

**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSULARININ
GERİKAZANIMI VE YENİDEN KULLANIMI**

Ramazan ÇETİNER

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2021**

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
1.GİRİŞ.....	6
1. 1.Atıksu Geri Kazanımında İhtiyaçlar	6
1. 2.Tekstil Endüstrisi	13
1. 3.Tekstil Prosesleri	13
1.3.1.Haşıllama.....	13
1.3.2.Yıkama	14
1.3.3.Ağartma.....	14
1.3.4.Merсеризasyon	14
1.3.5.Boyama	14
1.3.6.Apreleme	14
1. 4.Tekstil Endüstrisi Atıksularının Arıtımı	15
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	18
3.MATERYAL ve YÖNTEM.....	21
3.1.Materyal.....	21
3.2.Yöntem.....	23
4.ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	24
4.1.Atık Sulardan Renk Giderim Teknolojileri	24
4.1.1.Biyolojik arıtım	24
4.1.1.1.Bakteriyel arıtım yöntemleri.....	24
4.1.1.1.1.Mantarlarla gerçekleştirilen arıtım yöntemleri.....	26
4.1.1.1.2.Alglerle gerçekleştirilen arıtım yöntemleri.....	26
4.1.1.2.Tekstil atık suların anaerobik-aerobik arıtım yöntemleri	27
4.1.1.2.2.1.pH.....	30
4.1.1.2.2.2.Reaksiyon süresinin etkisi	30
4.1.1.2.2.3.Çamur yaşının etkisi	30
4.1.1.2.2.4.Boyaz madde yapısının ve konsantrasyonunun etkisi	31
4.1.1.2.2.5.Substrat kaynağının etkisi	31
4.1.1.2.2.6.Redoks mediatörlerinin etkisi	32
4.1.1.2.2.7.Yükseltgenme indirgenme potansiyelinin (ORP) etkisi	32
4.1.1.2.2.8.Farklı elektron alıcıların etkisi	33
4.1.1.3.Oksijenli Aromatik Aminlerim giderimi	35
4.1.1.4.Sentetik Tekstil Atıksularının Arıtımında Reaktörler	35
4.1.1.5.Gerçek Tekstil Atıksularından Biyolojik Arıtma Yöntemi ile Renk Giderimi	36
4.1.2.Fiziko Kimyasal Arıtım.....	37
4.1.2.1.Koagülasyon-Flokülasyon	37
4.1.2.2.Elektrokoagülasyon.....	39
4.1.2.3.Dekoloranlar	39
4.1.3.Membran Prosesleri	40
4.1.4.Renk Giderimini Etkileyen Faktörler.....	41
4.1.5.İleri Oksidasyon prosesleri	43
4.1.5.1.Ozonlama.....	43
4.1.5.2.Fotokimyasal Arıtma.....	43
4.1.5.3.Fenton Oksidasyon Proses Süreci	44

4.1.5.4.Elektrokimyasal Arıtma.....	44
4.1.6.UYGUN TEKNİKLER	44
4.1.7.DİĞER PROSESLER	48
5.SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	51
5.1.Sonuçlar.....	51
5.1.Öneriler.....	51
KAYNAKLAR	53
ÖZGEÇMİŞ	60



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSULARININ GERİKAZANIMI VE YENİDEN KULLANIMI

Ramazan ÇETİNER

**Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof.Dr. Sinan UYANIK
Yıl:2021, Sayfa:60**

Ülkemiz ekonomisinde önemli bir rol oynayan tekstil sektörü için atık suyun geri dönüşümü ve yeniden kullanımı büyük önem taşıyor. Tekstil endüstrisi, yüksek su talebi, yüksek konsantrasyonu ve toksik atıksuları nedeniyle birçok çevre sorununa yol açmaktadır. Tekstil endüstrisinden kaynaklı atıksular, belirlenmiş deşarj standartına uygun olması için fizikokimyada ve daha çok uygulanan biyolojik arıtma tesisinde arıtılır. Ayrıca proseste atıksuyun tekrar kullanılması sağlamak için ileri arıtma teknolojileri önem kazanmaktadır. Membran teknolojisi, tekstil atık sularını ve değerli kimyasalları geri dönüştürebilen ve yeniden kullanabilen, daha az yer ve enerji gerektiren güvenilir bir ileri arıtma teknolojisidir. Bu yöntemlerle büyük miktarda atık su geri dönüştürülebilir ve tekstil endüstrisi için yeniden kullanılabilir.

ANAHTAR KELİMELEER: Tekstil, Endüstri, Atıksu, Geri kazanım

ABSTRACT

Master's Thesis

TEXTILE INDUSTRY WASTEWATER RECYCLING AND REUSE

Ramazan ÇETİNER

**Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering**

Advisor: Prof.Dr. Sinan UYANIK

Year: 2021, Pages:60

The recycling and reuse of wastewater is of great importance for the textile industry, which plays an important role in the economy of our country. The textile industry causes many environmental problems due to its high water demand, high concentration and toxic wastewater. Textile industry wastewater is treated in physical chemistry and more commonly used biological treatment plants to meet established discharge standards. In addition, advanced treatment technology is needed to reuse water in the process. Membrane technology is a reliable advanced treatment technology that can recycle and reuse textile wastewater and valuable chemicals, requiring less space and energy. With these methods, large volumes of wastewater can be recycled and reused for the textile industry.

KEY WORDS: Textile, Industry, Waste water,Regain

TEŞEKKÜR

Çalışmanın planlanması ve yürütülmesinde katkısı bulunan, yüksek lisans öğrenimim boyunca destek olan, bilgi birikimi ve tecrübesiyle bana her daim yol gösteren danışmanım Prof. Dr. Sinan UYANIK' a ve bugüne kadar maddi ve manevi olarak yanımda olan ve hiçbir konuda desteğini esirgemeyen aileme teşekkürü bir borç bilirim.



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. 1.Dünyadaki su kaynaklarının dağılımı	6
Şekil 1. 2.Türkiye'nin su kaynakları potansiyeli.....	8
Şekil 1. 3.İleri arıtma sonrası atıksuların yeniden kullanım alanları	11
Şekil 1. 4.Atıksularının geri dönüşüm alanları	12
Şekil 3. 1.Tekstil atık su arıtma tesisinin genel görünümü.....	21
Şekil 3. 2.UF ünitesi (A) ve RO ünitesinin (B) genel görünümü	22
Şekil 3. 3.Atıksu arıtma tesisinin genel görünümü.....	23
Şekil 4. 1.Azo boyar maddelerin ve aromatik aminin oksijenli ve oksijensiz koşullarda biyodegradasyonu.....	27
Şekil 4. 2.Enzimatik azo boya(aril aminler) indirgenmesi	29
Şekil 4. 3.Farklı redoks çiftleri için elektron akışı	33
Şekil 4. 4.Sülfür türlerinin pH ile ilişkisi	34
Şekil 4. 5.Aromatik aminlerin biyodegradasyonu	35
Şekil 4. 6.Kimyasal koagülanların sınıflandırılması	38
Şekil 4. 7.Yüksek basınçta membran prosesleri	40

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

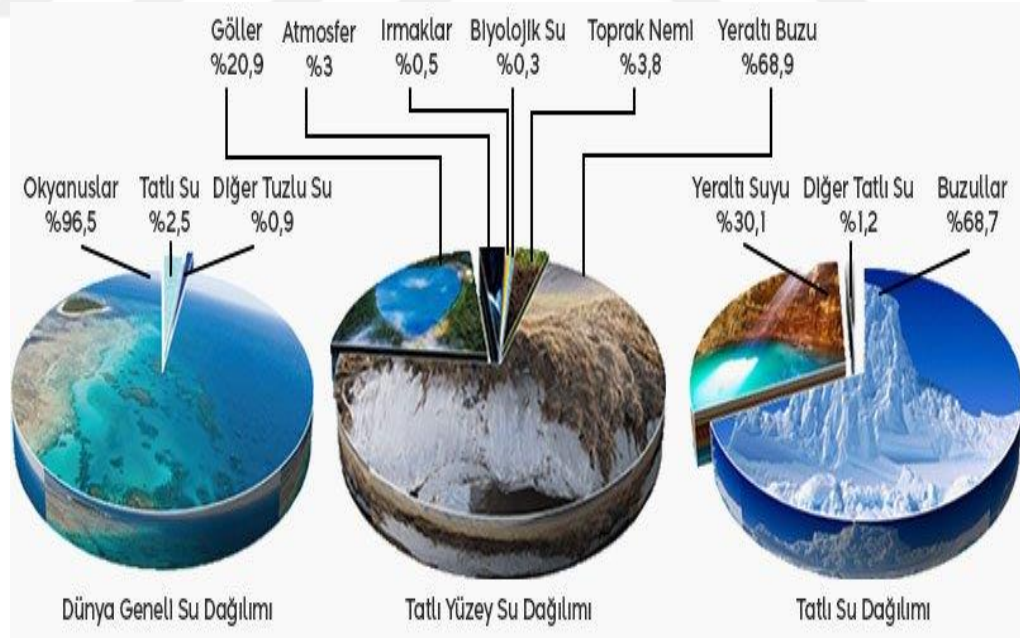
Çizelge 1. 1.Ülkemizdeki su tüketim miktarının sektörel tabanlı incelenmesi	7
Çizelge 1. 2.Akdeniz ülkelerinde su geri kazanım verileri.....	9
Çizelge 1. 3.Boyarmadde kaynaklı atıksular	16
Çizelge 1. 4.Tekstil atıksularının karakterize edilmesi.....	17



1. GİRİŞ

1.1. Atıksu Geri Kazanımında İhtiyaçlar

Yeryüzündeki su miktarı 1 milyar km³'tür. Tatlısu rezervleri Dünyada bulunan toplam suyun yaklaşık %2,5'ini oluşturmaktadır. Bunlardan 7 (2 milyon km³) Antarktika ve Kuzey Kutbu'nun dağlık bölgelerinde buz ve kar olarak, 0,1 (8 milyon km³) ise yeraltı suyu olarak görülmektedir. Dünyadaki suyun çoğu tuzlu sudur. Tatlı suyun çoğubuzdağlarından ve buzullardan oluşur ve erişilmesi zordur. Yeraltı ve yüzey suları, insanın içme ve kullanma suyu olarak temin edebileceği, iklim, nüfus ve yerin ihtiyaçlarına bağlı olarak miktarı ve kalitesi yıldan yıla değişen sulardır. Tatlı su kaynaklarının kıtlığı, bu kaynakların korunması, yenilenmesi ve geliştirilmesi ihtiyacının altını çizmektedir. Göller ve nehirler, ihtiyaç duydukları suyun çoğunu sağlar. Bu karasal tatlı su gölleri ve nehirleri, toplam suyun sadece%1'ini oluşturmaktadır (USEPA,2012).



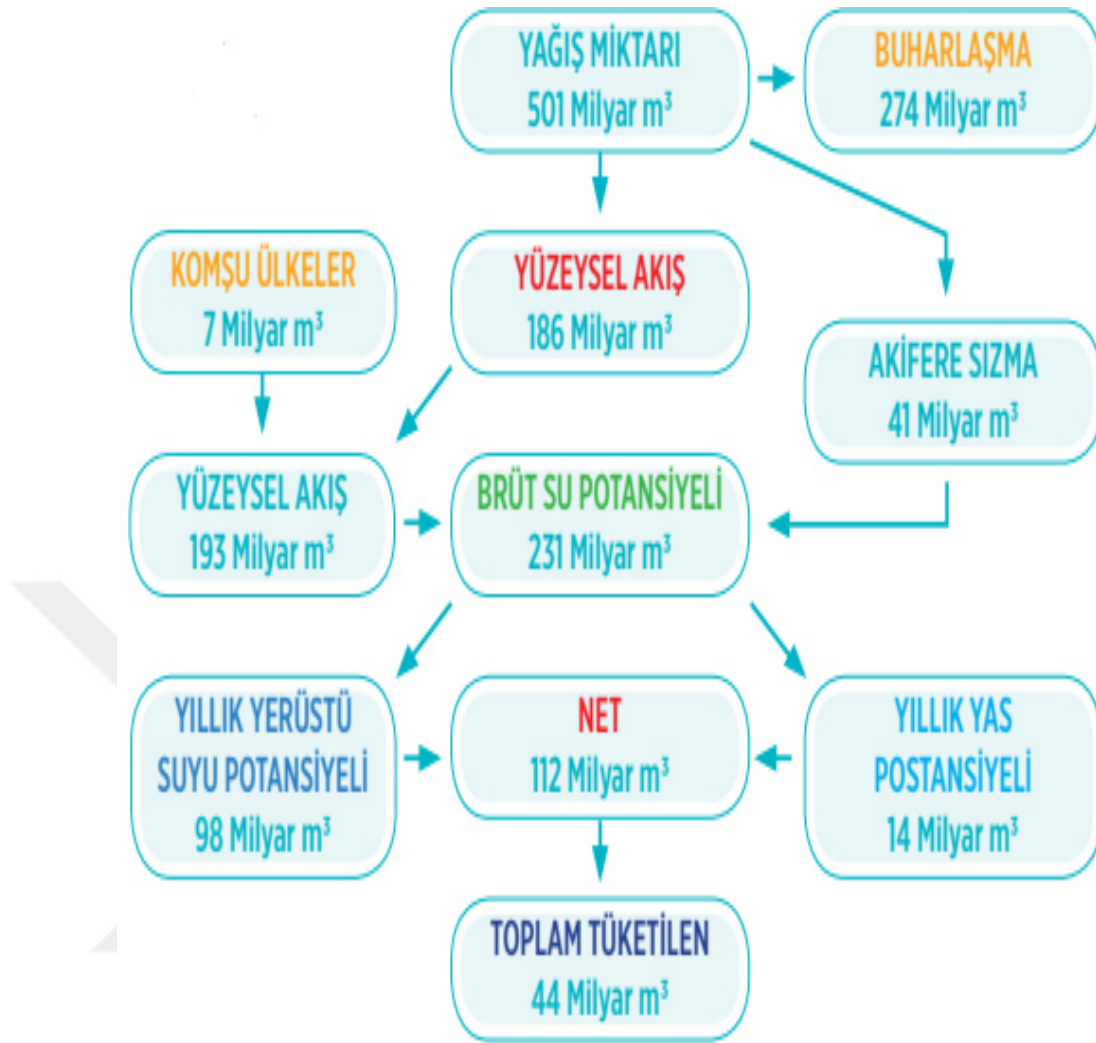
Şekil 1. 1. Dünyadaki su kaynaklarının dağılımı (USEPA,2012)

Çizelge 1. 1. Ülkemizdeki su tüketim miktarının sektörel tabanlı incelenmesi (USEPA,2012)

Yıllar	Su tüketimi		Sektör Alanları					
			İçme-Kullanma		Sanayi		Sulama	
	%	Km ³	%	Km ³	%	Km ³	%	Km ³
1990	28	31	17	5	11	3	72	22
2004	36	40	15	6	11	4	74	30
2016	54	60	10	6	19	11	71	43
2030	100	112	16	18	20	22	64	72

Amerika Birleşik Devletleri’nde atık suyun yeniden kullanımı hacimsel olarak bakıldığında en fazla iken, Katar ve İsrail ise kişi başına en yüksek oranda yeniden kullanma miktarına sahiptir (Angelakis ve Gikas, 2014). İsrail arıtılmış atıksuyun %70’ini farklı alanlarda tekrar kullanmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri’nde %7-8, Suudi Arabistan’da %16, Avusturalya’da %8 oranında arıtılmış atıksu yeniden kullanılmaktadır (USEPA,2012). Geri kazanımla elde edilen sularının tarımsal sulama amacıyla kullanılması çoğu ülkede en çok tercih edilen yöntemdir. Fakat geri kazanım her geçen gün kentsel ve endüstriyel uygulamaları da kapsayacak şekilde genişlemektedir.

Çizelge 1.2’de iklim koşulları birbirine yakın olan bazı Akdeniz ülkelerinin su geri kazanım oranları ve geri kazanılan atıksuların kullanımları sunulmuştur (Kellis vd.,2013). Çizelge 1.2.’den görüldüğü gibi ülkemizde su geri kazanım oranı oldukça düşüktür. Dolayısıyla, su geri kazanımına duyulan ilginin de arttırılması gerekmektedir. Ülkemizde özellikle tatlı su kaynaklarımızın %70’ten fazlasının tarımsal amaçla kullanıldığı göz önüne alındığında, geri kazanımdan elde edilen suların ülkemizde yüksek oranda tasarruf sağlamaktadır.



Şekil 1. 2. Türkiye'nin su kaynakları potansiyeli (Özcan, 2014)

Çizelge 1. 2.Akdeniz ülkelerinde su geri kazanım verileri (TÜİK, 2017).

