

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



77749

TEKSTİL SANAYİ ATIKSULARININ
ARITILMASI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Sevgi GEZERGEN ASMA
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

77749

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Mehmet KARPUZCU

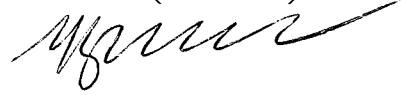
GEBZE
1998

Bu tez çalışması G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 24/09/1998..... tarih ve 98/28..... sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS Tezi olarak kabul edilmiştir.

Üye

(Tez danışmanı)

: Prof. Dr. Mehmet KARPUZCU (G.Y.T.E.)



Üye

: Doç.Dr. Lütfi Akça (İ.T.Ü.)



Üye

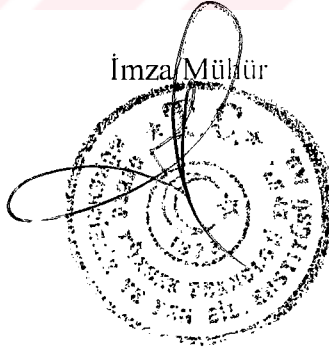
: Yrd. Doç. Dr. Mehmet KOBYA (G.Y.T.E.)



ONAY

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 24/12/1998 tarih ve 98/38 sayılı kararı

İmza/Mühür



ÖZET



Bu çalışmada tekstil endüstrisi atıksularının kimyasal çöktürme düzeniyle arıtılması için pıhtılaştırıcı olarak; demir III klorür, demir II sülfat ve Alüminyum sülfat yumaklaştırma ve çöktürme yardımcısı olarak anyonik poli elektrolitler kullanılmıştır.

Üstte kalan duru fazdan alınan, suya deneyler yapılarak kimyasal arıtılabilirlik verimleri belirlenmiştir. Yürütülen kimyasal arıtılabilirlik çalışmaları sonucunda;

pH=5.0'da ve 1000 mg/lt'den daha fazla miktarda FeCl_3 dozajının %70 KOİ giderme verimi sağladığı, bu durumda renk gideriminin %99 oranında gerçekleştiği görülmüştür.

pH= 8.0'de 3000 mg/lt FeSO_4 ilavesinde KOİ giderme verimi %57'dir. Ancak APE ilavesiyle 1500 mg/lt FeSO_4 ilavesi sonucu %55 KOİ ve %69 TOK giderme verimi tespit edilmiştir. Renk ve bulanıklık verimi, pH=8.0 olarak sabit tutulduğunda dozajın atmasından etkilenmeyerek %99 olarak gerçekleşmiştir.

pH=5.0'da 2000 mg/lt $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ilavesinde KOİ %67 oranında giderilirken, renk ve bulanıklık giderme verimleri sırasıyla %96 ve %97 olarak gerçekleşmiştir. Yumaklaştırma yardımcısı olarak APE kullanıldığında 1000 mg/lt Alüminyum sülfat, %71 KOİ ve % 92 renk giderme verimini sağlamıştır.

Bütün deney sonuçlarından görüldüğü gibi, APE kullanıldığında daha az koagülant madde ile daha yüksek arıtma verimi sağlamaktadır.

SUMMARY

In this study, for treatment of textile wastewater by precipitation method, we used iron III chloride, iron II sulphate and aluminium sulphate as a coagulator and anionic polyelectrolites for flocculation and precipitation.

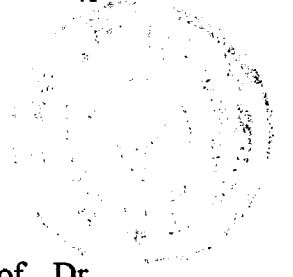
We performed COD, TOC, turbidity and color tests on clear water taken from the top of jar for treatment productivity evaluation.

At pH=5.0 and $\text{FeCl}_3 \geq 1000 \text{ mg/l}$, 70% removal of COD and 99% removal of color are seen.

At pH=8.0 and $\text{FeSO}_4 = 3000 \text{ mg/l}$, removal of COD is found 57%. On the other hand, when anionic polyelectrolites are added; $\text{FeSO}_4 = 1500 \text{ mg/l}$ COD removal is found 55% and TOC removal is found 69%. When pH=8.0, removal of color and turbidity is not influenced by increase in dosage, which is 99%.

At pH=5.0 and $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 = 2000 \text{ mg/l}$, removal of COD is found 67% and color and turbidity removals are found respectively 96% and 97%. When anionic polyelectrolites are added; at $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 = 1000 \text{ mg/l}$ removal of COD is found 71% and removal of color 92%.

As a result, when anionic polyelectrolites are added; while using less coagulator, more treatment productivity can be obtained.



TEŞEKKÜR

Çalışmalarım sırasında ilgi ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Mehmet KARPUZCU'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca laboratuvar çalışmalarımda bana bilgi ve görüşleriyle ışık tutan Yd. Doç. Dr. Mehmet Kobya, Dr. Cengiz Yatmaz ve Araştırma Görevlisi Hilal Yıldız Akbulut' a teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans çalışmam süresince beni destekleyen sevgili eşim Muzaffer Asma'ya ve aileme teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER



ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. TEKSTİL ENDÜSTİRİSİ	3
2.1. Tekstil Endüstrisinin Tanımı	3
2.2. Tekstil Endüstrisinde Üretim Proses ve İşlemleri	4
2.2.1. Yünlü Tekstil Endüstrisi	4
2.2.1.1. Ön Yıkama	5
2.2.1.2. Ağartma	5
2.2.1.3. Dinkleme	6
2.2.1.4. Karbonizasyon	6
2.2.1.5. Boyama	6
2.2.1.6. Bitirme İşlemi	6
2.2.2. Pamuklu Tekstil Endüstrisi	6
2.2.2.1. Haşıl Sökme	8
2.2.2.2. Pişme (Pişirme)	8
2.2.2.3. Ağartma	8
2.2.2.4. Mercerizasyon	10
2.2.2.5. Boyama	10
2.2.2.6. Apre (Bitirme)	10
2.2.3. Sentetik Tekstil Endüstrisi	10
2.3. Tekstil Endüstrisinde Alt Kategorizasyon ve Matris Yaklaşımı	12
2.4. Boyarmaddelerin Boyama Özelliklerine Göre Sınıflandırılması	13
2.4.1. Direkt Boyarmaddeler	13
2.4.2. Bazik (Katyonik) Boyarmaddeler	14
2.4.3. Asit Boyarmaddeler	15



2.4.4.	Sülfür Boyarmaddeler	15
2.4.5.	Reaktif Boyarmaddeler	15
2.4.6.	Küpe Boyarmaddeler	15
2.4.7.	Mordan Boyarmaddeler	16
2.4.8.	Anilin Siyahı	16
2.4.9.	Dispers Boyarmaddeler	16
2.4.10.	Geliştirilmiş Boyarmaddeler	17
2.5.	Tekstil Endüstrisi ile İlgili Deşarj Standartları	17
3.	TEKSTİL ENDÜSTRİSİNDE ATIKSU KARAKTERİZASYONU	24
3.1.	Atıksu Karakterizasyonunda Temel Parametreler	24
3.1.1.	Sıcaklık ve pH	25
3.1.2.	Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ)	26
3.1.3.	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	26
3.1.4.	Toplam Katı Madde (TKM)	27
3.1.5.	Renk	27
3.1.6.	Kükürtlü Bileşikler	28
3.1.7.	Yağ ve Gres	29
3.1.8.	Toplam Organik Karbon (TOK)	29
3.1.9.	Bulanıklık	30
3.2.	Yünlü Tekstil Endüstrisi Atıksu Karakterizasyonu	30
3.3.	Pamuklu Tekstil Endüstrisi Atıksu Karakterizasyonu	31
3.4.	Sentetik Tekstil Endüstrisi Atıksu Karakterizasyonu	32
4.	TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSULARIN ARITIMI	34
4.1.	Yünlü Tekstil Endüstrisi Atıksularının Arıtımı	34
4.1.1.	Yünlü Tekstil Endüstrisi Atıksularının Arıtımında Kullanılan Arıtma Yöntemleri ve Etkinliği	35
4.2.	Pamuklu Tekstil Endüstrisi Atıksularının Arıtımı	37
4.2.1.	Pamuklu Tekstil Endüstrisi Atıksularının Arıtımında Kullanılan Arıtma Yöntemleri ve Etkinliği	39
4.3.	Sentetik Tekstil Endüstrisi Atıksularının Arıtımı	40
4.3.1.	Sentetik Tekstil Endüstrisi Atıksularının Arıtımında Kullanılan Arıtma Yöntemleri ve Etkinliği	41
5.	TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSULARINDAN RENK GİDERMEDE KULLANILAN YÖNTEMLER	43

5.1. Adsorbsiyon	44
5.1.1. Genel Yaklaşım	44
5.1.2. Adsorbsiyon Teknikleri ile renk giderimi çalışmaları	45
5.2. Kimyasal Oksidasyon	46
5.2.1. Ozonla Renk Giderimi	48
5.2.2. Klorla Renk Giderimi	49
5.2.3. Hidrojen Peroksit+Koagülant Oksidasyonu ile Renk Giderimi	52
5.3. Membran Ayırma Prosesleri	53
5.3.1. Mikrofiltrasyon	54
5.3.2. Ultrafiltrasyon	55
5.3.3. Ters Osmoz	56
5.3.4. Membran Teknolojisi ve Tekstil Endüstrisinde Kullanımı	56
5.4. Koagülasyon-Flokülasyon	56
5.5. Biyo-Fotoreaktör	57
5.6. Elektro-Koagülasyon	58
5.7. Anaerobik Yöntemle Renk Giderimi	58
6. SEÇİLEN TEKSTİL ENDÜSTRİSİNİN TANITILMASI	60
6.1. Atıksu Kaynağı ve Miktarı	60
6.2. Biyolojik Arıtma Tesisi	62
6.3. Kullanılan Boyar Maddeler	62
6.4. Tuz Tüketimi	63
6.5. Tesiste Kullanılan Diğer Kimyasal Maddeler	64
7. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	65
7.1. Materyal ve Yöntem	65
7.2. Atıksu Kaynağı ve Özellikleri	66
8. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	68
8.1. Kimyasal Arıtılabilirlik İşlemleri	68
8.1.1. FeCl_3 ile Koagülasyon - Flokülasyon	68
8.1.2. FeSO_4 ile Koagülasyon – Flokülasyon	71
8.1.3. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ile Koagülasyon - Flokülasyon	78
8.2. DEĞERLENDİRME	86
KAYNAKLAR	88
ÖZGEÇMİŞ	91

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Yünlü Tekstil Prosesi akım diyagramı	7
Şekil 2.2. Pamuklu Tekstil Prosesi akım diyagramı	9
Şekil 2.3. Sentetik Tekstil Prosesi akım diyagramı	11
Şekil 4.1. Yünlü Tekstil Atıksularının arıtım şeması	36
Şekil 4.2. Pamuklu Tekstil endüstrisi atıksularının arıtım şeması	39
Şekil 4.3. Sentetik Tekstil endüstrisi atıksularının arıtım şeması	41
Şekil 5.1. Ozonlama işlemi akım şeması	49
Şekil 5.2. Akıma dik doğrultuda ultrafiltrasyon tekniği	55
Şekil 6.1. Polyester-Viskon Prosesi Akım Şeması	61
Şekil 6.2. Polyester-pamuk Prosesi Akım Şeması	61
Şekil 6.3. Seçilen tekstil fabrikası biyolojik arıtma tesisi akım şeması	62
Şekil 8.1. Optimum pH belirlenmesi (1000 mg/l FeCl_3)	69
Şekil 8.2. pH değişiminin renk ve KOİ giderme verimine etkisi	69
Şekil 8.3. Optimum FeCl_3 dozajı belirlenmesi (pH=5.0)	70
Şekil 8.4. FeCl_3 dozajının renk giderme verimine etkisi (pH=5.0)	71
Şekil 8.5. Optimum pH belirlenmesi (2000 mg/l FeSO_4)	73
Şekil 8.6. pH değişiminin renk giderme verimine etkisi	73
Şekil 8.7. Optimum FeSO_4 dozajı belirlenmesi (pH=8.0)	74
Şekil 8.8. FeSO_4 dozajının renk giderme verimine etkisi (pH=8.0)	75
Şekil 8.9. Farklı pH'larda Renk ve bulanıklık değişimleri(2000 mg/l FeSO_4)	75
Şekil 8.11. FeSO_4 dozajının TOK ve KOİ giderme verimine etkisi (pH=8.0)	75
Şekil 8.12. FeSO_4 dozajının Renk ve bulanıklık giderme verimine etkisi	76
Şekil 8.13. FeSO_4 ilavesiyle KOİ ve TOK değişimleri(pH=8.0)	78
Şekil 8.14. Optimum pH belirlenmesi (1000 mg/l $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)	79
Şekil 8.15. Optimum $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dozajı belirlenmesi (pH= 5.0)	80
Şekil 8.16. pH değişiminin renk giderme verimine etkisi	81
Şekil 8.17. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dozajının renk giderme verimine etkisi (pH= 5.0)	82
Şekil 8.18. pH değişiminin Renk ve bulanıklığa etkisi (1000 mg/l $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)	82
Şekil 8.19. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dozajının Renk ve bulanıklık giderme verimine etkisi	83
Şekil 8.20. APE ilavesiyle KOİ gideriminin incelenmesi (pH=5.0)	84
Şekil 8.21. pH değişiminin KOİ ve TOK giderimine etkisi (1000 mg/l $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)	84
Şekil 8.22. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dozajının KOİ ve TOK giderimine etkisi (pH= 5,0)	85

Şekil 8.23. APE ilavesiyle KOİ ve TOK giderimi (pH=5,0)



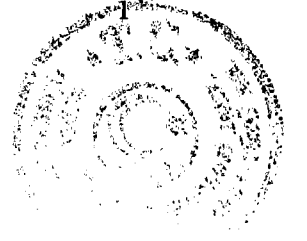
TABLORAR DİZİNİ

Tablo 2.1. Sektör: Tekstil Sanayi (Açık elyaf, iplik üretimi ve terbiye)	18
Tablo 2.2. Sektör: Tekstil Sanayi (Dokunmuş kumaş terbiyesi ve benzerleri)	18
Tablo 2.3. Sektör: Tekstil Sanayi (Pamuklu Tekstil ve benzerleri)	19
Tablo 2.5. Sektör: Tekstil Sanayi (Örgü kumaş terbiyesi ve benzerleri)	20
Tablo 2.6. Sektör: Tekstil Sanayi (Halı terbiyesi ve benzerleri)	20
Tablo 2.7. Sektör: Tekstil Sanayi (Sentetik Tekstil terbiyesi ve benzerleri)	21
Tablo 2.8. Atıksuların atıksu altyapı tesislerine deşarjında öngörüle atıksu standartları	22
Tablo 2.9. İSKİ Atıksuların Kanalizasyon Şebekesine Deşarj Yönetmeliği'nde bir kirletici kaynağın kanalizasyon şebekesine atıksu vermesi durumunda sağlaması gereken deşarj limitleri	23
Tablo 3.1. Yünlü tekstil prosesleri atıksu karakteristikleri	31
Tablo 3.2. Pamuklu tekstil endüstrisinde çeşitli işlem adımlarında atıksu karakteristikleri	32
Tablo 3.3. Sentetik tekstil proseslerinden kaynaklanan atıksu özellikleri	33
Tablo 4.1. Yünlü tekstil endüstrisinde atıksu arıtımında kullanılan arıtma yöntemlerinin etkinlik değerleri	37
Tablo 4.2. Pamuklu tekstil endüstrisinde atıksu arıtımında kullanılan arıtma Yöntemlerinin etkinlik değerleri	38
Tablo 4.3. Pamuklu Tekstil üretim prosesleri sırasında oluşan kirlilik yükleri	40
Tablo 4.4. Sentetik Tekstil endüstrisinde atıksu arıtımında kullanılan arıtma yöntemlerinin etkinlik değerleri	42
Tablo 5.1. Tekstil endüstrisinde çeşitli proses atıksularının arıtımı	43
Tablo 5.2. Membran sistemlerinin karşılaştırılması	54
Tablo 6.1. Çeşitli proseslerde atıksu oluşumu ve işlenen elyafın miktarı	60
Tablo 6.2. Tekstil fabrikasında kullanılan boyarmaddeler ve miktarları	63
Tablo 6.3. Tesiste tuzun kullanıldığı prosesler ve tuz miktarları	63
Tablo 6.4. Tesiste kullanılan yardımcı kimyasal maddeler ve miktarları	64
Tablo 7.1. Biyolojik olarak arıtılmış tekstil atıksuyunun karakteristik özellikleri	67
Tablo 8.1. Optimum pH çalışmaları (1000 mg/lit FeCl ₃)	69
Tablo 8.2. Optimum dozaj çalışmaları (pH=5.0)	69
Tablo 8.3. Optimum pH çalışmaları (2000 mg/lit FeSO ₄)	72

Tablo 8.4. Optimum dozaj çalışmaları (pH=8.0)	72
Tablo 8.5. APE'nin KOİ, TOK, Renk ve bulanıklık giderimine etkisi	72
Tablo 8.6. Optimum pH çalışmaları (500 mg/lit $Al_2(SO_4)_3$)	78
Tablo 8.7. Optimum dozaj çalışmaları (pH=5.0)	80
Tablo 8.8. APE'nin KOİ, Renk ve bulanıklık giderimine etkisi	81



1. GİRİŞ



Türkiye'de tekstil endüstrisi en gelişmiş endüstrisi dalıdır. Sanayileşmeyle birlikte, tekstil endüstrisi hızla gelişmiş ve ülkenin çeşitli bölgelerine yayılmıştır.

Tekstil endüstrisi suya çok ihtiyaç duyan bir endüstri dalıdır. Öncelikle merkezi olması nedeniyle İstanbul, İzmir gibi yerlere kurulan tekstil fabrikaları su temininin buralarda ihtiyaca cevap veremez hale gelmesi ile Denizli, Çerkezköy gibi, merkezlere yakın, suyu bol alanlara toplanmışlardır. Ancak bu bölgeler aynı zamanda verimli tarım arazilerine de sahip bölgelerdir. Tekstil endüstrisi, bir yandan ihtiyaç duyduğu bol miktarda su nedeniyle bulunduğu bölgenin doğal su kaynaklarını tüketirken diğer yandan da alıcı su ortamına deşarj edilen atıksularla su kaynaklarına olumsuz etki yapmaktadır.

Tekstil endüstrisinde atıksular, miktar ve bileşen yönünden değişkendir. Atıksuların kirlilik kaynağı liflerde mevcut olan safsızlıklar ve işlemlerde kullanılan kimyasal maddelerdir. Tekstil endüstrisinde atıksular; başlıca, yıkama ve boyama işlemleri sonucunda oluşur. Tekstil endüstrisi atıksuları alkali, işlenen boyanın renginde ve debisi yüksek atıksulardır.

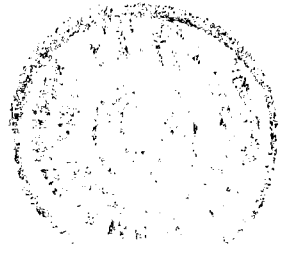
Tekstil atıksuları, biyolojik ve kimyasal işlemlerle istenilen standartlara indirilebilir. Renk giderilmesi için, kimyasal, biyolojik ve ileri arıtma teknikleri kullanılır. Renkli tekstil atıksuları, alıcı ortamlarda birikerek, suyun hem estetik görünüşünü bozarlar, hem de geçirgenliğini azaltırlar. Atıksularda renk oluşturan maddelerin çoğunun kanserojen olduğu tahmin edilmektedir. Renkten dolayı oluşacak problemleri giderebilmek amacıyla gelişmiş ülkelerde renk ile ilgili standartlar uygulanmaktadır. Türkiye'deki standartlarda henüz renk parametresi yer almamaktadır, ancak en kısa zamanda yer alması gerekecektir.

