön arıtma: Membran sistemlerinin Toplam Çözünmüş Katı (TÇK) miktarı 10.000 mg/l'nin üstündeki besleme akımlarına doğrudan uygulanması uygun değildir. Bunun dışında kalsiyum karbonat, kalsiyum sülfat, demir oksit ve hidroksitleri, mangan ve silikon, baryum ve stronsyum sülfat, çinko sülfür ve kalsiyum fosfat gibi

tabakalaşma yapan maddelerin ön arıtma ile kontrol altına alınmaları gerekir. Bu maddeler pH ayarlaması kimyasal arıtım, çöktürme, inhibisyon ve filtrasyon gibi yöntemlerle kontrol altına alınabilirler. Organik kalıntılar ve bakteri filtrasyon, karbonla ön arıtım ve klorlama ile kontrol edilebilir. Yağ ve gres ise membranın yüzeyini saracağından ve tıkanmaya neden olacağından membran prosesi öncesi giderilmelidir.

Membranların performansı bu değerler ile ölçülmektedir.

5.5 Membran Prosesi Uygulama Alanları

Son yirmi yılda geliştirilen membran prosesleri sayesinde kötü kalite suların güvenilir, emniyetli ve ekonomik olarak kullanımının mümkün olduğu kanıtlanmıştır. Membran proseslerinin belli başlı kullanım alanları aşağıda özetlenmiştir:

- Yeraltı suyunun tuzlu su geçişini önlemek üzere tekrar yüklenmesi, (bu amaçla kullanılacak arıtılmış suyun içilebilir su kalitesine getirilmesi gerekmektedir),
- Dolaylı içilebilir su olarak, (içilebilir su kalitesine getirilmiş suyun rezervuarlara alınması, burada bir süre bekletilmesi ve tekrar arıtım için şebekeye geri verilmesi),
- Doğrudan içilebilir su olarak,
- Sulama suyu olarak, (arıtılmış sudaki mineral seviyesine göre MF sonrası RO da gerekebilir),
- Endüstrinin tekrar kullanımı, (Boiler' a besleme, soğutma suyu olarak veya uygun diğer proseslerde).

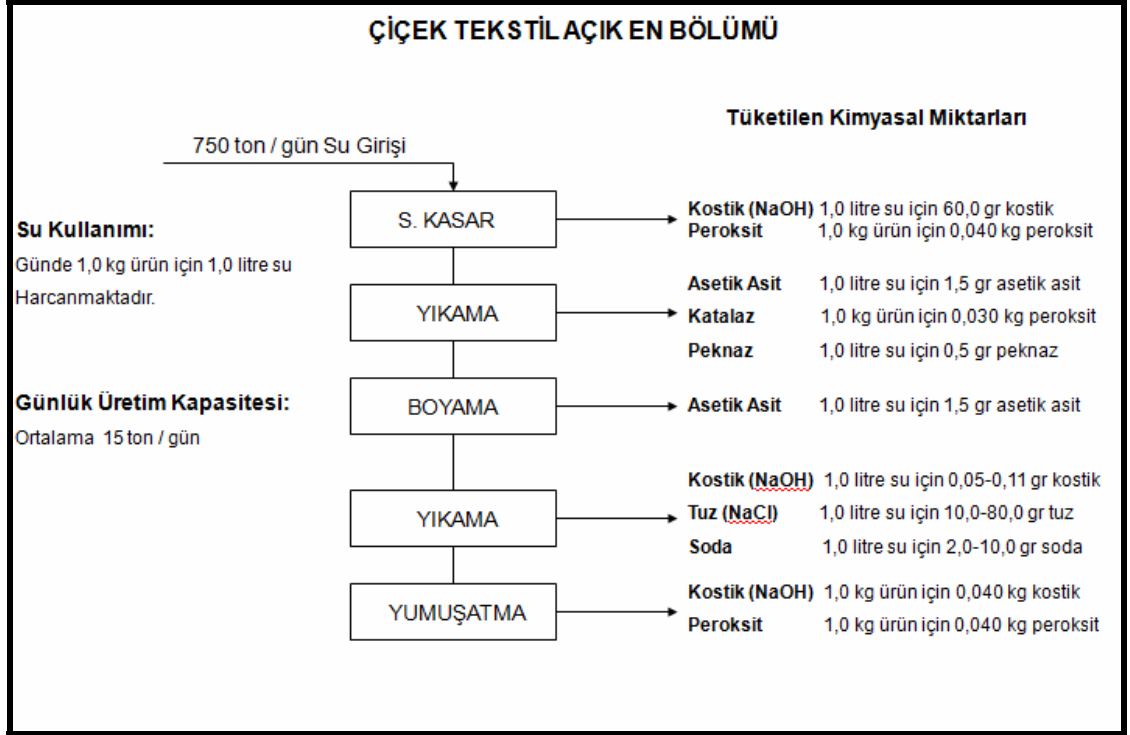
6. GÜMÜŞSU ARITMA TESİSİ'NİN TANITIMI

Denizli İli tekstil sektörü açısından oldukça fazla sayıda endüstri tesisine sahip bir ildir. Gümüşsu Arıtma Tesisleri ve San. Tic. A.Ş.; birbirine rakip olan farklı tekstil fabrikalarının (başlangıçta 7 farklı, ancak günümüzde 6 farklı fabrika) atıksularını arıtma amaçlı ortaklaşa kurmuş oldukları bir şirkettir. Her bir fabrika kendi bünyesinde bir atıksu arıtma tesisi kurmak yerine ortak olarak tek bir arıtma tesisi kurmayı tercih etmiştir. Böylece her bir fabrika, ayrı ayrı arıtma tesisi kurma ve işletme maliyeti ödemek yerine tek bir arıtma tesisi kurarak hem atıksularının arıtımını sağlayarak alıcı ortama vermekte; hem de arıtma maliyetlerini düşürmektedir. Ayrıca bu arıtma tesisi Türkiye’de; çevreyi ve su kaynaklarını korumak anlamında, birbirine rakip firmaların bir araya gelerek oluşturdukları ilk ve tek arıtma tesisi olması açısından da ayrı bir özellik taşımaktadır.

6.1 Sanayilerin Akım Diyagramı

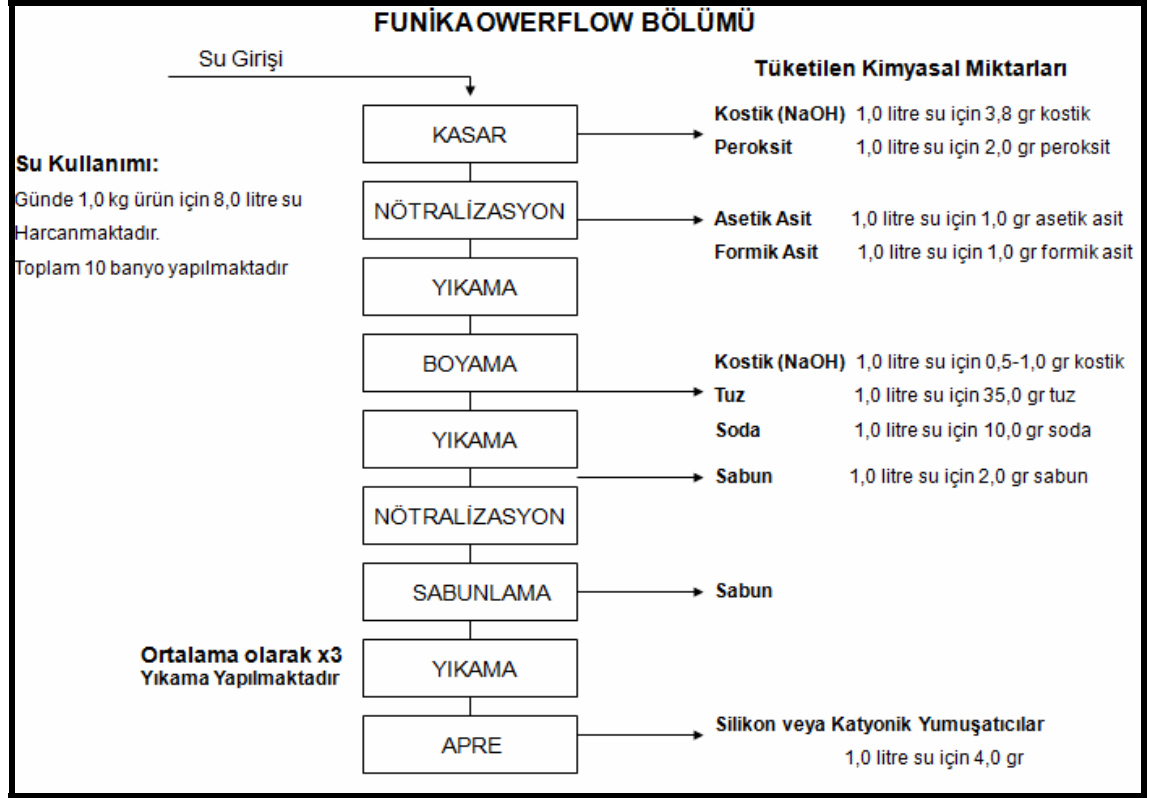
Her bir fabrika pamuklu tekstil boyaması yapmakta olup; üç farklı fabrika için proses özetleri sunulmaktadır.

Şekil 6.1’de Çiçek Tekstile ait proses özeti sunulmaktadır. Proses akım şeması ve kullanılan kimyasal maddeler ile ilgili bilgiler görülmektedir.