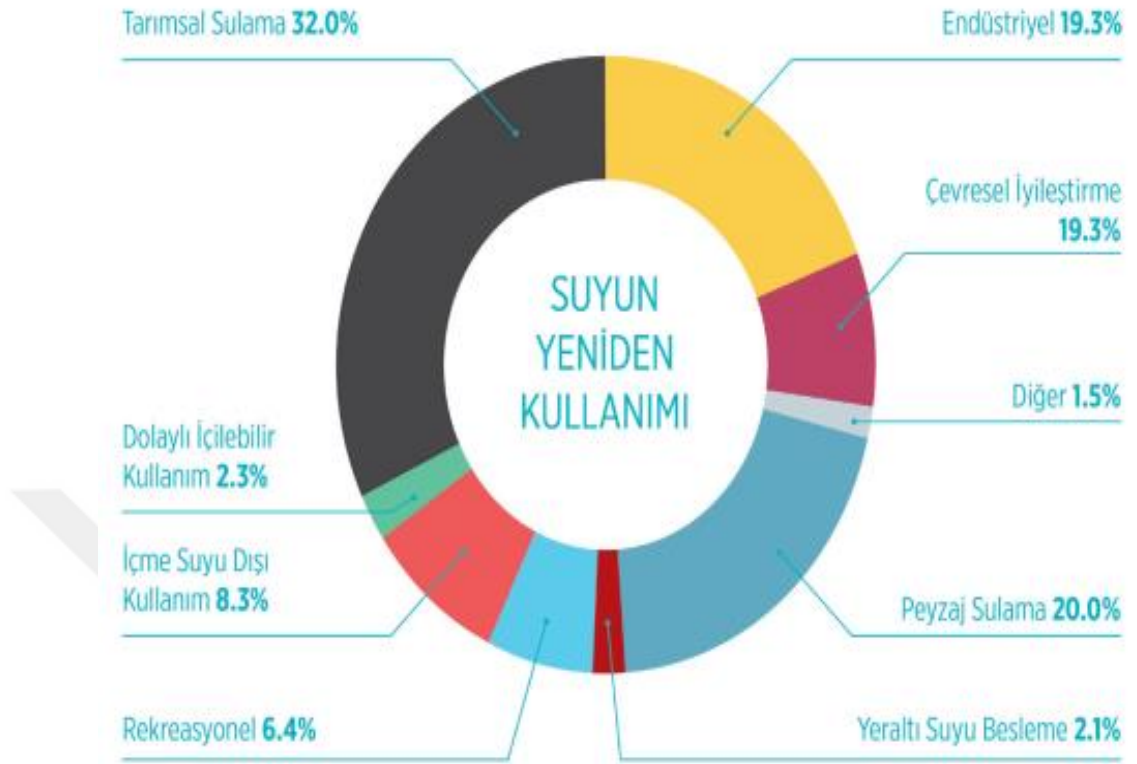
Ülke	Toplam nüfus (x1000), 2006 verileri	Geri kazanılan atıksu (m ³ /gün)	Kişi başı atıksu geri kazanım miktarı (L/gün.kişi)	Atıksuların kullanım alanları
İspanya	43.887	1.117.808	25,4	Tarımsal sulama, Yeraltı suyu besleme, Çevresel iyileştirme
İtalya	28.779	123.288	2,1	Tarımsal sulama, Yeraltı suyu besleme, Çevresel iyileştirme
Yunanistan	11.123	28.000	2,5	Tarımsal sulama, endüstriyel kullanım
Kıbrıs	846	68.493	80,96	Tarımsal sulama, Çevresel iyileştirme
İsrail	6.810	1.014.000	149	Tarımsal sulama, Yeraltı suyu besleme
Türkiye	73.922	136.986	1,9	Tarımsal sulama, belediyelerde, Çevresel iyileştirme

2008 yılına ait Türkiye İstatistik Kurumunun verilerine göre 2008 yılında çekilen su miktarı 11,6 milyar m³'dür.2016 yılında ise toplam 17,3 milyar m³ su doğrudan su kaynaklarından çekilmiştir (TÜİK, 2017). Artan su kullanımı beraberinde artan atıksu problemini de getirmektedir. Endüstriler kuruluşları, Belediyeler, Santraller ve Sanayi kolları tarafından 2008 yılında çevreye 8,7 milyar m³ atıksu verilmiştir. 2016 yılında isedoğrudan çevreye 15,3 milyarm³ atıksu verilmiştir. Çevreye verilen atıksuların yaklaşık olarak %78'si denizlere, %18'i akarsulara,%4'u diğer ortamlara aktarılmıştır. TÜİK verilerine göre yıllık yaklaşık 2 milyar m³ arıtılmış su denizlere deşarj edilmektedir. Uygun ters osmoz prosesleriyle tuzluluk seviyesi ve kirlilik seviyesi kolaylıkla azaltılarak geri kazanılabilecek iken, denizlere deşarjı ülkemiz gibi su stresi yaşayan bir ülke için iyi bir uygulama değildir. Hâlbuki bu kadar yüksek hacimde arıtılmış su tarımsalsulamada rahatlıkla kullanılabilir.

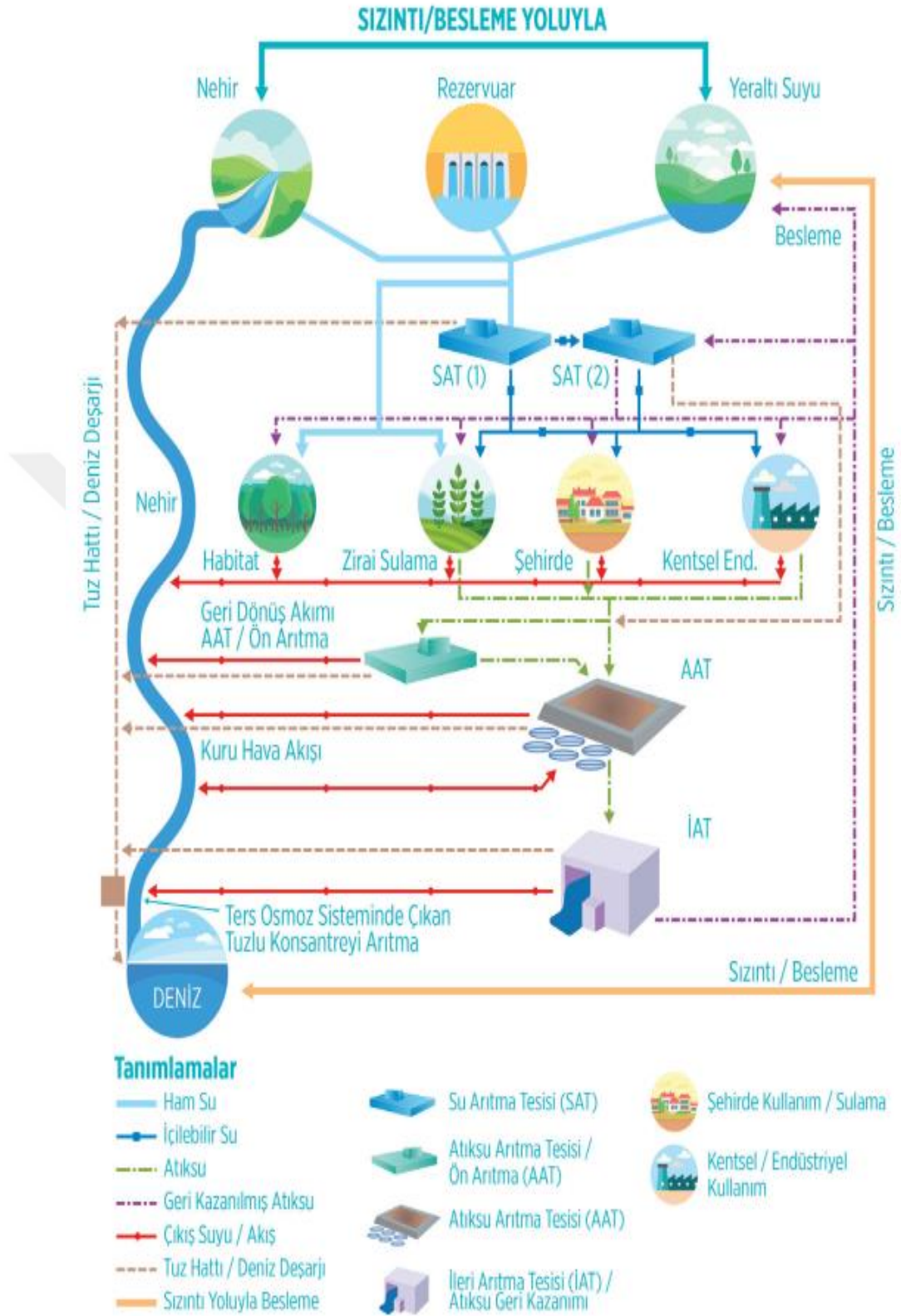
Ülkemizde atıksuların uygun arıtmalarla yeniden kullanımının yetersiz olduğu rahatlıkla söylenebilir. Her ne kadar su kullanımını azaltıcı tedbirler alsak da sürdürülebilir su yönetimi için suyun bir defadan daha fazla kullanımının gerektiği açıktır. Singapur, İsrail ve Kaliforniya'daki büyük atıksu geri kazanım projeleri birer yol gösterici olabilir.

Atıksuların geri kazanılmasının birçok faydası bulunmaktadır. Aşağıda bu faydalardan önemli olanlar sunulmuştur. Ham su kaynaklarının (tatlı ve tuzlu sular) nitelik ve nicelik olarak korunması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması. Arıtılmış atıksu deşarjlarının azaltılmasıyla çevresel ortamlarda etkin nütriyent yönetimi sağlanması. Arıtılmış atıksu deşarjlarının azaltılmasıyla hassas sucul ortamlara ve organizmalara olan olası etkilerin azaltılması. İçme ve kullanma suları için kaynaktan ham su temini, iletimi, arıtımı ve dağıtımının ön yatırım ve işletme maliyetleri bulunmaktadır. Arıtılmış atıksuların geri kullanımıyla bu maliyetler azaltılmaktadır. Global olarak ham su kaynaklarındaki nitelik ve nicelik daralmaları neticesinde içme ve kullanma suları için alternatif su kaynakları bulunması zorunluluğu hasıl olmaktadır. Atıksuların geri kullanılmasıyla alternatif su kaynakları ve arıtımı için ön yatırım ve işletme maliyetleri de ortadan kalkmış olmaktadır. Su ihtiyacının, kesintisiz su talebinin ve su fiyatının en yüksek olduğu yerler genellikle büyük yerleşim birimleri ve büyük şehirlerdir. Arıtılmış atıksular da genellikle yüksek debilerde büyük şehirlerde bulunmaktadır (atıksu arıtma tesisinde). Dolayısıyla, bu iki husus birbirini tamamlamaktadır.

Şekil 1.3. dünya çapında ileri arıtma sonrası atıksuların yeniden kullanım alanlarını göstermektedir (WWAP,2017). Suyun farklı geri kullanımı ile ilgili diyagramları Şekil 1.4'de şematik olarak verilmiştir. Ülkemizde atıksuların geri kazanımına ihtiyaç çok fazla olmasına rağmen bu alandaki uygulamalar sınırlıdır. Nüfusun artmasıyla dünyada suya olan ihtiyaç sürekli artmakta, bu da atıksuların geri kazanımını daha zorunlu hale getirmektedir. Geri kazanılan suların kullanım potansiyellerinin araştırılması, atıksuların geri kazanımı için mevcut atıksu arıtma tesislerinin değişimi, gri su toplanmasına izin veren yapısal dönüşümlerin sağlanması ve farklı endüstri kolları için farklı tekniklerin geliştirilmesi gerekmektedir.



Şekil 1. 3. İleri arıtma sonrası atıksuların yeniden kullanım alanları (WWAP, 2017)



Şekil 1. 4. Atıksularının geri dönüşüm alanları (USBR, 2003)

1. 2. Tekstil Endüstrisi

Tekstil endüstrisi, doğal ve suni liflerin eğrilmesiyle başlayan ve daha sonra bunları kumaş, halı, kumaş ve diğer ürünlere dönüştürülen pürüzsüz sürekli iplikler halinde dokuyan bir dizi işlemdir. Ülkemiz tekstil sektörü farklı üretim aşamalarına sahip ve hızla geliyor, ancak ürettiği atık suların büyük bir çevre kirliliği yükü ve büyük bir akışı var. Atıksular, ResmiGazete'de 31 Aralık 2004 tarihinde yayımlanan 25687 Sayılı "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği"ne göre belirtilen kurallara uygun olarak deşarj standartları dahilinde ortamlara deşarj edilmektedir. Alıcı ortamda veya atık su kanal sisteminde kullanılan suyun işleme maliyeti de endüstriyel prosese büyük yük getirmektedir. Endüstriyel proseslerde su arıtma maliyetinin yanı sıra yüksek su tüketimi su kaynaklarımızın azalmasına neden olmuştur.

Türkiye’de ve Dünya'daki tekstil endüstrisi, liflerin kullanım biçimlerine göre;

- Yün Lifli
- Pamuk Lifli
- Sentetik olmak üzere 3 gruba ayrılmıştır.

1. 3. Tekstil Prosesleri

Tekstil endüstride kullanılan ürünlere uygulanan temel işlemler; apreleme, haşıllama, ağartma, haşıl sökme, merserize ve boyama olarak sınıflandırılmaktadır.

1.3.1. Haşıllama

Tekstilde ince kumaşların dokuma işleminde çok ince iplikler kullanılmaktadır. İnce iplikler, örme işlemi esnasında oluşan gerilimden dolayı kopabilir. Bunu önlemek için nişasta ve dekstrin benzeri maddelerle kumaşın dayanıklılığı artırılır bu işleme boyutlandırma denilmektedir (Kırdar 1995). Haşıl maddesi, atıksudaki oksijen ihtiyacını artıran en iyi maddedir (Kestioğlu, 1992).

1.3.2. Yıkama

Tekstil endüstrisindeki kumaşların boyanması ve terbiye edilmesi için haşıl işleminden dolayı oluşan haşıl malzemesinin uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu işlem atık sudaki kirliliğin %50'sini üretir. Temiz kumaş elde etmek için boyama ve terbiye işlemlerinde klor, sodyum hidroksit, silikat, sodyum bisülfid ve deterjan, nişastanın hidrolizinde ise enzim ve asit çeşitleri kullanılmaktadır (Kırdar 1995).

1.3.3. Ağartma

Ağartma işlemi nedeniyle tekstilin rengi daha beyaz olur ve parlaklığı artar. Ağartma işlemi, örme kumaşlar, dokumalar ve iplikler gibi çoğu forma uygulanabilir. Oksitleyici ajan, selüloz içeren ürünlerin ağartma işleminde kullanılır. Bu maddeler Sodyum Hipoklorit (NaClO), Hidrojen Peroksit (H_2O_2) ve Sodyum Klorür (NaClO_2)'dir (Kestioğlu, 1992).

1.3.4. Mersevizasyon

Mersevize ile tekstillerin parlaklığı ayarlanır. Bu işlem sayesinde pamuk içeren ürünler daha pürüzsüz hale gelir. Mersevizasyon sonrası oluşan atık su yüksek miktarda alkalinite içermektedir (Kestioğlu, 1992).

1.3.5. Boyama

Boyama işlemi farklı şekillerde tamamlanır ve yeni boyalar ve yardımcı maddeler eklenir. Boyama işlemi tekstillerin kirlilik yükünün yaklaşık %30'unu oluşturmalarına rağmen çok fazla atık üretir (Kestioğlu, 1992).

1.3.6. Apreleme

Fiziksel veya kimyasal özellikler açısından farklı kumaşların işlenmesi durumuna apreleme adı verilmektedir. Bu işlem sonucu; yumuşak, sağlıklı, görünüş, pürüzsüz olması ve parlaklık gibi özellikleri daha kaliteli olmaktadır. Apreleme işleminde kullanılan madde çeşitleri; nişasta, dekstrin kolası, balmumları,

amonyum, yumuşatıcı ürünler, çinko klorit, sentetik reçineler ve çeşitli kimyasalları kapsamaktadır. Yukarıda belirtilen kimyasalların kullanımı sonucu kumaşın aşınma düzeyi daha iyi olur, ateşe ve suya dayanıklılığı , küflenmeye karşı daha dayanıklı olur (Kırdar,1995).

1. 4. Tekstil Endüstrisi Atıksularının Arıtımı

Atıksularda arıtıma işlemi , 25687 sayılı ResmiGazetede yayımlanan Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde belirtildiği gibi endüstri söktörlerine göre belirlenen değerlere göre yapılmaktadır. Arıtılan atıksuların bir kısmı alıcı ortamlara veya kanalizasyonlaraaktarımı sağlanmaktadır. Evsel ve endüstriyel atıksularında arıtıma işlemi ise; kimyasal, biyolojik ve fiziksel yöntem ile gerçekleştirilmektedir. Atıksu karakterizasyonunda farklı yöntemler yapılmakta ve atıksular yüksek arıtma ile daha verimli olmaktadır.

Tekstil endüstrisinde elyaf; yünlü, pamuklu ve sentetik olarak 3 grupta incelenmektedir. Kullanılan elyaf çeşidine göre farklı süreç ve işlemler uygulanmaktadır. Pamuk ve sentetik elyaflarda ilk olarak yıkamaya neden olan kirlilik yok iken, yünlü elyaflar daha fazla kirli olmakta ve ilk olarak yıkama işlemi yapılması gerekmektedir (Arslan, 2008).