Tekstil atıksularında renk giderilmesi için birkaç yöntem kullanılmaktadır. Ozonlama renk gideriminde çok iyi sonuçlar vermesine rağmen, KOİ gideriminde verimi çok düşük olmaktadır. Ayrıca ozonla arıtmanın, işletme ve yatırım maliyetleri

oldukça yüksektir. Aktif karbonla adsorbsiyon yöntemi uzun zamandır kullanılan bir yöntemdir. Ancak bu yöntemle de çözünür haldeki boyalar için yüksek verim elde edilirken, dispers haldeki boyalar için verim düşük kalmaktadır (Kuo, 1992). Koagülasyonla renk giderimi çalışmalarında yüksek renk giderme verimi elde edebilmek için, aşırı koagülant kullanılmakta ve kimyasal çamur miktarı da fazla olmaktadır (Selçuk, 1997).

Bu çalışmada seçilen tekstil fabrikası atıksuyunun, renginin giderilmesi için en uygun koagülant madde dozajı ve çalışma için uygun pH belirlenmesi amaç edinilmiştir. Farklı koagülant ile, farklı pH'larda çalışılarak, her bir koagülant için renk gideriminin yanı sıra KOİ ve TOK yönünden de atıksuyun arıtılabilirliği incelenmiştir.

Günümüzde kullanılan tekstil atıksuyu arıtma yöntemlerinde, standartlarda renk parametresi olmadığı için, renk giderimine yönelik çalışmalar pek yapılmamaktadır. Tekstil atıksuları genellikle fiziksel ve biyolojik yöntemlerle istenilen standartların altına indirilebilmektedir. Ancak rengin alıcı ortamlar üzerine etkileri dikkate alınarak ve yakın zamanda renk için de standart oluşturulacağını düşünerek, bu çalışmada renk giderimi için kimyasal arıtmanın ne kadar etkili olabileceği (seçilen tekstil fabrikası atıksuyunda) incelenmiştir. Son zamanlarda tekstil atıksuları başta olmak üzere, çeşitli atıksulardan renk giderimine ilişkin çalışmalar artmıştır.



2. TEKSTİL ENDÜSTRİSİ

2.1. Tekstil Endüstrisinin Tanımı

Tekstil endüstrisinde, doğal ve yapay elyaflar kullanılarak iplik, kumaş ve diğer tekstil ürünleri imal edilir. Kullanılan hammaddelerin çeşitliliği ve üretim sırasında uygulanan işlemler nedeniyle çok farklı atıksular oluşabilir.

Tekstil endüstrisinde hammadde olarak kullanılan elyaflar farklı uzunlukta flamanlar şeklindedirler ve iki grupta incelenebilir (Selçuk, 1997).

1. Tabii Elyaflar

1.1. Pamuk

1.2. Yün

1.3. Keten

1.4. Jüt

2. Kimyasal Elyaflar

2.1. Tabii polimerden elde edilen elyaf

◆ Viskoz

◆ Asetat

2.2. Sentetik polimerden elde edilen elyaf

◆ Poliakrilonitril

◆ Poliamid

◆ Poliester

◆ Polipropilen

◆ Poliüreten-Elestomer

◆ Polivinilklorür

2.3. Sentetik olarak üretilen inorganik elyaf

◆ Cam elyafı

◆ Karbondan ve metalden elde edilen elyaf

Tekstil endüstrisinde bu maddelerden sadece biri veya birkaçı birlikte hammadde olarak kullanılabilmektedir. Tekstil endüstrisinde oluşan atıksular,

uygulanan teknolojiye, kullanılan hammaddeye, boyarmaddeye, boyama yöntemine ve diğer kimyasal maddelere bağlı olarak farklı özellik gösterir. Bu sebeple endüstriyle ilgili çeşitli alt karakterizasyonlar geliştirilmiştir ve Tablo 2.1’de gösterilmiştir.

2.2. Tekstil Endüstrisinde Üretim Proses ve İşlemleri

Tekstil endüstrisinde üretimde yer alan proses ve işlemler, işlenen elyafa bağlı olmaksızın birbirine benzerler. Yıkama, boyama gibi temel üretim prosesleri, endüstrinin bütün üretim sistemi içerisinde yer alır. Kullanılan elyafa bağlı olarak üretim proseslerinde farklılıklar vardır.

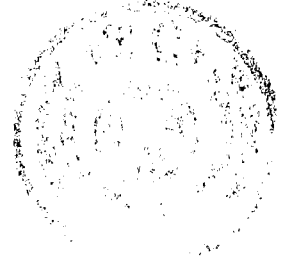
Dokuma ve örmeye elverişli, lifli yapıdaki birçok madde, tekstil elyafı olarak kullanılabilir. Ama en önemli elyaf özellikleri, yumuşaklık, eğrilebilirlik, nem çekebilme, dayanıklılık, boyarmaddelere ilgidir. Pamuklu veya yünlü elyaflarda lif boyu, 2-10 cm arasındadır. Sentetik elyafların uzunluğu çok fazladır. Tekstil endüstrisi; yün, pamuk ve sentetik gibi işlenen elyafın cinsine göre gruplandırılır.

Tekstil endüstrisinde en çok su, yıkama ve durulama işlemlerinde kullanılır. Kullanılan suyun miktarı elyaf çeşidine, boya ve diğer kimyasal maddelere, proseslerde kullanılan teknolojiye ve proses seçimine göre değişiklik göstermektedir. Pamuk ve sentetik elyaflarda başlangıçta yıkama yapılmazken, yünde kirlilik fazla olduğu için ön yıkama yapılması şarttır. Bu yünlü tekstil endüstrisini diğerlerinden ayıran önemli bir farktır.

2.2.1. Yünlü Tekstil Endüstrisi

Yünlü kumaş üretiminde hammadde koyun yünüdür. Yünlü kumaş üretimi üç bölümde gerçekleşir (Şengül, 1989).

1. İplik üretimi
 - a. Tefrik (ayırma)
 - b. Yıkama



- c. Yağlama
 - d. Bant birleştirme
 - e. İnceltme
 - f. Eğirme
2. Dokuma
- a. Hazırlık: Çözü, atkı, tahar
 - b. Dokuma
3. Terbiye
- a. Ön terbiye
 - b. Boyama
 - c. Bitirme işlemleri

Yünün kimyasal bileşimi;

Keratin, %33

Kir, %26

Ter, %28

Yağ, %12-40

Anorganik tuzlar, %1 şeklindedir (Selçuk, 1997).

Tabii yünün ağırlığının %50'sini yağlar, bitkisel artıklar ve diğer maddeler oluşturur. Bu atıkların uzaklaştırılması, 40-60°C' de zayıf bazik yıkama çözeltisi ile yapılır. Yünün terbiyesinde yer alan ön terbiye, boyama ve bitirme işlemleri aşağıda verilmiştir. Yünlü tekstil endüstrisi akım şeması Şekil 2.1'de verilmiştir.

2.2.1.1. Ön Yıkama

Yün %20 kadar yabancı madde içerir. Yünün yıkanması nötr veya NH_3 'lü ortamda 50-60 °C' de yapılır. Ayrıca bir yıkama maddesinin ilavesi gereklidir (Şengül, 1989).

2.2.1.2. Ağartma

Yalnız beyaz olarak kullanılacak malzemeye yapılır. Hidrojen peroksit gibi malzemeler kullanılabilir.

2.2.1.3. Dinkleme

Yüne dolgun görünüm vermek için yapılır. Suda asidik veya bazik ortamda hareket verdirilerek yapılır.



2.2.1.4. Karbonizasyon

Yünün üzerindeki selüloz esaslı maddeleri uzaklaştırmak için derişik H_2SO_4 'lü ortamda yapılır.

2.2.1.5. Boyama

Genellikle asitli ortamda yapılır. Boyama atıkları boya ve tuz içerirler. Boyama genellikle açık elyaf ve ipliğe yapılır, kumaş boyamaya nadir rastlanır.

2.2.1.6. Bitirme İşlemleri

Kuru bitirme (pres, şardonlama gibi) ve yaş bitirme (keçeleşmezlik, krablama, dekatür, güve yemezlik gibi) işlemleri vardır.

2.2.2. Pamuklu Tekstil Endüstrisi

Pamuk uzun sürelerden beri kullanılan eski ve önemli bir elyaf türüdür. Pamuk lifi, pamuk bitkisinin tohumlarından oluşan tek hücreli bir liftir. Lümen denilen hücre kanalları içinde bulunan toz ve proteinler pamuğun temizlenmesi sırasında uzaklaştırılması gereken yabancı maddelerdir.

Pamuk lifinin içeriğinde; selüloz, yağ ve mum, proteinler, organik bileşikler, renkli maddeler ve nem yer alır.

Yünlü Sistemler

Ham Yün

Yün Secimi (Tefrik)

Karıştırma

Yıkama

Kurutma / Karbonizasyon

Fırçalama

Böyama

Kurutma

Karıştırma (Harmanlama)

Tarama

Büküm

Eğirme

Çevirme

Çevirme

Bükme Yün Sistemleri

Ham Yün

Tefrik

Yıkama

Kurutma

Karıştırma

Tarama

Çekme

Büküm

Eğirme

Çevirme

Bobinaj (Sarma)

Dokumaya Hazırlık

Dokuma

Şekil: 2.1 Yünlü tekstil prosesi akım diyagramı

İplik ve kumaş halindeki pamukta ayrıca, kir, haşıl maddeleri ve makine yağı bulunur. Pamuklu tekstil mamullerinin üretimi sırasında uygulanan işlemler; liflerin haşıllanması, alkali pişme işlemi, haşıl sökme işlemi, ağartma, yıkama işlemleri, merserizasyon işlemi, boyama işlemi ve apre (bitirme) işlemleridir. Bu işlemler ve bu işlemler sırasında oluşan atıklar aşağıda tanıtılmıştır. Pamuklu tekstil endüstrisi akım şeması Şekil 2.2.'de verilmiştir.

2.2.2.1. Haşıl Sökme

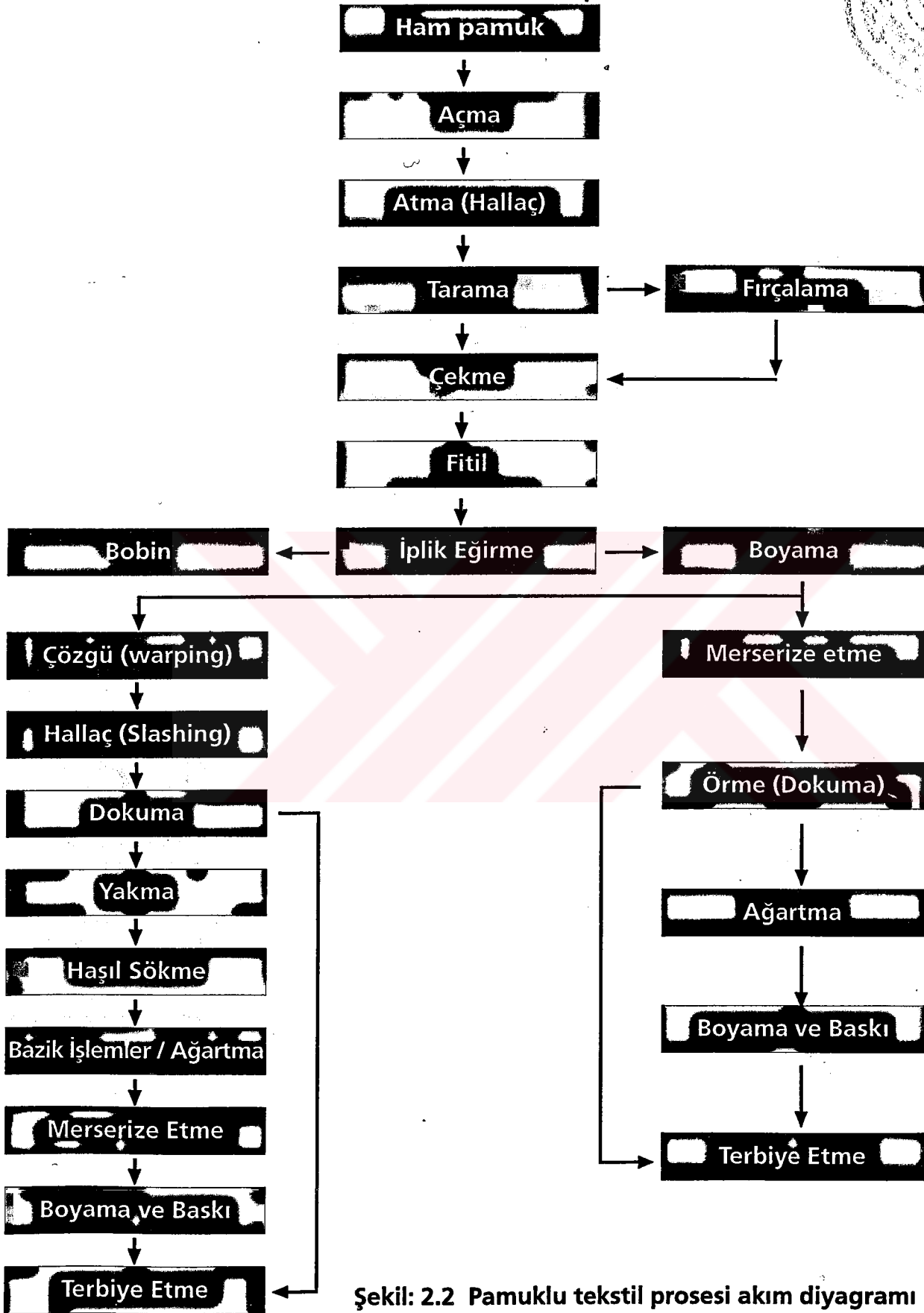
Haşıl maddesi olarak kullanılan polivinil alkol, deterjan/su çözeltisi ile uzaklaştırılabilir. Bu işlem sonucunda, askıda katı madde, yağ ve gres içeren atıklar suya karışır. Atıkların %50'si haşıl sökme işlemleri sonucu oluşur. Atıksulardaki KOİ'nin önemli bir bölümünü, polivinil alkol oluşturur.

2.2.2.2. Pişme (Pişirme)

Kostik soda ile pişme sonucu, kostik soda içeren atıklar oluşur. Pişme işleminde kullanılan yüzey aktif maddeler ve sodyum fosfat da atıksulara karışır. Pişme işlemi sıvı artıkları; kuvvetli alkali ($\text{pH} > 12$) özellikte, koyu renkli ve pamuktan gelen safsızlıkları içeren atıklardır. Atıksuda önemli miktarda çözünmüş katı madde ve yağ bulunur, askıda katı madde içeriği daha düşüktür. Doğal pamuktan gelen safsızlıklar pişme işlemi ile kumaştan uzaklaştırılırken, çıkış suyunda BOİ'nin artmasına neden olur.

2.2.2.3. Ağartma

Hidrojen peroksit ile yapılan ağartma işlemi sonucu oluşan kirlilik yükleri düşüktür. Atıksuda çözünmüş katı maddeler, anorganik katı maddeler (sodyum silikat, sodyum hidroksit ve sodyum fosfat) ve bazı organik maddeler (deterjanlar ve şelatlaştırma maddeleri gibi) mevcut olabilir.



Şekil: 2.2 Pamuklu tekstil prosesi akım diyagramı

2.2.2.4. Mersefizasyon

Mersefizasyon prosesinde derişik NaOH kullanılır. Bu proses sonucunda oluşan atıklar kuvvetli alkali (pH=12-13) özellikte ve BOİ miktarı düşük atıklardır.

2.2.2.5. Boyama

Boyama işlemi sonucunda, boya atıklarını da içeren renkli atıksular oluşur. Boyama atıksularında, çözünmüş madde miktarı ve KOİ yüksektir.

2.2.2.6. Apre (Bitirme)

Su geçirmezlik, alev almazlık, buruşmazlık ve apre işlemlerinden gelen atıklar hacim olarak az miktarlardadır.

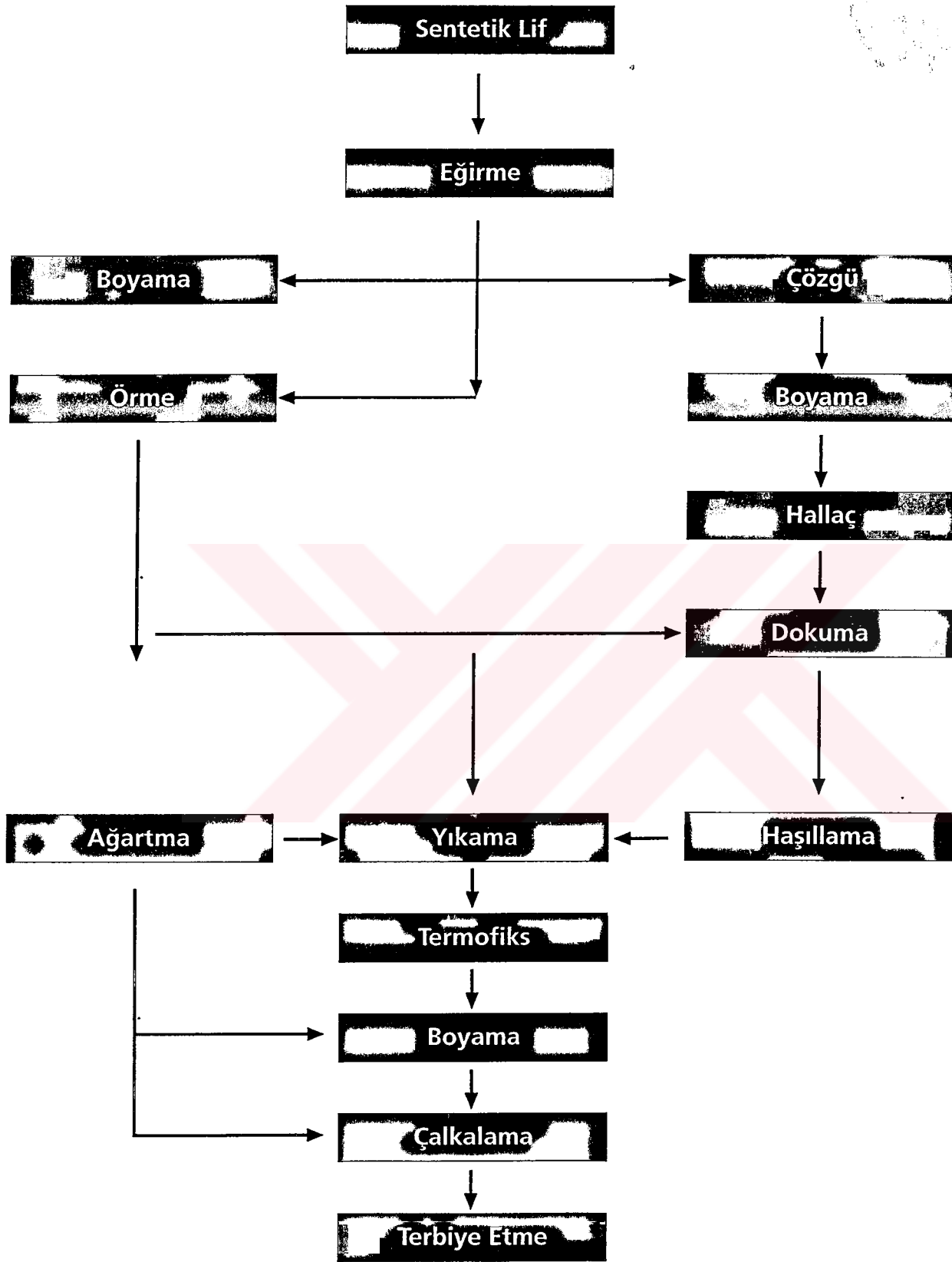
2.2.3. Sentetik Tekstil Endüstrisi

Doğal polimerlerden elde edilen selüloz esaslı sentetik elyaflar içinde, yapay ipek ve viskon önemlidir. Selüloz ve protein kullanılarak üretilen elyaf tam olarak sentetik elyaf olarak kabul edilmez. Çünkü bu ürünler doğal ürünlerden elde edilir ve sentez edilmeyen karmaşık moleküller ve bunlara "yapay elyaf" denilmektedir. Kimyasal elyafı oluşturan polimerin filament haline getirilmesi; yumuşak çekim, yaş çekim ve kuru çekim, yöntemleriyle olur.