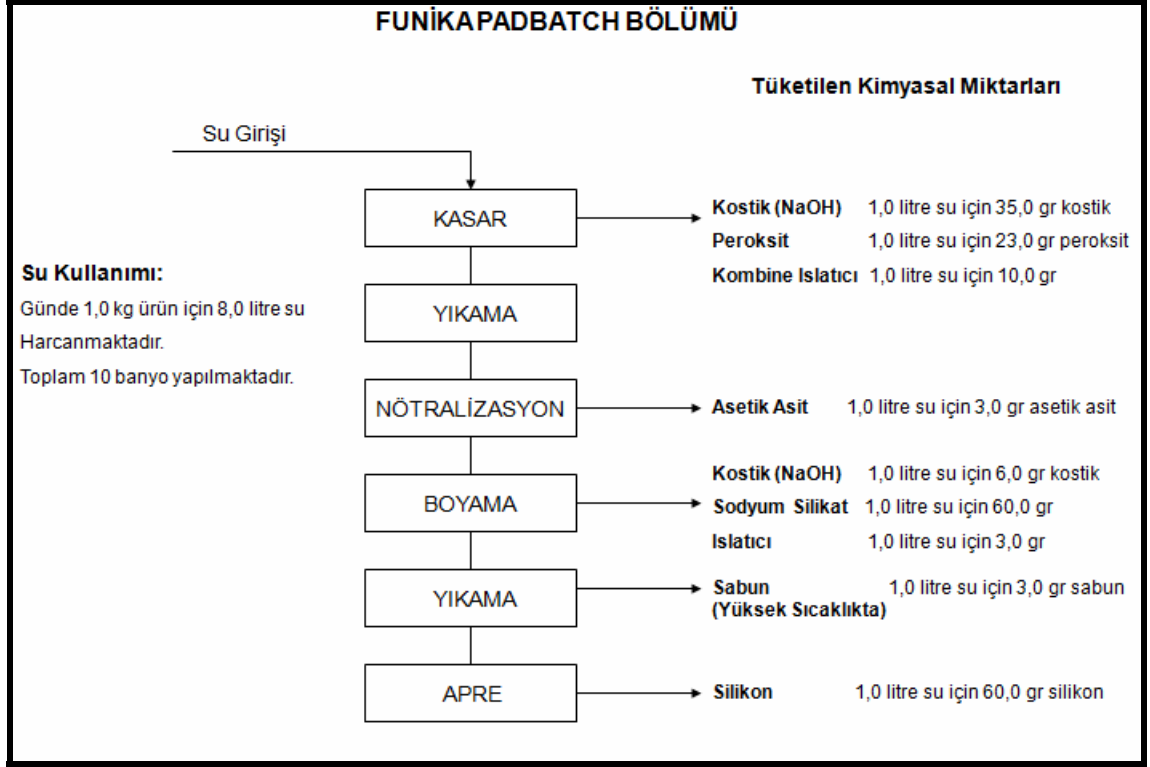


Şekil 6.1: Çiçek Tekstil'e ait proses akım şeması

Şekil 6.2(a) ve Şekil 6.2(b)'de Funika'ya ait proses özetleri sunulmaktadır. Proses akım şeması ve kullanılan kimyasal maddeler ile ilgili bilgiler görülmektedir.

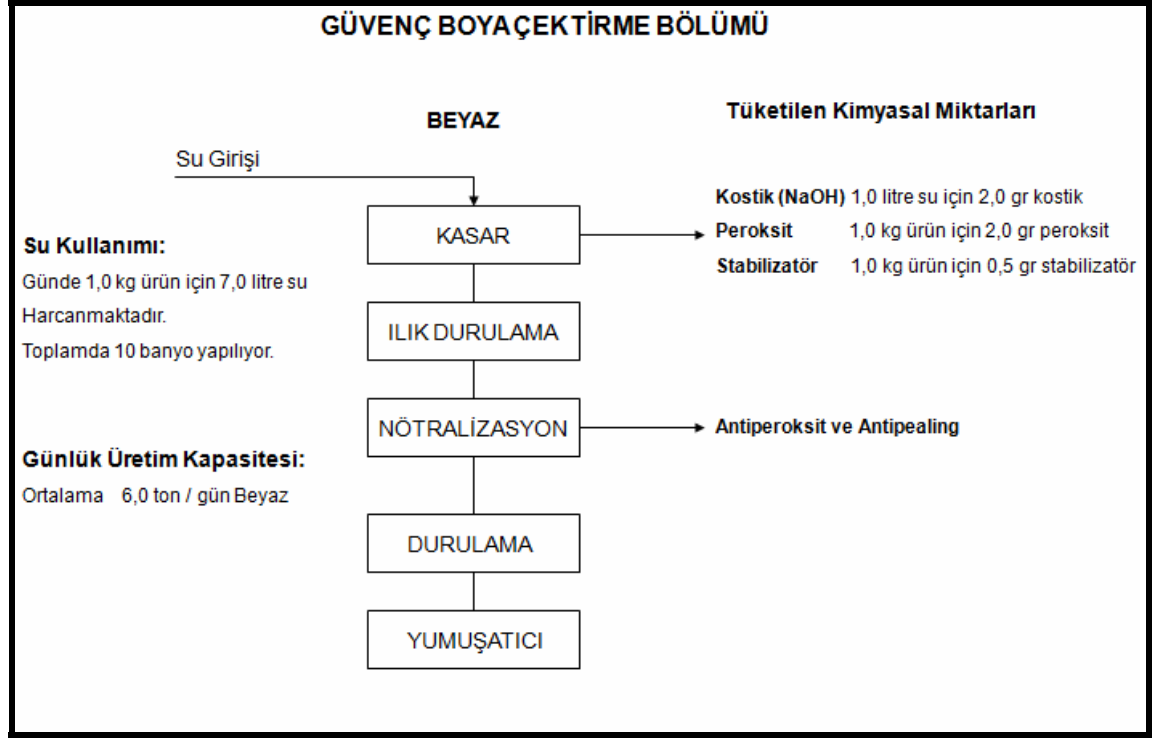


Şekil 6.2(a): Funika'ya ait proses akım şeması

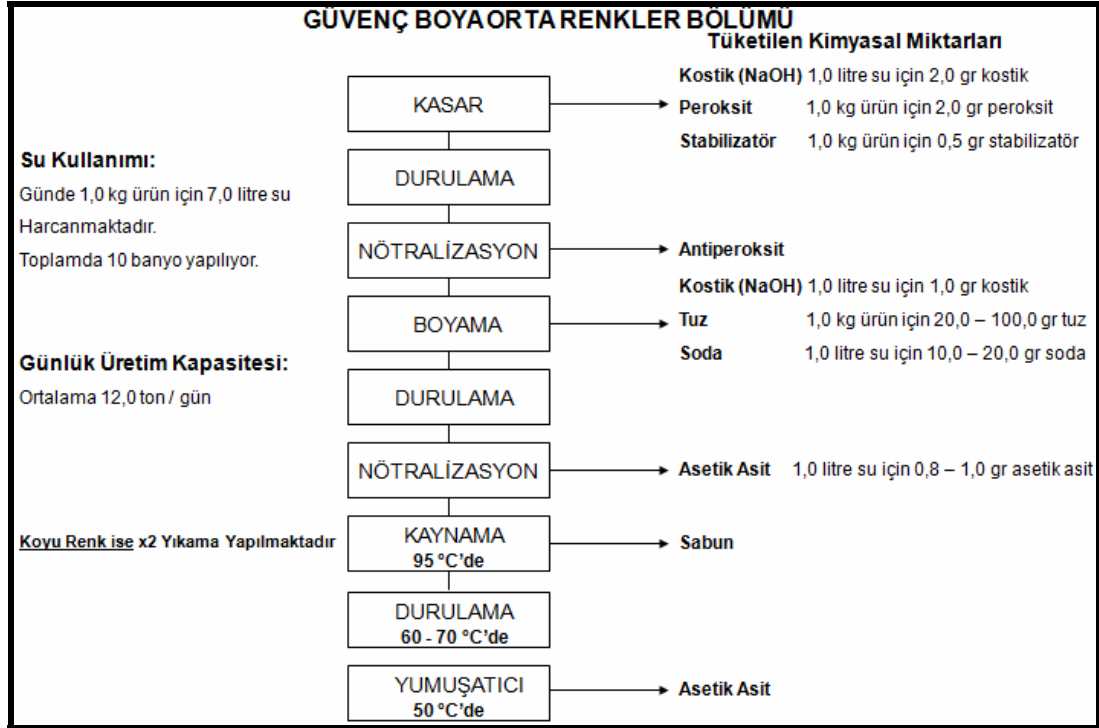


Şekil 6.2(b): Funika'ya Ait Proses Akım Şeması

Şekil 6.3(a) ve Şekil 6.3(b)'te Güvenç Boya'ya ait proses özetleri sunulmaktadır. Proses akım şeması ve kullanılan kimyasal maddeler ile ilgili bilgiler görülmektedir.



Şekil 6.3(a): Güvenç Boya'ya Ait Proses Akım Şeması



Şekil 6.3(b) Güvenç Boya'ya Ait Proses Akım Şeması

6.2 Atıksu Oluşumu ve Arıtımı

Tüm fabrikalar pamuklu tekstil sektöründe faaliyet göstermekte olup; boyama işlemi yapmaktadırlar. Bütün fabrikalardan cazibe ve/veya terfi yoluyla arıtma tesisine alınan atıksular Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde Tablo 10,3'te belirtilen sınır değerlere göre arıtılmaktadır.

Arıtma tesisi; fiziksel arıtma, biyolojik arıtma, kimyasal arıtma ve çamur susuzlaştırma ünitelerinden oluşmaktadır. Tesis kapasitesi 10.000m³/gün olmak üzere günümüzde yaklaşık 9.000 m³/gün kapasitesinde atıksu arıtımı gerçekleştirilmektedir.

Atıksu arıtma tesisi ile ilgili tasarım verileri Tablo 6.1.'de verilmiştir.