Tekstil endüstrilerinde; direkt, reaktif, asitdik, bazik, pigment ve dağılan boyar maddeleri kullanılabilmektedir. Kimyasallar ve boyar maddelerin kullanılması sonucunda oldukça komplike atıksular meydana gelmektedir. Boyar maddelerin renk parametreside atıksuları etkilemektedir. Renk, atıksu ortamını direkt olarak etki etmesede farklı yollarla etki etmektedir. Örnek olarak; boyama yapılan ortamın asidik veya bazik ortamlarda yapılması ile atıksuyun pH'nın nötr olmaması ayrıca renk estetik yönden beğenilmemekte ve güneş ışığını geçirmemesi fotosentezi hızını azaltarak oksijen miktarını azalttığı için önerilmemektedir (Arslan, 2008).

Tekstil fabrikalarında meydana gelen atıksuların yapılarında, tekstil endüstrisinde üretim farklılıkları etkili olmaktadır. Tekstil sektöründe su kayıpları

çok yüksek miktarlarda harcanmaktadır. Bu kullanılan sular sonucu oluşan atıksular , yüksek debilerde ve çok yüksek kirlilik yüküne sahiptir. Çizelge1.3'te boyama atıksularının karakterizasyonu sunulmaktadır.

Çizelge 1. 3.Boyar madde kaynaklı atıksular (Arslan, 2008)

Boya Türü	Elyaf Çeşit	pH	Renk (ADMI)	ÇKM (mg/lt)	BOİ (mg/lt)	AKM (mg/lt)	TOK (mg/lt)
Sürekli, Reaktif	Pamuk	9,1	1380	693	103	9	235
Vat	Pamuk	11,9	1900	3947	293	43	260
Kesikli, Reaktif	Pamuk	11,3	3895	12510	0	30	155
Direkt	Viskoz	6,7	12510	2667	16	27	145
Asit	Poliamid	5,1	4000	2028	240	14	315
1:2 Metal Kompleks	Poliamid	6,9	375	3943	578	6	405
Dispers, Yüksek sıcaklık	Polyester	10,2	1245	1700	198	76	360
Bazik	Akrilik	4,5	5600	1468	215	14	250

Tekstil sanayisinin sonucunda meydana gelen atıksuların arıtımın yapılması için öncelikle biyolojik arıtma sistemi önerilmektedir. Farklı durumlarda atıksu standartları sağlanamadığından biyolojik arıtmadan sonra atık suları kimyasal yoğunlaşma yapılmalıdır. KOİ ve renk giderimini oluşması için özellikle kimyasal çöktürme prosesi yapılması gerekmektedir.

Çizelge 1. 4. Tekstil atıksularının karakterize edilmesi (Öztürk ve diğ., 2005)

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

Biyolojik parçalanma zor ,aşırı toksik etkisi olan tekstil atıksularının alıcılar ortamında çok fazla kirliliğe neden olmaktadır. Sürekli kullanılan klasik arıtma sistemi yardımıyla arıtılarak alıcılara aktarılmaktadır. Klasik arıtma sisteminin çıkışında arıtılmış atıksudan artan kirleticilerin ayrı olarak tekrar arıtma yöntemine ihtiyaç vardır.Bu sisteme ileri arıtma sistemi denilmektedir (Öztürk ve diğ., 2005).

Arıtma işleminden kalan atıksudan, bileşiklerin çevreye verecekleri zararlar deşarj edilecek ortamlarına göre değişebilmektedir. Katı ve biyolojik olarak parçalanabilen organik bileşiklerin arıtımın yapılabilmesi için klasik 2. kademe arıtma sistemi yeterli olmasına rağmen deşarjın nehir, göl, dere ve hassas bölgelere aktarılması ile daha fazla arıtım yapılması ve ileri arıtma sistemin kullanılması gerekmektedir (Öztürk ve diğ.,2005).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kocaer (2002), yaptığı çalışmada boyar madde içeren Tekstil atıksularının arıtım alternatiflerini incelemiştir. Son zamanlarda su kirliliğini azaltmak ve kontrol altında tutmak çok önem kazanmıştır. Alıcı su kaynaklarına aktarılan boyar maddeler su kirliliğinin bir kısmını oluşturmakta ve alıcı ortamlarda düşük konsantrasyonlarda boyar madde olması bile estetik olarak istenmemektedir. Bu yüzden boyar maddelerin olduğu tekstil endüstrisi atıksularında renk giderim süreçleri önemli bir yere sahip olmaktadır. Boyar madde olarak kullanılan maddelerin giderimleri için;kimyasal ve fiziksel yöntem ile yapılmaktadır. Fakat bu yöntem çeşitlerinin maliyetleri çok fazla olmakta ve açığa çıkan konsantre çamurun yok edilmesi farklı problemlere sebep vermektedir.

Vardar (2006), yaptığı çalışmada Tekstik endüstrisi reaktif boya banyolarının elektrokimyasal yöntemlerle arıtımını incelemiştir. Bu çalışmada, tekstil endüstrilerinde boyama sürecinde kullanılmakta olan reaktif boyalar banyosu elektrokimyasal arıtma yardımı ile renk ve KOİ giderimi konusu incelenmiştir. Elektrokoagülasyon uygulama esaslarının belirtilerek yapılan deney sonuçları ile beraber koagülasyon-flokülasyon ve Fenton deney sonuçlarına göre arıtma uygulamaları arasından en uygun olan arıtma düzeni belirlenmiştir.

Karataş (2008), yaptığı çalışmada Tekstil boyalı atıksuların biyolojik arıtımını incelemiştir. Araştırmada RB 5 (Reaktif Black 5), RR 24 (Reaktif Red 24) ve RB 49 (Reaktif Blue) , 3 adet tekstil boyarmaddelerini kapsayan sentetik atıksular, kesikli anaerobik ve devamlı besleme yapabilen anaerobik YAÇYR (yukarı akışlı çamur yatak reaktör) ,SKAR (sürekli karıştırılmalı aerobik reaktör) ardışık sistem ile renk giderimi araştırılmıştır. Anaerobik şartlardafarklı kültür tarafından RB 5 ve RR 24 boyalarının 150-2400 mg/L arasında değişen konsantrasyonları 24 saatlik inkübasyon zamanında %93,4-99,8 arasında giderim sağlanmıştır. Ancak, RB 49 boyası ile 72 saatlik inkübasyonda bile %16,5-22,9 arasında giderim sağlandığı tespit edilmiştir. Boyaların renk giderim hızı birinci dereceden reaksiyon kinetiğine uyduğu

görülmüştür. Bu boyaların, YAÇYR-SKAR ardışık sistemle arıtımında, renk ve KOİ giderimi, metan gazı üretimi üzerine, hidrolik bekleme süresi (HBS), boya ve organik yükleme, besi/mikroorganizma (F/M) oranı, çamur yaşı (ÇBS) gibi işletme parametrelerinin etkisi araştırılmıştır. HBS'nin 30,12 saatten 3,2 saate düşmesi ile RB 5 ve RR 24 boyalarının renk ve KOİ giderim verimi sırası ile %100-90,7 ve %95,2-66,5 arasında değişim göstermiştir. Boya konsantrasyonlarının 150 mg/L'den 2400 mg/L'ye artması ile RB 5 ve RR 24 boyalarının renk giderimi %100-92,8 KOİ giderimi ise %93-%62,9 arasında değişmiştir. Ayrıca renk giderimi üzerine glikoz ve alkalinite konsantrasyonlarının etkisi araştırılmıştır. Düşük glikoz ve alkalinite konsantrasyonlarında bile %98'den fazla renk giderimi elde edilmiştir. Ardışık anaerobik-aerobik sistemde 30,12 ile 3,2 saat arasında değişen HBS'lerde RB 49 boyasının renk giderimi %24-14 arasında elde edilmiştir. Sonuç olarak, ardışık YAÇYR-SKAR sistemle tekstil endüstrisi atıksularında boyanın kimyasal yapısına bağlı olarak yüksek renk giderimi ve KOİ giderimi sağlanabileceği tespit edilmiştir.

Erdoğan (2010), yaptığı çalışmada Tekstil atıksuyundaki boyar maddelerin Lignin ile adsorpsiyonunu incelemiştir. Tekstil endüstrisi atık suyunda çevreye zarar veren boyarmaddelerin uzaklaştırılması çok büyük önem kazanmıştır. Kâğıt üreten fabrikalarda açığa çıkan siyah lignin likörü endüstriyel atık olup büyük ölçüde çevre kirliliğine sebep olabilmektedir.

Bulut (2011), yaptığı çalışmada;İlk olarak pamuklu tekstil endüstrisinden açığa çıkan atıksu karakterizasyonu belirlenip daha sonra ise klasik arıtma sistemlerinin tekstil atıksularını arıtmada yeniden kullanımı için verimleri incelenmiştir. Atıksularının yeniden kullanımı için entegre membran sistemlerinin kullanılması gerektiği ön görülmüştür.

Yarmuhammed (2012), yaptığı çalışmada Tekstil atıksularının membran prosesleri ile geri kazanımında ön arıtmanın etkisini incelemiştir. Tekstil endüstrisinde üretimlerde kullanılan suların iyi kalitede olması önemlidir. Kullanılan suların kaliteleri tekstil tesislerinde üretilen malzemelerin iyi bir kalitede olması önemlidir.

Proses sularının iyi bir kalitede olmaması ürünlerin kalitesiz olmasına neden olmaktadır. Yani, kaliteli ürün üretmek amacıyla proses sularının kalitesi önemli olmakla beraber tekstil atıksularının geri kazanımında membran prosesi yüksek performans etkileri ile sağlamaktadır. Yüksek performansta membran prosesi başarılı üretimi için ön arıtma yöntemi büyük fayda sağlamaktadır. Ön arıtmanın belirlenmesi tesisin performansını artırabilir.

Yamaç (2016), yaptığı çalışmada Tekstil Boyar maddesini sulu çözeltilerinden elektrokimyasal yöntemler ile giderimini incelemiştir. Mikroelektroliz ile yapılan deneylerde boya giderimi için çözelti derişimi, dolgu maddesi, elektriksel iletkenlik, pH ve besleme durumu araştırılmıştır. Elektro koagülasyon ile yapılan deneylerde akımın yoğunluğu, pH, gerilimin boya giderimi, destek elektrolit derişimi ve enerji Tüketimine olan etkisi araştırılmıştır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Tekstil üretim tesisinde oluşan atıksular membran prosesleriyle geri kazanılmaktadır. Tekstil atıksu arıtma tesisinde kimyasal ve biyolojik arıtma yapılmaktadır. Atıksu arıtma tesisi, dengeleme havuzu; hızlı ve yavaş karıştırma, kimyasal çöktürme, aktif çamur havalandırma ve son çökeltim ünitelerinden oluşmaktadır. Tekstil atık su arıtma tesisinin görünümü Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3. 1. Tekstil atık su arıtma tesisinin genel görünümü

Kimyasal ve biyolojik olarak arıtılmış atıksuyun bir kısmı atıksu geri kazanım tesisine alınmaktadır. Atıksu geri kazanım tesisi ön arıtma, UF ve RO ünitelerden oluşmaktadır. Atıksu arıtma tesisi çıkışından alınan su ilk olarak atıksu geri kazanım

tesisinde bulunan dengeleme havuzuna gönderilmektedir. Dengeleme havuzu girişinde oksidant ve renk giderici katyonik polimer dozajı yapılmaktadır. Dengeleme havuzu sonrası 200 µm ve 100 µm elek aralığına sahip 2 adet otomatik temizlemeli mekanik filtrelerden geçirilerek atıksuda bulunan partiküler maddeler tutulmaktadır. Mekanik filtrasyondan sonra 2 adet aktif karbon filtresi mevcuttur. Aktif karbon filtrelerde granüler aktif karbon kullanılmaktadır. Aktif Karbon filtrasyonu sonrası atıksu tekrar 20 µm elek aralığında mekanik filtrasyondan geçerek UF ünitelerine gönderilmektedir. Atıksu geri kazanım tesisinde toplam 3 adet UF kümesi mevcut olup, her kümede 48 adet UF (hollow fiber, PVDF materyal) modülü bulunmaktadır (Şekil 3.2).



Şekil 3. 2. UF ünitesi (A) ve RO ünitesinin (B) genel görünümü

UF çıkış suyu 5 µm gözenek çaplı kartuş filtrelerden geçerek RO prosesine gönderilmektedir. RO prosesi geri kazanım oranı yaklaşık olarak %75'dir. Tesiste 3 adet RO kümesi bulunmaktadır (Şekil 6.6b). Tekstil firmasının yanında bulunan enerji üretim tesisinin soğutma suyu ihtiyaçlarını gidermek için atıksu geri kazanım tesisleri inşaa edilmiştir. Soğutma sistemlerinde kullanılması ile enerji üretim tesislerinde fazla miktarda su tüketimi yapılmaktadır. Tekstil üretim tesis ve enerji üretim tesisi yan yana konumlanmıştır.

3.2. Yöntem

Tekstil üretim tesisinden oluşan atıksuyun geri kazanılarak enerji üretim tesisinde kullanılması endüstriyel simbiyozla örnek bir yaklaşımdır. Enerji üretim tesisinin soğutma suyu ihtiyaçlarına direk olarak doğal kaynakların kullanımı yapılmadan, tekstil atık su arıtma tesisleri çıkış sularının geri kazanılması ile karşılanmaktadır. Atıksu geri kazanım tesisi oluşan konsantre tekstil atık su arıtma tesis girişine gönderilerek alıcı ortama konsantre deşarjı yapılmamaktadır. RO konsantresinin arıtma tesisi başına gönderilmesi yerine, tesis içinde farklı kullanım noktalarında geri kullanımının değerlendirilmesi yapılabilir.



Şekil 3. 3. Atıksu arıtma tesisinin genel görünümü

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Atık Sulardan Renk Giderim Teknolojileri

4.1.1. Biyolojik arıtım

Biyolojik arıtma sistemi, daha az kalıntıoluşumu, düşük maliyeti ve çevreyi etkileyebilecektoksik yan ürünlerin oluşmaması, çevreyeolumsuz etkisi gibi avantajları nedeniyle günümüzde enpopüler çevre dostu arıtma teknolojilerinden biridir. Renkli atık suların arıtılmasında kullanılan bir atıksu arıtmaışlemidir.

Boya maddelerinin ,boyalar, melas, lignin, melanoidin vb. biyolojik yönlerinin mikrobiyal aktivite yoluylagerçekleştirildiği(in vivodönüştürme) prensibine dayananbiyolojikbeyazlatmaışlemi. Mikroorganizmalarbiyoremediasyonda görev almaktadır. En yaygın olarak kullanılanmikrobiyal gruplar ;mantarlar ,bakteriler , vealglerdir.Mikrobiyaltopluluklarkullanılarak yapılanbiyoremediasyon uygulamaları aşağıdaki bölümlerde detaylandırılmıştır.

Türkiye genelinde renkli atıksu üreten sektörebakıldığındaen önemli sektör tekstilsektörüdür. Tekstil endüstrisinden sonra en yaygın renkli atık su üreten Yiyecek, deri, kâğıt gibi endüstrilerdir. Bu bölüm, renkli atık suların biyolojik arıtma ile arıtılmasına ilişkin bilimsel araştırmaları sunar.Araştırmacılar, saf veya karışık bakteri, mantar ve alg kültürlerini kullanıpatık sudan rengini yavaşça çıkarmayı başardı.

4.1.1.1. Bakteriye arıtım yöntemleri

Bakteriye arıtımı genellikle aerobik(oksijenli) veya anaerobik (oksijensiz) koşullarda gerçekleştirilir. Bu koşullar altında farklı redoks potansiyellerinde gerçekleştirilen renk değişikliği çalışmaları aşağıda detaylandırılmıştır.

Renklendirmenin hammaddesi boyadır. Boyalar ağırlıklı olarak tekstil, gıda ve deri gibi çeşitli sektörlerde ürünleri renklendirmek için kullanılmaktadır. Boyanın üründe tutulmayan kısmı atık su ile karışarak renk verecektir. Boyanın biyo bozunurluğunda en önemli husus, uygulama tabakası değil, boyanın kimyasal yapısıdır. Azoboyalar en çok bilimsel araştırmalarda bakteriyel renk bozulmasını gidermek için kullanılmıştır. Azo bağının doğal yapısı, azo boya molekülünün oksidasyon reaksiyonlarına duyarlı olmasını engeller. Bu bakımdan azo boyalar genellikle aerobik koşullar altında bakteriyel biyo bozunmaya karşı dirençlidir. Azo boyalar gibi sentetik boyalar, aerobik koşullar altında mikrobiyal bozunmaya karşı dirençlidir, ancak son yıllarda aerobik koşullar altında azo boyaları bozan birkaç bakteri grubu izole edilmiştir. Çoğu, büyüme ve gelişme için azo boyaların kullanımına izin vermez, bu nedenle organik bir karbon kaynağı gereklidir (Stolz, 2001).