Başlangıç maddesi olarak selüloz içeren odun ve bitkiler kullanılır. Üretim yöntemlerinde selülozun değişik çözücülerle çözünmesi ve kullanılan kimyasal yöntem farklılıkları vardır.

Doğal veya sentetik kauçuktan yapılan maddeye "elastadien" denir. Elde edilen elyaf, lastik şerit, pantolon askısı üretimi gibi pek çok uygulama alanına girmiştir.

Sentetik polimerlerden elde edilen kimyasal elyafın en önemlileri, polietilen, polipropilen, poliklorür, poliamid, poliester elyaflardır. Sentetik tekstil endüstrisindeki işlem adımları Şekil 2.3.' de verilmiştir.



Şekil: 2.3 Sentetik Tekstil prosesi Akım Diyagramı

2.3. Tekstil Endüstrisinde Altkategorizasyon ve Matris Yaklaşımı

Tekstil endüstrisinde birçok ürün doğal ve sentetik hammaddelerden değişik prosesler kullanılarak üretilir. Tekstil endüstrisi için tipik bir atıksudan söz etmek neredeyse imkansızdır. Farklı proseslerden kaynaklanan kirletici parametreler geniş bir aralıkta değişim gösterir.

Endüstride alt kategorizasyon tanımlaması, aynı kategoride olmakla birlikte üretim farklılıkları olan veya aynı ürünü farklı proses ve yöntemlerle üreten tesislerin atıksularında oluşacak değişiklikleri ortaya koyarak, atıksuların karakterizasyonu, tesis içi kontrolü, arıtılması ve standartların geliştirilebilmesi amacıyla yapılır. Tekstil endüstrisinde kullanılan alt kategoriler aşağıdaki gibidir:

1. Yapağı yıkama
2. Yün terbiyesi
3. Az su kullanılan işlemler
4. Dokunmuş kumaş terbiyesi
5. Örgü kumaş terbiyesi
6. Açık elyaf ve iplik terbiyesi
7. Dokusuz yüzeyli kumaş imali
8. Keçeleştirilmiş kumaş işlenmesi
9. Koza işleme ve doğal ipek üretimi (Germirli, 1986)

Tekstil endüstrisinde etkili faktörleri daha yakından incelemek için bir matris formu geliştirilmiştir. Matris elemanları aşağıdaki şekilde gösterilmiştir:

1. Boyanacak malzemenin yapısı
 - a) Elyaf
 - b) İplik
 - c) Dokunmuş kumaş
 - d) Örgü kumaş
2. Boyanacak malzemenin cinsi



a) Doğal elyaflar

- Selülozik elyaflar (Bitkisel kökenli elyaflar, pamuk, keten)
- Protein elyaflar (hayvansal kökenli elyaflar, yün, ipek)

b) Yapma elyaflar

- Sentetik elyaflar: Selülozik olmayan organik maddelerden sentetik olarak üretilmiş elyaflardır. (poliamid, polyester)
- Yapay elyaflar: Doğal selülozdan kimyasal proseslerle üretilmiş elyaflardır. (vistroz rayon, asetat rayon)

3. Boya çeşitleri

- Direkt, dispers, asit, küpe, bazik, kükürt, reaktif, azoik, inkişaf, anilin siyahı, mordan boyalar.

4. Boyama çeşitleri

a) Kesikli boya ekipmanı

- Jigger, haspel, paket, çamaşır ve çorap boyama makinesi.

b) Yarı kesikli boyama ekipmanı

- pad-jig, pad-batch, pad- roll

c) Sürekli boyama ekipmanı

- Par-steam, range, termosol range, halı boyama makinesi, indigo boyama makinesi (Germirli et. al., 1990).

2.4. Boyarmaddelerin Boyama Özelliklerine Göre

Sınıflandırılması

Bu sınıflandırmada, boyama teknolojisindeki boyar maddenin hangi yöntemle elyafı boyadığına bakılır ve boyar maddelerin sınıflandırılması boyama özelliklerine göre yapılır. (Germirli, 1986, Koyugölge, 1994)

2.4.1. Direkt Boyarmaddeler

Bunlar genellikle sülfonik asitlerin, bazen de karboksilli asitlerin sodyum tuzlarıdır. Renkli kısmı oluşturan iyon, anyon şeklindedir. Yapı bakımından pek çoğu azoboyar maddeler grubuna girer ve $(Boya.SO_3)^- Na^+$ genel formülüyle ifade edilir.

Direkt boyarmaddelerin selülozik elyafa bağlanması, boyarmaddelerin elyaf üzerinde yaklaşmasından sonra elyaf üzerine çekilebilmesi için elyaf yakınlarında konsantrasyonların çok büyük olması gerekir. Bu ancak boyarmadde kümelerinin oluşması ile mümkündür. Boyarmadde molekülleri Wan der-waals ve hidrojen bağları sayesinde kümeleşirler ve boyarmaddeler elyafı çok küçük olan kanallara difüzlenir. Boyarmaddeler konsantrasyonun çok yüksek olduğu yerlerden, düşük olduğu yerlere doğru kolayca hareket edebilirler. Kaynatma ile hareketlenen boyar maddeler tuz ilavesiyle çözeltide dağılırlar ve ısıtıcı ile birlikte doğrudan uygulanabilirler.

Direkt boyarmaddelerin ucuz olmaları, boyama işlemlerinin basit oluşu ve boyama sırasında elyafın yıpranmaması gibi özelliklerinden dolayı tercih edilirler. Genellikle selülozik elyafın boyanmasında, bazen de, kağıt, deri, ipek ve naylon boyamada kullanılırlar. Boyama sırasında sıcaklık yüksek olduğu gibi, boya banyolarına sodyum klorit veya sülfat eklenir.

2.4.2. Bazik (Katyonik) Boyarmaddeler

Bunlar organik bazların hidroklorürleri veya asetat tuzları şeklindedir. Renkli kısım katyondur, pozitif yük taşıyıcı olarak N ve S atomu içerirler. Bazik (proton alan) olarak etki ettiklerinden sulu çözeltide bulunan boyar madde katyonu elyafın anyonik gruplarıyla elyaf/boyar madde tuzunu oluştururlar.

Bazik boyarmaddelerin en karakteristik özellikleri parlak olmaları ve geniş renk şiddetleridir. Yün, ipek ve pamuk üzerinde ışığa ve yıkamaya karşı mukavemetleri çok düşüktür. Günümüzde, bazik boyarmaddeler pamuk boyamada pek kullanılmazlar, çünkü reaktif boyarmaddelerle pamuk üzerinde çok parlak renkler elde edilebilmektedir. Ancak poliakrilonitril üzerinde ışığa dayanıklılıkları iyi olduğundan “orlon” boyamasında geniş olarak kullanılır. Genellikle asetik asit ve tannik asit ile ve 80-90°C’de boyama yapılır.



2.4.3. Asit Boyarmaddeler

Moleküllerinde sülfonil ($-\text{SO}_4\text{H}$) veya karbonik asit ($-\text{COOH}$) grubu içerirler. Asit boyarmaddeler genellikle protein elyafının boyanmasında kullanılırlar. Öncelikle yün, ipek, poliamid (nylon) katyonik modifiye akrilik elyafı, deri ve besin maddelerinin boyanmasında kullanılır. Asit boyarmaddeler, $60-80^\circ\text{C}$ ' de düşük veya nötr pH değerlerinde kullanılırlar.

2.4.4. Sülfür Boyarmaddeler

Sülfür boyarmaddeler amino ve nitro grupları içeren organik bileşiklerin, sülfür veya sodyum sülfid ile yüksek sıcaklıkta reaksiyonu sonucu elde edilir ve genellikle alkali banyolarda pamuk elyafının boyanmasında kullanılır. Ayrıca poliamid ve viskon rayon boyamada kullanılabilirler. Genellikle koyu mavi, siyah, kahve gibi koyu renkleri kullanılır. Sülfür boyalar suda çözünmezler, kimyasal indirgeyici maddelerle alkali çözeltide çözünür hale getirildikten sonra yüksek sıcaklıkta (100°C ' de) kullanılırlar.

2.4.5. Reaktif Boyarmaddeler

Elyaf üzerine kovalent bağla bağlanan bu boyarmaddeler selülozik elyaf, yün, ipek ve poliamid boyamada yaygın olarak kullanılır. Kimyasal reaksiyon sonucu kovalent bağ oluşturdıklarından, elde edilen boyanın yıkamaya karşı dayanıklılığı yüksektir ve renkler çok parlaktır. Boyama soğukta bekletmeyle yapıldığı için enerji tasarrufu sağlanır. Reaktif boyarmaddelerin molekülleri çok küçük olduğundan elyaf içine difüzyon hızları büyüktür, dolayısıyla boyama kısa sürede tamamlanır. Reaktif boyarmaddeler ile yapılan yün boyama, nötr pH değerlerinde, zayıf asit banyolarında yapılır.

2.4.6. Küpe Boyarmaddeler

Moleküllerinde en az iki oksijen atomu içeren renkli bileşiklerdir. İri, ince ve çok ince toz halinde bulunabilirler. Donmaya karşı dayanıklı, kurumayan, çökmeyen, dispersiyon haline getirilmiş sıvılarda yaygın olarak kullanılır. Bu boyarmaddeler karbonil grubu içerir ve suda çözünmezler. Bunlar sadece indirgeme ile suda çözünür

hale getirilerek boyamada kullanılırlar. Daha sonra oksidasyonla yeniden çözünmez hale getirilirler. İndirgeme aracı olarak Na_2SO_4 , NaOH ve NaHSO_3 kullanılır. Oksidasyon için ise hava kullanılır. Daha çok selülozik, kısmen de protein elyafın boyanmasında kullanılır. Işığa, yıkamaya, sürtünmeye karşı dayanıklıdır.

2.4.7. Mordan Boyarmaddeler

Bunlar asidik veya bazik fonksiyonel gruplar içerirler. Bitkisel ve hayvansal elyaf ile kararsız bileşikler oluştururlar. Bu nedenle, hem elyaf, hem de boyarmaddeye karşı aynı ilgiyi gösteren bir madde önce elyafa yerleştirilir, daha sonra elyaf ile boyarmadde suda çözünmeyen bir bileşik vermek üzere reaksiyona sokulur. Mordan olarak genellikle krom, bazen de Al , Sn , Fe , Cr tuzları kullanılır. Değişik şekillerde mordanlama gerçekleştirilebilir. Boyamadan önce mordanlama yapıldığında, krom bileşikler katıldıktan sonra boyama gerçekleştirilir, daha sonra da kromu indirmek için potasyum hidrojen tartarat kullanılır. Boyama ve kromlama işlemi aynı anda ve aynı banyo içinde yapıldığı zaman ise pH, 6 civarına getirilerek amonyum sülfat ve potasyum kromat eklenir. En çok kullanılan ve hızlı olan, yün boyandıktan sonra krom katılarak yapılan boyama işlemidir.

2.4.8. Anilin Siyahı

Anilin siyahı, anilinin oksitlenmesi ile elde edilir ve çözünmez bir pigmenttir. Pamuk ve poliamid elyafının boyanmasında, parlaklık şiddeti yüksek olduğu için tercih edilir. Boyama sırasında sıcaklığın düşük olması için anilin hidroklorid, sodyum klorit ve bakır sülfat içeren çözeltiden geçirilir. Daha sonra malzeme, pigmentin gelişmesi için klorit buhar akımına verilir.

2.4.9. Dispers Boyarmaddeler

Dispers boyarmaddeler amino ve hidroksil grupları içerirler ve molekül ağırlıkları düşüktür. Poliester elyaf hidrofob özellik gösterdiğinden büyük molekül boyar maddeler, elyaf içine kolay nüfuz edemezler. Bu nedenle poliesterlerin boyanmasında en çok dispers boyarmaddeler kullanılır.

Dispers boyarmaddelerin elyaf içine difüzyonu oldukça yavaştır. Boyama uzun sürede gerçekleştiğinden pratik değildirler. Normal basınç altında çalışan ve maksimum 100°C' de ısınan cihazlarda poliesterin ancak difüzyon hızı yüksek olan küçük molekülü, açık ve orta şiddetteki dispers boyarmaddelerle boyanması mümkündür.

2.4.10. Geliştirilmiş Boyarmaddeler

Bu boyalar pamuk ve poliamid elyafların boyanmasında kullanılır. Işığa dayanıklılıkları azdır ama boyanan elyafın çabuk yıkanmasından dolayı tercih edilirler. Önce boya maddesi içeren kimyasal, elyaf üzerine adsorbe edilir, daha sonra ikinci bir kimyasal geliştirici uygulanır ve kumaş yıkanır. Kullanılan bu kimyasallardan ilki elyafın boyamaya olan yatkınlığını arttırmak, ikincisi daha iyi renk sağlamak içindir.

Geliştirilmiş boyaların kullanılması durumunda pH ayarı yapılması gerekir. pH'a bağlı olarak değişik tampon çözeltiler kullanılır. (pH 4-5'de CH_3COOH , pH 5-5.7'de $\text{Na}(\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{COOH})$, pH 6-6.8'de Na_2PO_4 veya NaPO_4 , pH 7'de krom asetat/ NaHCO_3). Boyama sırasında sıcaklık mümkün olduğunca düşük olmalıdır. Bunun için sodyum klorür kullanılır. Bu boyarmaddeler yün boyamada kullanılmazlar (Germirli, 1986).

2.5. Tekstil Endüstrisi ile İlgili Deşarj Standartları

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde sektör bazında çeşitli tekstil endüstrileri ile ilgili alıcı ortam deşarj standartları Tablo 2.1- 2.7. tablolarında verilmiştir. İSKİ, yönetmeliği ile Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği genel yaklaşımlar ve teknik açıdan uyum sağlamakta olup, deşarj kriterleri ve arıtma zorunluluğu gibi temel kavramlarda ayrılmaktadırlar.

İSKİ Atıksuların Kanalizasyon Şebekesine Deşarj Yönetmeliği'nde bir kirlетici kaynağın kanalizasyon şebekesine atıksu vermesi durumunda sağlaması gereken deşarj limitleri Tablo 2. 9.'de verilmiştir. Burada atıksuların evsel atıksu niteliğine getirilmesi hedeflenmiştir. Kanalizasyon sistemleri tam arıtma ile veya derin deniz

deşarjı ile sonuçlanan alt yapı tesislerinde öngörülen deşarj limitleri Tablo 2. 8'de verilmiştir.



Tablo 2.1. Sektör: Tekstil Sanayi (Açık elyaf, iplik üretimi ve terbiye) (SKKY, 1988)

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE 2 SAATLİK	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
BİYOKİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI (BOİ ₅)	(mg/l)	80	60
KİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI, (KOİ)	(mg/l)	350	240
AMONYUM AZOTU, (NH ₄ -N)	(mg/l)	5	-
SERBEST KLOR	(mg/l)	0.3	-
TOPLAM KROM	(mg/l)	2	1
SÜLFÜR (S ⁻²)	(mg/l)	0.1	-
SÜLFİT	(mg/l)	1	-
YAĞ VE GRES	(mg/l)	10	-
BALIK BİYODENEYİ (ZSF)		4	3
pH		6-9	6-9

Tablo2.2.Sektör:Tekstil Sanayi (Dokunmuş kumaş terbiyesi vb.) (SKKY 1988)

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE 2 SAATLİK	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
BİYOKİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI (BOİ ₅)	(mg/l)	90	70
KİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI, (KOİ)	(mg/l)	400	300
TOPLAM ASKIDA KATI MADDE	(mg/l)	140	100
AMONYUM AZOTU, (NH ₄ -N)	(mg/l)	5	-
SERBEST KLOR	(mg/l)	0.3	-
TOPLAM KROM	(mg/l)	2	1
SÜLFÜR (S ⁻²)	(mg/l)	0.1	-
SÜLFİT	(mg/l)	1	-
FENOL	(mg/l)	1	0.5
BALIK BİYODENEYİ (ZSF)		4	3
pH		6-9	6-9

Tablo 2.3. Sektör: Tekstil Sanayi (Pamuklu Tekstil vb.) (SKKY, 1988)

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE 2 SAATLİK	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
BİYOKİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI, (BOİ ₅)	(mg/l)	90	60
KİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI, (KOİ)	(mg/l)	250	200
TOPLAM ASKIDA KATI MADDE	(mg/l)	160	120
AMONYUM AZOTU, (NH ₄ -N)	(mg/l)	5	-
SERBEST KLOR	(mg/l)	0.3	-
TOPLAM KROM	(mg/l)	2	1
SÜLFÜR (S ⁻²)	(mg/l)	0.1	-
SÜLFİT	(mg/l)	1	-
YAĞ VE GRES	(mg/l)	10	-
BALIK BİYODENEYİ (ZSF)		4	3
pH		6-9	6-9

Tablo 2.4. Sektör: Tekstil Sanayi (Yün yıkama, terbiye, dokuma vb.) (SKKY, 1988)

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE 2 SAATLİK	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
BİYOKİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI, (BOİ ₅)	(mg/l)	200	100
KİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI, (KOİ)	(mg/l)	400	300
TOPLAM ASKIDA KATI MADDE	(mg/l)	400	300
AMONYUM AZOTU, (NH ₄ -N)	(mg/l)	5	-
SERBEST KLOR	(mg/l)	0.3	-
YAĞ VE GRES	(mg/l)	200	100
TOPLAM KROM	(mg/l)	2	1
SÜLFÜR (S ⁻²)	(mg/l)	0.1	-
SÜLFİT	(mg/l)	1	-
pH	(mg/l)	6-9	6-9

Tablo 2.5. Sektör: Tekstil Sanayi (Örgü kumaş terbiyesi vb) (SKKY, 1988)

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE 2 SAATLİK	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
BİYOKİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI, (BOİ ₅)	(mg/l)	50	40
KİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI, (KOİ)	(mg/l)	300	200
AMONYUM AZOTU, (NH ₄ -N)	(mg/l)	5	300
SERBEST KLOR	(mg/l)	0.3	-
YAĞ VE GRES	(mg/l)	10	-
TOPLAM KROM	(mg/l)	2	1
SÜLFÜR (S ⁻²)	(mg/l)	0.1	-
SÜLFİT	(mg/l)	1	-
FENOL	(mg/l)	1	0.5
BALIK BİYODENEYİ (ZSF)		4	3
pH		6-9	6-9

Tablo 2.6. Sektör: Tekstil Sanayi (Halı terbiyesi ve benzerleri) (SKKY, 1988)

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE 2 SAATLİK	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
BİYOKİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI, (BOİ ₅)	(mg/l)	120	100
KİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI, (KOİ)	(mg/l)	300	200
TOPLAM ASKIDA KATI MADDE	(mg/l)	160	120
AMONYUM AZOTU, (NH ₄ -N)	(mg/l)	5	-
SERBEST KLOR	(mg/l)	0.3	-
YAĞ VE GRES	(mg/l)	10	-
TOPLAM KROM	(mg/l)	2	1
SÜLFÜR (S ⁻²)	(mg/l)	0.1	-
SÜLFİT	(mg/l)	1	-
FENOL	(mg/l)	1	0.5
pH		6-9	6-9

Tablo 2.7. Sektör: Tekstil Sanayi (Sentetik Tekstil terbiyesi vb.) (SKKY, 1988)

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE 2 SAATLİK	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
BİYOKİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI, (BOİ ₅)	(mg/l)	100	80
KİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI, (KOİ)	(mg/l)	400	300
SÜLFÜR (S ²)	(mg/l)	0.1	-
FENOL	(mg/l)	1	0.5
ÇİNKÖ (Zn)	(mg/l)	12	10
BALIK BİYODENEYİ		3	2
pH		6-9	6-9

Tablo 2.8. Atıksuların atıksu altyapı tesislerine deşarjında öngörülen atıksu standartları (SKKY, 1988)

PARAMETRE	Kanalizasyon sistemleri tam arıtma ile sonuçlanan atıksu altyapı tesislerinde	Kanalizasyon sistemleri derin deniz deşarjı ile sonuçlanan atıksu altyapı tesislerinde
SICAKLIK (°C)	40	40
pH	6.5-10	6.0-10.0
ASKIDA KATI MADDE (mg/l)	500	350
YAĞ VE GRES (mg/l)	250	50
KATRAN ve PETROL KÖKENLİ YAĞLAR (mg/l)	50	10
KİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI,(KOİ) (mg/l)	4000	600
SO ₄ ⁻² (SÜLFAT) (mg/l)	1000	1000
TOPLAM SÜLFÜR (S ⁻²) (mg/l)	2	2
FENOL (mg/l)	20	10
SERBEST KLOR (mg/l)	5	5
TOPLAM AZOT (N) (mg/l)	(a)	40
TOPLAM FOSFOR (P) (mg/l)	(a)	10
ARSENİK (As) (mg/l)	3	10
TOPLAM SİYANÜR (TOPLAM CN ⁻) (mg/l)	10	10
TOPLAM KURŞUN (Pb) (mg/l)	3	3
TOPLAM KADMİYUM (Cd) (mg/l)	2	2
TOPLAM KROM (Cr) (mg/l)	5	5
TOPLAM CİVA (Hg) (mg/l)	0.2	0.2
TOPLAM BAKIR (Cu) (mg/l)	2	2
TOPLAM NİKEL (Ni) (mg/l)	5	5
TOPLAM ÇİNKO (Zn) (mg/l)	10	10
TOPLAM KALAY (Sn) (mg/l)	5	5
TOPLAM GÜMÜŞ (Ag) (mg/l)	5	5
Cl ⁻ (KLORÜR) (mg/l)	10000	-
YÜZEY AKTİF MADDELER	Biyolojik olarak parçalanması Türk Standartları Enstitüsü standartlarına uygun olmayan maddelerin boşaltımı prensip olarak yasaktır.	