Tablo 6.1: Atıksu arıtma tesisi ile ilgili tasarım verileri

Q_{max}	10.000 m ³ /saat
AKM	350 mg/l
KOİ	1200 mg/l
pH	10-12

6.2.1 Fiziksel arıtma ünitesi

Fiziksel arıtma ünitesi; kaba ızgara, ince ızgara, nötralizasyon ve dengeleme havuzu ünitelerinden oluşmaktadır. Arıtma tesisinin girişine alınan atıksular 25mm aralıklı kaba ızgaralardan geçirildikten sonra terfi merkezi ile ince ızgara ünitesine terfi ettirilir. Burada 1,5mm aralıklı ince ızgaralardan geçirilen atıksu nötralizasyon havuzuna alınır ve pH ayarlaması yapılır. pH'ın ortalama 7,5-8,0 civarında dengelenmesi sağlanır. pH değeri ayarlanan atıksu kirlilik konsantrasyonunun dengelenmesi amacıyla dengeleme havuzuna alınır. Dengeleme havuzuna yerleştirilen dalgıç mikser ve flojet havalandırıcı sayesinde hem atıksuyun homojen bir şekilde karışması hem de koku oluşumunun önlenmesi sağlanmaktadır. Dengeleme havuzundan terfi ettirilen atıksu havalandırma havuzu ünitesine alınır.

6.2.2 Biyolojik arıtma ünitesi

Biyolojik arıtma ünitesi; iki adet uzun havalandırma havuzu ve iki adet biyolojik çöktürme havuzundan oluşmaktadır. Havalandırma havuzları, fabrikaların üretim kapasitelerine göre toplamda 5.000 m³/gün atıksu debisini arıtabilecek kapasitededir. Havalandırma havuzlarına terfi ettirilen atıksuya havalandırma havuzları giriş savağında, DAP-ÜRE çözültisi ile nütrient dozlanmakta ve N-P ihtiyacı karşılanmaktadır. Tam karışimli sürekli aktif çamur sistemi olarak dizayn edilmiş olan havalandırma havuzları aeratörler ile havalandırılmaktadır. Aktif çamur konsantrasyonunun dengede tutulması amacıyla bir miktar çamur geri devir yaptırılmaktadır. Seri veya paralel şekilde çalışabilen havalandırma havuzlarında

oluşan bakteri flokları savaklanarak son çöktürme havuzuna alınır ve yer çekimi etkisi ile burada çökmesi sağlanır. Bu durumda flokların çökmesi ile üst kısımdan savaklanan atıksular deşarj kriterlerini sağlamaktadır. Atıksu biyolojik arıtma sonrasında deşarj edilmektedir. Ancak su kalitesinin artırılması ve renk gideriminin de sağlanabilmesi amacıyla biyolojik çöktürmeden sonra kimyasal arıtma ünitesinin dizaynı da gerçekleştirilmiştir.

6.2.3 Kimyasal arıtma ünitesi

Kimyasal arıtma ünitesi; hızlı ve yavaş karıştırma üniteleri ile bir adet kimyasal çöktürme ünitelerinden oluşmaktadır. Biyolojik arıtma sonrası isteğe bağlı olarak kimyasal ünitesine alınabilen atıksu, önce hızlı karıştırma ünitesine ardından da yavaş karıştırma ünitesine alınır. Hızlı ve yavaş karıştırma ünitelerinde flokülasyon işleminin ardından atıksu cazibe ile kimyasal çöktürme ünitesine alınır. En son yine yer çekimi etkisi ile flokların çökmesi için yeterli süre bekletilen atıksuyun üst fazı savaklanarak alıcı ortama deşarj edilir.

6.2.4 Çamur yoğunlaştırma ünitesi

Biyolojik arıtma ve kimyasal arıtma ünitelerinden alınan çamur öncelikle çamur yoğunlaştırma havuzuna alınır. Kullanılan karıştırıcı sayesinde çamur yoğunluğu artırılır ve yoğunlaşan çamur dibe çöker. Sıyırıcılar sayesinde yoğunlaşan çamur, çamur toplama konisine alınır. Çamurdan ayrılan üst suyu ise dengeleme havuzuna aktarılır. Alınan çamur şartlandırma tankına basılır ve su muhtevasının azaltmak amacıyla kimyasal dozlamaları yapılır. En son çamur, filtre prese basılarak elde edilen çamur keki katı atık olarak uzaklaştırılır. Filtre presten çıkan sular ise yine dengeleme havuzuna alınır.

7. MATERYAL – METOD

7.1 Atıksu Karakterizasyonu

Farklı tekstil fabrikalarının üretimleri sonucu oluşan atıksuların biyolojik arıtma sonrası karakterizasyonunun belirlenmesi için çeşitli analizler yapılmıştır. Biyolojik olarak arıtılmış atıksu karakterizasyonu Tablo 7.1’de verilmiştir.

Tablo 7.1: Atıksu Karakterizasyonu

PARAMETRE	BİRİMİ	DEĞER
pH	-	8,02
İletkenlik	mS/cm	6,00
KOİ	mg/lt	187,0
AKM	mg/lt	55,0
Sertlik	AS	20
Sülfür	mg/lt	0,63
Sülfür	mg/lt	< 0,1
NH4-N Amonyum Azotu	mg/lt	1,41
Toplam Krom	mg/lt	< 0,03
Yağ Gres	mg/lt	5,2

7.2 Kullanılan Yöntemler

pH: pH ölçümleri SM 4500 H⁺-B: 2005 Elektrokimyasal Standard Metoduna göre WTW-720 marka pH ve iletkenlik ölçer ile gerçekleştirilmiştir.

İletkenlik: İletkenlik ölçümleri SM 2510-B: 2005 Laboratuvar Metoduna göre WTW-720 marka pH ve iletkenlik ölçer ile gerçekleştirilmiştir.

Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ): KOİ analizi, SM 5220-B: 2005 Açık Reflü Standard Metoduna göre yapılmıştır.

Askıda katı madde (AKM): AKM analizi, SM 2540-D:2005, SM 2540-F:2005 Gravimetrik Standard Metoduna göre yapılmıştır.

Sertlik: Sertlik analizi, SM 2340-C: 2005 Titrimetrik Metoda göre yapılmıştır.

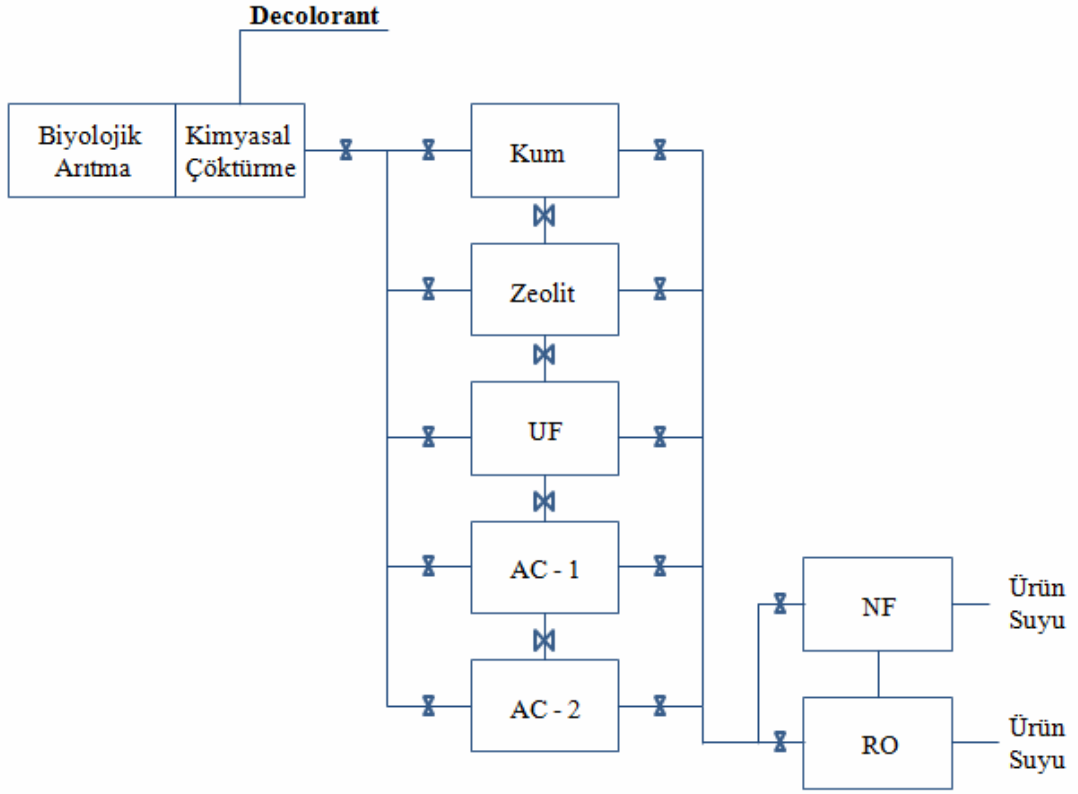
Renk: Renk analizi, SM 2120-C:2005 Spektrofotometrik Metoda göre yapılmıştır. Analizlerde Hach-Lange marka DR5000 model spektrofotometre kullanılmıştır.

7.3 Entegre İleri Arıtma Sistemi

Tasarımı yapılmış olan entegre ileri arıtma sistemi, proje kapsamında pilot ölçekte oluşturulmuştur. Entegre ileri arıtma sistemi ile tekstil atıksularının geri kazanımı gerçekleştirilerek üretimde yeniden kullanımı amaçlanmıştır.