Bu durumlar boyanın aerobik bakterilerden kaynaklı bir kayıp olamadığını yani karbon ve enerji kaynağı olarak kullanılmadığı belirtilmektedir. *Bacillus subtilis*, aerobik bir ortamda sadece başka bir enerji kaynağı ve karbon (glikoz) ortamda mevcut olduğunda p-aminoazobenzen'i bozabilir (Zissi ve diğerleri, 1997).

Öte yandan, anaerobik koşullar, boya içeren atık suların arıtma işlemlerinde daha fazla kullanım sağlanmaktadır. Anaerobik koşullar altında azo boyalar indirgenip, renk giderimleri sağlanmaktadır (Baughmann ve Weber, 1990). Süreç "azoredüktaz" denilen parçalanmış enzimler tarafından yapılır. Enzimler, anaerobik koşullar altında çözünmüş flavin yoluyla belirli bir azo boyasına elektron transferinden sorumludur. Bu nedenle azo boyar maddeler bu enzimler tarafından indirgenir. Bazı azoredüktaz enzimleri, bazı sülfid azopolimerleri yüksek oranda yüklü olduğundan ve azo boya molekülleri hücre zarını geçmeyi zor bulduklarından sitoplazmanın dışında yer alabilir (Keck ve diğerleri, 1997). Azo boyalarda anaerobik ortamda ise renk olmadan veya aromatik aminlere indirgenmeleri kolaydır ancak tamamen mineralize edilmesi zordur. Aromatik deaminasyon için aerobik koşullar

gereklidir. Bu bağlamda anaerobik koşullar, azo boyaların biyo degradasyonunda ilk adımdır.

4.1.1.1.1. Mantarlarla gerçekleştirilen arıtım yöntemleri

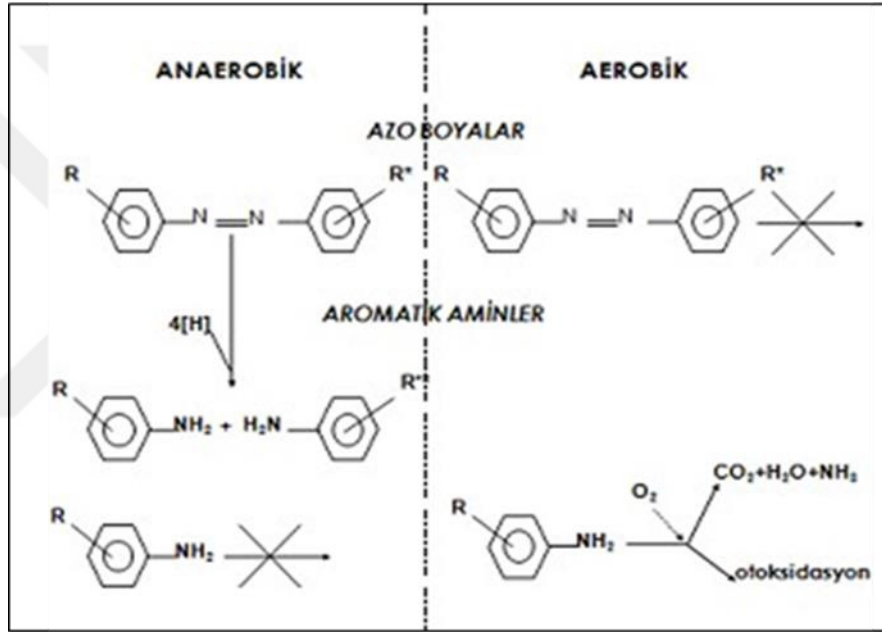
Günümüze kadar, boyaların biyolojik bozunması üzerine gerçekleştirilen bilimsel araştırmalarda en yaygın olarak bilineni cins organizma beyaz çürüklük mantarıdır. Bu organizma grubu, küresel karbon döngüsünün merkezinde yer alır, çünkü karmaşık bir makro molekül yapıda bir bitki materyallerinden olan ligninin parçalanmasında önemli bir rol oynar. Lignine ek olarak, beyaz çürüklük mantarlarında çok çeşitli kalıcı organik kirleticiler, biyolojik olarak parçalanmasında rol oynar. Manganez peroksidaz (MnP), lignin peroksidaz (LiP), ve lakkazın spesifik olmayan enzimleri kullanarak bu geniş spektrumlu organik kirletici olanlar biyolojik yönden parçalanır. Boya içeren atık sularda beyaz çürüklük mantarlarının renk değişikliği ilk olarak Phanerochaete chrysosporium türlerinin lipolitik aktivitesini ölçmek için bir yöntem bulan Glenn ve Gold (1983) tarafından rapor edilmiştir. Biyo bozunma için kullanılan boya ve enzimlerin karmaşık yapısı nedeniyle, beyaz çürükçül mantarların kullandığı biyobozunma yolu, Phanerochaete chrysosporium dışında tam olarak belirlenememiştir (Smyth ve ark., 1999).

4.1.1.1.2. Alglerle gerçekleştirilen arıtım yöntemleri

Çok sayıda çalışma, alglerin azo boyalarını azaltabildiğini bildirmiştir (Semple ve diğerleri, 1999). Alglerin ayrıca, sülfonatlı aromatik aminler ve daha birçok aromatik amini bozduğu gösterilmiştir. Dışmekan atık su arıtma tesislerinde, septik tanklarda, algler, renk ve aromatik aminlerin giderilmesine yardımcı olabilir. Bazı algler (Microcystis sp. gibi) kâğıt endüstrisinden gelen atık suyun rengini değiştirmeyi başarmıştır. Karışık ve saf alg örnekleri için iki aylık bir inkübasyonun, pH'ında renk açma verimi ürettiği gözlemlenmiştir (Lee ve diğerleri, 1978). Ancak, alglerle yapılan çalışmalar atık suyun rengini tamamen ortadan kaldırmadığından bu önerilen arıtma uygulamaları içinde yer almamaktadır.

4.1.1.2. Tekstil atık suların anaerobik-aerobik arıtım yöntemleri

Bakteriler ile yapılan devamlı oksijenli ve oksijensiz şartlarda kullanıldıkları biyolojik yöntemler bugün boyar maddeli tekstil atıksuların arıtımında oluşturulmuş yeni arıtma yöntemidir. Azo boyalar aerobik olarak giderilebildiği için anaerobik koşullarda, anaerobik renk gidermeileoluşan aromatik aminler ise dirençli ve anaerobiktir. Bu koşullardaki gazlar cinsel koşullar altındagiderilebilir. Boya içeren renkli lifli atık su, yalnızcasürekli anaerobik ve aerobik koşullar altında elde edilebilir. Süreç birlikte kullanılarak elde edilebilir .



Şekil 4. 1. Azo boyar maddelerin ve aromatik aminin oksijenli ve oksijensiz koşullarda biyodegradasyonu (Cırık, 2010)

Anaerobik renk gideriminin sağlandığı işlem ilk aşama olarak yapıldı, renk giderimleri neticesinde meydana gelen toksik veya renksiz aromatik aminlerin aerobik şartlarda yok edildiği işlemler arıtmanın 2. Aşama olarak adlandırıldı.

4.1.1.2.1. Anaerobik Renk Giderimi

Azo boya indirgeme alanındaki ilk ilgili araştırma, gıda azo boyalarının insanların bağırsağından izole edilen laktik asit bakterileri kullanılıp ağartıldığı 1937'de yayınlandı (van der Zee, 2002). Bu nedenle sindirim sistemlerinde aromatik aminlerin meydana gelmesi insan sağlığını tehdit ettiğinden, bakteriyel azo boyar maddelerin azaltılmasına yönelik çalışmalar yapmış olduğumuz memelilerin sindirim sistemindeki anaerobik (bulaşıcı) bakterilere odaklanmıştır. Daha sonra, atık suyun renk giderimi ile ilgili olarak, azo boyanın anaerobik olarak giderimi, saf kültürler, karışık kültürler, anaerobik kalıntılar, konsantre çamur, anaerobik granüler çamur, aktif çamur gibi çeşitli bakterileri kullanır. Anaerobik koşullar altında farklı bakteri popülasyonlarına sahip farklı azo boyaların azaltılmasında birçok çalışma başarılı olmuştur.

Azo boyaların biyolojik indirgenmesi, elektron alıcı azo boyasında organik bileşiklerin oksidasyonu sırasında üretilen enzim tarafından elektronların uzaklaştırılmasına dayanır. Azo boyaları indirgeyen enzimler spesifiktir (sadece azo boyaların indirgenmesini katalize eder) veya spesifik değildir (azo boyaları dahil birçok bileşiğin indirgenmesini katalize eder). Azoredüktaz adı verilen ve azo boyalarını parçalayan spesifik bir enzimin varlığı, geçirgen olan ve kaynak olarak azo boyası, karbon ve enerji kullanarak çoğalabilen bir dizi aerobik bakteri ile yapılan çalışmalarda gösterilmiştir. Bu türler, aşırı aerobik koşullar altında, azo bağlarının bölünmesiyle başlayan bir metabolik süreç kullanarak çoğalırlar (Kulla ve diğerleri, 1983). Aerobik aerobik bakterilerin ortamda olması ilk önce aerobik bakterilerden azoredüktazlar yardımı ile izole edilip ve karakterize edildiğinde tespit edildi (Zimmermann ve diğerleri, 1982; Zimmermann ve diğerleri, 198). Bu hücre içi (hücre içi) azoredüktazlar yapısal olarak boyaya özeldir. Bu spesifik azoredüktazlara ek olarak *Shigella dysentis*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*. Spesifik olmayan (spesifik olmayan) azoredüktaz enzimleri ve benzerleri, aerobik büyüme yeteneğine sahip kültürlerden izole edilmiştir (Suzuki ve diğerleri, 2001).

Boya yapısı (moleküler kütle,boyut, içerdiği sülfonik asitgruplarının sayısı) ile indirgeme oranı arasındaki ilişkinin yorumlanamaması,azo boyaların hücre içi indirgeme mekanizmasının önemli olmadığı düşünülmektedir.Böylece, oksijensiz azo boya indirgemesi hücre dışı olarak meydana gelir veya doğrudan periplazmik enzim tarafından ya da dolaylı olarak yeniden yapılandırılmış periplazmik enzim tarafından indirgenen elektron taşıyıcıları tarafından katalize edilir. Şekil 5.2’de anaerobik koşullar altında azo boyaların enzimatik indirgenmesinin şematik bir diyagramını göstermektedir. Substratın oksidasyonundan salınan elektronlar,azo boyayı bir elektron alıcısı olarak hareket etmek için azaltır. Anaerobik proseslerde genellikle yükselir. Çoğu çalışmada Pve bazı boyalar için 0 geçti. Renk giderme elde edebilirsiniz. Ağartma etkisi kullanılan boya tipine bağlıdır. Aynı çalışma koşulları altında farklı boyalar kullanılırsa, ortaya çıkan renk açma etkisi boyalar arasında farklılık gösterebilir ve kullanılan boya tipine bağlı olarak renk açma etkisi farklılık gösterir.



Şekil 4. 2. Enzimatik azo boya(aril aminler) indirgenmesi (Kılıç ve diğerleri, 2007).

4.1.1.2.2. Anaerobik Renk Giderimini Etkileyen Faktörler

Anaerobik arıtım sürecini etkileyen etmenleri ,

- Redoksmediatörleri
- pH
- Oksijensiz reaksiyon süreleri

- Çamur yaşları
- Boyar maddelerin çeşidi ve yoğunluğu
- Substrat çeşidi ve yoğunluğu
- OR
- Farklı e (elektron) alıcıların varlığı

4.1.1.2.2.1. pH

Anaerobik renk değişimleri , normal pH : 6-10 aralığında olduğu bildirilmiştir (Chen ve diğerleri, 2003; Guo ve diğerleri, 2007; Kılıç ve diğerleri, 2007). Bu pH değerinden az ise (asidik) veya daha yüksek (alkali), beyazlatma etkisi önemli ölçüde azalır. Çevresel pH'ın azo boyaların hücre zarlarından geçişini etkilediği rapor edilmiştir ve bu adım renk gidermede sınırlı bir rol oynar (Chang ve diğerleri, 2001b; Kodam ve diğerleri, 2005).

4.1.1.2.2.2. Reaksiyon süresinin etkisi

Anaerobik reaksiyon süresi, rengin biyolojik olarak ortadan kaldırılmasında önemli bir faktördür. Boyanın karmaşık yapısı nedeniyle mikroorganizmalar tarafından biyolojik olarak parçalanması genellikle zordur. Anaerobik koşullar altında boyanın uzaklaştırılması uzun bir reaksiyon süresi gerektirir. Anaerobik süreç kısaltıldığında, genellikle daha az verimli renk giderme elde edilir. Anaerobik çevrim süresinin kısalmasının tüm sistemin beyazlatma verimini olumsuz etkilemediği, aksine anaerobik beyazlatma veriminin arttığı gözlemlendi.

4.1.1.2.2.3. Çamur yaşının etkisi

Diğer bir önemli faktör, azo boyasının anaerobik olarak uzaklaştırılması sırasında biyokütle konsantrasyonuna dikkat edilmesidir. Ardışık kesikli reaktör

kullanan çalışmlarda, çamur yaşı 10ve 15 gün içinde çıktıkça ağartmanın 0'dan0'a düştüğü gözlemlenmiştir (Lourenço ve diğerleri, 2000). Yavaş anaerobik renk değişikliğinedeniyle reaktörlerde kullanım için uzun süre (15 gün veya daha fazla) geçen çamurlar tercih edilir.

4.1.1.2.2.4. Boyar madde yapısının ve konsantrasyonunun etkisi

Sentetikler Sentetikboyalar çok farklı kimyasal yapılara sahiptir.Bu farklılıklar, organik boyaların eliminasyonunu büyük ölçüde değiştirir. Basit kimyasal yapılar ve düşük moleküler ağırlıklı boyaların parçalanması daha kolaydır,ancak SO₃H, SO₂HN₂ gibi fonksiyonel gruplara sahip yüksek moleküler ağırlıklı boyaların yavaş ayrıştığı gözlemlenmiştir (Hsueh ve diğerleri, 2009; Pearce ve diğerleri, 2003; Sani ve diğerleri, Banerjee, 1999). Benzer şekilde monoazo boyaların diazo ve triazo boyalardan daha hızlı bozunduğu bildirilmiştir (Hu, 2001). Azo bağının parçalanmasında ve renk gideriminde rol oynayan azoredüktaz enziminin boyanın kimyasal yapısı ile ilişkili olduğu gözlemlenmiştir (Kulla ve ark. 1983).

Ağartma işlemini etkileyen diğer bir parametrede kullanılan boya konsantrasyonudur. Birçok çalışmada kullanılan boya konsantrasyonu, boya atıksularındaki (10250 mg/L) ortalama boya konsantrasyonunu aşmıştır(O'Neill ve ark., 1999). Daha yüksek boya konsantrasyonları ya reaktördeki azo boyanın indirgeme kapasitesini aşar ve anaerobik renk gidermeninetkinliğini azaltır ya da anaerobik biyokütle için toksiktir (Chen ve diğerleri, 2003; Kalyani ve diğerleri, 2008).

4.1.1.2.2.5. Substrat kaynağının etkisi

Anaerobik renk giderme bir redoks reaksiyonudur, bu nedenle uygun ve verimli renk giderme için uygun bir e (elektron) kaynakları gereklidir. Asetat ve diğer uçucu yağ asitleri zayıf bir elektron verici iken, glikoz,H₂/CO₂'nin etkili bir

elektron donörü olduğu gözlemlenmiştir (Tan ve diğerleri, 1999; Dos Santos ve diğerleri, 2003; Pearce ve diğerleri, 2006). Reaktör çalışmaları, elektronik kaynakları olarak basit substratları (asetat, etanol, metanol ,glikoz, nişasta), polivinil alkol (PVA) ve su bileşimine dahil edilen karboksimetil selüloz gibi kompleks substratları kullanır. Metanolün yeri kullanılan substrata bağlıdır.Düşük maliyeti nedeniyle metanol sürekli tercih edilen substrat arasında yer almaktadır.