(a) Bu parametrelere atıksu değerlendirilmesinde bakılmayacaktır.

Tablo 2.9. İSKİ Atıksuların Kanalizasyon Şebekesine Deşarj Yönetmeliği'nde bir kirletici kaynağın kanalizasyon şebekesine atıksu vermesi durumunda sağlanması gereken deşarj limitleri

PARAMETRE	İZİN VERİLEBİLİR MAKSİMUM DEĞERLER (mg/l)
SICAKLIK (°C)	40
pH	5.5-10
ASKIDA KATI MADDE	350
YAĞ VE GRES	100
ANYONİK YÜZEY AKTİF MADDELER	5
KİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI, (KOİ)	800
SO ₄ ⁻² (SÜLFAT)	1750
TOPLAM SÜLFÜR (S ⁻²)	2
FENOL	10
TOPLAM AZOT (N)	40
TOPLAM FOSFOR (P)	10
ARSENİK (As)	3
TOPLAM SİYANÜR (TOPLAM CN)	10
TOPLAM KURŞUN (Pb)	3
TOPLAM KROM (Cr)	5
TOPLAM KADMİYUM (Cd)	5
TOPLAM CİVA (Hg)	1
TOPLAM BAKIR (Cu)	10
TOPLAM NİKEL (Ni)	10
TOPLAM KALAY (Sn)	5
TOPLAM GÜMÜŞ (Ag)	5
BOR (B)	3



3. TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSU KARAKTERİZASYONU

3.1. Atıksu Karakterizasyonunda Temel Parametreler

Her bir tekstil prosesinden çıkan atık yükü, elyafların özellikleri farklı olduğu için geniş bir değişim aralığı gösterir. Üretim yöntemlerindeki teknolojik farklılıklar ve diğer değişiklikler göz önüne alındığında, aynı elyafı işleyen tesisler arasında bile değişimler görülür.

Tekstil atıksularının ortak özellikleri;

- Yüksek kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)
- Yüksek biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ)
- Yüksek pH
- Askıda katı maddeler
- Yoğun renklilik

Atıksu karakterizasyonunda etkili olan temel parametreler;

1. Fiziksel

- Sıcaklık
- Koku
- Renk
- Köpük
- Radyoaktivite
- Çözünmemiş bileşenler
- Çözünmemiş oksijen
- Korozyon

2. Kimyasal

- Bilinen organik ve inorganik bileşenler
- Kimyasal oksijen ihtiyacı
- Toplam karbon
- pH, asidite, alkalilikler
- Klor iyonu



- Sertlik (kalsiyum ve magnezyum)
- Azot ve fosfor
- Sülfaktanlar
- Klor ihtiyacı
- Toplam çözünmüş tuzlar
- Spesifik iyonlar (As, Ba, Cd, Cr, CN, F, Pb, Ag)
- Fenol
- Yağ ve hidrokarbonlar

3. Biyolojik

- Biyokimyasal oksijen ihtiyacı
- Patojenik bakteriler
- Kimyasal zehirlilik

4. Toplam boşaltma için akış bilgileri

- Ortalama günlük akış oranı
- Sürekli ve maksimum seviyede akış oranı
- Akış oranında değişimin maksimum oranı (Selçuk, 1997)

3.1.1. Sıcaklık ve pH

Yüksek pH ve sıcaklık atıksuyun boşaltıldığı kaynakta ekolojik dengeyi bozarak canlı organizmaları olumsuz etkiler. Yüksek sıcaklık artışı bakteriyel etkileşimi arttırarak mevcut oksijenin hızla tüketilmesine neden olur. Oksijenin geri kazanılması uzun havalandırma süresinde gerçekleşir.

pH, suda asiditenin bir ölçüsüdür. Düşük pH'a sahip, asidik sular korozyona neden olur. Aktif çamur ünitelerinde bakteriler üzerinde olumsuz etki yaratır. Yüksek pH'a sahip alkali suların korozyon etkileri yoktur, ama canlılar üzerinde olumsuz etkileri vardır. Alkali sular bazı organik maddelerin erimesine ve disperse olmasına karşın organizmaların üretkenliklerine etki ederek, bunların su fazına katılmaları ile renklenmeye neden olurlar. Alkali özellikteki pH'ı yüksek atıksularda biyolojik ayrışma güçleşmektedir. Bundan dolayı arıtma öncesi pH'ın ayarlanması (nötralizasyon) gereklidir.



3.1.2. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ)

Atıksu ve yüzey suyunda organik kirlenmeyi belirlemede en sık kullanılan parametrelerden biri Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ)'dir. Mikroorganizmalar tarafından, belli bir sürede, organik maddelerin biyokimyasal oksidasyonu (parçalanması) için kullanılan çözünmüş oksijen miktarının belirlenmesi ilkesine dayanır. Atıksuda bulunan organik maddelerin ayrışmaları, mikroorganizmalarca kullanılan oksijen miktarını gösterir. Mikroorganizmalar tarafından kullanılan oksijen, ortamda bulunan organik maddelerin miktarı ile orantılı olduğundan biyokimyasal oksijen ihtiyacı organik maddelerin indirekt ölçüsü olabilir.

BOİ deneyleri;

1. ortamdaki organik maddelerin biyolojik stabilizasyonu için gereken oksijen miktarının hesaplanmasında,
2. su ve atıksu arıtma tesislerinin boyutlandırılmasında,
3. çeşitli arıtma sistemlerinin verimliliğinin belirlenmesinde,
4. deşarj limitlerine uyulup uyulmadığının kontrolünde kullanılır.

Ancak bazı dezavantajları vardır:

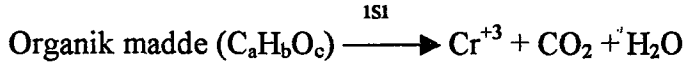
1. yüksek miktarda, aktif ve atık suya alıştırılmış bakteriyel aşı gereksinimi,
2. toksik atıksular için ön arıtma gereksinimi,
3. nitrifikasyonu engellenmesi gereksinimi,
4. sadece biyolojik olarak parçalanabilen maddelerin ölçülebilmesi,
5. uzun zaman gereksinimi, BOİ 5 günde ancak belirlenebilir. Reaksiyonun meydana geliş hızı büyük miktarda kirlilik durumuna ve sıcaklığa bağlıdır. Deney 20°C' de yapılarak, sıcaklığın etkisi sabit tutulur (Duran ve Demirer, 1997).

Tekstil endüstrisinde kullanılan boyarmaddeler, sodyum sülfat, yağlar, sabun, sentetik deterjanlar gibi kimyasal maddelerden dolayı biyokimyasal oksijen ihtiyacı oldukça yüksektir. (Germirli, 1986)

3.1.3. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)

Kimyasal Oksijen İhtiyacı, (KOİ) asidik bir ortamda, güçlü bir oksitleyici (potasyum dikromat) yardımıyla ortamdaki organik maddenin okside edilebilmesi

için gerekli olan oksijen miktarının ölçüsüdür. Deney yüksek sıcaklıkta gerçekleşir ve gümüş sülfat katalizörlüğünde gerçekleşir. KOİ reaksiyonu şöyle ifade edilebilir:



Tekstil endüstrisinde kullanılan kimyasal maddeler, boyarmaddeler ve bazı toksik maddelerden dolayı KOİ değeri yüksektir. KOİ deneyi, biyolojik aktivite için zararlı toksik maddeler içeren evsel ve endüstriyel atıksularda, organik madde belirlenmesi için kullanılır. Arıtılmamış atıksularda BOİ₅/KOİ oranı yaklaşık 0.4-0.8 arasındadır.

3.1.4. Toplam Katı Madde (TKM)

Analitik olarak, ham bir suyun toplam katı madde miktarı 103-105 °C’ deki buharlaştırma sonucu kalan katı madde miktarıdır. Suda çözünmüş halde bulunmayan maddeleri kapsar. Bu maddeler çeşitli tür ve yapıda olabilirler. Kaba ve yüzen katılar ve koloidal katılar olarak sınıflandırılabilirler. Askıda maddeler çevre sularında, dipte birikintilere ve bulanıklığa neden olurlar. Deşarj edildikleri yerlerde BOİ değerini etkiler ve hızlı bir oksidasyona yol açarak çözünmüş oksijenin hızla tüketilmesine neden olurlar. Bazen erimiş haldeki katılar da kirlenme nedenidir. Bunlar arasında asitler, alkaliler, hidrojen sülfid gibi çözünmüş gazlar ve tuzlar yer alır. Tuzlar arasında NaCl, Na₂SO₄, CaCl₂, çeşitli Ca ve Mg tuzları, krom, bakır, nikel, demir, kurşun, mangan, çinko, kalay gibi ağır metal tuzları sayılabilir.

Tekstil atıksularında, tesis içindeki proseslerde kullanılan boyalar, sodyum karbonat, sodyum klorit, sabun, sodyum sülfid, sodyum klorit, sodyum karbonat, alkol, pigment, vb. çeşitli kimyasallar ve doğal elyaftan dolayı katı madde miktarı oldukça yüksektir (Duran ve Demirer, 1997).

3.1.5. Renk

Tekstil endüstrisi atıksuları, boyamada kullanılan yardımcı kimyasal maddelerle birlikte çeşitli boyarmaddeler içerir. Tekstil atıksuları biyolojik ayrışabilir

olmakla beraber, bazen biyolojik proseslerde olumsuz durumlara neden olabilir. Çünkü atıksuda bazı toksik bileşikler (boyalardan gelen kromatlar, sülfürler, hidrojen peroksit vs. gibi) bulunabilir.

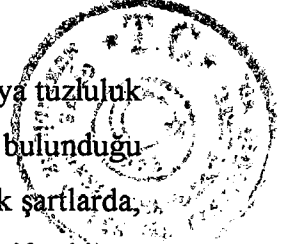
Tekstil endüstrisine bağlı olarak birlikte veya ayrı çalışan kumaş boyama kuruluşlarının atıksuları çevresel açıdan oldukça önemli sorunlara yol açar. Ayrıca boya moleküllerine, kumaşın türüne ve boyama işleminin özelliğine göre çeşitli katkı maddeleri ilave edilmesi, arıtılma işlemlerini daha da güçleştirmektedir. Çok çeşitli türde olan bu maddeler genelde uzun, birden fazla aromatik halka, birden fazla çift bağ taşımaları nedeniyle biyolojik ayrışabilirlikleri az olan, dayanıklı ve kalıcı kimyasal maddelerdir.

Renkli atığın boşaltılması estetik olarak bozukluk yaratmakla birlikte, ışık geçirgenliğini de engelleyerek, su ortamında biyolojik işlemi azaltmaktadır. Atıksulardan renk giderilmesinde konvansiyonel biyolojik arıtma sistemleri, boyarmaddeleri uzaklaştırmada etkili olmadığından, fiziko-kimyasal yöntemler ile beraber ileri arıtma teknolojilerinin uygulanmasını gerektirir. Bu yöntemler; koagülantların, oksitleyici maddelerin, ultrafiltrasyon, elektrokimyasal ve adsorbsiyon teknikleridir.

3.1.6. Kükürtlü Bileşikler

Tekstil endüstrisinde kullanılan kükürtlü boyalar ve sodyum sülfat, sodyum sülfid, sodyum hidro sülfid gibi kükürtlü kimyasal maddeler oldukça fazla kullanılmaktadır. Dolayısıyla tekstil atıksularında kükürtlü bileşiklerin konsantrasyonları oldukça yüksektir.

Tekstil atıksularında sülfat kaynağı, boya banyolarında kullanılan sodyum sülfattır. Sülfid ise çeşitli birimlerde klorun deklorine edilmesinde kullanılır. Sülfür kaynağı ise kükürtlü boya banyolarıdır. Bu banyolarda kükürtlü boyarmaddelerin yanı sıra boyarmaddesinin yaklaşık yarısı kadar kullanılan sodyum sülfür çözücüsü de atıksu konsantrasyonunun arttırmaktadır. (Germirli, 1986)



Su ortamında sülfat, 500 mg/l'nin üzerindeki konsantrasyonlarda, suya tuzluluk tadı vermektedir. H_2S ise çevrede kötü koku meydana oluşturmakta ve bulunduğu ortamda hızla oksijen tüketimine neden olmaktadır. Ayrıca sülfat anaerobik şartlarda, önce H_2S 'e sonra H_2SO_4 'e dönüşerek boru üst cidarlarında yüksek korozyon etkilere yol açar. Dolayısıyla çeşitli deşarj standartları ile sülfat, sülfür ve sülfid için sınırlamalar getirilmiştir (Kaptaşlı, 1995).

3.1.7. Yağ ve Gres

Atıksularla yüzeysel sulara karışan yağ ve gres, suyun estetik açıdan bozulmasının yanı sıra, ince bir film şeridi halinde suyun yüzeyini kaplayarak, oksijenin havadan suya geçişini engeller. Ayrıca balıkların solungaçlarına yapışarak veya toksik etki sonucu ölmelerine neden olur.

Tekstil endüstrisinde ise, yağ ve gresin en önemli kaynakları, yüzeysel aktif madde içeren boyarmaddeler ve beraberinde kullanılan yağlar ve doğal elyaftan kaynaklanmaktadır. Özellikle yünün işlenmesi sırasında, elyafı kayganlaştırmak ve ipliklerin birbirine yapışmasını önlemek için çeşitli yağlar kullanılmaktadır. Bu amaçla zeytin ve yerfıstığı yağı birinci sınıf yünler için, olein yağı ise ikinci kalite yünler için kullanılmaktadır. Pamuklu tekstil endüstrisinde yağ ve gres düşüktür, ama yünlü tekstilde oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Tekstil endüstrisi atıksularında yağ ve gres konsantrasyonu 12-6000 mg/l arasında değişmektedir (Germirli, 1986).

3.1.8. Toplam Organik Karbon (TOK)

Organik madde ölçümünde kullanılan bir yöntem de Toplam Organik Karbon (TOK) deneyleridir. TOK, genellikle düşük miktardaki organik maddelerin belirlenmesinde kullanılır. TOK konsantrasyonu, belli miktarda bir numunenin yüksek ısıdaki bir fırına ya da kimyasal olarak oksitleyici bir ortama enjekte edilmesi yöntemiyle belirlenir. Organik karbon bir katalizör yardımıyla karbondioksit yükseltgenir ve oluşan karbondioksit ölçülür. Arıtılmamış bir atık su için, BOI_5 /TOK oranı yaklaşık 1-1.6 arasındadır (Duran ve Demirer, 1997).



3.1.9. Bulanıklık

Suda bulunan askıda katı maddeler ve kolloid parçacıklar, ışığın sudan geçişini engeller. Bu geçirimsizlik suyun bulanıklığı olarak adlandırılır. Bulanıklık, numunenin koloit ve askıda katı madde içeriğini gösteren bir su kalite parametresidir (Duran ve Demirer, 1997).

3.2. Yünlü Tekstil Endüstrisi Atıksu Karakterizasyonu

Yün atıksularında, saman, diken, pıtrak, toprak, kum, alkali ve organik maddeler; organik asitler, yağ ve H_2S , boyalar, deterjanlar, kimyasal ve organik maddeler bulunur. Yünün saflığına, kalitesine, boyarmaddenin çeşidine, deterjan türlerine ve makine tiplerine göre atıklar farklıdır.

Yünlü tekstil atıksuları, yıkama-temizleme tesisi atıksuları, yünün boyanması ve bitirme tesislerinden gelen atıksular, yıkama ve boyama kısımlarından gelen atıksular olarak özetlenebilir. Yapağı yıkamadan gelen atıksular kuvvetli alkali özelliktedir ve askıda katı madde miktarları yüksektir. diğer proseslerden gelen atıksular; boyaları, solventleri, asitleri içerirler.

Yünlü tekstil atıksularının genel özellikleri; yüksek asidite, çeşitli organik maddeler, boyalar, aktif yıkama maddeleri, tuzlar ve yüksek konsantrasyonda yağ içermeleri şeklinde özetlenebilir. Yünlü tekstil endüstrisinde atıksu özellikle ıslatma, boyama ve yıkama birimlerinden kaynaklanmakta olup BOİ ve yağ değerleri yüksektir. pH ise asit boyamadan dolayı asidik ve alkali ıslatmadan dolayı bazik olabilmektedir (Tablo 3.1).

Yün kumaş halinde dokunmadan önce genellikle, yıkanır ve boyanır. Pamuk ve sentetik elyaflarda, başlangıçta yıkamayı gerektirecek bir kirlilik bulunmadığından lifler herhangi bir işleme alınmadan önce kumaş halinde dokunur. Yünlü dokuma endüstrisini kirleticilik bakımından diğer tekstil gruplarından ayıran temel fark, yıkama işlemidir.

Tablo 3.1. Yünlü tekstil prosesleri atıksu karakteristikleri

İşlem	Önemli Kirlilikler
Islatma	Yüksek BOİ, Yüksek yağ içeriği, Yüksek alkalilik, Kahverengi renk, 46-52°C sıcaklık
Boyama	Asidik pH, yüksek renk, Yüksek BOİ, Yüksek zehirlilik
Yıkama	Yüksek BOİ, Yüksek yağ içeriği, 43-66 °C sıcaklık

3.3. Pamuklu Tekstil Endüstrisi Atıksu Karakterizasyonu

Pamuklu tekstil endüstrisinde, atık karakteristikleri pH 8-11, gri ya da daha koyu renkte, BOİ, toplam katı ve askıda katı madde konsantrasyonları 200-600 ppm, 1000-1600 ppm ve 30-50 ppm'dir. Çeşitli adımlarda oluşan önemli kirlleticiler Tablo 3.2.'de verilmiştir.