Entegre ileri arıtma sistemi, membran proseslerinden oluşmakta olup; ön filtrasyon ünitesi, ultra filtrasyon ünitesi, nanofiltrasyon ve reverse osmos üniteleri mevcuttur. Bu ünitelerin her biri birbirleriyle paralel çalışabildiği gibi birbirinden bağımsız olarak da çalışabilmektedir. İstenildiği takdirde atıksu akışı her bir üniteden sırasıyla olabildiği gibi, herhangi bir ünite kullanılmadan suyun akışı diğer ünitelerden de devam ettirilebilmektedir. Örneğin; atıksu sırasıyla ön filtrasyon ünitesi, ultrafiltrasyon ünitesi, nanofiltrasyon ünitesi ve reverse osmos ünitesinden geçebilmektedir. Böylece bir ünitenin ürün suyu diğer bir ünitenin ham suyu olmaktadır. Ayrıca bir başka yöntem olarak örneğin atıksu, önce ön filtrasyon ünitesine verilip daha sonra ultra filtrasyona verilmeden nanofiltrasyon ve/veya reverse osmos ünitelerine verilebilmektedir. Bu örneklerin sayıları arttırılarak atıksuyun pek çok farklı yolu izlemesi ile geri kazanımı mümkün olabilmektedir. Tüm bu uygulanabilecek farklı arıtma yöntemleri için sistemde borulama ve vanalama hatları düzenlenmiş olup; atıksuyun sistem içerisinde izleyeceği yolda isteğe bağlı olarak pek çok alternatif geliştirilebilmektedir. Ayrıca sistem üzerinde her bir üniteden su numunesi alınabilmesi amacıyla her bir ünite üzerine numune alma vanaları konulmuştur.

Entegre ileri arıtma sistemi planı Şekil 7.1'de, genel görüntüsü ise Şekil 7.2'de sunulmuştur.



Şekil 7.1: Entegre ileri arıtma sistemi planı



Şekil 7.2: Entegre ileri arıtma sistemi genel görüntüsü

7.3.1 Ön filtrasyon ünitesi

Entegre ileri arıtma sisteminde kurulmuş olan ilk ünite, ön arıtılabilirlik çalışmalarının gerçekleştirildiği ön filtrasyon ünitesidir. Ön filtrasyon ünitesi, $1,5\text{m}^3$ hacmindeki ham su deposundan alınan su ile giriş pompası tarafından beslenmektedir. Üniteye 2 adet kum filtre, 2 adet zeolit filtre ve 2 adet aktif karbon filtre bulunmaktadır. Ön filtrasyon ünitesinin debisi $1,2\text{--}2,4\text{m}^3/\text{sa}$ aralığındadır. Ayrıca ön filtrasyon ünitesi çıkışında $20''$ 5 mikron kartuş filtrasyon ünitesi bulunmaktadır ve ön filtrasyon işleminden sonra su istenilirse mikro filtrasyona da verilebilir durumdadır. Ön filtrasyon ünitesindeki filtreler isteğe göre seri olarak veya her biri birbirinden bağımsız olarak çalışabilir durumdadır. Böylece ön filtrasyon ünitesinde bulunan filtreler tercihe göre servise alınabilmekte veya servis dışı bırakılabilmektedir.

Entegre ileri arıtma sistemine alınmadan önce atıksu; mevcut biyolojik arıtma sisteminde arıtılmaktadır. Tesis çıkışında atıksu deşarj standartlarını sağlamakta ve alıcı ortam olan Gümüşçay Deresi'ne deşarj edilmektedir. Deşarj edilen bu suyun tekrar kullanımı amaçlı ileri arıtma sistemine verilmesi ile gerekli arıtılabilirlik çalışmaları yürütülmüştür.

Mevcut biyolojik arıtma tesisi çıkışından alına atıksular; ileri arıtma sistemi içerisinde ilk olarak kum ünitesinden geçirilmektedir. Kum ünitesinde askıda bulunan büyük katı maddelerin tutulması sağlanmaktadır. Şekil 7.3 ve Şekil 7.4'te filtre kumu ve entegre ileri arıtma sistemimizde bulunan iki adet kum filtre ünitesi sunulmuştur.



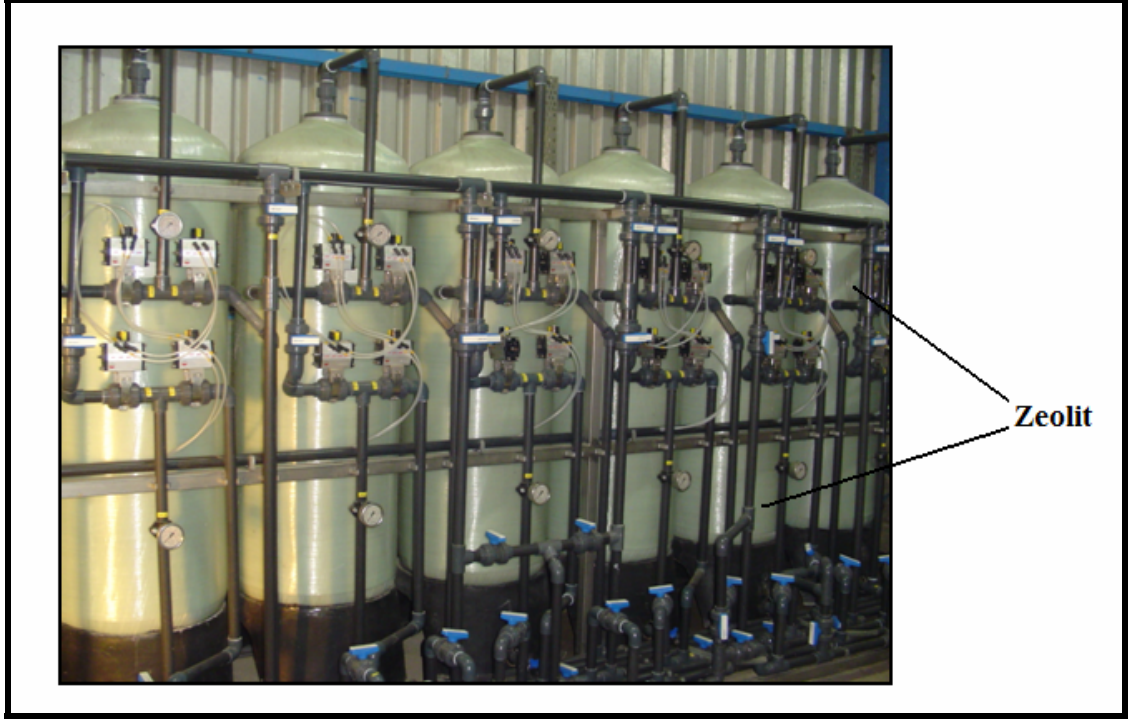
Şekil 7.3: Filtre kumu (Url-5, 2011)



Şekil 7.4: Entegre ileri arıtma sistemi-kum filtre üniteleri

Bir tane kum filtresinden geçirilen su sonrasında zeolit ünitesine verilmektedir. Yine iki adet bulunan zeolit ünitelerinden bir tanesi kullanılmış olup zeolit ünitesinden alınan su numunesi ise Zeolit Çıkış olarak adlandırılmıştır.

Zeolitin kafes şeklindeki yapısı, iyon değişimi için yüksek iç ve dış yüzey alanı oluşturmaktadır ve bir negatif yapısal yükü vardır. Zeolit amonyum iyonu ve diğer kationları tutma kapasitesine sahiptir. NH_4^+ 'ün giderilmesi, zeolitin türüne, partikül büyüklüğüne ve atıksudaki anyon-kasyon kompozisyonuna bağlıdır. Zeolitler ayrıca bazı ağır metallere karşı da seçiciliğe sahiptir (Uğurlu ve Pınar, 2004). Şekil 7.5'te entegre ileri arıtma sistemimizde bulunan iki adet zeolit filtre ünitesi sunulmuştur.



Şekil 7.5: Entegre ileri arıtma sistemi-zeolit filtre üniteleri

Ön filtrasyon ünitesinde ilk olarak kumdan geçirilen atıksu sonrasında zeolitten geçirilmekte ve aktif karbon ünitesine verilmektedir. Aktif karbon iki üniteden oluşmakta ve her iki üniteden de sırasıyla su geçirilmektedir. Böylece atıksu kum ve zeolitten geçirildikten sonra hem tek aktif karbon ünitesinden geçirilebilmekte hem de ikinci bir aktif karbondan geçirilmektedir. Böylece tek aktif karbon ile çift aktif karbonunun arıtılabilirlik çalışmaları sonuçları gözlenebilmektedir. Birinci aktif karbondan geçirilen su AK-1 Çıkış olarak adlandırılmıştır. Sırasıyla birinci ve ikinci aktif karbondan geçirilen su ise AK-2 Çıkış olarak adlandırılmıştır.

Aktif karbon ile atıksuda; renk, tat, koku giderimi sağlanmaktadır. Ayrıca çözülmemiş organik ve organik olmayan kirliliklerinde arıtılması mümkündür. Şekil 7.6 ve Şekil 7.7’de aktif karbon ve entegre ileri arıtma sistemimizde bulunan iki adet aktif karbon filtre ünitesi sunulmuştur.



Şekil 7.6: Aktif karbon (Url-6, 2011)



Şekil 7.7: Entegre ileri arıtma sistemi-aktif karbon üniteleri

7.3.2 Ultrafiltrasyon ünitesi

Ultra filtrasyon ünitesi ham suyunu ön filtrasyon ünitesi çıkışından veya isteğe bağlı olarak ham su deposundan alabilmektedir. Üniteye 2 adet ultra filtrasyon membranı bulunmaktadır ve isteğe bağlı olarak 1 tanesi veya 2 tanesi çalışabilir durumda olmaktadır. Ayrıca ünite içerisinde 1 adet dozaj pompası bulunmaktadır. Dozaj pompası ile istenildiği takdirde ultrafiltrasyon ünitesine Fe(III) dozlaması da yapılabilmektedir.