4.1.1.2.2.6. Redoks mediatörlerinin etkisi

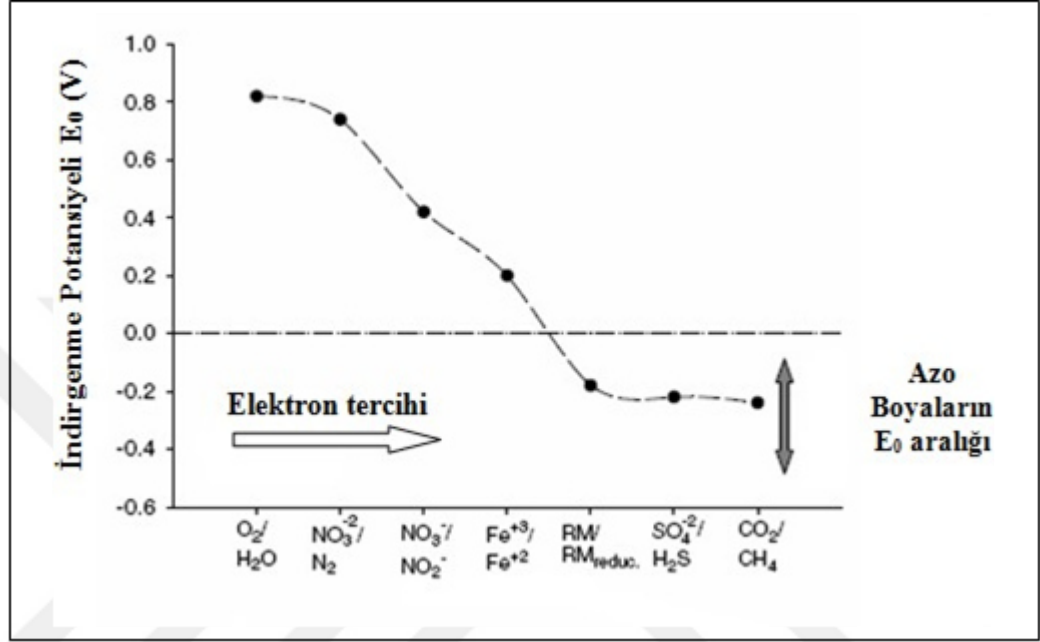
Anaerobik fazda azonun protondan arındırılması çok uzun bir reaksiyon süresi gerektirir. Anaerobik proseste, elektron donöründen son elektron alıcısı olarak görev yapan boyaya elektron transferi, zaman sınırlayıcı faktördür. Bununla birlikte, redoks ara ürünlerinin özelliklerini destekleyen işlemler kullanılarak bu sınırlamanın üstesinden gelindiği gösterilmiştir. Çeşitli "kinon" bileşikleri ve flavin enzimi kofaktörlerinin, azo boyaların uzaklaştırılması için etkili redoks aracıları olduğu bilinmektedir. Böylece,azo boyalarının kimyasal ve biyolojik yöntemlerle indirgenmesi, AQS (antrakınon sülfonat) ve AQDS (antrakınon disülfonat), riboflavin (van der Zee et al.Events) gibi redoks ara ürünlerinin eklenmesiyle hızlandırılır.

4.1.1.2.2.7. Yükseltgenme indirgenme potansiyelinin (ORP) etkisi

Azo boyarların maddelerini bulunduran tekstil atıksuları için arıtımı değişik olan redoks potansiyeli olan çevrenin yapısına bağlı olduğundan, sistem içinde anaerobik ve aerobik durumlarda ortaya çıkan reaksiyonların gerçekleşmesi açısından ORP değerleri önem taşımaktadır. Tüm kimyasal reaksiyonlarda görev alan bileşiklerin indirgenme potansiyelleri farklılıklar göstermektedir. ORP değerinin pozitif olması oksitlenme eğiliminin daha çok olduğunu olduğunu göstermektedir(Dos Santos vd., 2007).

4.1.1.2.2.8. Farklı elektron alıcıların etkisi

Tekstil atıksuları içinde boyar maddelerin rekabet edebilmeleri için elektron alıcılarının sıralanması nitrat, oksijen, sülfat, demir (Fe^{+3}) şeklindedir. Şekil 4.3.'de çeşitli redokslara ait indirgenme potansiyeli gösterilmiştir (Yoo, 2002).

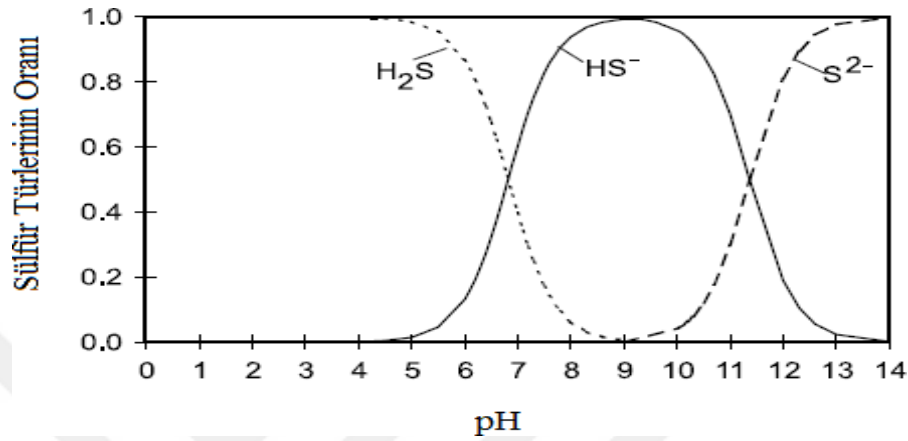


Şekil 4. 3. Farklı redoks çiftleri için elektron akışı (Dos Santos vd., 2005)

Oksijen: Atık su arıtmada, çalışan anaerobik reaktörlerin yüzeyleri tipik olarak havaya karışacak şekilde tasarlanmıştır. Anaerobik reaktörlerdeki mikroorganizmalar, anaerobik reaktörlerde karıştırılarak veya aerobik reaktörlerden geri dönüştürülerek belirli miktarda oksijene maruz bırakılır. Oksijen en güçlü elektron alıcı olması özleğinden dolayı azo boyasına anaerobik olarak ortamdan uzaklaştırılmasındaki önemi büyüktür (Haug vd., 1991).

Sülfat: Fiber atık su daha çok orta, yüksek yoğunlukta sülfat içerir. Tekstil boyama atıksularındaki sülfatlar işlemlerde farklı işlemler sonucunda atıksu ile karışabilmektedir. Ayrıca boyama işlemi için seçilen renklendirme materyali sülfat içerebilir. Bazı durumlarda, boyama işleminde kullanılan indirgenmiş kükürt bileşiklerinin oksidasyonundan sülfatlar oluşturulabilir. Sodyum sülfat, tekstil

endüstrisinde, boya çözünürlüğünü artırmak ve reaksiyona girmemiş boyaları çıkarmak için liflerin zeta potansiyelini nötralize etmek ve geciktirmek için en çok tercih edilen kükürt bileşiği iken, sülfürik asit pH'yi düzenlemeye hizmet eder (Haug vd., 1991).



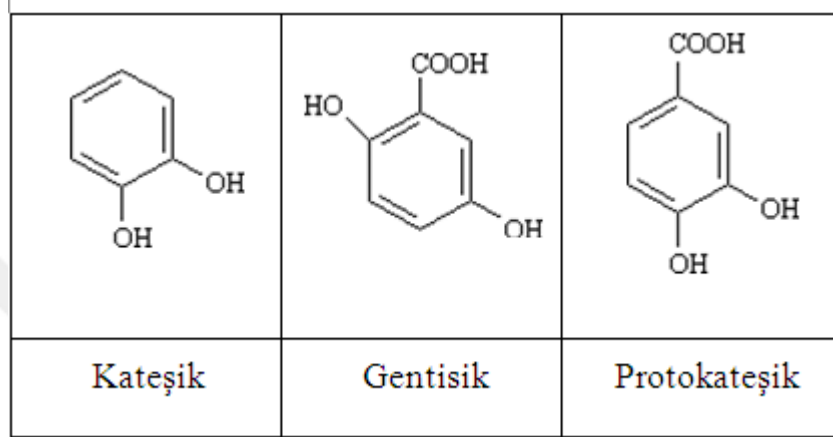
Şekil 4. 4. Sülfür türlerinin pH ile ilişkisi (Yoo, 2002)

Sülfat indirgenmesi incelendiğinde meydana geldiği biyokimyasal reaksiyonda azo boyar maddelerin indirgenerek çeşitli mekanizma yardımı ile yapılmaktadır. Sülfatın elektronları için azo boyarlar ile rekabet halinde olması renk gidermesinde verimlerin daha az olacağı belirtilmekte fakat bazı verilerde bu durum ispatlanmamıştır (Yoo, 2002).

Nitrat: Tekstil atıksularında yapısına göre veya yüksek konsantrasyonlarda nitrat içerebilmektedir. Tekstil atıksularında en çok nitrata neden olan kaynak, kumaşın boyaması esnasında kullanılan nitrat tuzlarıdır. Boyar maddelerde nitrat içermektedir. Nitrat, oksijensiz ortamlarda bir elektron alıcısı olarak kullanılmakta ve boyar madde ile rekabet ederek, kumaşın renk durumuna etki edebilir (Yoo, 2002).

4.1.1.3. Oksijenli Aromatik Aminlerin giderimi

Oksijen olmayan ortamlarda azo bağının kopması sonucu, aromatik aminlerin mineralize olamadığı ve aerobik ortamda ise biyolojik ayrışmanın kolay olduğu belirtilmiştir (Haug vd., 1991).



Şekil 4. 5. Aromatik aminlerin biyodegradasyonu

Çizelge 4. 1. Aromatik aminlerin biyodegradasyonunda enzimler ve reaksiyonlar

Enzim Adı	Gerçekleşen Reaksiyon
C12O	Kateşol + O ₂ $\rightleftharpoons$ cis,cis –mükonikasıit
C23O	Kateşol+O ₂ $\rightleftharpoons$ 2-hidroksi mükoniksemialdehit
P34O	3,4- dihidroksi benzoat + O ₂ $\rightleftharpoons$ 3-karboksi-cis,cis-mükonat
P45O	Protokateşik + O ₂ $\rightleftharpoons$ 4-karboksi-2-hidroksimükonatsemialdehit
G12O	2,5- dihidroksi benzoat + O ₂ $\rightleftharpoons$ malepirüvat

4.1.1.4. Sentetik Tekstil Atıksularının Arıtımında Reaktörler

Tekstil atık sularının biyolojik arıtımı için en uygun yöntem olan sürekli anaerobik aerobik koşulları sağlayabilendoğru reaktör tipinin seçilmesi önemlidir. Akışkan yataklı reaktörler,akış yukarı çamur reaktörleri ve tam aşamalı reaktörler

gibi tekstil boyama atıksularını etkili bir şekilde arıtmak için çeşitli tipte reaktörler kullanılmıştır. Bugün, son çalışmalar, bu tür atık suların arıtılmasında sıralı kesikli arıtma sistemlerinin başarısını göstermiştir. Sıralı kesikli reaktörler, yükleme, besleme, çökeltme ve boşaltma işlemleri tek bir reaktörde başarıyla gerçekleştirilebildiğinden bu reaktörlerin çalışmasını kolaylaştırır. Sıralı kesikli reaktörleri kullanmanın bir başka yararı da operasyonel esnekliktir. Bu reaktörler, reaksiyon süresi gelen yüke göre ayarlanabildiğinden, organik yükün sıklıkla değiştiği lifli atık suların arıtılması için uygundur. Aynı zamanda, kolayca çıkarılabilir substratın yüksek organik yükü genellikle filamentli mantarların büyümesini destekler ve çamurun çökeltme özelliklerini iyileştirir (Albuquerque ve diğerleri, 2005).

4.1.1.5. Gerçek Tekstil Atıksularından Biyolojik Arıtma Yöntemi ile Renk Giderimi

Tekstil endüstrisinde üretilen atık su, genellikle miktar ve bileşim açısından önemli ölçüde farklılık gösterir. Günlük olarak güncellenen işletme yöntemleri ve uygulanan teknolojilerdeki farklılıklar, atık suyun bileşimine yansır. Tekstil boyalarının atık su arıtma kapasitesi ile ilgili birçok laboratuvar çalışmasında sadece bir boya içeren sentetik atık su kullanılmıştır. Büyük arıtma tesislerine gelen atık sular genellikle birden fazla boya içerir. Bu nedenle, sentetik atık su genellikle gerçek elyafla boyanmış atık suyu yansıtmaz. Pilot ölçekli çalışmalar genellikle gerçek laboratuvar ölçekli çalışmaları tam olarak yansıtmak için kullanılır.

Gerçekte tekstil atıksularında yapılan çalışmalarda nütrient kaynaklarına gereksinim olduğu belirtilmiştir ve %60 oranında daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. Fosfor (P) ve azot (N) içeren mikroorganizmaların ihtiyacı olan ve tekstil atık sularında yeterli olmayan temel besin olarak kullanılmaktadır.

4.1.2. Fiziko Kimyasal Arıtım

Fiziko-kimyasalışlem, boya içeren endüstriyel atık sulardan, özellikle tekstil boyama endüstrisinden renk gidermenin etkili yollarından biridir. Çeşitli ağartma maddeleri, pıhtılaştırıcılar,kolloidler ve/veya polimerlerin kullanıldığı pıhtılaşma, agregasyon, çökeltme, elektro koagölasyon vb. işlemler fiziko kimyasal işlemler olarak sayılabilir. Pıhtılaşma Pıhtılaşma, birçok boyanın renginigidermekiçin endüstriyel atık su arıtma tesislerinde uzun süredir uygulanmaktadır, bu nedenle endüstriyel atık su boyalar içerir. Rengi gidermek için fiziksel ve kimyasal arıtma tekniklerietkin bir şekilde kullanılır, ancak biyolojikışlemlerden daha çok enerji ve kimyasal gerektirir (Shaw ve diğerleri, 2002; Uzal, 2007).

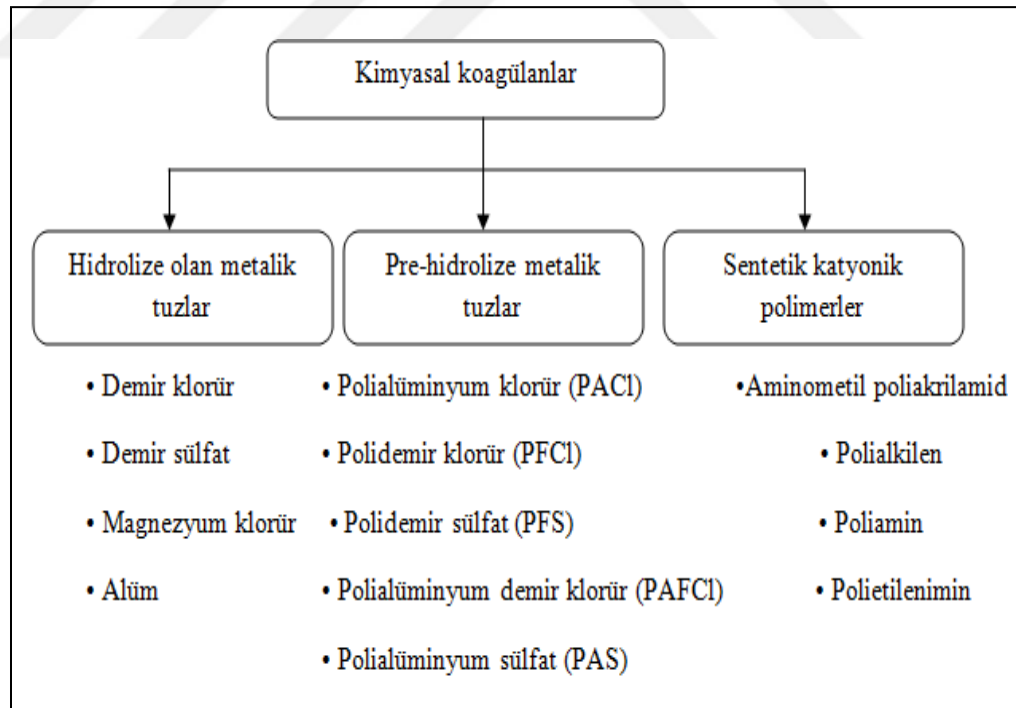
4.1.2.1. Koagölasyon-Flokölasyon

Koagölasyon, boya içeren atık sularınarıtılması veya ön arıtılmasının düşük maliyeti nedeniyle uzun süredir uygulanmaktadır (Anjaneyulu ve diğerleri, 2005; Golob ve diğerleri, 2005). Ancak çamuran eden olur ve bazı çözünür boyaların uzaklaştırılmasında etkili değildir (Anjaneyulu ve diğerleri, 2005; Hai ve diğerleri, 2007). Boyamadan sonra oluşan az miktarda koyu renkli atık sudan rengi çıkarmak için kullanıldığında daha az çamur üretir (Golob ve diğerleri, 2005). Suda çözünür boyaların pıhtılaşma ile uzaklaştırılması zordur. Ek olarak,sentetik tekniklerin gelişmesi, doğru pıhtılaştırıcı seçiminde problem yaratan karmaşık yapılara sahip birçok boyanın sentezi ile sonuçlanmıştır (Yu ve diğerleri, 2002).

Koagölasyon nedeniyle renk değişikliği olması durumunda, öncelikle arıtılacak olan renkli atık suyun özelliklerin eve kullanılan boyanın özelliklerine göre seçim yapılması gerekir. Genel olarak,artan boya konsantrasyonu ve çözünürlüğü ile ağartma azalmıştır (Bouyakoub ve diğerleri, 2009; Zahrim ve diğerleri, 2010). Kimyasal pıhtılaşma karmaşık bir olgudur. Bu nedenle pıhtılaştırıcının belirli koşullar altında nasıl tepki verdiğini bilmek çok önemlidir. Optimal pıhtılaşma koşulları her boya için ayrı ayrı belirlenmelidir. Doğru pıhtılaştırıcı seçilerek ve uygun pH, uygun pıhtılaştırıcı dozajı ve karıştırma süresi gibi proses değişkenleri optimize edilerek pıhtılaşma verimliliği artırılabilir (Verma ve diğerleri, 2012). Renk

ve KOI'nin giderilmesi, önemli miktarlarda AKM, çözünenler,tuzlar ve metallerin yanı sıra boyalar içeren lifli atık sudan pıhtılaşma ile etkili bir şekilde sağlanabilir (Joo ve diğerleri, 2007).