Pamuklu tekstil endüstrisi atıksularındaki en önemli kirlilik problemleri; organik madde içeriğinin ve pH'nın yüksek oluşu, deterjan ve sabun içeriğinin olması, yağ ve gres, sülfür, katı maddeler ve alkalinite içermesi olarak özetlenebilir.

Tekstil endüstrisinde atıksuların birincil kaynağı liflerde mevcut olan doğal safsızlıklardır. İkincisi ise, proseslerde kullanılan kimyasal maddeler.

Pamuklu tekstil atıksuları alkali özellikte, işlenen boyanın hakim renginde ve debisi yüksek atıklardır. Ortalama büyüklükteki bir tesis için, nişastalı atıklar toplam atıksu hacminin %16'sını, BOİ'nin %53'ünü, toplam katıların %36'sını ve alkalinitenin %6'sını oluşturur. Kostik soda, toplam atıksu hacminin %19'unu, BOİ'nin %37'sini, toplam katıların %43'ünü ve toplam alkalinitenin %60'ını oluşturur. Yıkama, ağartma, boyama ve apre atıkları kompozit atığın hacimce %65'ini, BOİ'nin %10'unu, toplam katı maddenin %2'sini ve toplam alkalinitenin %34'ünü oluşturur (Selçuk, 1997).

Tablo 3.2. Pamuklu tekstil endüstrisinde çeşitli işlem adımlarında atıksu Karakteristikleri, (Selçuk, 1997).

İşlem	Önemli Kirlilikler
Haşıl sökme (Desizing)	Yüksek BOİ, Yüksek Toplam Katı, Nötr pH
Yıkama (Scouring)	Yüksek BOİ, Yüksek alkali, Yüksek toplam katı, Yüksek sıcaklık
Ağartma (Bleaching)	Yüksek BOİ, Yüksek katılar, Alkali pH
Merserize etme	Düşük katılar, Alkali pH, Düşük katılar
Boyama ve Baskı	Yüksek BOİ, Yüksek katılar, Nötr-Alkali pH

3.4. Sentetik Tekstil Endüstrisi Atıksu Karakteristikleri

Sentetik lif proseslerinde en önemli kirlilik, poliester ve sıcakta yumuşayabilen plastik liflerin boyanmasından kaynaklanmaktadır. En büyük kirlleticiler koku, toksisite ve yüksek BOİ'dir.

Tablo 3.3. Sentetik Tekstil Endüstrisi Proseslerinden kaynaklanan atıksu özellikleri,
(Germirli, 1986).

Lif	İşlem	Önemli Kirlilikler
Suni ipekli kumaş	Islatma ve boya	Yağ, boya, sentetik deterjan, Antistatik yağlar
	Islatma ve ağartma	Sentetik deterjan, hidrojen peroksit
	Tuz banyosu	Sentetik deterjan, klor ya da sülfat
Asetat	Islatma ve banyo	Boya, antistatik yağlar, sentetik Deterjan, esterler
	Islatma ve ağartma	Hidrojen peroksit ya da klor, Sentetik deterjan
Naylon	Islatma	Antistatik yağlar, sabun, soda, Esterler
	Boya	Boya, Na, Na ₂ , HCl
Plastik	Ağartma Boya	Perasetik asit, boya, formik asit, Nemli maddeler, Aromatik aminler, sülfatlar
	Boyama Ağartma Islatma	Asit klor, sentetik deterjan, yağ, Antistatik yağlar, klor ya da Hipoklorit, noniyonik sentetik Deterjanlar
	Yüksek sıcaklık ve boyama	Boyama, Sıcak su
	Ağartma	NaNO ₂ , Asetik asit, Oksalik asit, Nitrik asit, Bisülfite, Klor

4. TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSULARININ ARITIMI



4.1. Yünlü Tekstil Endüstrisi Atıksularının Arıtımı

Sadece yün proseslerinde, ıslatma sırasında ayırma işlemi gerekmektedir. Çünkü sekonder biyolojik arıtmada kolaylık sağlanmış olur ve yüksek organik yük azaltarak büyük miktarda lanolin kaynağı olan yün yağı uzaklaştırılır. Böylece ıslatma prosesi sonucu elde edilen yün atığı diğer boyama, yıkama ve karbonlama sonrası karışımlarla birlikte dengeleme tanklarına boşaltılabilir.

Kullanılacak arıtma yöntemini belirlemeden önce, fabrikada kullanılan üretim metodunun, proses akım şemasının incelenmesi, atıksu çıkış noktalarının saptanarak, atıksuların kalite ve miktarlarının belirlenmesi gereklidir. Fabrika içinde alınacak bazı önlemlerle atıksuyun miktar ve bileşen bakımından azalması sağlanabilir. Bu önlemleri şöyle sıralayabiliriz:

- Atık hacminin azaltılması,
- Üretimde kullanılan kimyasal maddelerin miktarının azaltılması,
- Fazla kirlilik yaratan kimyasal maddelerin daha az kirletici olanlarla değiştirilmesi,
- Tüm üretim süresince atık miktarını azaltacak önlemlerin alınması,
- Atıkların ayrılması,
- atıkların birleştirilmesi ve dengelenmesi.

Atıksu arıtma işlemleri şöyle sıralanabilir;

- a. Dengeleme
- b. Izgara ve elekler
- c. pH ayarlaması ve nötralizasyon
- d. çöktürme
- e. kimyasal pıhtılaştırma ve yumaklaştırma
- f. kimyasal oksidasyon



- g. biyolojik arıtma
 - Aktif çamur yöntemi
 - Damlatmalı filtre yöntemi
 - Oksidasyon havuzları
 - Stabilizasyon havuzları
 - Lagünler
- h. Adsorbsiyon
- i. Buharlaştırma ve yakma

Yünlü tekstilde atıksular yün yıkama ve boya-apre işlemlerinden oluşur. Ortalama 100 kg yünün yıkanması için 0.8-1.5 m³ su kullanılır. Yün yıkamadan gelen atıksular, bulanık, kirli, sarı-gri renkte ve alkali karakterdedir. BOİ'si 1000 mg/l, TKM 3000 mg/l, AKM 100 mg/l ve pH 9-11 arasındadır (Germirli, 1986).

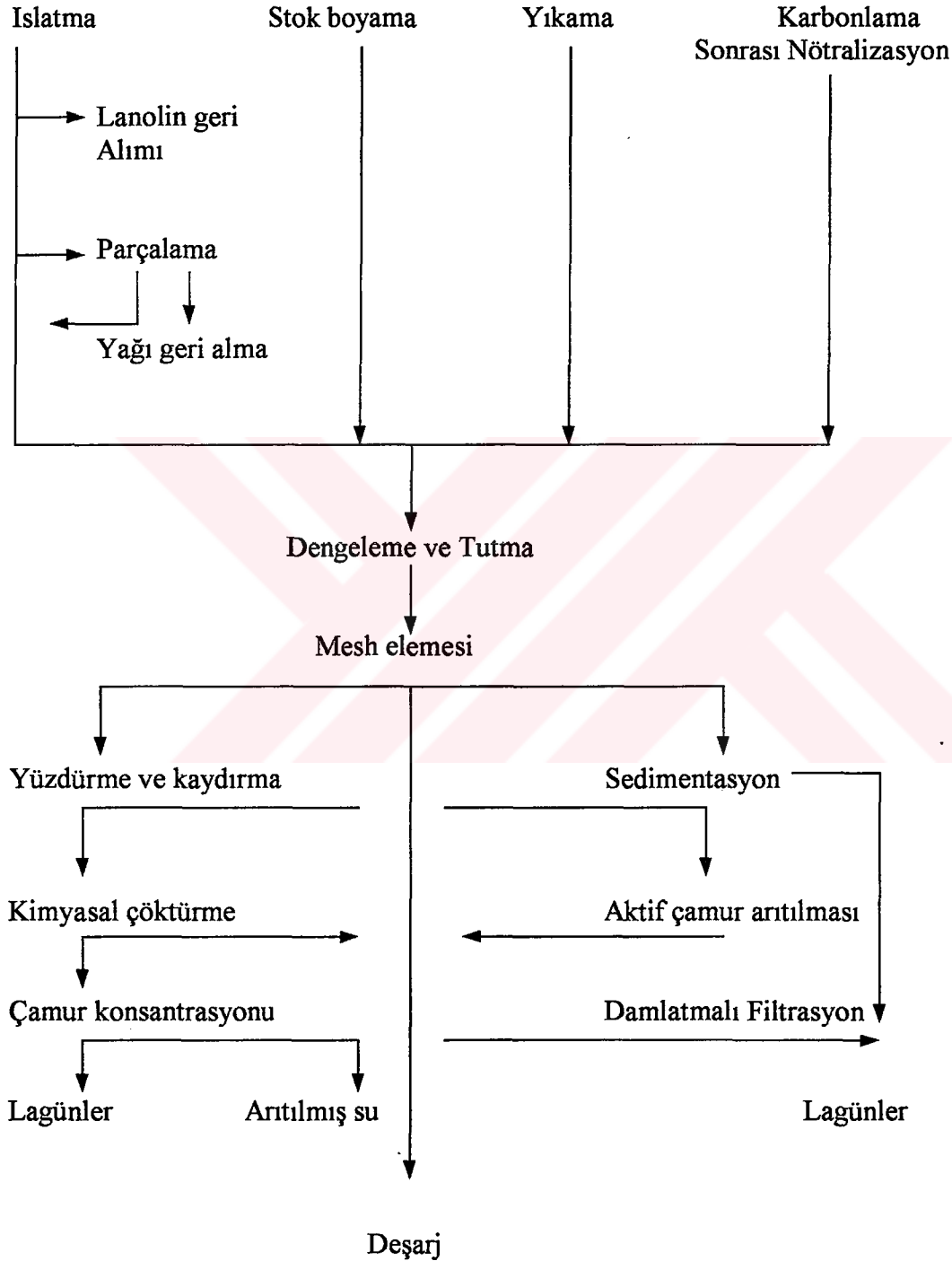
Islatma prosesi sonucu elde edilen sudaki yağın %40'ını almak için santrifüjleme, çökeltme, flotasyon gibi işlemler uygulanır. Santrifüjleme aynı zamanda tuz ya da asit ayırması (kraking) için bir ön arıtma basamağı da kullanılır. Yünlü sudaki yağı uzaklaştırmada alkol ekstraksiyonu da uygulanabilir. Etanol ya da izopropanol ve metanol karışımı, yağı uzaklaştırmak için kullanılır.

Yün aynı zamanda çökebilen katılar içerir. Bu katıların en etkili olarak uzaklaştırmak için kimyasal ve biyolojik oksidasyon metotları kullanılmaktadır. Genel olarak arıtım Şekil 4.1.'deki gibidir.

4.1.1.Yünlü Tekstil Endüstrisinde Atıksularının Arıtımında Kullanılan Arıtma Yöntemleri ve Etkinliği

Uzun havalandırmalı ve pH ayarlı aktif çamur prosesiyle yaklaşık %90 oranında BOİ giderilebilmektedir.

Yün endüstrisi atıksuları yüksek BOİ, katı madde ve yüksek yağ içeriği ile karakterize edilir. Yünlü tekstil atığı, verimli bir biyolojik arıtıma tabi tutulabilmesi için ön arıtma gerektiğinden ayrı bir problem oluşturur. Atıksuların verimli bir şekilde arıtılabilmesi için ön arıtma yapılması gereklidir.



Şekil 4.1. Yünlü tekstil atıksularının arıtım şeması

Tablo 4.1. Yünlü tekstil endüstrisinde atıksu arıtımında kullanılan arıtma yöntemlerinin etkinlik değerleri (Şengül, 1989)

Arıtma yöntemi	Giderme verimi (%)				
	BOİ	Yağ	Renk	Alkalinite	AKM
<u>Yağ giderme işlemleri</u>					
Asit parçalama	20-30	40-50	0	0	0-50
Santrifüj	20-30	25-45	0	0	40-50
Buharlaştırma	95	95	0	0	-
Izgara	0-10	0	0	0	20
Çöktürme	30-50	80-90	10-50	10-20	50-56
Flotasyon	30-50	95-98	10-20	10-20	50-56
<u>Kimyasal Arıtma</u>					
CaCl ₂	40-70	-	-	-	80-95
Kireç + CaCl ₂	15-25	97	-	-	80-95
CO ₂ + CaCl ₂	20-56	-	75	-	80-95
Şap	21-83	-	-	-	-
H ₂ SO ₄ , şap	31-65	-	-	-	-
Üre, şap	32-65	-	-	-	-
H ₂ SO ₄ ve FeCl ₂	59-84	-	-	-	-
FeSO ₄	50-80	-	-	-	-
Aktif çamur	85-90	0-15	10-30	10-30	90-95
Damlatmalı filtre	80-85	0-10	10-30	10-30	90-95
Lagünler	0-85	0-10	10-30	10-20	30-70

4.2. Pamuklu Tekstil Endüstrisi Atıksularının Arıtımı

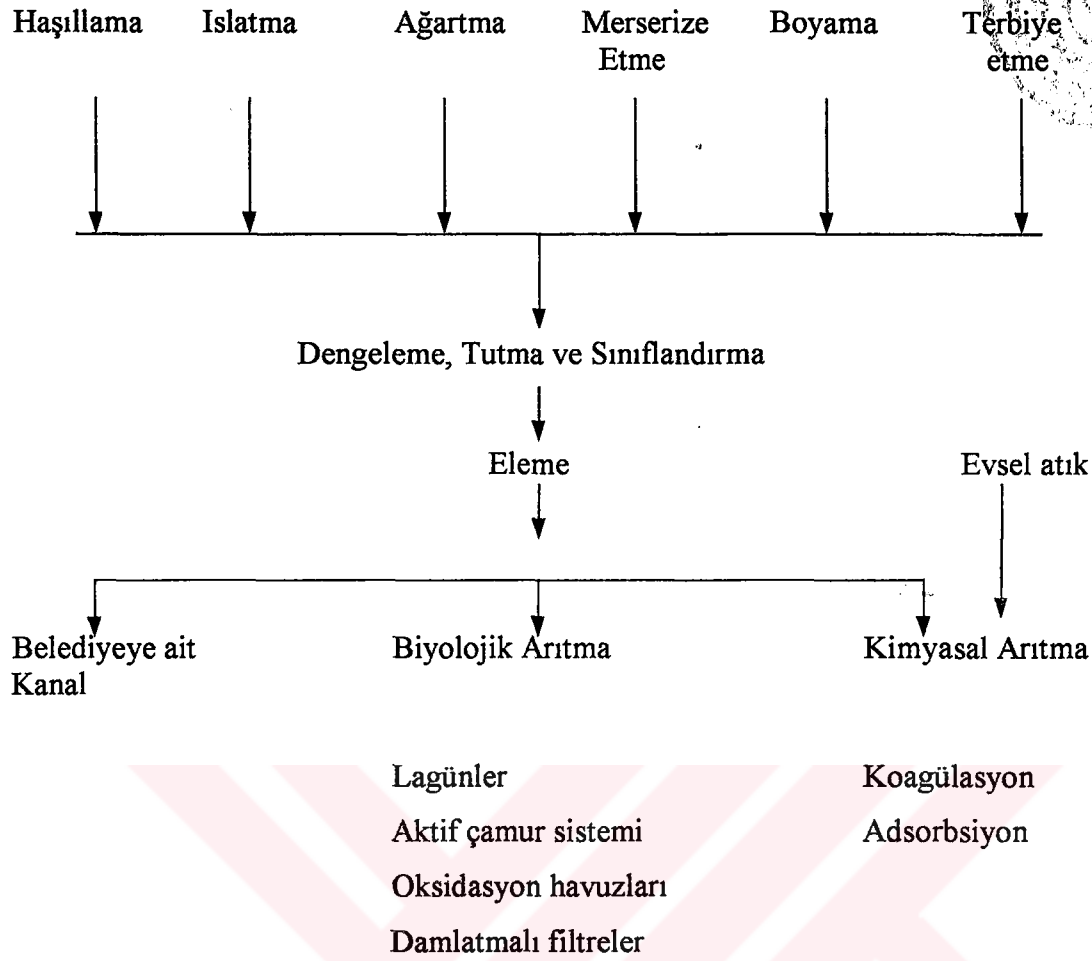
Pamuklu tekstil endüstrisinde atıksularının hacmini ve kirlilik yükünü azaltacak tesis içi önlemlerin alınabilir. Temiz çalışma, kapalı devre kontrolü, başka kimyasal işlemler uygulama, geri kazanma ve benzeri yöntemlerle atıkların miktarı azaltılabilir. Pamuklu tekstil üretim prosesleri sırasında oluşan kirlilik yükleri Tablo 4.2.'de verilmiştir.

Pamuklu tekstil endüstrisi atıksuları, her bir işlem kademesinden sonra, dengeleme tankına ya da benzeri tanklara alınmalıdır. Pamuklu tekstilde atıklar çeşitli özelliktedir, dengeleme ile biyolojik proses için hazırlık yapılmış olur. Atıksulardaki yüksek BOİ miktarı kimyasal ve biyolojik arıtma yöntemleriyle standartlarda belirlenen seviyelere indirilebilir. Kimyasal arıtmada, alüm, demir, sülfat, demir klorür koagülant olarak kullanılır. Kireç ve sülfürik asit ile pH kontrolü yapılarak pıhtılaştırma ve yumaklaştırma sağlanır.

Boya atıklarının giderilmesinde kimyasal pıhtılaştırma yerine, klor bileşikleriyle kimyasal oksidasyon yöntemi de kullanılmaktadır. Tekstil atıksularının biyolojik arıtılmasında genellikle aktif çamur yöntemi ve damlatmalı filtreler kullanılmaktadır. Damlatmalı filtre ekonomiktir, ama aktif çamur daha verimli bir yöntemdir. Biyolojik arıtmadan önce pH 7-9 aralığına getirilmelidir. pH kontrolü, H₂SO₄ ilavesi veya CO₂ veya baca gazları ile yapılabilir. Damlatmalı filtre bir kaba arıtma olarak yapıp, ardından aktif çamur yapılırsa verim artmaktadır. Biyolojik arıtma sonucunda renk giderim verimi de %40-45 olmaktadır. Dengeleme ya da tutma tanklarından alınan atıklar arıtma sistemlerine boşaltılabilir. Genel arıtım şeması Şekil 4.1.'deki gibidir.

Tablo 4.2. Pamuklu tekstil endüstrisinde atıksu arıtımında kullanılan arıtma yöntemlerin etkinlik değerleri, (Selçuk, 1997).