Ultra filtrasyon ünitesinde bulunan membranlar 0,02 micron boyutundaki partikülleri tutabilmektedir. 12,0m² yüzey alanına sahip membranlardan elde edilen debi değeri 0,72-1,2m³/sa aralığındadır. Şekil 7.8'de ultrafiltrasyon ünitesine ait resim sunulmaktadır.



Şekil 7.8: Entegre ileri arıtma sistemi-ultrafiltrasyon ünitesi

7.3.3 Nanofiltrasyon ünitesi

Nanofiltrasyon ünitesi ham suyunu ultra filtrasyon çıkışından almaktadır. Ayrıca isteğe göre ham su deposundan veya ön filtrasyon ünitesi çıkışından da alabilmektedir. Nanofiltrasyon ünitesi $3,25\text{m}^3/\text{sa}$ debiyle beslenebilir ve $0,52\text{ m}^3/\text{sa}$ debide ürün suyu elde edilebilir kapasitesine sahiptir. Ayrıca ünite, reverse osmos atıksuyunun nanofiltrasyona beslenebilmesi için gerekli olan ekipmanlar da bulunmaktadır.

7.3.4 Reverse osmos ünitesi

Reverse osmos ünitesi ham suyunu nanofiltrasyon ünitesi çıkışından almaktadır. Ayrıca ham su deposundan veya ön filtrasyon ünitesi çıkışından veya ultra filtrasyon çıkışından da alabilmektedir. Reverse osmos ünitesi $2,52\text{m}^3/\text{sa}$ debiyle beslenebilir ve $0,34\text{ m}^3/\text{sa}$ debide ürün suyu elde edilebilir kapasitesine sahiptir. Şekil 7.9'da nanofiltrasyon ve reverse osmos ünitelerine ait bir resim sunulmaktadır.



Şekil 7.9: Entegre ileri arıtma sistemi-nanofiltrasyon ve reverse osmoz üniteleri

8. BULGULAR

8.1 Entegre Pilot Sistemde Ön Filtrasyon Ünitelerinin Performansları

Pilot ölçekli ileri arıtma tesisinden alınan çalışmaların sonuçları sırasıyla sunulmaktadır.

8.1.1 Kum Filtrasyon Ünitesi

Mevcut biyolojik arıtma tesisinden çıkan atıksular, pilot sistem üzerinde ilk olarak kum filtreden geçirilmektedir. Şekil 7.4'te gösterilen iki adet kum filtresi ünitelerinden bir tanesi kullanılmış ve atıksu ilk olarak birinci üniteden geçirilmiştir. Atıksuda bulunan askıda katı maddelerin sistem içerisinde herhangi bir tıkanıklığa yol açmaması amacıyla bu işlem yapılmaktadır. Kum ünitesine verilen su pilot sistemin ilk giriş suyudur ve ham su olarak adlandırılmıştır. Kum ünitesinde bulunan numune alma vanasından alınan su numunesi ise kum çıkış olarak adlandırılmıştır. Ham su ve kum çıkış suları için yapılan analiz sonuçları Tablo 8.1'de sunulmaktadır.

Tablo 8.1: Kum filtrasyon ünitesi sonrası analiz sonuçları (pH: 8,0)

	İletkenlik (mS/cm)	KOİ (mg/l)	AKM (mg/l)	Partikül Boyutu (nm)
Ham Su	7,0	195,0	20,0	723,2
Kum Filtre	7,0	200,1	14,0	694,1

8.1.2 Zeolit Filtrasyon Ünitesi

Zeolit filtrasyon ünitesine ait atıksu analizleri ile ilgili elde edilen sonuçlar Tablo 8.2'de sunulmaktadır.

Tablo 8.2: Zeolit filtrasyon sonrası analiz sonuçları (pH: 8,0)

	İletkenlik (mS/cm)	KOİ (mg/l)	AKM (mg/l)	Partikül Boyutu (nm)
Ham Su	7,0	195,0	20,0	723,2
Zeolit Filtre	7,0	175,7	10,0	859,6

8.1.3 Aktif karbon (AK) Filtrasyon Ünitesi

Tablo 8.3'te kum, zeolit ve aktif karbonlardan geçirilen arıtılmış atıksuya ait analiz sonuçları verilmektedir.

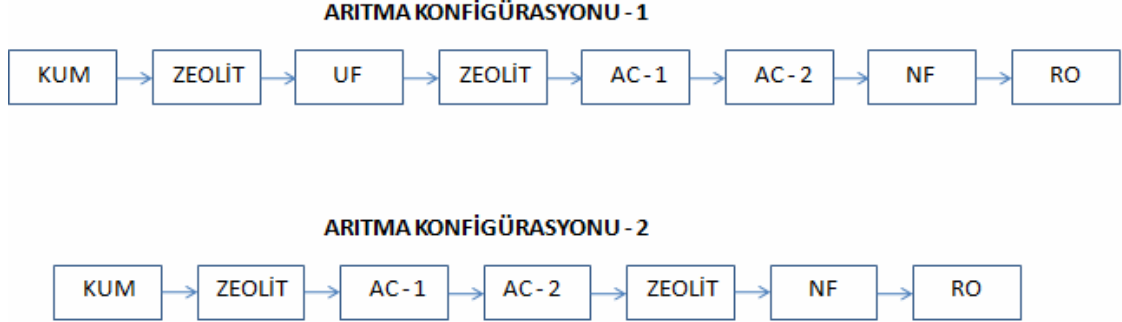
Tablo 8.3: Aktif karbon filtrasyon sonrası analiz sonuçları (pH: 8,0)

	İletkenlik (mS/cm)	KOİ (mg/l)	AKM (mg/l)	Partikül Boyutu (nm)
Ham Su	7,0	195,0	20,0	723,2
AK-1 Filtre	6,9	157,5	10,0	603,5
AK-2 Filtre	6,9	86,4	10,0	600,7

Aktif karbon (AK) ile AKM değerinde %50 oranında arıtma verimi elde edilmiştir. KOİ değeri 195,0mg/l'ten 86,4mg/l'ye düşmüştür. KOİ giderim veriminin %56 oranında olduğu görülmüştür. Ortalama partikül çapının ise %17 oranında değişerek 723,2nm'den 600,7nm'ye düştüğü görülmüştür.

8.2 Entegre (Birleşik) Sistemler

Tekstil atıksularının, işletme içerisinde proses suyu olarak tekrar kullanımının sağlanabilmesi için pilot sistem üzerinde farklı yöntemler değerlendirilmiştir. Farklı prosesler için farklı yöntemler oluşturularak atıksuyun her bir prosese uygun şekilde ayrı ayrı yöntemlerle arıtılması araştırılmıştır. Pilot tesisi oluşturan üniteler (ön filtrasyon ünitesi, ultrafiltrasyon ünitesi, nanofiltrasyon ünitesi ve reverse osmos ünitesi) farklı şekillerde entegre edilmiştir. Atıksuyun, NF ve RO membranlarına verilmeden önce; ön arıtılabilirlik çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda; ilk olarak ön filtrasyon üniteleri (kum, zeolit ve aktif karbon) ultrafiltrasyon ünitesinin birlikte çalışması ile elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır. Daha sonra ise ultrafiltrasyon ünitesi olmadan ön filtrasyon üniteleri tek başına denenmiştir. Uygulanan farklı arıtma konfigürasyonlarına ait akım şeması Şekil 8.1'de sunulmuştur.



Şekil 8.1: Uygulanan farklı arıtma konfigürasyonları

Bir sonraki ön arıtılabilirlik çalışmasında ise; pH etkisi denenmiştir. Düşük ve yüksek pH'larda atıksuyun ön filtrasyon ünitesine verilmesiyle elde edilen ön arıtılabilirlik sonuçları belirlenmiştir.

Diğer bir ön arıtılabilirlik çalışması yöntemi olarak; atıksuya Decolorant kimyasalı verilmiş ve kimyasal ilavesinin etkisi araştırılmıştır.

Tüm bu ön arıtılabilirlik çalışmalarının sonuçları yorumlanmış ve en uygun yöntem tespit edilmiştir. En uygun yöntemin belirlenmesi ile 'Ön Arıtma + NF' ve 'Ön Arıtma + RO' denenmiştir.

8.2.1 Ön Arıtılabilirlik Çalışmalarına UF'nin Etkisi

Ultrafiltrasyon membranlarının ön arıtılabilirlik çalışmalarında denendiği yöntem olan birinci yöntemde; mevcut biyolojik arıtma sonrası, deşarj kriterlerine uygun hale getirilen atıksu pilot sisteme verilmiştir. İlk olarak atıksu sırasıyla, ön filtrasyon ünitesinde bulunan bir adet kum filtresinden ve bir adet zeolit filtreden geçirilmiştir. Sonrasında ise ultrafiltrasyon membranına verilmiştir. Büyük askıda katı maddelerin ön filtrasyonda; 0,02 microndan büyük partiküller ile bakteri ve virüslerin de ultrafiltrasyonda tutulması sağlanmıştır. UF sonrasında atıksu tekrar ön filtrasyon ünitesine çevrilmiş ve tekrar zeolitten geçirilmiştir. Sonrasında ise sırasıyla iki ayrı aktif karbondan geçirilmiştir. Birinci aktif karbon sonrası alınan su AK-1, sırasıyla birinci ve ikinci aktif karbondan geçirildikten sonra alınan su ise AK-2 olarak

adlandırılmıştır. Aktif karbon ünitelerinden alınan su numunelerinde renk gideriminin sağlandığı görülmüştür.