Etkili renk giderme, polimer elektrolitler kullanılarak da sağlanabilir. Yüksek moleküler ağırlıklı elektrolitlerin eklenmesi, pul büyümesini garanti eder ve çökmeyi hızlandırır. Ultra yüksek moleküler ağırlıklı elektrolitler, yüksek moleküler ağırlıklı polimerlerdir. Pıhtılaştırıcıya 15 mg/L gibi az miktarda polimerik elektrolit ilave edildiğinde buna pıhtılaştırıcı denir. Genel olarak, polimer elektrolitler pH'daki değişikliklerden etkilenmez ve pıhtılaştırıcı görevi görür. Çok sayıda iyon oluşumuna izin verir ve polimerik ve elektrolitik özellikler sergiler. Polimer elektrolitlerin en önemli özelliği, büyük pul oluşumuna neden olmalarıdır. Sonuç olarak,grup daha hızlı yerleşti, renk giderme maliyeti azaldı ve çamur miktarı azaldı (Bidhendi ve diğerleri, 2007; Verma ve diğerleri, 2012). Elyaf boyama Atık suyu ağartmak için kullanılan kimyasal pıhtılaştırıcılar Şekil4.6'da üç kısma ayrılır.



Şekil 4. 6. Kimyasal koagulanların sınıflandırılması (Verma vd., 2012)

Tekstil atıksularında renk gideriminde ihtiyaç duyulan farklı koagulanlar ve renk giderim verimleri Çizelge 4.4 'te verilmiştir. Veriler dikkate alınarak,

koagulanların renk giderim aktivitelerinin, karıştırma süreleri ,doz, pH, gibi süreçlerin, boyarmadde türü ve atıksu içeriğine göre değişebilmektedir.

4.1.2.2.Elektrokoagülasyon

Günümüzde uygulanan fiziko kimyasal ve biyolojik proseslerin yüksek işletme maliyetleri, aşırı çamur oluşumu, farklı atık su türleri nedeniyle renk performansının değişmesi ve bazı ilaçların toksik etkileri, mikroorganizmaların boyanması gibi sınırlamaları vardır. Tekstil boya atık suları esas olarak pH ve renk durumu ve biyolojik bozunabilirlik ile karakterize edilir (Lin ve Chen, 1997). Artan kumaş çeşitliliği ve farklı kimyasal özelliklerle sonuçlanan çoğu boyanın kullanılması, bu sektörde atık suyun arıtılmasını zorlaştırmaktadır (O'Neill, 1999). Tekstil boya atıksularındaki pıhtılaştırıcıların ağartma etkinliği büyük ölçüde değişebilir (Vlyssides ve diğerleri, 1999). Bu arada,çeşitli çalışmalar atık su arıtımında lif, KOİ, şeffaf olmayan ve çözünmüş katıların elektrokoagülasyon ile etkin olarak uzaklaştırıldığını göstermiştir (Lin ve Chen, 1997, Can ve ark).

Kirleticilerin uzaklaştırılmasında elektrokoagülasyon ilkeleri, pıhtılaşma, adsorpsiyon, çökeltme ve yüzdürme mekanizmalarının bir veya daha fazlasına ihtiyaç duyulmaktadır (Lin ve Chen, 1997).

Elektrokoagülasyonlarda pıhtılaşma ve çökeltme mekanizması, sistemde kimyasal koymadan elektrokimyasal reaktörün elektrotları aracılığıyla gerçekleştirilir (Koparal ve diğerleri, 1999). Birçok avantajı nedeniyle elektrokoagülasyon, çeşitli endüstriyel atık suların arıtılması içinverimli bir yöntem olarak kullanılır. Elektrokimyasal süreç, uzun süreli kullanım için sorunsuz ve uygunmaliyetli olabilir. Bu avantajlar elektrokoagülasyonun genelleştirilmesine olanak sağlar (Birgül, 2006).

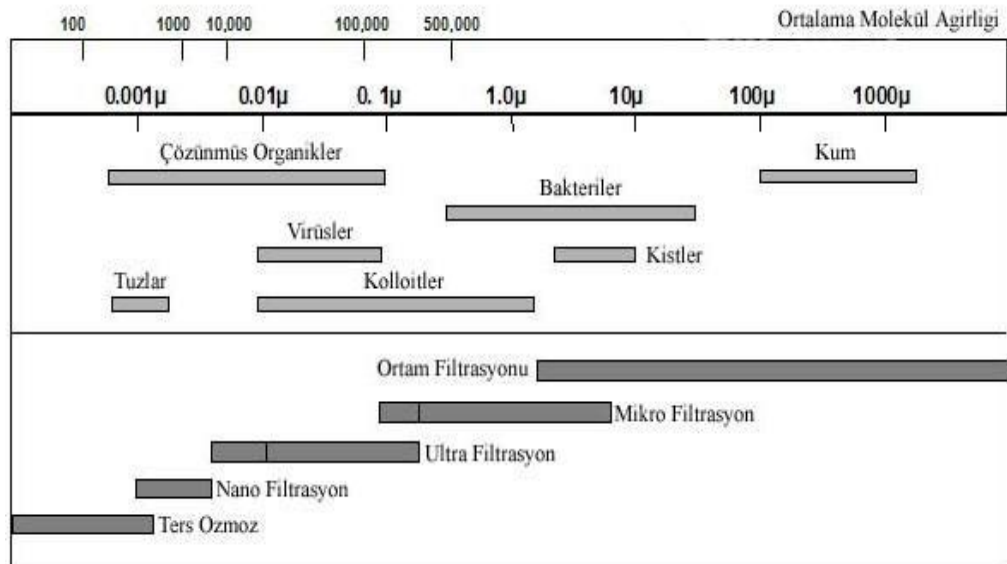
4.1.2.3. Dekoloranlar

Dekoloranlar da boya içeren endüstriyel atık sudan rengi çıkarmak için fizikokimyasal işlemlerde kullanılır.Ağartıcı,polimerlerdentüretilirve katyonik,

anyonik veya iyonik olmayan türler olarak kullanılabilir. Yüksek renk giderme performansına sahip bir organik polimer pıhtılaştırıcı olan Fiber BoyalarAğartıcı, atık sudakiboyaları gidermek için yaygın olarak kullanılır. Sadece rengi gidermekle kalmaz, aynı zamanda KOİ, bulanıklık ve MCA'yı da önemli ölçüde azaltır. Çamaşırsuyunun ana kullanım alanları tekstil boyalarından kaynaklanan atık su ve sızıntı suyudur ancak gıda, madencilik, metaller, endüstri, alkol, deri, yağ, kâğıt ve kâğıt mendil endüstrisi (Marmara) gibi endüstrilerden gelen atık sulardan rengi giderme potansiyeline sahiptir. Kimya, (2012). Son yıllarda, Japonya'da, ağartmamaddeleri, atık su arıtma tesislerinde, boya içeren endüstriyel atık suların renklerini ağartmak için, yani tekstillerdeki boyalı lağım suyunun reddedilme anında renk standartlarını garanti altına almak için kullanılmıştır.

4.1.3. Membran Prosesleri

Atıksuların arıtımında son yıllarda yaygınlaşan yöntemlerden biri olan membran teknolojisi ile atıksuların arıtımı ve yeniden kullanımı sağlanabilmektedir. En genel tanımıyla istenmeyen atıkların fiziki yollarla uzaklaştırmaktır. Membran teknolojisinde renk giderimi yapmak için daha çok yüksek basınçlı membran sistemleri tercih edilmektedir (Hao vd., 2000).



Şekil 4. 7. Yüksek basınçta membran prosesleri (Köseoğlu, 2006)

Membran, 2 farklı fazı birbirinden ayırıp ve bir yerdem diğer yeredoğru maddenin seçici bir halde taşınmasına aracılık eden geçirgen bir tabakadan oluşan yapıya denir. Bu teknolojiye akışı sağlamakiçin iten kuvvet ve maddenin akışını engelleyen ayırma nedeni temel kurallara bağlıdır. Konsantrasyon farkı,kütle transferi,elektriksel potansiyel ve basınç farkı gibi itici güçler tarafından gerçekleşir. Membran prosesinde en çok kullanılan itici kuvvet olarak basınç görev almaktadır. (Correia ve diğ,1994).

4.1.4. Renk Giderimini EtkileyenFaktörler

Renge neden olan maddelerin ortamdan uzaklaşması sırasında membran ile etkileşime girebilir buda mekanizmalar için önem arz etmektedir.Örnek verecek olursak molekül ağırlıkları 10000 ve daha fazla olan hümkik maddeler içinnispeten hidrofobik veya aromatik yapılarından dolayı özellikle polisülfon membranlar için kuvvetli bir şekilde adsorbe eğilimiolabilir (Wittmann ve Thorsen, 2006). Absorbe eğilimi dikkate alınarak tekstil endüstrisinde kullanılan faklı çeşitteki pigmentler veya maya endüstrisi atıksuları ortamda var olan mevcut organiklerin yok edilmesinde membranların madde ile etkileşimi önem taşımaktadır (Wittmann ve Thorsen, 2006).

4.1.4.1. Tıkanma

Tıkanmaya neden olan önemli özelliklerden biride membran özellikleri ve membranların kimyasal yapıları, hidrofobik yapısı, yüzey pürüzlülüğü yükü önemlidir.

Tıkanma tersinir ve tersinmez yapıdadır. Yüksek tuz içeriği olan durumda ise konsantrasyon polarizasyonu ve akı azalmasında önemli olmasıdır. Tuz içeriğinin az olduğu durumda ise membran yüzeylerinde boyanın etkisi ile jel tabakası oluşmaktadır.Buda permeabiliteye olumsuz yönde etki eder (Tang ve Chen, 2006).

4.1.4.2. Yeniden Kullanım Uygulamaları

Maya üretimin yapılan tesislerde atıksularında renk giderimleri incelendiği çalışmalarda (Pak, 2011) membrandan akan akıntı suyunun maya üretiminde tekrar kullanılabilmesi belirtilmiştir.

Akıntı suyunun tuzluluk miktarı fazla ise üretilen maya için tuz maliyetinden tasarruf edebilmekte. Suyun tekrar kullanımıyla üretimde ihtiyaç duyulan su miktarı oranı daha da azalacaktır.

4.1.4.3. Membran Konsantre Arıtımı

Maya üretimi işleminde yüksek KOİ değerlerinde atıkları biyolojik ayrışabilirliğini gerçekleştirmek için evaporasyon tesisleri kurulmuştur. Bu tesisler ile maya üretimi sonrası atıkların yeniden kazandırılması için vinas kullanılmaktadır. Evaporasyon sonucu çıkan kondensat daha basit şekilde arıtılabilir ve renk olarak daha açık bir tona sahiptir. Bu nedenlerden dolayı membran proseslerinden sonra ortaya çıkan konsantre akışı evaporasyon kısmına verilerek, vinas üretimi için kullanılabilmekte hale gelmektedir. Organik kirlilik , renk tonu koyu olan konsantre akımın tesislerde değerlendirilerek oluşabilecek atıkların deşarjında daha kolay gerçekleşebilmektedir (Pak, 2011). Koyu ton rengine sahip atıkların biyolojik olarak bozunmadığı için oksidasyon prosesleri arıtmada kullanılabilir.

4.1.4.4. Membran Biyoreaktörler (MBR)

Membran Biyoreaktörler öncelikle, tekstil , metal üretimi, kâğıt , kozmetik, mezbaha, ilaç ve kimyasal üretimi gerçekleştiren endüstriden kaynaklı atıksularının arıtımında kullanılmıştır. 1990 'larda ABD de kurulan MBR tesisi harici membran sistemi kullanarak endüstriyel atıksularını üreten bir fabrikanın atıksularını arıtmak için yapılmıştır (Sutton, 2006; Mutamim vd., 2012).

4.1.5. İleri Oksidasyon prosesleri

Tekstil endüstrisinde yaşanan su sıkıntısının son zamanlarda artması, arıtılmaları zor olan kirleticilerin giderilememesi ve sektörü ilgilendiren kısıtlamaların artması insanları ileri arıtma teknolojilerini kullanmaya ihtiyaç duymaktadır. Bu teknoloji sistemleri hidroksillerin (OH) üretilmesine dayanmaktadır. Hidroksil radikalleri ile organik maddelerde oksidasyon sağlanmaktadır. Bu radikalleri, ozon ve peroksite göre daha erken reaksiyona girip; arıtma maliyetini ve sistem sürecini azaltmaktadır (Kochany ve Bolton, 1992). Endüstride oluşan atıksular için uygun olan ileri arıtma sistemleri ise;

- Elektrokimyasal arıtma
- Ozonlama
- İleri oksidasyon sistemleri
- Fotokimyasal arıtmalar
- Fenton

4.1.5.1. Ozonlama

Ozonlama yöntemi yaklaşık 1970'li yılların başlarında tekstil atıksularındaki renk giderimi için yapılmaya başlanan bir yöntemdir. Gaz formda kullanılan ozon, atıksulardaki hacminde herhangi bir artışa yol açmamasının yanında çamur da oluşturmamaktadır. Aynı zamanda toksik madde oluşumunu da sağlamamaktadır. Ozonlama; fenollerin, klorlu karbonların ve pestisitlerin parçalanması için çok önemlidir (Kochany ve Bolton, 1992).

4.1.5.2. Fotokimyasal Arıtma

Fotokimyasal arıtım yöntemlerinde, kirletici olarak bilinen UV-TiO₂ ve UV-O₃ olduğunda UV radyasyonları ile CO₂ ve H₂O'ya indirgenme sonucu gerçekleşmektedir. Hidrojen peroksit UV ile, TiO₂ ve O₃ içeren sularda iki hidroksil

oluşmaktadır. Ardından organik maddenin kimyasal oksidasyonu meydana gelmektedir. Bu yöntemde UV radyasyonu civa ark lambası ile elde edilmektedir. UV radyasyonunun şiddeti, boyar maddelerin ve pH'a göre boyar maddelerin giderim hızı değişmektedir (Robinson ve diğ., 2001).

4.1.5.3. Fenton Oksidasyon Proses Süreci

Fenton oksidasyon proses yöntemi; Fe^{2+} iyonları Fe^{3+} iyonlarına okside olmaktadır. Ayrıca H_2O_2 iyonu ise parçalanmaktadır. Meydana gelen ürünler verimli bir organik madde konsantrasyonunda kullanılmakta ve demir metalinin çözünürlüğünü sağlamak için genellikle pH'ın 3-4 aralığı uygun olmaktadır.

Tekstil endüstrisinde atık suların kimyasal olarak çöktürme işlemi, fenton ile aktif çamurların sırası ile yapılması sonucu daha iyi şekilde arıtıldığı görülmüştür. Fenton reaktanı kullanımının ardından tümüyle renk giderimi olurken, aktif çamur sistemleri sonucu ise KOI değeri en iyi seviyeye gelmektedir. Biyolojik arıtmadan sonra aktif karbonun yapışması ile Fenton işlemlerini kullanımı, organik karbon ve KOI seviyelerinde gözle görülür bir azalmaya sebep vermektedir (Kochany ve Bolton, 1992).

4.1.5.4. Elektrokimyasal Arıtma

Elektro kimyasal arıtma boya gideriminde etkili bir şekilde kullanılabilirliği yönünden önemli bir yere sahiptir. Çamur oluşumu meydana gelmez iken; kimyasal madde tüketimi yok denilecek kadar azdır. Renk gideriminde son derece ekonomik ve etkili olan bu yöntem aynı zamanda dirençli kirleticilerin parçalanmasında yüksek verim sağlar.

4.1.6. UYGUN TEKNİKLER

4.1.6.1. BAT

Tekstil sektörü, birçok farklı alt sektörden oluşankarmaşık bir sektördür. Tekstil endüstrisi tarafından üretilen atık, uygulanan yöntemle bağlıdır. Bu farklılıklara

rağmen, çoğu yöntem BAT jenerik adıyla anılır ve üretilenüründen bağımsız olarak tüm dokuma proseslerine uygulanır (Forgacs ve diğerleri, 2004).

4.1.6.2. Yönetim

Diğer alanlarda olduğu gibi tekstilalanındada teknoloji kullanmak yeterli değildir. Teknoloji, doğru yönetildiğindeve kullanıldığında etkilidir. Yapılar birçevre yönetimsistemi kullanılarak yönetilmelidir.

BAT:

- ✓ Çevre bilincini artırın ve eğitim programlarına dahiletmehtir.
- ✓ Uygulama bakım ve temizliğinivurgulamaktır.
- ✓ Kimyasallarıgüvenlik bilgi formlarındaki güvenlik talimatlarına göre saklamaktır.
- ✓ Kimyasal dökülmelerini önleyici tedbirler almaktır. Kimyasal dökülme durumundauygun güvenlikönlemlerialınmalıdır.Bu,kimyasalların yüzey suyunakaçmasınıönlemek içindir.