Arıtma Metodu	Giderilen		
	BOİ (%)	Asılı Katı Madde(%)	Toplam çözünmüş(%)
Eleme	0-15	5-20	0
Çöktürme	5-15	15-60	0
Kimyasal çöktürme	25-60	30-90	0-50
Damlatmalı filtreler	40-85	80-90	0-30
Aktif çamur	70-95	85-90	0-40
Lagün	30-80	30-80	0-40
Havalandırma havuzu	50-95	50-95	0-40



Şekil 4.2. Pamuklu Tekstil endüstrisi atıksularının arıtım şeması

4.2.1. Pamuklu Tekstil Endüstrisi Atıksularının Arıtımında

Kullanılan Arıtma Yöntemleri ve Etkinliği

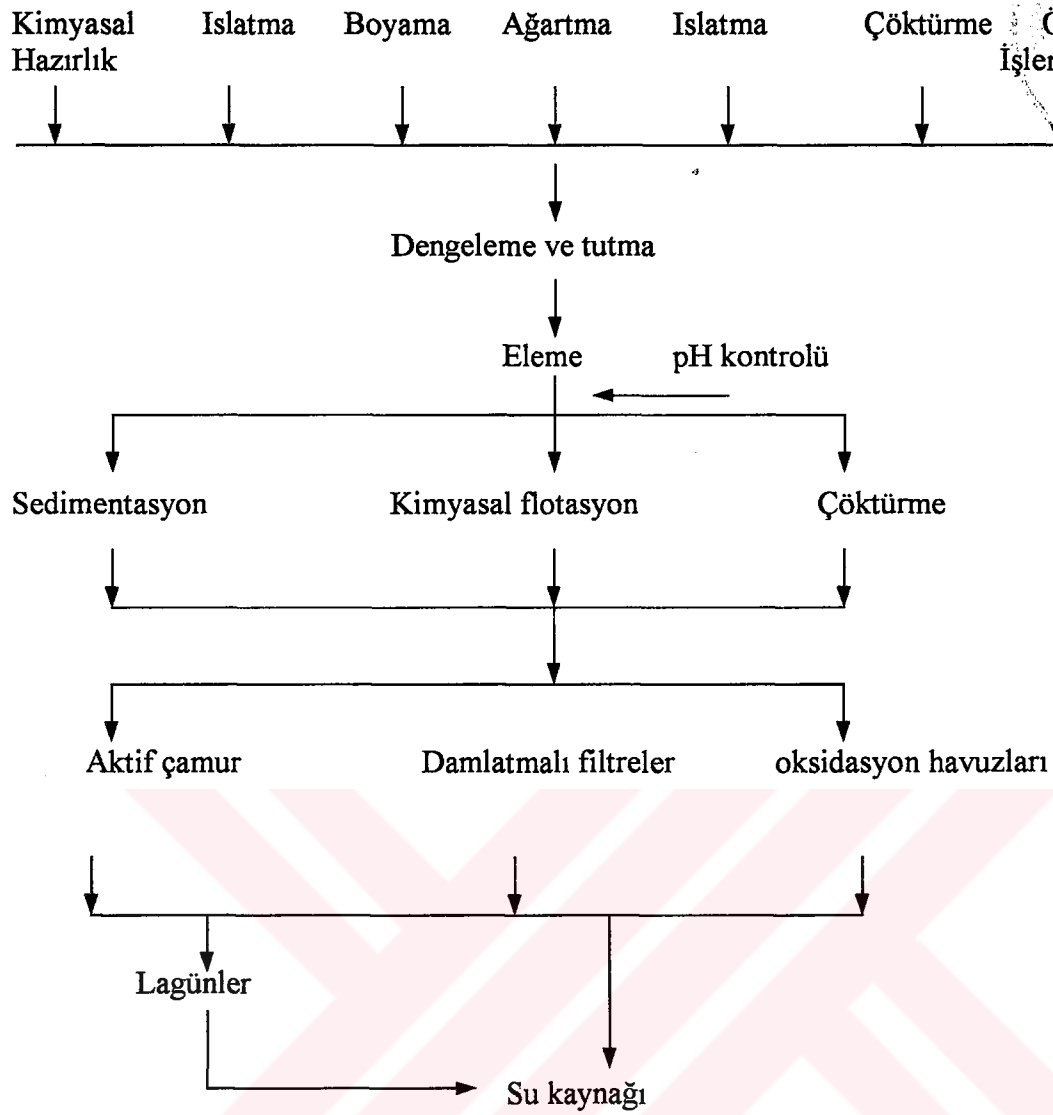
Özellikle uzun havalandırmalı aktif çamur işlemleri ile %90 ya da daha iyi derecede BOİ giderme verimi elde edilmiştir. Damlatmalı filtre sistemleri, konvansiyonel aktif çamur sistemleri kadar iyi sonuç vermemiştir. Pamuklu atıklar için en ekonomik arıtma metodu ikinci arıtma sonrası atığı bir oksidasyon havuzunda depolamaktır. Pamuklu tekstil atıkları, yağ içermemeleri ve nispeten düşük katı madde konsantrasyonları ile yünlü tekstil atıksularından daha az kirletici özelliğe sahiptirler. Yöntemlerin etkinliği aşağıdaki gibidir.

Tablo 4.3. Pamuklu Tekstil üretim prosesleri sırasında oluşan kirlilik yükleri (Nemerow, 1978)

Bölüm	Proses	(lb) BOİ/1000 lb kumaş	Toplam %
Haşıl sökme		53	35
Pişirme	Basınçlı pişirme, Birinci temizleme	53	16
	Basınçlı pişirme, İkinci temizleme	8	1
	Sürekli temizlemeli	42	15
	Ortalama	45	-
	Pişirme (alt toplam)	-	32
Boyama		0.5-32	15-30
Baskı	Renkli baskı atıkları	12	7
	Baskı işleminden sonra sabunla yıkama	17-30	17-30
	Baskı işleminden sonra deterjanla yıkama	7	7
	Baskı alt toplam	-	15-35
Ağartma	Hipokloritle ağartma	8	3
	Peroksitle ağartma	3	1
Merсерizasyon		6	1
Toplam		125-250	

4.3. Sentetik Tekstil Endüstrisi Atıksularının Arıtılması

Biyolojik oksidasyon ve kimyasal arıtma, sentetik tekstil atıkları için biyokimyasal oksijen ihtiyacının azaltılması için kullanılan arıtma yöntemleridir. Sentetik atıkların arıtılmasında özellikle kimyasal çöktürme öncesi koagülanların gereksinimi azaltmak için pH ayarlaması gereklidir.



Şekil: 4.3. Sentetik tekstil endüstrisi atıksularının arıtılması

4.3.1.Sentetik Tekstil Endüstrisinde Atıksu Arıtılmasında Kullanılan Arıtma Yöntemleri ve Etkinliği

Sentetik atıksuları kirletici madde miktarı ve özellikleri bakımından pamuklu tekstil atıklarından daha düşük karakterdedir. Fakat metalik iyon içeren boyalar kullanıldığı zaman bu atıksular toksik olabilmektedir. Bu nedenle biyolojik arıtmadan önce kimyasal ön arıtma gerekli olmaktadır.

Tablo 4.4. Sentetik tekstil endüstrisinde atıksu arıtımında kullanılan Arıtma yöntemlerin etkinlik değerleri, (Selçuk, 1997).

Arıtma Metodu	Giderilen		
	BOİ (%)	Asılı Katı Madde(%)	Toplam çözünmüş(%)
Eleme	0-5	5-20	0
Çöktürme	5-15	15-60	0
Kimyasal çöktürme	25-60	30-90	0-50
Damlatmalı filtreler	40-85	80-90	0-30
Aktif çamur	70-95	85-95	0-40
Lagün	30-80	30-80	0-40
Havalandırma havuzu	50-95	50-95	0-40

5. TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSULARINDAN RENK GİDERMEDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Tekstil atıksularından renk giderilmesi amacıyla, çeşitli adsorbsiyon, oksidasyon, filtrasyon, biyolojik, kimyasal ve foto-kimyasal metotlar kullanılmaktadır (Tablo 5.1. Garh, 1994).

Tablo: 5.1. Tekstil endüstrisinde çeşitli proses atıksularının arıtımı

Atıksuyun oluşturduğu proses			
Ön işlemler	Boyama	Baskı	Bitirme
Katı maddeleri ultrafiltrasyon ile giderme Biyolojik arıtma	<u>Oksidasyon</u> -Ozon -Peroksit/UV Anaerobik arıtma	Yıkama sularının geri kazanımı Anaerobik arıtma	Düşük basınçlı oksidasyon Yüksek sıcaklıkta çalışan elektrolitler (%)
Oksidasyon	<u>Koagülasyon</u> Fe/Al bileşikleri	Boyama atıksularında kullanılan yöntemler	
Birleşik sistemler	<u>Membranlar</u> -Ultrafiltrasyon -Nanofiltrasyon <u>Adsorbsiyon</u> -Aktif Karbon -Linyit İyon ekstraksiyonu		

5.1. Adsorbsiyon

5.1.1. Genel Yaklaşım

Adsorbsiyon; katı-sıvı sisteminde çözünmüş halde bulunan maddelerin fazlar arasındaki yüzeyde biriktiği kimyasal bir prosestir.

Adsorbsiyon su ve atıksu arıtımında;

- ◆ İstenmeyen tat ve kokuların giderilmesinde,
- ◆ Biyolojik arıtmayla gidilemeyen pestisidlerin sudan uzaklaştırılmasında,
- ◆ Küçük miktarda toksik bileşiklerin fenol gibi sudan uzaklaştırılmasında,
- ◆ Deterjan kalıntılarının sudan uzaklaştırılmasında,
- ◆ Endüstriyel atıksulardan kalıcı organik maddelerin ve renginin giderilmesinde,
- ◆ Nitro ve kloro bileşikleri gibi özel organik maddelerin uzaklaştırılmasında,
- ◆ TOK ve KOİ ihtiyacının azaltılmasında,
- ◆ Bazı ağır metallerin giderilmesinde,
- ◆ Deklorizasyon amacıyla kullanılmaktadır.

Adsorbsiyonun temel mekanizması, ayrılacak olan maddenin çözücünden kaçma özelliğine ve katıya duyduğu ilgiye bağlıdır. Sulu çözeltilerde her iki özelliğin kombinasyonu önem taşır. Bu özellikleri etkileyen faktörler, çözünürlük vs. adsorbsiyon için önem taşır. Bir sıvı-katı sisteminde çözeltilen katı faz düzeyine adsorbsiyon sırasında katı ve sıvı fazdaki maddelerin konsantrasyonları arasında dinamik bir denge oluşur. Bu denge durumunda maddenin sıvı-katı fazlardaki konsantrasyonları arasındaki orantı, adsorbsiyon verimi ve adsorbantın kapasitesi açısından önem taşır (Tünay, 1990).

Adsorbsiyon verimi, yüzey alanına, pH'a, sıcaklığa, adsorbantın yapısına ve karışım özelliğine göre değişir.

Adsorbantın fiziko-kimyasal özellikleri adsorbsiyon hızını ve kapasitesini etkiler. Bütün katılar adsorbant olarak ele alınabilir, ama adsorblayıcı özellikleri

ancak yüzey karakterleri tarafından belirlenebilir. Genel olarak sudaki adsorbsiyon reaksiyonları ekzotermiktir. Bu yüzden adsorbsiyon azalan sıcaklık ile artar. Adsorbsiyonun gerçekleştiği çözeltinin pH'ı verimi büyük ölçüde etkiler. Sudaki tipik kirleticilerin adsorbsiyonu pH'ın azalması ile artar.

5.1.2. Adsorbsiyon Teknikleri ile Renk Giderimi Çalışmaları

Aktif karbon (toz veya granül), adsorbant olarak uzun yıllardır kullanılmaktadır. Aktif karbonun hızlandırıcı olarak kullanılmasında, büyük yüzey alanı, yoğun fiziksel ve kimyasal özellikleri etkilidir. Tabakaların kenarından kolayca elektron verdiğinden bu elektronlar uzun zincirli organik maddelerin parçalanmasında oldukça etkili rol oynamaktadır.

Genellikle 2 saat adsorbsiyon süresi sonunda kirletici parametrelerin konsantrasyonunda değişiklik gerçekleşmekte, 2 saatin sonundaysa kirletici parametrelerin konsantrasyonlarında bir değişiklik olmamaktadır. Adsorbsiyon en iyi düşük pH'larda ($\text{pH} < 4$) gerçekleşmektedir (Öztürk, 1989).

Aktif karbonunun çok pahalı olması, bazı boyar maddeler için düşük renk giderme verimi elde edilmesi, aktif karbon re jenerasyonunun pratikte pek uygulanmayan ve tekstil endüstrisi atık sularının çok yüksek debili olması aktif karbonun tekstil endüstrisi atık sularından renk giderilmesi için kullanılmasını sınırlamaktadır. Bu yüzden çok daha ucuz olarak elde edilebilen uçucu kül, turba kömürü, fırın cürufu, bentonit kilinin de tekstil atıksularından renk giderilmesinde kullanılması araştırılmıştır.

Asit, bazik ve dispers boyar maddelerin kullanıldığı çalışmalardan elde edilen çalışmalar Tablo 5.2.'de görülmektedir.

Fırın cürufu ve bentonit kili için en uygun adsorbsiyon $\text{pH}=1-3$ aralığındayken, turba kömürü ile renk giderme boya çeşidine göre asidik veya bazik şartlarda gerçekleşmektedir. Uçucu kül ile adsorbsiyonda pH adsorbsiyon verimini pek

etkilemez. Gerekli reaksiyon süresi fırın cürufu, bentonit kili ve turba kömürü için sırasıyla 7, 8, 6 saat iken aktif karbon ve uçucu kül için 2 saattir, (Konduru et. al., 1996).

Ekonomik olarak tekstil atıksularında renk gidermede kullanılan diğer bir adsorbant ise aktif kok kömürüdür. Aktif kok kömürü, linyit kömürünün 900 °C' de kömür fırınında ısıtılıp, ısının su ile 300 °C' ye düşürüldükten sonra hava ile soğutulmasıyla elde edilir. Yüzey alanı geleneksel kömürün 1/3'ünü oluşturur ve çok ucuzdur. Linyit kömürünün oksijen depolama kapasitesi yaklaşık 10 mgO₂/g kok kömürüdür. Ayrıca aktif kok kömürünün biyolojik ve termik yöntemle rejenerasyonu ile aktif kok kömürünün %75'i daha fazla absorblama kapasitesi ile devamlı kullanılabilir.

Biyokütle adsorbsiyonu da renk giderme yöntemlerinden biri olarak kullanılmaktadır ve yüksek renk giderme verimleri elde edilmiştir. Biyokütle adsorbsiyonunda;

1. Ölü biyokütlelerin canlı biyokütlelere göre 3-4 kat daha fazla adsorblama kapasitesine sahip olduğu,
2. adsorbsiyon yüzeyinin genişlemesiyle ölü biyokütlelerin adsorbsiyon kapasitesini arttırdığı,
3. En yüksek adsorblama kapasitesi sırasıyla ölü Aeromanos sp, Pluteola ve E. Coli biyokütlelerince görülürken, aktif çamur ve bazı bakteri türlerinde adsorbsiyon kapasitesinin çok az olduğu,
4. Biyokütle ile adsorbsiyonun asidik şartlarda olduğu,
5. Farklı boya bileşiklerinde bakterisel biyokütlenin sabit adsorbsiyon özelliği gösterdiği yapılan laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilmiştir.

5.2. Kimyasal Oksidasyon

Kimyasal oksidasyonun amacı içme ve atıksularda bulunması istenmeyen Mn⁺², Fe⁺², S⁻², SO₃⁻² gibi maddeleri, fenoller, humik asitler, toksik maddeler, koku,

tat ve renk meydana getiren maddeler, bakteri ve algler gibi organik maddeleri aksi tesiri olmayan türlere dönüşmektedir.



Sıcaklık, pH, reaktanlar, ürün konsantrasyonları, kataliz varlığı gibi değişken oksidasyonun derecesini etkileyen temel faktörlerdir.

İçme ve atıksularda çeşitli amaçlarla oksitleyici olarak oksijen, O_3 , H_2O_2 , $KMnO_4$, klor, hipoklorit ve Cl_2O kullanılmaktadır.

Su ve atıksu arıtımında kimyasal oksidasyon, çeşitli nedenlerle istenmeyen bileşiklerin zararsız hale dönüştürülmesi veya daha sonraki arıtma işlemleri için uygun yapıya getirilmesi amacıyla uygulanır. Kimyasal oksidasyonun kullanım alanları;

Demir, mangan giderilmesi,
Dezenfeksiyon,
Organik bileşiklerin giderilmesi,
Alg kontrolü,
Renk giderilmesi,
Tat ve koku giderilmesi,
Siyanür giderilmesi,
Sülfür giderilmesi,
Amonyak giderilmesi,
Krom giderilmesi,

Korozyon kontrolü olarak sayılabilir. Kimyasal oksidasyon uygulamaları; oksitleme ürünlerinin zararlı olmaması, arıtma veriminin yüksek olması ve uygun sürede gerçekleşmesi, oksitleyici maddenin ekonomik olması nedeniyle kısıtlamaktadır. Atıksularda renk giderimi amacıyla genellikle ozon, klor veya hipokloritler, klordioksit ve H_2O_2 kullanılır (Tünay, 1990).



5.2.1. Ozon ile Renk Giderimi

Ozon güçlü bir oksitleyici olup organik maddelerle çok güçlü bir şekilde reaksiyona girer. Su arıtımında tat ve koku giderilmesinde, dezenfeksiyon da, boya maddelerinin parçalanmasında, atıksuların zehirden arındırılmasında, demir ve mangan oksidasyonunda, organik maddelerin biyolojik eritiminin yükseltilmesinde geniş bir şekilde kullanılmaktadır.

Ozon kuru hava veya oksijenin yüksek voltajlı elektrik deşarjına (yaklaşık 5.000-30.000 V'luk) tabi tutularak elde edilirse, kapalı gaz enjeksiyon sistemleri ile kullanılması gerekir. Bu nedenle su tasfiyesinde kullanılması oldukça yüksek işletme giderlerine neden olur.

Son yıllarda tekstil endüstrisi atıksularının renginin arıtılmasında ozon yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem işletme maliyetlerinin yüksekliği nedeniyle özellikle su kaynaklarının yetersiz olduğu bölgelerde kullanılır (Heuell ve Aydın, 1998).

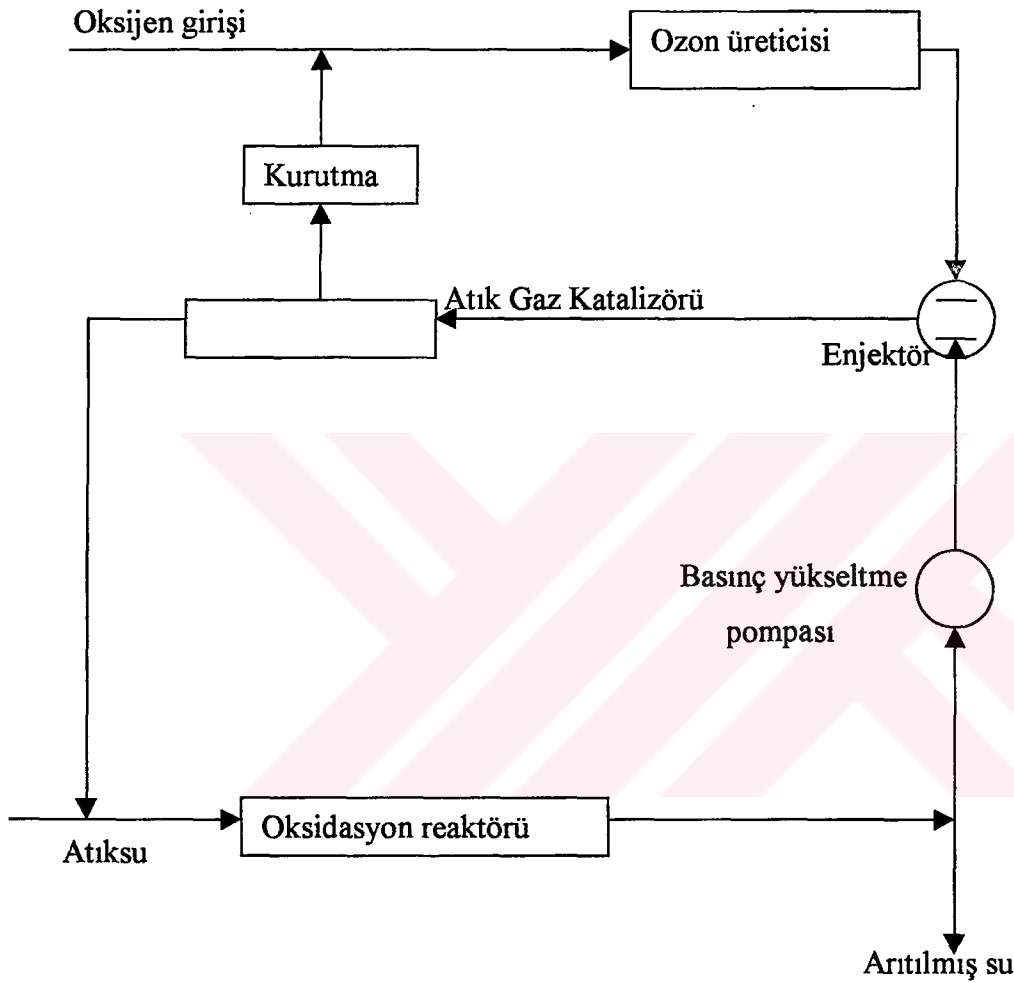
Almanya'da yeni atıksu deşarj standartlarının sağlanması amacıyla tekstil sanayi atıksularının ozonla renginin giderilmesinde;

Ozon üretimi (oksijen) için gerekli elektrik enerjisi	7.5-12 kwh/kg ozon
1 kg KOİ için ozon miktarı (bir sonraki biyolojik aşama için)	0.127 ozon/kg KOİ
%90 üzerinde renk gidermek için (gerekten ozon miktarı)	0.150-0.200 kg/m ³ ozon
Gerekli oksidasyon süresi	12-30 dakika

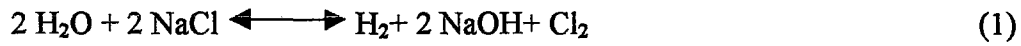
Ozonlama ile dispers boyalar hariç diğer tüm boyalarda yüksek renk giderme verimleri elde edilmiştir. Sıcaklığın, organik madde konsantrasyonlarının, tekstil madde miktarının ve diğer kirletici miktarlarının artması ozon tüketimini ve dolayısıyla işletme masraflarını da arttırır (Kuo, 1992).