Kum + Zeolit + UF + Zeolit + AK-1 + AK-2 Filtrasyon Üniteleri

Tablo 8.4: Analiz sonuçları (a) (pH: 8,0)

	İletkenlik (mS/cm)	KOİ (mg/l)	AKM (mg/l)	Renk (pt/CO)	Partikül Boyutu (nm)
Ham Su	7,0	152,0	20,0	320,0	723,2
Kum Filtre	7,0	120,0	14,0	229,5	694,1
Zeolit Filtre	7,0	125,0	10,0	198,2	859,6
UF Filtre	6,9	115,0	10,0	215,5	201,2
AK-1 Filtre	6,9	65,0	10,0	37,7	197,0
AK-2 Filtre	6,9	56,0	10,0	35,6	182,5

Kum filtre sonrasında %21 gibi düşük bir KOİ giderim verimi vardır. UF filtre sonrası 152,0mg/l'ten 115,0mg/l'ye düşen KOİ değeri zeolit filtre sonrası ise 120,0mg/l'ye düşmüştür. AK filtre sonrasında ise KOİ giderimi %63 oranına kadar sağlanabilmiştir. Renk giderim verimi ise UF filtre sonrası %33 iken, AK filtreler sonrası %89'a kadar çıkmıştır. Ortalama partikül çapı ise AK filtreler sonrası %75 oranlarına kadar düşmüştür.

Ön arıtılabilirlik çalışmalarında ultrafiltrasyonun uygulanmadığı yöntemde ise; mevcut biyolojik arıtma sonrası deşarj kriterlerine uygun hale getirilen atıksu pilot sisteme verilmiştir. İlk olarak atıksu sırasıyla, ön filtrasyon ünitesinde bulunan bir adet kum filtresinden ve bir adet zeolit filtreden geçirilmiştir. Büyük askıda katı maddelerin ön filtrasyonda tutulması sağlanmıştır. Kum ve zeolitten geçirildikten sonra depoda toplanan atıksu tekrar ön filtrasyon ünitesine çevrilmiş ve sırasıyla iki ayrı aktif karbondan geçirilmiştir. Birinci aktif karbon sonrası alınan su AK-1, sırasıyla birinci ve ikinci aktif karbondan geçirildikten sonra alınan su ise AK-2 olarak adlandırılmıştır. Aktif karbon ünitelerinden alınan su numunelerinde renk gideriminin sağlandığı görülmüştür.

Kum + Zeolit + AK-1 + AK-2 + Zeolit Filtrasyon Üniteleri

Tablo 8.5: Analiz sonuçları (b) (pH: 8,0)

	İletkenlik (mS/cm)	KOİ (mg/l)	Renk (pt/CO)	Partikül Boyutu (nm)
Ham Su	6,8	195,0	405,0	758,0
Kum Filtre	7,1	200,1	329,8	603,2
Zeolit Filtre	7,2	175,7	285,9	702,1
AK-1 Filtre	7,5	157,5	56,4	503,8
AK-2 Filtre	6,9	86,4	50,2	487,6

Kum filtre sonrasında KOİ giderim veriminin olmadığı görülmüştür. Zeolit filtre sonrası KOİ değerinin 195,0mg/l'ten 175,7mg/l'ye, AK filtreler sonrası ise sırasıyla 157,5,0mg/l ve 86,4mg/l'ye kadar düştüğü görülmüştür. Renk giderim verimi ise kum filtre ve zeolit filtre sonrasında sırasıyla %19 ve %30 civarındadır. AK filtreler sonrası ise renk giderimi %88'e kadar çıkmıştır.

8.2.2 pH Etkisi

Mevcut biyolojik arıtma sonrası deşarj kriterlerine uygun hale getirilen atıksu pilot sisteme verilmiştir. Ancak atıksu pilot sisteme verilmeden önce pH'ı düşürülmüştür. Mevcut biyolojik arıtma çıkışında atıksu pH'ı 7-8 civarında iken, pilot sisteme verilmeden önce atıksuyun pH'ı 6'ya düşürülmüştür. Düşük pH'taki atıksuyun sisteme verilmesinin sebebi, aktif karbonun düşük pH'ta daha verimli çalışacağı düşünülmesidir. Böylece pH'ın atıksu geri kazanımındaki etkisi değerlendirilmiştir. Yüksek pH'ta ise ayrıca bir çalışma yapılmamıştır. Çünkü literatüre bakıldığında yüksek pH'ta aktif karbonun çalışmadığı bilinmektedir.

pH ayarlaması yapılan atıksu sırasıyla, ön filtrasyon ünitesinde bulunan bir adet kum filtresinden ve bir adet zeolit filtreden geçirilmiştir. Büyük askıda katı maddelerin ön filtrasyonda tutulması sağlanmıştır. Kum ve zeolitten geçirildikten sonra depoda toplanan atıksu tekrar ön filtrasyon ünitesine çevrilmiş ve sırasıyla iki ayrı aktif karbondan geçirilmiştir. Birinci aktif karbon sonrası alınan su AK-1, sırasıyla birinci ve ikinci aktif karbondan geçirildikten sonra alınan su ise AK-2 olarak

adlandırılmıştır. Aktif karbon ünitelerinden alınan su numunelerinde renk gideriminin sağlandığı görülmüştür.

Kum + Zeolit + AK-1 + AK-2 + Zeolit Filtrasyon Üniteleri

Tablo 8.6: Analiz sonuçları (c) (pH: 6,5)

	İletkenlik (mS/cm)	KOİ (mg/l)	Renk (pt/CO)
Ham Su	6,8	197,3	372,5
Kum Filtre	7,3	161,9	353,5
Zeolit Filtre	7,3	160,2	367,1
AK-1 Filtre	7,3	50,6	32,6
AK-2 Filtre	7,2	48,9	21,8

Düşük pH değerlerinde kum filtre ve zeolit filtre sonrası KOİ gideriminin çok yüksek olmadığı (%18 - %19 oranlarında) görülmüştür. Ancak AK filtreler sonrası hem KOİ giderim veriminin hem de renk giderim veriminin (KOİ giderim verimi % %74 - %75, renk giderim verimi %93 - %94 oranlarında) oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Yüksek pH ve düşük pH değerleri karşılaştırıldığında AK filtrelerin düşük pH'ta daha iyi bir verimde çalıştığı söylenebilir.

8.2.3 Decolorant Etkisi

Koagülant olarak kullanılan kimyasal ürünlerden bir tanesi de decoloranttır $(C_8H_{16}NCl)_n$. Renk giderimi için oldukça yüksek verimlilikte olduğu bilinen decolorant için öncelikle laboratuvar ölçekli çalışmalar yürütülmüş ve optimum koagülant miktarı belirlenmiştir. Koagülasyon işlemi için; arıtma tesisi çıkış suyundan alınan anlık numunelere Jartest düzeneğinde sırasıyla; 0.1, 0.2 ve 0.3 ml (1000 ml atıksuya) decolorant ilave edilmiştir. 5 dak boyunca hızlı karıştırma (120 rpm) ve 15 dak boyunca yavaş karıştırma (30 rpm) yapılmıştır. Karıştırma işleminin ardından 1 sa'lik çöktürme sonrası üst fazları alınan numunelerde pH, KOİ ve iletkenlik değerleri ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar Tablo 8.7' de verilmektedir.

Decolorant ile çok etkin bir renk giderimi elde edilmiştir. Ancak KOİ miktarındaki değişim renk giderimi ile doğru orantılı olmadığı görülmüştür. Optimum koagülant miktarı; KOİ giderimi için 0,1mg/lt, renk giderimi için 0,2mg/lt olarak bulunmuştur.

Tablo 8.7: Decolorant ile koagülasyon sonrası analiz sonuçları (pH: 6,5-8,0)

	Koagülant Dozu(mg/lt)	KOİ(mg/lt)	Renk(pt/CO)
Decolorant	0	283,0	246,0
	0,1 mg/lt	621,0	29,0
	0,2 mg/lt	183,0	31,0
	0,3 mg/lt	222,0	33,0



Şekil 8.2: Decolorant ile koagülasyon sonrası renk giderimi

Tablo 8.8: Decolorant ilavesi ile atıksu KOİ ve renk giderimi

	İletkenlik (mS/cm)	KOİ (mg/L)	Renk (pt/CO)
Ham Su	6,9	167,6	380,8
Kum Filtre	7,1	167,6	120,9
AK – 1 Filtre	7,4	132,1	43,7
AK – 2 Filtre	7,4	1321	22,0

Tablo 8.7 ve Şekil 8.2’de de görüldüğü gibi; decolorant ilavesi ile sistemde %99’un üzerinde renk giderimi sağlanmıştır. pH etkisinin araştırılması neticesinde elde edilen sonuçlar ile karşılaştırıldığında ise; decolorant ilavesi ile NF membranının veriminin arttığı görülmüştür. Ancak KOİ giderim veriminde ise bir azalma olmamıştır. Bunun

nedeni olarak ise decolorantın kendisinin organik kökenli olması ve suda kalan bakiye decolorantın KOİ değerini arttırdığı düşünülmektedir.

8.2.4 Decolorant ve Klor Etkisinin Karşılaştırılması

Pilot sistemde arıtılan atıksu için denenen farklı konfigürasyonlar arasında, decolorant ve klor ilavesi ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Biyolojik arıtmadan çıkan atıksuya decolorant ilavesi (klor ilavesi yapılmamıştır) yapılmıştır. Decolorant ile sağlanan kimyasal arıtma sonrası atıksu pilot sisteme alınmıştır. Pilot sistemde elde edilen KOİ ve renk değerleri Tablo 8.9'da sunulmaktadır. Tablo 8.10'da klor ve decolorant ilavesi yapılmadan, biyolojik arıtmadan çıkan atıksu direk pilot sisteme verilerek elde edilen KOİ ve renk değerleri sunulmaktadır. Tablo 8.11'de ise; biyolojik arıtmadan çıkan atıksu pilot sisteme verilirken pilot sistem giriş suyuna klor dozlaması yapılmış (decolorant ilavesi yapılmamıştır) ve klor dozlaması sonrası elde edilen KOİ ve renk değerleri sunulmuştur.