4.1.6.3. Kimyasalların belirlenmesi

BAT, gerekli kimyasalları ve yardımcı maddeleri hassas miktarlarda ölçmek ve bunları herhangi bir insanmüdahalesigerektirmedenbir boru sistemi aracılığıyladoğrudan çeşitli makinelere ulaştırmakiçin otomatik dozajlama ve dağıtmasistemlerinininurulmasıdır.Sıvı miktarı hesaplanırken, karıştırma tankını ve besleme borularını temizlemek için kullanılan su miktarı da dikkate alınır.Bazı sistemler, sevk edilen her ürün için ayrı borular kullanır. Bu sistemler,kimyasallarıpüskürtücüye veya makineye girmeden önce birbirinekarıştırmaz ve daha fazla işlemden önce tankları, pompaları ve hortumları temizleme ihtiyacını ortadan kaldırır.

4.1.6.4. Kimyasalların kullanımı ve seçimi

BAT, kimyasal seçiminde ve kullanımda yapılması gerekenler:

- Kimyasal kullanımı olmadan yapılması gereken işlem sonuçlarına ulaşmanın zor olduğu yerlerde
- Olmayan yerlerde ise, düşük olacak şekilde çevrede risklerin giderilmesinin sağlanması koşuluyla, kimyasal ve çalışma seviyelerini seçiminde risk durumu göze alınarak belirlenmesi.

4.1.6.5. Kullanılan lif ham maddelerinin seçimi

Tekstil üreticileri, daha önce manipülatör üretim sürecinde ipliklere uygulanan maddelerin (örn.müstahzarlar, pestisitler, örgü yağları) nitelik ve niceliğinden tamamen habersizdir. Üreticilerin, bu maddelerin çevresel etkilerini kontrol edebilmeleri ve önleyebilmeleri için bu özelliklerinfarkındaolmaları gerekir. BAT, tekstiller için bir çevresel olarak önem oluşturmak için eski tekstil zinciri ortaklarıyla birlikte çalışacak. Ürün yaşam döngüsünün her aşamasında tel üzerine eklenen ve tutulan kimyasalların cinsini ve miktarını aktarmayı hedefliyoruz. Belirli şart ve koşullara ekolarak, organik pamuksertifikası,Almanya'dakurulan giyim sertifikasyon sistemi vb. Mevcut birçok plan var.Aşağıdaki tablo, iplik terbiye işlemine girmeden önce iplik kaynağındaki kirleticilerin olası çevresel etkilerinden kaçınmak için bazı hammaddeler için belirlenen BAT'ları listelemektedir. Tüm ölçümler,imalatta kullanılan tekstil malzemesinin kalite güvence planına uygun olarak üretildiğini varsayar,böylece terbiyeci, kirleticinin türü ve miktarı hakkında uygun bilgi alabilir.

4.1.6.6. Su ve enerji

Tekstil endüstrisinde, enerjinin ana kullanımı banyoları ısıtmak olduğundan, su ve enerji tasarrufu genellikle bağlantılıdır.

BAT

- ✓ Arıtma sırasında su ve enerji tasarrufu sağlamaktır.
- ✓ Otomatik kapama valfi ile makine debisinin sürekli kontrolü etmektir.
- ✓ Traktörün sıcaklığını düzenlemek için bir otomatik kontrolör eklemektir.
- ✓ Kaynak israfını önlemek için vanaların akışını kontrol etmektir.
- ✓ Sürekli proseslerde uygun teknoloji kullanımını azaltmaktır.
- ✓ Soğutma suyunu arıtılmış su olarak yeniden kullanmaktır.
- ✓ Farklı su türlerinde bulunan maddeler halageçerliyse ve/veya ürünün kalitesi, farklı türdeki proses atık sularının ve geri dönüştürülmüş suyun kalitesini ve miktarını sistematik olarak açıklamaktır.
- ✓ Çelişkili olmayan prosesleri belirlemek için kullanılabilirliği ve geri dönüştürülebilirliği test etmektir.
- ✓ Isıkaybını en aza indirmek için boruların, vanaların, tankların ve makinelerin yalıtımını sağlamaktır.
- ✓ Dumandan ısı geri kazanımı, hava ön ısıtması ve yoğunlaşmış suyun buhar geri dönüşümü gibi uygulamalar için kazandırelerinin optimizasyonu sağlamaktır.
- ✓ Egzoz gazları için bir ısı geri kazanım sistemi kurulumunu sağlamaktır.
- ✓ Elektromekanik kontrol frekansını kullanır

4.1.6.7. Atıksuların yönetimi

BAT:

:

- ✓ Önlenmesi zor olan katı atıkların ayrı ayrı toplatılmasıdır
- ✓ Büyük hacimlere sahip ve geri dönüşüm imkânı olan konteynırları kullanmaktır.

4.1.7. DİĞER PROSESLER

4.1.7.1. Adsorpsiyon

Fizikokimyasalsürecin bir parçası olan adsorpsiyon teknolojisi,son zamanlarda önerilen teknolojinin bir parçasıdır ve etkili ve ekonomik bir yöntemdir. Adsorpsiyon, bir atom, iyon veya molekülün, onunla temas halindeolan bir yüzeyeyerçekimi ile indüklenen adsorpsiyonudur. Adsorpsiyon işlemi sırasındaadsorbanlarve adsorbanlar. Bir maddenin yüzeye adsorpsiyonuna adsorban denir.

Karbon içeren emicileri kullanan çalışmalar, atık sudan birçok sentetik boyayı çıkararak mükemmel karbon giderme verimliliği göstermiştir. Bununla birlikte, karbon adsorban ön arıtması genellikle enerji yoğun bir süreçtir, bu nedenle ticari olarak temin edilebilenkarbon adsorbanları çok pahalıdır. Büyükmiktarlarda atık suyun rengini gidermek için kullanılan emilebilir karbon miktarı çok yüksek olduğundan, renk giderme için karbon kullanımında maliyet önemli bir faktördür (Forgacs ve diğerleri, 2004).

4.1.7.2. Karbon

Aktif karbon, boya adsorpsiyonu için ençok kullanılmaktadır. Özel moleküler yapısı nedeniyle aktif karbon, çoğu boya içinmükemmelabsorpsiyon kapasitesine sahiptir. Granül veya toz aktif karbon, boya içeren atık su arıtımında kullanılan en yaygın adsorbandır ve bu adsorbanların kullanımıyla ilgili araştırmalar, yüksek renk giderme verimi elde etmiştir. Toz aktif karbon mükemmel beyazlatma özelliğine sahiptir. Genellikle katyonik bağlayıcıların ve asit boyaların çıkarılmasında çok etkili olduğu bulunmuştur. Ayrıca kükürt, direkt ve reaktif boyaların uzaklaştırılmasında ve dağıtılmasında mükemmel bir etkinlik göstermiştir (Raghavacharya, 1997).

4.1.7.3. K s pe

Atık suyun rengini gidermek için kullanılan verimli ve ucuz adsorban arayışının, bu amaç için atık yan ürünlerin kullanımında da etkili olduğu kanıtlanmıştır. Kâğıt hamuru, şeker pancarı fabrikalarında bol miktarda bulunan tarımsal bir yan üründür. Ezmeden sonra kâğıt hamurunun bertarafı sorunu, çok düşük maliyeti ve pahalı adsorbanlara kıyasla atık s boyları gibi çeşitli kirleticileri emme kabiliyeti bu malzemeyi atık su arıtımı için uygun hale getirdi. Atık sudan rengi uzaklaştırmak için hamuru kullanan çok sayıda çalışma yapılmıştır ve bu çalışmalar, hamurun sulu   z lt lerden renklendiricileri uzaklaştırmak için m k mmel bir adsorban olduğunu göstermiştir (Robinson ve diğerleri, 2001).

4.1.7.4. Turba

Turba, hücresel yapısı nedeniyle ideal bir adsorban olabilir. Boya içeren atık sudan polar organik bileşikleri adsorbe etme yeteneği, renk değiştirme çalışmalarında kullanımını artırmıştır (McKay ve diğerleri, 1985; Nawar ve Doma, 1989; Mohan ve diğerleri, 2002). Aktif  amur gibi aktive edilmeye ihtiyaç duymayan ve aynı zamanda çok ekonomik bir malzeme olan turbadır. Boyaları atık sudan uzaklaştırmak için turba kullanan çalışmalar, turbanın düşük maliyeti nedeniyle renk giderme için kullanılabileceğini, ancak rengi aktif karbon kadar etkili bir şekilde uzaklaştıramayacağını göstermiştir (Robinson) ve diğerleri, 2001).

4.1.7.5. Odun Cipsi

Odun cipsleri yüksek emme kuvvetine sahiptirler (Nigam vd., 2000). Fakat yüksek sertliği nedeniyle temas süresi daha uzun olacaktır. Odun ve odun  ununun, renklenmeye neden olan boyaları ve polar organik bileşikleri uzaklaştırmada çok etkili olduğu gösterilmiştir. Renk giderici adsorban olarak odun  ununun kullanıldığı kinetik çalışmalar, bu tekniğin biyolojik arıtmadan sonra etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir.

4.1.7.6. Cucurbituril

Behrand ve ark. (1905), tarafından keşfedilen Cucurbituril ,kimyasal yapıları 1980'lerin sonlarında Freeman ve ark. (1981), tarafından belirlenir. Cucurbituril, glikolil ve formaldehitten oluşan suda çözünürlüğü düşük bir polimerdir. Kabakgiller familyasından bal kabağından aldığı şekliyle bu ismi almıştır. Çalışmalar, bu bileşiğin çeşitli tekstil boyaları için mükemmel absorpsiyon kapasitesine sahip olduğunu göstermiştir. Yapısı ne olursa olsun tüm boyaların (reaktifler, asitler, bazlar, dispersiyonlar) ağartma işleminde etkin bir şekilde kullanılabilir. Endüstriyel olarak sürdürülebilir bir süreç için Cucurbituril, sabit kademeli bir absorpsiyon filtresi üzerinde hareketsiz hale getirilmelidir (Karcher 1999).

4.1.7.7. Biyosorpsiyon

Biyoabsorpsiyon, çeşitli kirlilik parametrelerinin (genellikle renkler ve ağır metaller)sulu çözeltilerinden canlı veya ölü biyolojik kalıntıları uzaklaştırmak için kullanılan bir tekniktir. Bu teknikte kirleticiler, canlı veya ölü hücrelerin yüzeyine yapışır ve hücrelerin içinde birikir veya birikir. Biyolojik malzemeler; bakteri, mantar, alg vb. canlı bir organizmadır (Sternberg ve Dorn 2002, Keskin ve ark. 2004). Genel olarak, bu organizmaların ölü biyokütlesi, boya içeren atık suyun rengini gidermek için kullanılabilir. Yararlı bir biyoadsorpsiyon yöntemi, özellikle atık sudan gereği toksik olduğunda ve organizmatarafından biyolojik arıtma zor veya imkansızdır.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Tekstil ürünlerinin kullanımı, nüfus oranının hızlı artışı ve modanın sürekli ve hızlı şekildedeki değişimi ile birlikte artış göstermiştir. Doğal kaynaklar ise zamanla tükeneceği ön görülmektedir. Artan ihtiyaç karşısında atıkların artmasında sürecin sonucu olarak gerçekleşmekte ve atık geri kazanımı için ve yeniden kullanımı üzerine çalışmalar devam etmektedir. Tekstil ürünlerinin %95'ten daha fazlasının geridönüşümü ve değerlendirilebilme nedeniyle tekstil sektöründe geri dönüşüm çok önem kazanmaktadır.

Tekstil ihtiyaçlarının kişi başına ihtiyaç duyulan ürün miktarlarının azaltılması ile çevresel etkilerinin azaltılarak tüketicilerin kullanımı önemli etmektedir. Geri dönüşümde uygun ve daha iyi teknolojilerin kullanılarak, daha verimli enerji ve uygun fiyatlar olmasına sebep olur, çevresel etki ve ürün rekabetleri göz önüne alınarak dikkate alınmalıdır. Membran teknolojisinin maliyeti her gün geçtikçe daha da azalmaktadır. Membran, boya, kimyasallar, fiziksel veya kimyasal değişime maruz kalmadan susuzlaştırarak konsantre hale getirilip proses edildikten sonra verilmesi imkanı sağlayabilmektedir.

5.1. Öneriler

Geri kazanım sonucu atıkların, endüstriyel kirlenme kontrolü ve su kaynaklarının korunması açısından, sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde incelendiğinde, ekonomik ve ekolojik yönden önemli kazançlar sağlayabilmektedir.

Tekstil endüstrisi atıksularındaki organik maddeler, çamur birikimine ve yüksek havalandırma maliyetine neden olmaktadır. Anaerobik ön arıtma sistemi havalandırmada maliyet avantajı sağlar. Ayrıca, anaerobik reaktör, aerobik reaktöre göre oldukça düşük çamur oluşturur. Bu nedenlerden dolayı anaerobik-aerobik sistem tekstil endüstrisi atıksularının kullanımında tercih edilmelidir.

Türkiye’de tekstil endüstrilerinde atıksular aerobik biyolojik, fiziko/kimyasal prosesler ve modifikasyonları ile arıtılmaktadır. En yaygın uygulanan biyolojik prosesler, aerobik tam karışimli aktif çamur sistemleridir. Bu tip arıtmalarda renk giderimi yeterince yapılamamakta ve boyaların aerobik mikroorganizmalara toksik etki yapması sonucunda arıtma verimleri düşmektedir. Anaerobik şartlarda boyaların parçalanması sonucu oluşan aromatik aminler giderilemez ve birikir. Aerobik bakteriler aromatik aminleri giderebildiği için, anaerobik arıtım ile aerobik arıtmayı birleştirilirse boyaların tamamen mineralizasyon sağlanmış olur.



KAYNAKLAR

- AKBARI, A., REMÍGY, J. C. and APTEL, P. (2002). Treatment of textile dyeeffluent using a polyamide-based nanofiltration membrane. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 41(7), 601-609.
- ALBUQUERQUE, M. G. E., LOPES, A. T., SERRALHEIRO, M. L., NOVAIS, J. M. and PINHEIRO, H. M. (2005). Biological sulphate reduction and redox mediator effects on azo dye decolourisation in anaerobic-aerobic sequencing batch reactors. *Enzyme and Microbial Technology*, 36(5-6), 790-799.
- ALLEGRE C., MOULIN P., MAISSEU M. and CHARBIT F. (2006). Treatment and reuse of reactive dyeing effluents. *Journal of Membrane Science*, 269, 15-34.
- ALTENSCHMIDT, U., OSWALD, B. and STEINER, E., (1993). New aerobic benzoate oxidation pathway via benzoyl- coenzyme A and a 3-hydroxybenzoyl-coenzyme-A in a denitrifying *Pseudomonas* sp. *Journal of Bacteriology*, 175, 4851-4858.
- ANJALI, P., POONAM, S. and LEELA, I., (2006). Bacterial decolorization and degradation of azo dyes. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 59, 73-84.
- ANJANEYULU Y., CHARY N.S. and RAJ D.S.S. (2005). Decolourization of industrial effluents available methods and emerging technologies-a review. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 4, 245-273.
- ARSLAN, A., 2008. Pamuklu tekstil endüstrisi atıksularının membran teknolojisi ile geri kazanımı, *Yüksek Lisans Tezi*, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- ARSLAN, I. and BALCIOGLU, I.A. (2001). Advanced oxidation of raw and biotreated textile industry wastewater with O₃, H₂O₂/UV-C and their sequential application, *J Chem. Technol. Biotechnol.* 76, 53.
- BAUGHMANN, G.L. and WEBER, E.J., (1994). Transformation of dyes and related compounds in anoxic sediment: kinetics and products. *Environmental Science and Technology* 28, 267-276.
- BAYRAMOGLU M., KOBYA M., CAN O.T. and SOZBİR M. (2004). Operating cost analysis of electrocoagulation of textile dye wastewater. *Separation and Purification Technology*, 37, 117-125.
- BİDHENDİ GR.N., TORABIAN A., EHSANI H. and RAZMKHAH N. (2007). Evaluation of industrial dyeing wastewater treatment with coagulants and polyelectrolyte as a coagulant aid. *Iranian Journal of Environmental Health, Science and Engineering*, 4, 29-36.
- BOUYAKOUB A.Z., KACHA S., LARTIGES B.S., BELLEBIA S. and DERRICHE Z. (2009). Treatment of reactive dye solutions by physicochemical combined process. *Desalination and Water Treatment*, 12, (1-3), 202- 209.
- CAN O. T., BAYRAMOGLU M. and KOBYA M. (2003). Decolorization of reactive dye solutions by electrocoagulation using aluminum electrodes. *Industrial Engineering Chemistry Research*, 42, 3391-3396.