5.2.2.Klorla Renk Giderimi

Çoğunlukla içme sularında ve biyolojik arıtma sonrası dezenfektan olarak yaygın bir şekilde klor kullanılmaktadır. Bu amaçla klor gazı kullanılır. Klor gazı NaCl çözeltilerinden elde edilir.



Şekil 5.1. Ozonlama işlemi Akım şeması



Klor gazı suda çözündüğünde hipoklorit asidi meydana gelir.



Soğukta NaOH çözeltisinden klor gazı geçirilirse hipoklorit meydana gelir.



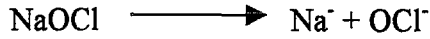
(3)

Kalsiyum hidroksid üzerinden klor geçirmekle kireç kaymağı elde edilir.



(4)

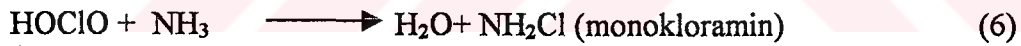
Hipoklorit tuzları, örneğin NaOCl suda tamamen ayrışarak hipoklorit iyonu oluşturur.



(5)

Pratikte elementer klor, hipoklorit asidi ve hipoklorit iyonuna serbest klor ismi verilir.

Klorlama sırasında suda amonyak varsa, klor ile reaksiyona girerek, kloraminleri oluştururlar:



pH düşükse trikloramin, yüksekse monokloramin oluşur. Klor dozlanmaya başlandığı zaman sudaki kirletici miktarına göre kloraminler ve klorun diğer organik maddelerle yaptığı bileşikler oluşur. Dozlama devam ettikçe kloramin oluşumu azalır ve bir süre sonra (kırılma noktası) verilen klor serbest klor olarak suda kalır.

Sularda klorlama serbest klorun oluştuğu noktadan sonraki dozlarda yapılır. Özellikle atıksularda klor ihtiyacı suda bulunan çeşitli inorganik (H_2S , Mn^{+2} , NH_3) ve organik (fenoller, aminoasitler, karbonhidratlar, proteinler vb.) maddelerin

bulunuşuna göre artar. Bu maddelerin özellikle fenollerin klorla yaptığı bileşikler, klorafenoller suda çok kötü kokuya neden olurlar.



Atıksuların klorlanması sonucunda organik maddelerin klorla yaptığı bileşikler çevrede sağlık problemlerine neden olmaktadır. Bu atıksuların deşarj edildiği göl ve nehirlerin içme suyu temini amacıyla kullanımında atıksuların klorlanmasından kaynaklanan bağlı klor bileşiklerinin sakıncalı durumlar ortaya çıkmaktadır. Bu durumda ya ozonlama, ya da klorlama sonrası klor giderme yöntemleri uygulanmaktadır (Öztürk, 1993).

Son yıllarda klorlama ile özellikle tekstil atıksularının renginin giderilmesi için çalışmalar yapılmaktadır. Klorlama ile tekstil atıksularının rengi tamamen giderilememiştir. Fakat gerekli klor dozajı klor gazına eşdeğer olarak 500-1000 mg/l'dir. (Kabdaşlı et.al., 1995).

Renk gidermek için yapılan klorlama işleminde reaksiyon hızlı gerçekleşmektedir. Asit boyama banyolarında yapılan araştırmalarla 250, 500, 1000 mg/l klor dozajında (Cl_2) olarak sırasıyla %46, 86, 96 renk giderme verimleri elde edilmiştir. Ayrıca kimyasal çöktürme sonrasında NaOCl ile birlikte koagülant kullanılarak (FeCl_3) kullanılarak yapılan bir çalışmada ortalama %80 renk giderme verimi elde edilmiştir (Orhon, 1996).

Tekstil atıksularının renginin giderilmesinde fazla konsantrasyonlarda kullanıldığında oluşan kloramin ve serbest klorun neden olabileceği durumlarda klor giderme yöntemleri kullanılır. Klor giderme işlemi artık klor 0.2-1 mg/l'den az olduğunda uygulanır. Klor gidermede;

- Aktif karbon filtrelerinden geçirme,
- Havalandırma,
- Kimyasal yöntemler (SO_2 , NaHSO_3 , Na_2SO_3 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) kullanılmaktadır.

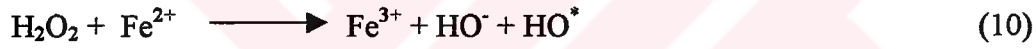
5.2.3. Hidrojen Peroksit+ Koagülant Oksidasyonuyla Renk Giderme



Tekstil endüstrisi atıksularında, KOİ, BOİ, sıcaklık, pH, katı madde, renk ve diğer kirlenici parametreler oldukça yüksektir.

Renk gidermek için yapılan koagülasyon ve aktif karbon yöntemlerinin bazı boyar maddeler için etkili olmaması, ozonlama ve membran filtre yöntemlerinin ise işletme ve yatırım maliyetlerinin yüksekliği nedeniyle pratikte renk gidermek için uygulanmamaktadır. Hidrojen peroksit yalnız başına kullanıldığında renk gidermede pek etkili olmamaktadır (Orhon, 1996).

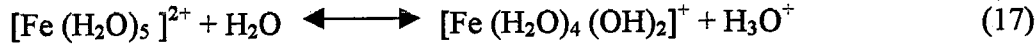
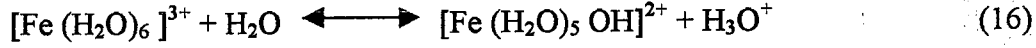
Hidrojen peroksit ve demir iyonları asidik ortamlarda çok kararlıdır. Ama hidrojen peroksit organik maddelerin ve demir iyonlarının bulunduğu bir su ortamına verildiğinde aşağıdaki reaksiyonlar gerçekleşir.



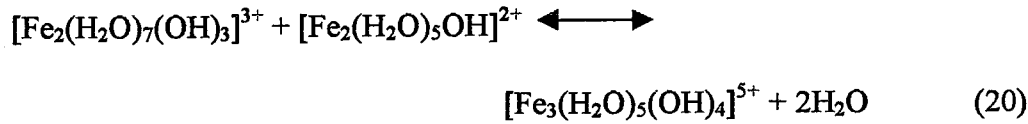
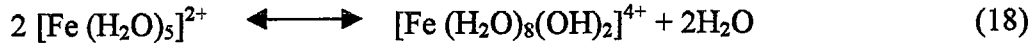
Oluşan hidroksil radikali doymamış renkli boya molekülleri gibi organik maddeleri parçalar ve renksiz hale getirir. Bu reaksiyon ise şöyle gösterilebilir.



Boya moleküllerinin yukarıdaki (15) eşitliğindeki gibi parçalanması renk gidermede avantaj sağlar. Daha sonra demir iyonları suya verildiğinde (16) ve (17) reaksiyonları oluşur.



Oluşan bu kompleksler, (18) - (20) reaksiyonlarının oluşumu ile polimerize olurlar ve koagülasyon düşük pH'larda gerçekleşir ve renk uzaklaşmış olur.



En etkili renk giderimi, pH<3.5 değerinde 30-60 dakikalık reaksiyon süresinde ve yüksek sıcaklıkta (50°C' de) gerçekleşmiştir (Kuo, 1992).

5.3. Membran Ayırma Prosesleri

Endüstriyel atıksu problemi devamlı olarak artmakta, daha karmaşık ve ciddi boyutlara ulaşmaktadır. Çeşitli ağır metaller, yüzeysel aktif maddeler, klorlu hidrokarbonlar gibi tehlikeli maddeler devamlı olarak çevrede birikmektedir. Kimyasal maddelerin geri kazanılması için bir ayırma prosesi olan membran proseslerinin kullanılması ileriki yıllarda daha da önem kazanacaktır.

Membran ayırma prosesleri son yıllarda oldukça geliştirilmiş ve bu sistemlerin;

- ◆ Termal ayırma sistemlerine göre daha az enerjiye ihtiyaç göstermeleri
- ◆ Proses suyunun geri devrettirilmesi
- ◆ Sıvıdaki değerli maddelerin geri kazanılabilmesi
- ◆ Diğer sürekli proseslere uyum sağlaması
- ◆ Geniş pH ve sıcaklık değerlerinde çalışabilmesi

özelliklerine sahip olmalarından dolayı daha yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Mekanik ayırma proseslerinden santrifüj ve klasik filtrasyon ile sadece

1-10 μm çapındaki danecikleri sıvıdan ayırır. Sıvıdaki danecik çaplarının küçük olması halinde ;

Mikrofiltrasyon,

Ultrafiltrasyon,

Reverse Osmoz,

Olarak adlandırılan membran ayırma sistemleri kullanılmaktadır. Tablo 5.4.'de membran sistemlerinin avantaj ve dezavantajları karşılaştırmıştır (İnce, 1990).

Tablo 5.2. Membran sistemlerinin karşılaştırmılması

Ultrafiltrasyon	Ters osmoz	Mikrofiltrasyon
Düşük basınç (2-10 Bar)	Ysek basınç (10-30 Bar)	Düşük basınç (0.5-5 Bar)
Az enerji gereksinimi	Fazla enerji tetimi	Az enerji gereksinimi
Ysek geri kazanma (%95'kadar)	Düşük geri kazanma (%50-80)	
pH= 1-13	pH= 2-11	pH= 1-13
Ysek sıcaklıkta işletme 80°C	Maksimum 45°C' ye kadar	Ysek sıcaklıkta işletme
Oksidantlara karşı dayanıklı	Oksidantlara karşı Dayanıklılığı sınırlı	Oksidantlara karşı dayanıklı
Yağ/su emülsiyonları, deterjan, organik maddeler, renk ve moleküllerin makro moleküllerin giderilmesinde kullanılırlar	İyonların, ağır metallerin gideriminde kullanılırlar	Yağ/su emülsiyonları, aktif çamur sistemlerinden biyokütle ayrılması, sertlik, bulanıklık ve renk gidermede kullanılırlar

5.3.1. Mikrofiltrasyon

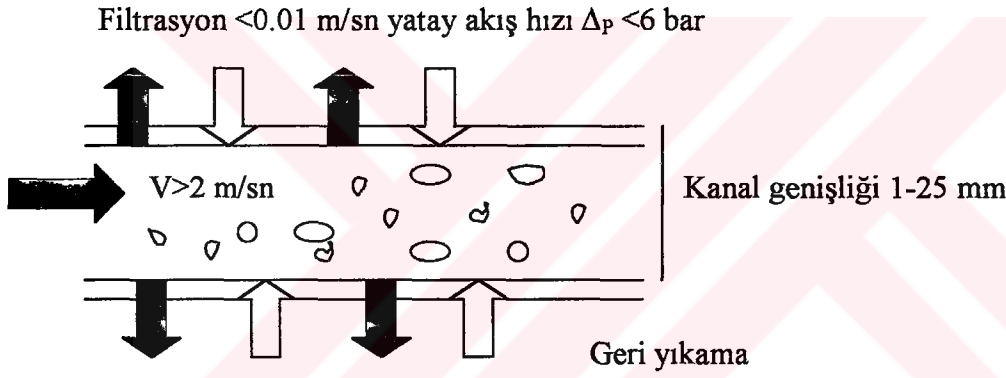
Mikrofiltrasyon 0.1-10 mikron bklğndeki askıda katı maddelerin, bakterilerin, renk oluşturan boyar maddelerin tutulmasında kullanılır. Partiküllerin ayrılması %100'e yakın oranda ve membran üzerinde gerçekleşir. Akım mikrofiltre yüzeyine dik veya paralel doğrultuda olabilir. Düşük basınç (2-6 bar) altında, düşük ve ysek pH (1-13) değerleri arasında ve ysek sıcaklıklarda düşük enerji ile

çalışabilen mikrofiltreler oksidantlara karşı dayanıklıdır. Membranın dezavantajlarından biri askıda katı madde miktarına bağlı olarak tıkanmasıdır.

5.3.2. Ultrafiltrasyon

Yüksek molekül ağırlığına sahip maddeleri, mikroorganizmaları ve askıda maddeleri sıvıdan ayıran bir ayırma prosesidir. Gözenek çapı 0.001-0.1 mikron arasındadır. Düşük enerji ile düşük basınçta ve 1-13 pH aralığında kullanılabilirler. Ultrafiltrasyon ile geri kazanımda %95'ekadar verim elde edilebilmektedir.

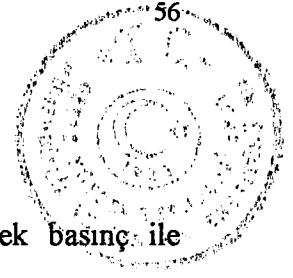
Şekilde görüldüğü gibi giriş ve çıkıştaki basınç farkından ($\Delta P < 6$ bar) dolayı akım yönüne dik doğrultuda filtrasyon gerçekleşir. Yatay hızın yüksek olması ($V > 2$ m/sn) filtre malzemesinin yüzeyde kek oluşumunu engelleyerek ve filtre faydalı ömrünü uzatır.



Şekil 5.2. Akıma dik doğrultuda ultrafiltrasyon tekniği

Ultrafiltrasyon membranların yapımında:

- ◆ Selüloz asetat
- ◆ Poliakrilonitril
- ◆ Polisulfon
- ◆ Polivinilidin florür
- ◆ Seramik malzemeler
- ◆ Alüminyum oksit
- ◆ Zirkonyum oksit, malzemeleri kullanılmaktadır.



5.3.3.Ters Osmoz

Gözenek çapı 0.001 mikrondan küçük, fazla enerji tüketen, yüksek basınç ile maksimum 45 °C' de çalışan ters osmoz membran prosesleri ile tuz dahil tüm maddeler arıtılarak, atıksuyun yaklaşık %95'i tekrar proses suyu olarak kullanılmaktadır. Ters osmoz membranların yüksek sıcaklıkta çalışmaması ve oksidantlara karşı dayanıklılığının sınırlı oluşu bazı endüstrilerde kullanılmasını sınırlamaktadır.

Ters osmoz membran yapımında ;

- ◆ Poliamid
- ◆ Selüloz asetat
- ◆ Selüloz Triasetat

gibi polimerler kullanılmaktadır.

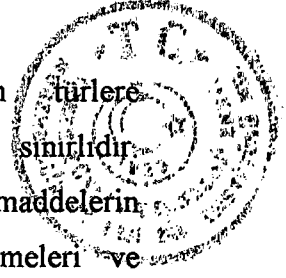
5.3.4. Membran Teknolojisi ve Tekstil Endüstrisinde Kullanımı

Tekstil endüstrisi büyük miktarda kimyasal madde ve boyarmadde kullanılır ve buna bağlı olarak değişik karakterde önemli miktarda atıksu oluşur. Kullanılan maddelerin geri kazanımı için tekstil endüstrisinde membran prosesler uygulamada iki değişik şekilde kullanılmaktadır.

1. Boyar maddelerin geri kazanılmasında, kullanılan boya çeşidine bağlı olarak ters osmoz veya ultrafiltrasyon membranlar kullanılır. Geri kazanılan boyar maddeler tekrar boyamada ve arıtılan atıksu tekrar yıkama suyu olarak kullanılır.
2. Ultrafiltrasyon kullanılarak Polivinil asetat bileşikleri geri kazanılıp, tekrar kullanılmaktadır.

5.4. Koagülasyon-Flokülasyon

Koagülasyon- flokülasyon işlemi suya kimyasal madde ilavesiyle suda bulunan askıda ve çözünmüş maddelerin oluşturduğu fiziksel etkenlerle sudan



uzaklaştırılmasını amaçlar. Çözünmüş maddelerin çözünmeyen türleri dönüştürülmedikçe kimyasal çöktürme ile giderilme verimleri sınırlıdır. Koagülasyon- flokülasyon işlemi esas olarak, sudaki koloit haldeki maddelerin kimyasal madde ilavesiyle birbiriyle birleşebilir yapıya dönüştürülmeleri ve yumaklaşmaya başlangıç oluşturulması işlemidir. Yumaklaştırma işlemi, pıhtılaşmış tanelerin birleştirilerek, sudan çökeltme ile ayrılabilir büyüklük ve yapıda yumaklar haline getirilmesidir. yumaklaşan daneciklerin brownian hareketi veya yavaş karıştırma ile sağlanır.

Koagülasyon- flokülasyon, su arıtımında bulanıklık giderilmesinde, endüstriyel atıksu arıtımında; askıda madde, organik madde, renk, metal iyonu giderilmesinde, kullanılır. Pıhtılaştırma/yumaklaştırma, atıksuya Fe/Al bileşikleri vererek kendi kendine çökemeyen kirleticileri, kimyasal çöktürme ile uzaklaştırma işlemidir. Daha çok dispers haldeki kirleticiler kimyasal çöktürme işlemiyle uzaklaştırılabilir.

Tekstil endüstrisinde atıksuyun renklenmesine neden olan boyarmaddelerin çöktürülerek uzaklaştırılmasında kullanılır. Koagülasyonla renk giderilmesindeki dezavantajlar:

- Sadece dispers haldeki boyalar için yüksek renk giderme verimi elde edilebilmesi, çözünür haldeki boyalar içinse, etkili bir şekilde renk giderilmesi
- %70 üzerinde renk giderimi için aşırı dozda koagülant kullanılması
- Aşırı koagülant kullanımından dolayı büyük miktarda çamur oluşumu
- Kimyasal madde tüketimi dolayısıyla işletme maliyetinin yüksek olması,
- Sülfat miktarı fazla olan atıksularda kullanıldığında sülfat miktarının artması (Tünay, 1990).

5.5. Biyo-Fotoreaktör

Biyolojik aktif çamur ve TiO_2 /UV fotokatalitik sistemlerin birleşiminden oluşan biyo- fotoreaktör sisteminde, biyolojik reaktörde temel olarak biyokimyasal oksijen ihtiyacı giderilmektedir. TiO_2 ile duyarlı hale getirilmiş fotokatalitik reaktörlerde ise ileri renk ve KOİ giderimi meydana gelmektedir.

Yapılan çalışmalar ile reaktif, dispers ve direk boyalar için %97'nin üzerinde renk ve KOİ giderme verimi elde edilen bu sistemde BOİ:N:P oranı 100:5:1, reaktörün yükseklik/en oranı 10/1, biyolojik reaktörde bekleme süresi 3 gün ve çamur yaşı 10-30 gün olarak belirlenmiştir.