Tablo 8.9: Decolorant ilavesi sonrası atıksu KOİ ve renk giderimi

	pH	İletkenlik (mS/cm)	KOİ (mg/L)	Renk (pt/CO)	Sertlik (AS)
Ham Su	8,4	6,9	167,6	380,8	20,0
Kum Filtre	7,6	7,1	167,6	120,9	20,0
AK – 1 Filtre	7,6	7,4	132,1	43,7	20,0
AK – 2 Filtre	7,5	7,4	132,1	22,0	20,0
NF Ürün	5,8	0,5	5,1	0	0
NF Atık	6,9	14,5	350,5	42,0	22,0

Decolorant sonrası elde edilen sonuçlara bakıldığında; iletkenlik değerinin pilot sistem giriş suyunda (Ham Su) 6,9mS/cm civarında iken NF sonrasında 0,5mS/cm'ye düştüğü görülmüştür. KOİ giderim veriminin ise kum filtre ve AK filtreler sonrası düşük olduğu ancak NF sonrası %98'e kadar yükseldiği görülmüştür. Renk değerinin biyolojik arıtma sonrası 380,8pt/CO iken decolorant ilavesi yapılarak kum filtreden geçirilmesiyle 120,9pt/CO'a kadar düştüğü görülmüştür. NF sonrası ise beklendiği gibi renk gideriminde %100 verim elde edilmiştir. Aynı şekilde sertlik değeri de NF sonrası tamamen giderilmektedir.

Tablo 8.10: Klor ilavesi yapılmadan atıksu KOİ ve renk giderimi

	pH	İletkenlik (mS/cm)	KOİ (mg/L)	Renk (pt/CO)	Sertlik (AS)
Ham Su	8,2	6,9	142,2	462,3	22,0
Kum Filtre	6,8	6,9	142,2	385,6	20,0
AK – 1 Filtre	6,8	6,9	86,4	236,5	20,0
AK – 2 Filtre	6,8	6,9	86,4	203,0	20,0
NF Ürün	5,5	0,2	0	3,2	0
NF Atık	6,6	18,4	111,8	295,4	25,0

Klor ve decolorant ilaveleri yapılmadan biyolojik arıtmadan çıkan atıksu pilot sisteme verilmiş elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Aktif karbon sonrası KOİ değerinin 142,2mg/lt'den 86,4mg/lt'ye kadar düştüğü gözlenmiştir. Renk ise; 462,3pt/CO'tan 203,0pt/CO'a düşmüştür. Renk ve KOİ değerlerinin yüksek olması sebebiyle atıksu NF membranına verilmiş ve %100'e yakın renk ve KOİ giderim verimleri elde edilmiştir.

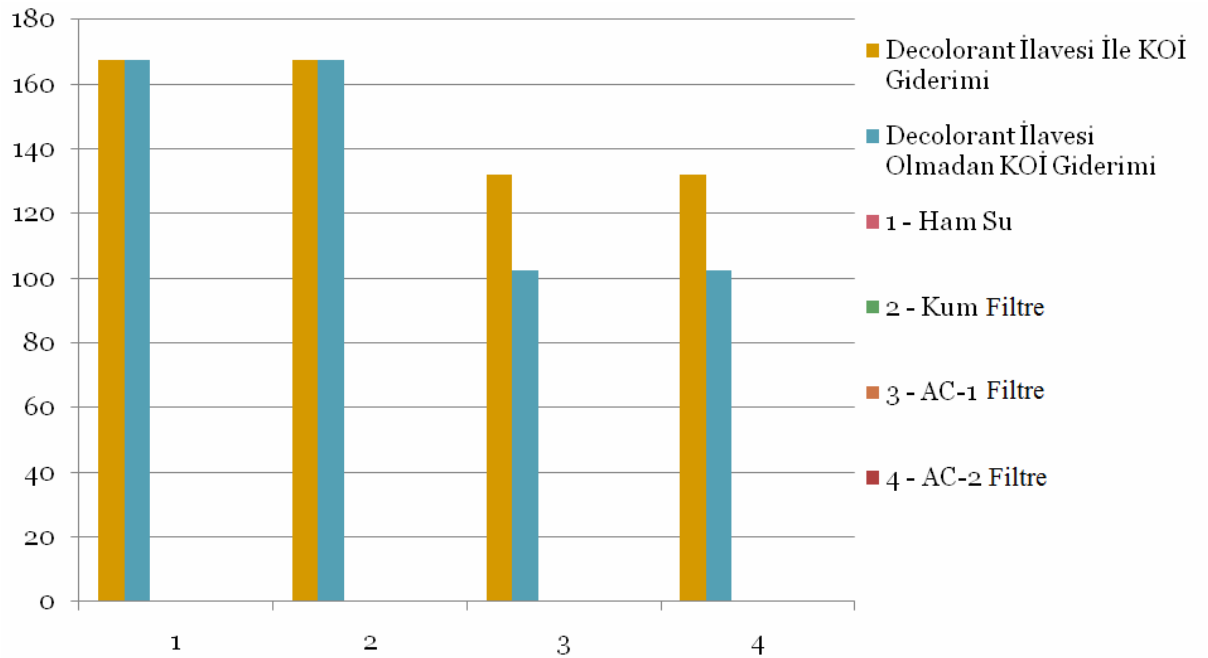
İletkenlik değerinin NF sonrası oldukça yüksek bir verimde değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. KOİ değerinin ise decolorant sonrası elde edilen verime göre daha yüksek bir verimde giderildiği görülmüştür. Decolorant ilavesi ile AK filtrelerde KOİ giderim verimi %21 civarında iken; klor ve decolorant ilavesi yapılmadan elde edilen KOİ giderim veriminin %40 civarında olduğu görülmüştür. Decolorant ve klorun KOİ değeri üzerinde olumsuz bir etkisi olmuştur. Renk gideriminin ise decolorant ilavesi ile elde edilen renk giderim verimine göre daha düşük olduğu görülmüştür. Sertlik değeri ise yine NF sonrası %100 oranında giderilmiştir.

Tablo 8.11: Klor ilavesi sonrası KOİ ve renk giderimi (pH: 8,0)

	İletkenlik (mS/cm)	KOİ (mg/lt)	Renk (pt/CO)
Ham Su	6,8	195,0	456,0
Kum Filtre	7,1	200,1	371,3
Zeolit Filtre	7,2	175,7	321,9
AK-1 Filtre	7,5	157,5	63,5
AK-2 Filtre	6,9	86,4	56,5

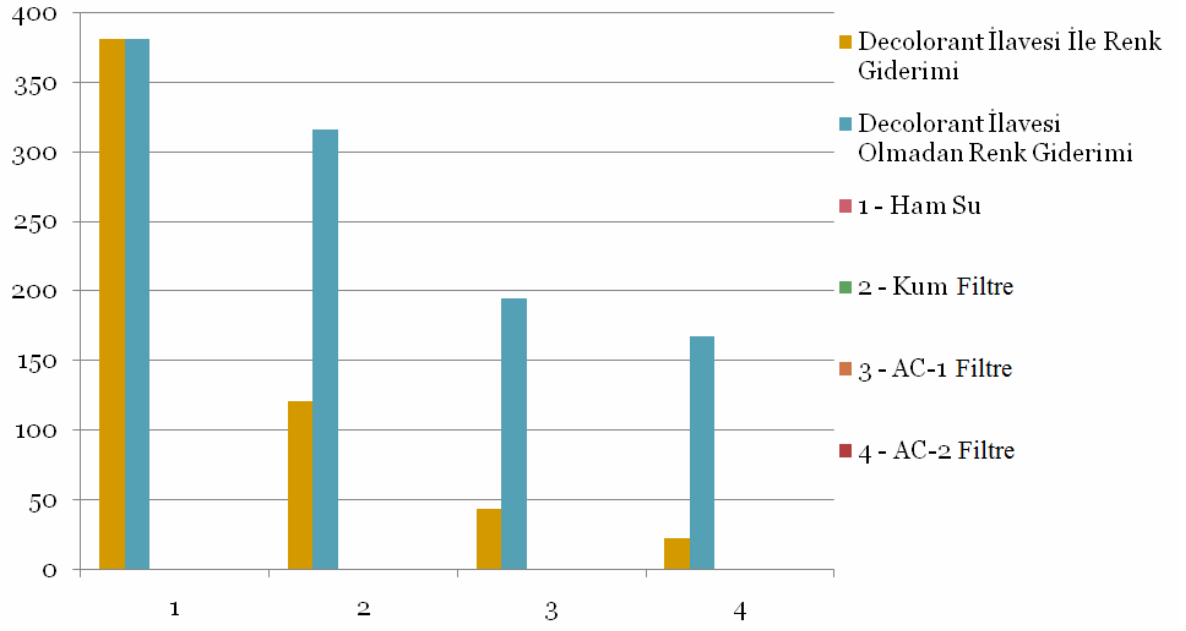
Decolorant ilavesi yapılmadan sisteme sadece klor verildiğinde ise yine KOİ değerinde oldukça yüksek bir giderim verimi elde edilemediği görülmüştür. Renk giderimi ise decolorant ilavesi ile elde edilen renk giderim verimine göre düşüktür. Ancak klor ve decolorant ilavesi yapılmamış olan sisteme göre; klor ilavesi yapılmış olan sistemde renk giderim veriminde daha yüksek değerler elde edilmiştir.

Şekil 8.3'te Decolorant kimyasalı ilave edilmiş ve Decolorant ilavesi yapılmamış atıksu numunelerinde elde edilen KOİ giderim verimleri karşılaştırılmıştır.