- CAPAR G., YETİS U. and YILMAZ L. (2006). Reclamation of printing effluents of a carpet manufacturing industry by membrane processes. *Journal of Membrane Science*, 277,120-128.
- CERVANTES, F.J., (2002). Quinones as electron acceptors and redox mediators for the anaerobic biotransformation of priority pollutants. Agrotechnology and food sciences. *Sub Department Of Environmental Technology*, Wageningen University, 166p., Wageningen, The Netherlands.
- CHAKRABORTY S., PURKAIT M.K., DASGUPTA S., DE S. and BASU J.K. (2003). Nanofiltration of textile plant effluent for color removal and reduction in COD. *Separation and Purification Technology*, 31, 141-151.
- CHEN, K.C., WU, J.Y., LIOU, D.J. and HWANG, S.J., 2003. Decolorization of textile dyes by newly isolated bacterial strains. *Journal of Biotechnology*, 101, 57-68.
- CIRIK, K., (2010). *Farklı elektron alıcıların anaerobik renk giderme verimine etkisi*.Doktora tezi,Süleyman Demirel Üniversitesi, ISPARTA.
- ÇİCEK N., FRANCO J.P., SUİDAN M.T., URBAIN V. and MANEM J. (1999). Characterization and Comparison of a Membrane Bioreactor and a Conventional Activated Sludge System in the Treatment of Wastewater Containing High Molecular Weight Compounds. *Water Environment Research*, 71, 64-70.
- CONNELLY, A., SMYTH, W.F. and MCMULLAN, G., (1999). Metabolism of the phthalocyanine textile dye remazol turquoise blue by phanerochaete chrysosporium. *FEMS Microbiology Letters*, 179, 333-337.
- CORREIA, V.M., STEPHENSON, T. and JUDD, S.J., 1994. 'Characterisation of TextileWastewaters-a Review', *Environmental Technology*, 917-929
- ÇINAR, Ö., YAŞAR, S. and KERTMEN, M., (2008). Effect of cycle time on biodegradation of azo dye in sequencing batch reactor. *Process Safety and Environmental Protection*, 86, 455-460.
- DANESHVAR N., SORKHABI H. A. and KASIRI M. B. (2004). Decolorization of dye solution containing Acid Red 14 by electrocoagulation with a comparative investigation of different electrode connections. *Journal of Hazardous Materials*, B112,55–62.
- DOS SANTOS, A.B., CERVANTES, F.J. and VAN LIER, J.B., (2007). Review paper on current technologies for decolourisation of textile wastewaters perspectives for anaerobic biotechnology, *Bioresearch Technology*, 98, 2369-2385.
- DOS SANTOS, A.B., CERVANTES, F.J. and YAYA-BEAS, R.E., (2003). Effect of redox mediator aqds on the decolourisation of a reactive azo dye containing triazine group in a thermophilic anaerobic egbs reactor. *Enzyme and Microbial Technology*, 33, 942-951.
- DOS SANTOS, A.B., TRAVERSE, J., CERVANTES, F.J. and VAN LIER, J.B., (2005). Enhancing the electron transfer capacity and subsequent color removal in bioreactors by applying thermophilic anaerobic treatment and redox mediators. *Biotechnology and Bioengineering*, 89 (1), 42-52.
- EDENS, W.A., GOİNS, T.Q., DOOLEY, D. and HENSON, J.M., (1999). Purification and characterization of secreted laccase of *Gaeumannomyces graminis* var. tritici. *Applied and Environmental Microbiology*, 65, 3071-3074.

- EYVAZ M., BAYRAMOĞLU M. ve KOBYA M. (2006). Tekstil endüstrisi atıksularının elektrokoagülasyon ile arıtılması: Teknik ve ekonomik değerlendirme. *İtü Dergisi/e Su Kirlenmesi Kontrolü*, 16, 1-3,55-65.
- GLENN, J.K. and GOLD, M.H., (1983). Decolorization of several polymeric dyes by the lignin degrading basidiomycete phanerochaete chrysosporium. *Applied and Environmental Microbiology*, 45, 1741-1747.
- GOLOB V., VİNDER A. and SİMONİĆ M. (2005). Efficiency of coagulation/flocculation method for treatment of dye bath effluents. *Dyes and Pigments*, 67, 93-97.
- GUO, J.B., ZHOU, J.T., WANG, D., TİAN, C.P., WANG, P., UDDİN, M.S. and YU H. (2007). Biocatalyst effects of immobilized anthraquinone on the anaerobic reduction of azo dyes by the salt-tolerant bacteria. *Water Res.*, 41, 426.
- HAİ F.I., YAMAMOTO K. and FUKUSHİ K. (2007). Hybrid treatment systems for dye wastewater. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 37,315-377.
- HAO O.J., KİM H. and CHİANG P.C. (2000). Decolorization of wastewater. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 30:4, 449-505.
- HAO O.J., KİM H., and CHİANG P-C. (2000). Decolorization of wastewater, *Critical Reviews in Environ.Science and Technol.* 30(4), 449.
- HAUG, W., SCHMİDT, A., NORTEMANN, B., HEMPEL, D.C., STOLZ, A. and KNACKMUSS, H.J., (1991). Mineralization of the sulfonated azo dye mordant yellow 3 by a 6-aminophtalene-2-sulfonate-degrading bacterial consortium. *Applied and Environmental Microbiology*, 57, 3144-3149.
- HEİNFLİNG, A., MARTİNEZ, M.J., MARTİNEZ, A.T., BERGBAUER, M. and SZEWZYK, U., (1998). Purification and characterization of peroxidases from the dye-decolorizing fungus bjerkandera adusta. *FEMS Microbiology Letters*,165,43-50.
- HSUEH, C.C., CHEN, B.Y. and YEN C.Y., (2009). Understanding Effects of Chemical Structure on Azo Dye Decolorization Characteristics by *Aeromonas hydrophila*. *J. Hazard. Mater.*, 167, 995.
- KARCHER S, KORNMULLER A. and JEKEL, M. (1999).Removal of reactive dyes by sorption/complexation with cucubituril. *Water Sci. Technol.* 40(4–5), 425–433.
- KECK, A., KLEİN, J., KUDLİCH, M., STOLZ, A., KNACKMUSS, H.J. and MATTES, R., (1997). Reduction of azo dyes by redox mediatörs originating in the naphthalenesulfonic acid degradation pathway of *Sphingomonas sp.* strain BN6. *Applied Environmental Microbiology*, 63, 3684-3690.
- KELLİS, M., KALAVROUZİOTİS, I.K. and GİKAS, P. 2013. “Review of Wastewater Reuse in the Mediterranean Countries, Focusing on Regulations and Policies for Municipal and Industrial Applications.” *Global Nest Journal*, 15(3): 333–50.
- KESKİNKAN, O., GÖKSU, M.Z.L., BAĞİBÜYÜK, M. and FORSTER, C.F. (2004).Heavy metal adsorption properties of submerged aquatic plant (*Ceratophyllum demersum*). *Bioresource Technology* 92, 197-200.

- KILIÇ, N.K., NIELSEN, J.L., YUCE, M. and DONMEZ G., (2007). Characterization of a simple bacterial consortium for effective treatment of wastewaters with reactive dyes and Cr(VI). *Chemosphere*, 67,826.
- KİM I. and LEE K. (2006). Dyeing process wastewater treatment using fouling resistant nanofiltration and reverse osmosis membranes. *Desalination*, 192,246-251.
- KİM T.H., PARK C. and KİM S. (2005). Water recycling from desalination and purification process of reactive dye manufacturing industry by combined membrane filtration. *Journal of Cleaner Production*, 13, 779-786.
- KIRBY, N., MARCHANT, R. and MCMULLAN, G., (2000). Decolourisation of synthetic textile dyes by *Phlebia tremellusa*. *FEMS Microbiology Letters*, 188, 93-96.
- KOBYA M., CAN O. T. ve BAYRAMOĞLU M. (2003). Treatment of textile wastewaters by electrocoagulation using iron and aluminium electrodes. *Journal of Hazardous Materials*, B110, 163–178.
- KOCHANY, J. and 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.
- KODAM, K.M., SOOJHAWON, I., LOKHANDE, P.D. and GAWAI, K.R., (2005). Microbial decolorization of reactive azo dyes under aerobic conditions. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 21, 367.
- KOPARAL A.S., GÖKÇEN Ğ. ve ÖĞÜTVEREN Ü. (1999). Petrol formasyon suyunun elektrokimya ve geleneksel yöntemler ile arıtılabilirliğinin incelenmesi. *Türkiye’de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu III*, Cilt I, 370-379.
- KULLA, H.G., KLAUSENER, F., MEYER, U., LUEDEKE, B. and LEISINGER, T., (1983). Evolution of new bacterial enzyme activities during adaptation to azo dyes. *Archives of Microbiology*, 135, 1-7.
- LEE, E.G., MUELLER, J.C. and WALDEN, C.C., (1978). Decolorization of bleached kraft mill effluents by algae. *Tappi J.*, 61 (7), 59-62.
- LİN S.H. and CHEN, M.L. (1997). Treatment of textile wastewater by electrochemical methods for reuse. *Water Research*, 31, 868–876.
- LOURENÇO, N.D., NOVAIS, J.M. and PINHEIRO, H.M., (2000). Reactive textile dye colour removal in a sequencing batch reactor. *Water Science and Technology*, 42, 321-328.
- MCKAY, G., OTTERRBURN, M.S. and AGA, J.A. (1985). Fuller’s Earth And Fired Clay As Adsorbants For Dyestuffs. *Water, Air, and Soil Pollution*, 24, 307-322.
- MISHRA, G. and TRIPATHY, M. (1993). A Critical review of the treatments for decolouration of textile effluent. *Colourage*. 40, 35–38.
- MO J. H., LEE Y. H., KİM J., JEONG J. Y. and JEGAL J. (2006). Treatment of dye aqueous solutions using nanofiltration polyamide composite membranes for the dye wastewater reuse. *Dyes and Pigments*, 1-6.
- MOHAN S.V., RAO, N. C. and KARTHIKAYAN, J. (2002). Adsorptive Removal Of Direct Azo Dye From Aqueous Phase Onto Coal Based Sorbents: A

- Kinetic And Mechanistic Study, *Journal of Hazardous Materials*, B90, 189-204.
- MUTAMİM N.S.A., NOOR Z.Z., HASSAN M.A.A. and OLSSON G. (2012). Application of membrane bioreactor technology in treating high strength industrial wastewater: a performance review, *Desalination*, 305, 1-11.
- NAWAR, S.S. and DOMA, H.S. (1989). Removal of Dyes From Effluents Using Low-Cost Agricultural By- Products, *The Science of the Total Environment*, 79, 271-279.
- NİGAM P, ARMOU G, BANAT IM, SİNGH, D. and MARCHANT, R. (2000). Physical removal of textile dyes and solid- state fermentation of dye-adsorbed agricultural residues. *Biores. Technol.* 72, 219–226.
- O'NEİLL C. (1999). Anaerobic and aerobic treatment of a simulated textile effluent. *School of Applied Sciences, University of Glamorgan, Pontypridd, Mid Glamorgan, CF37 1DL, UK.*
- O'NEİLL, C., HAWKES, F.R., HAWKES, D.L., LOURENÇO, N.D., PİNHEIRO, H.M. and DELE, W., (1999). Colour in textile effluents – sources, measurement, discharge consents and simulation: A review. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 74,1009-1018.
- ÖZTÜRK, İ., TİMUR, H. ve KOŞKAN, U., 2005. Evsel, Endüstriyel Atıksu Arıtımı ve Arıtma Çamurlarının Kontrolü, *Atıksu Arıtımının Esasları Kitabı*.
- PEARCE, C.I., CHRISTİE, R. and BOOTHMAN, C., (2006). Reactive azo dye reduction by *Shewanella* strain J18 143. *Biotechnology and Bioengineering*, 95, 692-703.
- PEARCE, C.I., LLOYD, J.R. and GUTHRIEA, J.T., (2003). The removal of colour from textile wastewater using whole bacterial cells: A review. *Pigments*, 58, 179.
- POİNTİNG, S.B., BUCHER, V.V.C. and VRİJMOED, L.L.P., (2000). Dye decolorization by sub-tropical basidiomycetous fungi and the effect of metals on decolorizing ability. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 16, 199-205.
- ROBİNSON, T., MCMULLAN, G., MARCHANT, R. and NİGAM, P. (2001). Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative. *Bioresource Technology*, 77, 247-255.
- SANİ R.K. and BANERJEE, U.C., (1999). Decolorization of triphenylmethane dyes and textile and dyestuff effluent by kurthia sp. *Enzyme Microb. Technol.*, 24, 433.
- Sayal V., (1997). Book of papers, *AATCC International Conference and Exhibition Atlanta, Georgia, USA*, 71.
- SEMPLE, K.T., CAİN, R.B. and SCHMİDT, S., (1999). Biodegradation of aromatic compounds by microalgae. *FEMS Microbial Letters*, 170, 291-300.
- SHAW, C.B., CARLIELL, C.M. and WHEATLEY, A.D., (2002). Anaerobic/aerobic treatment of coloured textile effluents using sequencing batch reactors. *Water Research*, 36 (8), (1993-2001).
- SLOKAR, Y.M. and MARECHAL, A. M. L. (1998). Methods of decoloration of textile wastewaters. *Dyes Pigments*. 37, 335–356.

- STEPHENSON T., BRINDLE K., JUDD S. and JEFFERSON B. (2000). Membrane Bioreactors for Wastewater Treatment, ISBN 1-900222-07-8, IWA Publishing, London, UK.
- STERNBERG, P.K. and DORN, W. (2002). Cadmium removal using *Cladophora* in batch, semi batch and flow reactors. *Bioresource Technology* 81, 249-255.
- SUZUKI, Y., YODA, T., RUHUL, A. and SUGIURA, W., (2001). Molecular cloning and characterization of the gene coding for azoreductase from *Bacillus sp* OYI-2 isolated from soil. *Journal of Biological Chemistry*, 276 (12), 9059-9065.
- SWAMY, J. and RAMSAY, J.A., (1999). The evaluation of white rot fungi in the decolorization of textile dyes. *Enzyme and Microbial Technology*, 24: 130-137.
- TAN, N.C.G., PRENAFETA-BOLDU, F.X. and OPSTEEG, J.L., (1999). Biodegradation of azo dyes in cocultures of anaerobic granular sludge with aerobic aromatic amine degrading enrichment cultures. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 51, 865-871.
- VAN DER BRUGGEN B., DE VREESE I. and VANDECASTEELE C. (2001). Water Reclamation in the Textile Industry: Nanofiltration of Dye Baths for Wool Dyeing. *Industrial Engineering Chemical Research*, 40, 3973-3978.
- VAN DER ZEE, F.P., BISSCHOPS, I.A.E., BLANCHARD, V.G., BOUWMAN, R.H.M., LETTINGA, G. and FIELD, J.A., (2003). The contribution of biotic and abiotic processes during azo dye reduction in anaerobic sludge. *Water Research*, 37 (13), 3098-3109.
- VERMA A.K., DASH R.R. and BHUNIA P. (2012). A review on chemical coagulation/flocculation technologies for removal of colour from textile wastewaters. *Journal of Environmental Management*, 93, 154-168.
- WITTMANN E. and THORSEN T. (2006). Water treatment. In: *Nanofiltration: Principals and Application*, Schafer A.I. Fane A.G., Waite T.D. (eds), Elsevier, 263-286.
- XU X., GADDIS J.L. and WANG T. (2000). Dynamic formation of a self-rejecting membrane by nanofiltration of a high-formula-weight-dye. *Desalination*, 129(3), 237-245.
- YIGIT N.O., UZAL N., KOSEOGU H., HARMAN I., YUKSELER H., YETIS U., CIVELEKOGLU G. and KITIS M. (2009). Treatment of a denim producing textile industry wastewater using pilot scale membrane bioreactor. *Desalination*, 240, 143–150.
- YOO, E.S., (2002). Kinetics of chemical decolorization of the azo dye C.I. Reactive Orange 96 by sulfide. *Chemosphere.*, 47, 925-931.
- YU Y., ZHUANG Y.Y., LI Y. and QIU M.Q. (2002). Effect of dye structure on the interaction between organic flocculant PAN-DCD and dye. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 41(6), 1589-1596.
- ZAHRIM A.Y., TIZAOUÏ C. and HILAL N. (2010). Evaluation of several commercial synthetic polymers as flocculant aids for removal of highly concentrated C.I. Acid Black 210 dye. *Journal of Hazardous Materials*, 182, 624-630.
- ZIMMERMANN, T., GASSER, F., KULLA, H. and LEISINGER, T., (1984). Comparison of two bacterial azoreductases acquired during adaptation to growth on azo dyes. *Archives of Microbiology*, 138, 37-43.
- Chang, J.S.,

- Chou, Y.P., Chen, S.Y., (2001b). Decolorization of azo dyes with immobilized *Pseudomonas* luteola process. *Biochem.*, 36 ,757.
- ZIMMERMANN, T., KULLA, H. and LEISINGER, T., (1982). Purification and properties of orange ii-azoreductase from *Pseudomonas* Kf46. *Experientia*, 38, 1380.
- ZISSI, W., HYBERTUS, G. and PAVLOU, S., (1997). Biodegradation of P-amino azo. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 19,49-55.