Şekil 8.3: Decolorant ilavesi sonrası KOİ giderimi

Şekil 8.4'te Decolorant kimyasalı ilave edilmiş ve Decolorant ilavesi yapılmamış atıksu numunelerinde elde edilen renk giderim verimleri karşılaştırılmıştır.



Şekil 8.4: Decolorant ilavesi sonrası renk giderimi

9. SONUÇLAR

Bu çalışmada; biyolojik olarak arıtılmış tekstil atıksularının, geri kullanılması amacıyla pilot ölçekli bir sistemde arıtımı gerçekleştirilmiştir. Beş farklı tekstil fabrikasından gelen atıksular öncelikle biyolojik arıtma sistemine alınmıştır. Sonrasında ise arıtma tesisi çıkışından alınan atıksular pilot ölçekli ileri arıtma sistemine verilmiştir. Bu sistemde ise ön filtrasyon (kum, zeolit ve aktif karbon) ünitesi, UF ünitesi, NF ünitesine verilmiştir. İleri arıtma sisteminde hazırlanan konfigürasyonlara RO ünitesi de dahil edilmiştir. Ancak RO ünitesinden önce gelen NF ünitesinde elde edilen arıtma verimlerinin yüksek ve yeterli oranlarda olması sebebiyle RO ünitesine gerek duyulmamıştır. Tüm sistemlerden ayrı ayrı elde edilen sonuçlar ise aşağıda özetlenmiştir.

Ön filtrasyon ünitesinde bulunan zeolit filtrasyonun renk ve KOİ gideriminde hiçbir etkisi olmadığı gözlemlenmiştir. Kum filtresi sonrası renk, KOİ ve partikül dağılımının önemli oranda değişmediği gözlemlenmiştir. Fakat kum ve zeolit filtrasyon sonrası AKM değerinin %30 - %50 oranlarda azaldığı görülmüştür.

Uygulanan ön arıtma sisteminde sertlik ve iletkenliğin değişmediği fakat NF ile %99,9 civarında sertlik giderildiği; KOİ değerlerinin ise %95 giderim verimi ile artıldığı gözlemlenmiştir. Böylece RO'ya gerek duyulmadan NF sistemin ile atıksuyun geri kazanılabileceği ortaya çıkmıştır. Ayrıca NF sistemi sonrasında renk değerinin de 300-400pt/CO değerlerinden 1-3pt/CO değerlerine inerek %99,9 verim ile giderildiği gözlemlenmiştir.

UF'nin renk gideriminde etkisi olmadığı görülmüştür. AKM değeri ise UF ile %50 oranında giderilmiştir. KOİ ve renk giderimi ise sırasıyla %24 ve %33 civarlarında gerçekleşmiştir.

Biyolojik olarak arıtılmış atıksular klorlanmadan AK ünitesine verilmiştir. AK ile renk gideriminin sürekli sağlanmadığı görülmüştür. Ön klorlama kullanılmadan AK ile %55 oranında renk, %40 oranında KOİ giderilmiştir. AK ile renk istenilen derecede sürekli giderilemediğinden biyolojik arıtma tesisi çıkış atıksuları klorlanarak AK prosesine verilmiştir. Ön klorlama ile AK ünitesinde %88 oranında

renk giderimi, %56 oranında KOİ giderimi sağlanmıştır. Klorlama yapılmadan AK ile elde edilen renk giderimi %55 iken, ön klorlama uygulandığında %88 olmuştur. Ön klorlama yapılmadan %40 oranında olan KOİ giderimi ise; ön klorlama yapıldığında artarak %56 oranına kadar yükselmiştir. AK öncesi ön klorlamanın kullanılmasının, renk giderimi ve filtrelerin biyolojik film ile kaplanarak tıkanmaması açısından önemli olduğu görülmüştür.

AK prosesine pH'nın etkisi; pH 6,5 – 8,0 aralığında incelenmiştir. pH 6,5 iken AK ile %91 oranında renk, %75 oranında KOİ giderimi sağlanmıştır. pH 8'de iken AK ünitesinde %80 oranında renk giderimi, %60 oranında KOİ giderimi sağlanmıştır. Düşük pH değerlerinde AK prosesinin daha verimli çalıştığı görülmüştür.

Atıksuda renk giderimi için aktif çamur prosesinden alınan atıksu numunesinde decolorant ile koagülasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Koagülasyon sonrası renk giderimi için optimum dozun 0,2mg/lit olurken, KOİ giderimi için optimum dozun 0,1mg/lit olduğu görülmüştür. Yüksek decolorant konsantrasyonunda KOİ değerinin arttığı görülmüştür.

Ayrıca arıtılmış sular tekstil laboratuvarına verilerek; tekstil kalitesi de araştırılmıştır. Entegre ileri arıtma sisteminde sadece kum ve AK'nın kullanılması ile sertlik ve iletkenliğin giderilmemesine rağmen; arıtılmış suların tekstil proseslerinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Bu çalışmaların sonuçları ise bir başka tez çalışmasında sunulmuştur.

Ham su, ön filtrasyondan arıtılmış sular ve NF ürün suyu ile atıksuları tekstil proseslerinde kullanılmak üzere tekstil laboratuvarında denenmiştir. Bu sular farklı seyreltme oranlarında boyamada denenmiştir. Elde edilen sonuçların sertlik ve iletkenliğin boyama, yıkama gibi proseslerde verimi etkilemediği gözlenmiştir. Bu sonuçların tamamı bir başka tez çalışmasında sunulmuştur.

KAYNAKLAR

- Arslan, A., 2008.** Pamuklu tekstil endüstrisi atıksularının membran teknolojisi ile geri kazanımı, *Yüksek Lisans Tezi*, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Correia, V.M., Stephenson, T. And Judd, S.J., 1994.** ‘Characterisation of Textile Wastewaters-a Review’, *Environmental Technology*, 917-929.
- Demiral, N., 2008.** Pamuklu tekstil endüstrisi atıksularının membran teknolojisi ile geri kazanımı, *Yüksek Lisans Tezi*, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Hepşen, R., 2010.** Süt endüstrisi atıksularının membran teknolojisi ile geri kazanımı ve deneysel tasarım uygulaması, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kaya, Y., 2007.** Nanofiltrasyon ile proses sularından organik maddelerin geri kazanımının araştırılması, *Doktora Tezi*, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kestioğlu, K. 1992.** Tekstil Çıkış Sularından Adsorblama Tekniği İle Renk Giderimi, İ.T.Ü. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu, *Dokuz Eylül Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü*, s. 74-85, Bornova, İzmir.
- Kırdar, E., 1995.** Tekstil Atıksularında Renk Giderimi, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kochany, J., Bolton, J. R., 1992.** "Mechanism of Photodegradation of Aqueous Organic Pollutants. 2. Measurement of Primary Rate Constants for Reaction of OH[•] Radicals with Benzene and Some Halobenzenes Using an EPR Spin-Trapping Method following the Photolysis of H₂O₂", *Environ. Sci. Technol.*, 26, 2, 262-265.
- Metcalf and Eddy, 1991.** *Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse*, McGraw-Hill international editions.
- Özkan, Ö., 2007.** Tekstil Endüstrisi Proses Suyu Hazırlanmasında Membran Proseslerin Uygulanması, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Öztürk, İ., Timur, H., Koşkan, U., 2005.** Evsel, Endüstriyel Atıksu Arıtımı ve Arıtma Çamurlarının Kontrolü, *Atıksu Arıtımının Esasları Kitabı*.
- Robinson, T. McMullan, G. Marchant, R. and Nigam, P., 2001** “Remediation of Dyes in Textile Effluent: A Critical Review on Current Treatment Technologies With a Proposed Alternative”, *Bioresource Technology* 77, 247-255.
- Slokar, Y. M. and Marechal, A.M.L., 1998** “Methods of Decoloration of Textile Wastewaters, “*Dyes and Pigments*” 37(4), 335–356.
- Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete.**

TÜBİTAK 1507 – Kobi Ar-Ge Başlangıç ve Destek Programı, ‘7090681 No’lu Pamuklu Tekstil Endüstrisi İçin Entegre Su Geri Dönüşüm Sisteminin Geliştirilmesi ve Ürün Kalitesine Etkisinin Araştırılması’.

Uğurlu, A., Pınar, A., 2004. Doğal Zeolitlerin Atıksu Atıksu Arıtımında Kullanımı, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 28 (2).

96/61/EC Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Direktifinin (IPPC)

Url-1 <<http://www.vitechcizgigroup.com/ters-osmoz.html>>, alındığı tarih 27.04.2011.

Url-2 <<http://www.suaritmabilgi.com/resim/osmoz-ters-osmoz.jpg>>, alındığı tarih 27.04.2011.

Url-3

<http://www.aritmacyiz.com/index.php?option=com_content&task=view&id=24&Itemid=52>, alındığı tarih 12.05.2011.

Url-4 < <http://www.cevreorman.gov.tr/belgeler4/membran.doc>>, alındığı tarih 23.07.2011.

Url-5 <<http://www.filtrekumu.com>>, alındığı tarih 04.08.2011.

Url-6 <<http://bjydc.en.made-in-china.com/product/zMsxCrAvJQUg/China-Activated-Carbon.html>>, alındığı tarih 04.08.2011.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Fatma Burçak BULUT

Doğum Yeri ve Tarihi: UŞAK – 210.03.1985

Adres: Yunus Emre Mah. 6441 Sok. Emin Apart No: 4 / DENİZLİ

Lisans Üniversitesi: Akdeniz Üniversitesi

Yayın Listesi:

- Fatma Burçak Bulut, Burcu Aktan, Hüseyin Selçuk, Fate, Transport and Chemical Treatment of TiO₂ Nano Particles in the Textile Wastewater, ULE2009, Denizli, 2009.