Fotokatalitik reaktör ise, tabanda zeolit ile duyarlı hale getirilmiş doğal zeolit ve su yüzeyinden 1.5 cm yüksekliğe monte edilmiş UV ışık kaynağı bulunmaktadır. Gerekli zeolit/TiO₂ oranı ise 150/4 - 150/1.5, reaksiyon süresi 20-40 saat, gerekli ışık ise 30 W/m² ve zeolit yüzey alanı/atıksu debisi 50-100/1.2 litre olarak verilmiştir (Li, 1996). Yukarıdaki verilerden görülebileceği gibi bu yöntemle renk giderme için süre ve gerekli zeolit alanı çok yüksektir.

5.6. Elektro-Koagülasyon

Laboratuvar çalışmalarında tekstil atıksularının renginin giderilmesinde kullanılan elektro-koagülasyon sistemi, elektrik akımının verildiği, demir anot ve katottan oluşan elektrot plakalarının bulunduğu kapalı bir boru sisteminden ibarettir.

Kullanılan demir elektrotuna elektrik akımı verildiği zaman elektrot çözünmeyen demir hidroksil üretir. Atıksu akımı bu sistemden geçirildiği zaman boya maddeleri yumaklaşır ve çökelir. Renk giderilmesinde kimyasal indirgenme, elektro flotasyon gibi fiziksel ve kimyasal reaksiyonlar etkili olmaktadır. Sistemin verimi kullanılan boya tipine, elektrik akımına, elektrot tipine sıcaklığa, pH değerine ve reaksiyon süresine bağlı olarak değişebilmektedir.

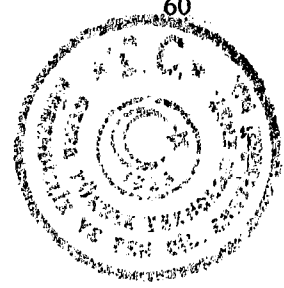
5.7. Anaerobik Yöntemle Renk Giderimi

Anaerobik yöntemle renk giderilmesi için yapılan çalışmalar halen devam etmektedir, ancak Almanya'da yapılan bir çalışmada tekstil atıksuları, biyokimyasal oksijen ihtiyacı çok fazla olan atıksularla beraber olarak arıtmakta ve yüksek oranlarda renk giderme verimi elde edilmektedir (Gahr, 1994).

Tekstil boyama atıksularının anaerobik arıtılmasında karşılaşılan problemlerden biri boyarmaddelerin belirli konsantrasyonlarda mikroorganizmalar

üzerinde inhibasyon etkisi yapmalarıdır. Reaktif boyarmaddeler üzerinde yapılan bir çalışmada, mikroorganizmaların ortama adapte edildikten sonra, reaktif boya konsantrasyonunun < 100 mg/l olduğu durumlarda toksik etkinin olmadığı ve %97'nin üzerinde renk giderme veriminin 4-6 saatlik reaksiyon süresi sonunda gerçekleştiği, reaktif boyanın toksik etki gösterdiği tespit edilmiştir. Ortama karbon kaynağı (glikoz 1 gr/l) verildiğinde ise renk giderme işlemi daha kısa sürede gerçekleştiği belirlenmiştir.





6. SEÇİLEN TEKSTİL ENDÜSTRİSİNİN TANITILMASI

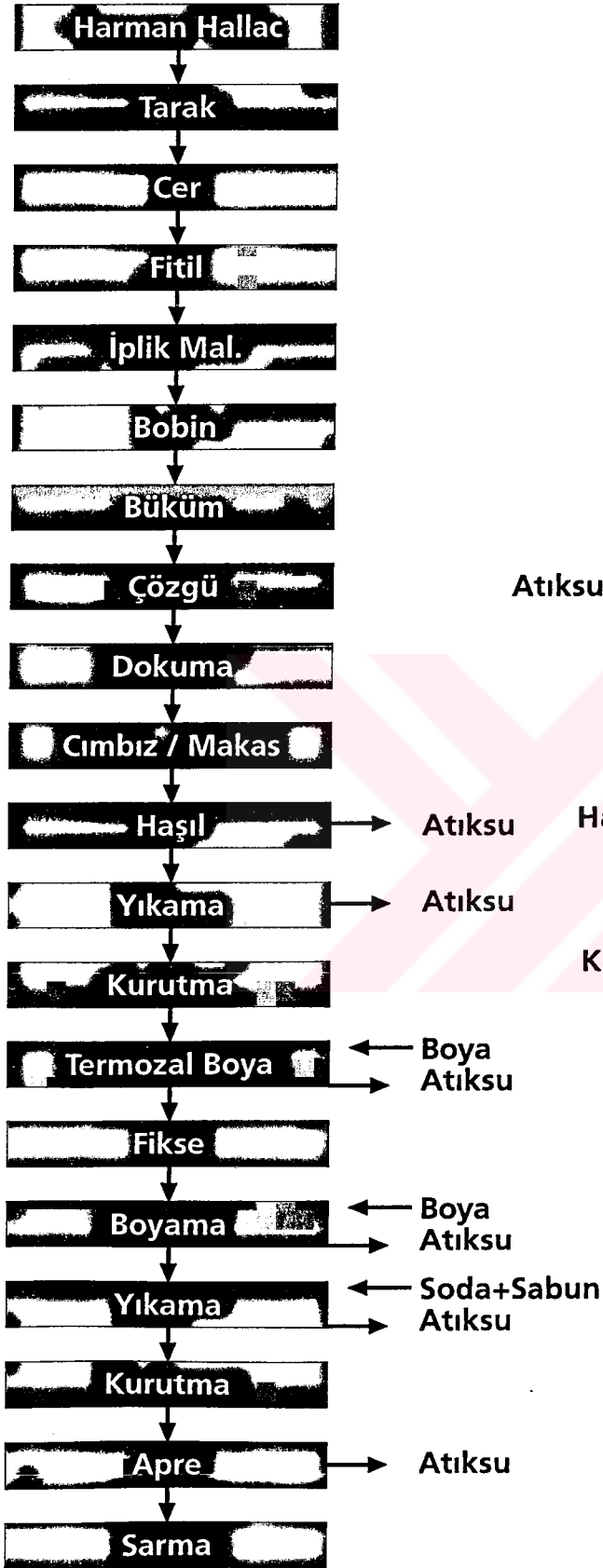
6.1. Atıksu Kaynağı ve Miktarı

Üç vardiya halinde haftada 6 gün 1000 kişinin çalıştığı tesiste, polyester, viskoz, pamuk, keten ve karışık iplik yapılmakta olup, tesisin akım şeması Tablo 6.1.'de verilmiştir. Tesisin üretiminin %60' sentetik, %40'ı da pamukludur.

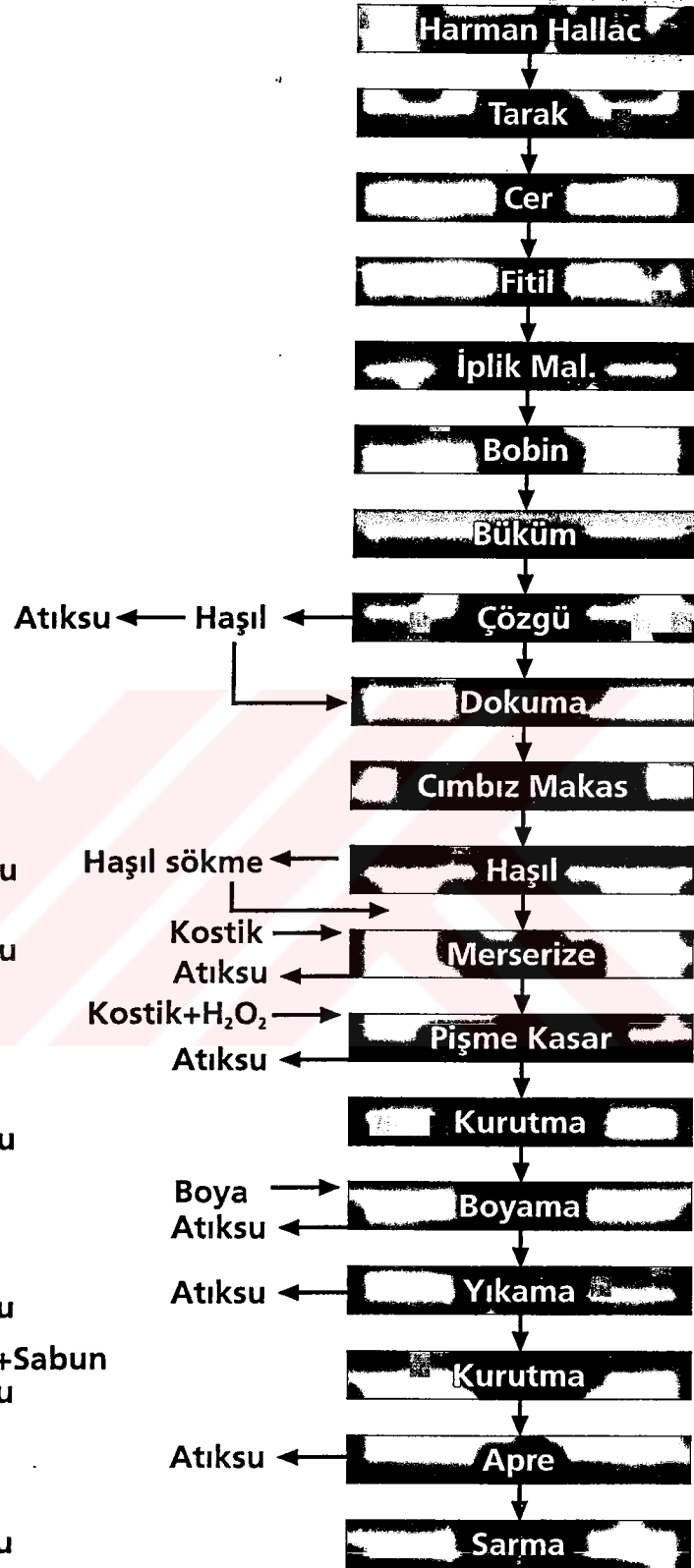
Proses akım şemasından da görülebileceği gibi, endüstriyel atıksu, haşıllama, haşıl sökme, merserizasyon, yıkama, kasarılama, iplik boyama ve durulama işlemlerinden kaynaklanmaktadır (Şekil 6.3). Oluşan atıksu ve işlenen ürün miktarı Tablo 6.1.'de verilmiştir. Tablodan da görüldüğü gibi en çok atıksu oluşumu boyamadan kaynaklanmaktadır.

Tablo 6.1. Çeşitli proseslerde atıksu oluşumu ve işlenen elyaf miktarı

Proses birimi	Oluşan atıksu miktarı (m ³ /gün)	İşlenen elyaf miktarı (ton/gün)
Haşıl	34	4
Haşıl sökme	77	16
Merserizasyon	259	9
Kasarılama	235	14
Piştirme	415	14
Kumaş boyama	1100	58
İplik boyama	55	2
Toplam	2175	117



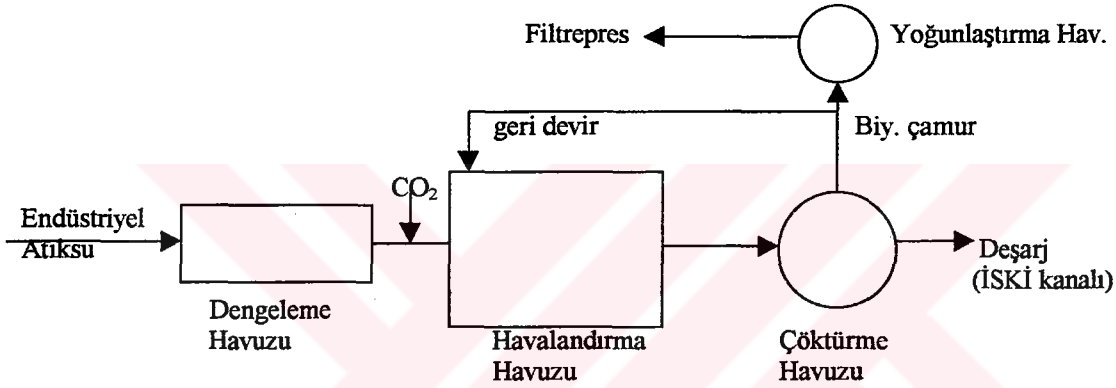
Şekil: 6.1 Polyester-Viskon Prosesi Akım Şeması



Şekil: 6.2 Polyester-Pamuk Prosesi Akım Şeması

6.2. Biyolojik Arıtma Tesisi

Mevcut biyolojik arıtma tesisi 2000 m³/gün debiye göre tasarlanmıştır. Biyolojik arıtma tesisinde atıksu önce 8 saatlik bir dengeleme havuzunda dengelendikten sonra tambur ızgaralardan geçirilerek, nötralizasyon havuzunda CO₂ gazı ile nötrale edilir ve biyolojik aktif çamur havuzuna geçer. Havalandırma havuzundan sonra arıtılmış atıksular ayrılmak üzere biyolojik çöktürme havuzuna geçer. Biyolojik çöktürme havuzunda, biyolojik olarak arıtılmış atıksu İSKİ kanalizasyon şebekesine deşarj edilir. Oluşan fazla çamur, çamur yoğunlaştırma tankından sonra filtrepresten geçirilerek kek haline getirilerek ve katı atık olarak uzaklaştırılmaktadır (Şekil 6.3.).



Şekil 6.3. Seçilen tekstil fabrikası biyolojik arıtma tesisi akım şeması

6.3. Kullanılan Boyar Maddeler

Tekstil atıksularının arıtılmasında kimyasal ve biyolojik arıtma yöntemleri kullanılmaktadır. Tekstil endüstrisinde kullanılan boyarmaddelere göre renk giderme çalışmaları yapılacağından, kullanılan boyar maddelerin çeşidinin bilinmesi gereklidir. Seçilen tekstil fabrikasında kükürt, dispers ve reaktif boyarmaddeler kullanılmaktadır. Kullanılan boyarmaddelerin miktarları Tablo 6.2.'de verilmektedir.

Tablo 6.2. Tekstil fabrikasında kullanılan boyarmaddeler ve miktarları

Boyarmadde	Miktar (kg/yıl)
Kükürt	186.600
Dispers	162.400
Reaktif	4.000
İndantren	30.700
İndigosol	16.600
Cupropheryl	7.000
Trindosol	6.200
Cotlustren	6.200
Naphentol	2.000
Toplam:	481.700

6.4. Tuz Tüketimi

Tekstil endüstrisinde kullanılan suyun yumuşatılmasında ve haşıl sökmede önemli miktarda tuz tüketilir. Tablo 6.3.' de görüldüğü gibi en çok su kullanılan proses reaktif boyama ve su yumuşatma prosesleridir.

Tablo 6.3. Tesiste tuzun kullanıldığı prosesler ve tuz miktarları

Proses	Kullanılan tuz miktarı (ton/yıl)	Tuz/boya (kg/kg)
Su yumuşatma	366.0	-
Haşıl sökme	16.8	-
İndantren boyama	30.3	0.1
Reaktif boyama	331.8	6.7
Reaktif boyama	81.0	6.0
Cupropheryl boyama	23.3	3.3
İndigosol boyama	51.8	3.1
Toplam:	901.0	

6.5. Tesiste Kullanılan Diğer Yardımcı Kimyasal Maddeler

Tuz, boyarmaddeler ve H_2O_2 ile beraber, boyama, kasarlama, merserize, pişirme, haşıl, haşıl sökme ve apre işlemlerinde değişik yardımcı kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Tekstil endüstrisinde kullanılan kimyasal maddeler aynı zamanda atıksu karakteristiğini oluşturmaktadır. Bu fabrikada kullanılan yardımcı kimyasal maddeler ve miktarları Tablo 6.5’de gösterilmiştir.

Arıtma tesisinde nötralizasyon amacıyla CO_2 gazı kullanılmaktadır. Tesiste ayrıca yıkama birimlerinde önemli miktarda sabun tüketilmekte olup, arıtma tesisinde köpüğün kırılması için köpük kırıcı kullanılmaktadır.

Tablo 6.4. Tesiste kullanılan yardımcı kimyasal maddeler ve miktarları

Kimyasal maddeler	Miktar (ton/yıl)	Kullanıldığı proses
Kostik	1500.0	Kasar, merserize, boyama, pişirme
Sodyum sülfür	280.0	Kükürt boyama
Sodyum silikat	182.0	Peroksit kasarı, reaktif boyanma
Nişasta	128.0	Haşıl
Sodyum karbonat	95.1	Reaktif, cuprophnyl, indigosol, kükürt
Asit	90.0	Boyama
Üre	63.2	Reaktif boyama
Hidro sülfid	49.5	Kükürt, dispers ve catostren boyama
Magnezyum klorür	45.0	Apres
Sodyum nitrit	36.2	İndigosol, terindosol boyama
Na ve K bikromat	6.2	Kükürt boyama
Türk kırmızısı yağı	2.7	Naphtol boyama
Suda eriyen mumlar	2.0	Haşıl
Gliserin	1.2	Haşıl



7. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

7.1. Materyal ve Yöntem

Deneysel çalışmalarda kullanılan cihazlar ve kimyasal maddeler aşağıda liste halinde verilmiştir.

Kullanılan cihazlar:

1. Spektrofotometre (Shimadzu UV 2101 PC)
2. Hassas terazi (Sartorius)
3. Vakum pompası (Sartorius)
4. pH metre (Salomat)
5. Karıştırıcı (Elektromag)
6. Jar-Test cihazı (Phipp&Bird Stirrer Model 7790-402)
(Pedal alanı = $2.5 \times 7.5 = 18.75 \text{ cm}^2$)
7. TOC cihazı (Euroglas TOC-1200)

Kullanılan kimyasal maddeler:

1. $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (MERCK)
2. $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (MERCK)
3. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (MERCK)
4. H_2SO_4 (MERCK)
5. NaOH (MERCK)
6. Anyonik poli elektrolit

Deneylerin yapılmasında kullanılan Jar Test ile şu prensiplere göre çalışılmıştır:

1. 500 ml ham numune beherlere konularak 1 dakika 100 devir/dakika hızla karıştırılmıştır,
2. Hızlı karıştırma sonunda devir hızı, 30 devir/dakika'ya düşürülerek 15 dakika yumaklaştırma (yavaş karıştırma/flokülasyon) yapılmıştır.
3. Yumaklaştırma sonucunda karıştırıcı durdurularak 30 dakika çökmeye bırakılmıştır. (Polielektrolit ilavesi yavaş karıştırma sırasında yapılmıştır.)

Koagülanlarla yapılan kimyasal çöktürme işleminde, %5 ve %10'luk çözeltileri hazırlanan koagülanlardan seçilen miktarda ilave edildi ve 1 dakika, 100 devir/dakika'da hızlı karıştırma, 15 dakika 30 devir/dakika'da yavaş karıştırma yapıldı ve 30 dakika çökelmeye bırakıldı. Flokleştirme için %0.1'lik anyonik polielektrolit çözeltisinden 5 ml kullanıldı. Üst kısımdan duru fazdan alınmış rengi giderilmiş atıksu örneği, ön filtre işleminden geçirilerek pH'ı 7.5 civarına getirildikten sonra spektrofotometrede 635 nm dalga boyunda adsorbansı ölçüldü ve renk giderme verimi (R_R) hesaplandı. Üst duru fazdan alınan atıksu numunesinde ayrıca KOİ ve TOK analizleri yapılarak, KOİ ve TOK giderme verimleri hesaplanmıştır. KOİ giderme verimi (R_K), renk giderme verimi (R_R), TOK giderme verimi (R_C), bulanıklık giderme verimi (R_B) olarak gösterilmiştir.

Koagülanlar, %5 veya 10'luk ve anyonik polielektrolit %0.1'lik çözeltiler halinde kullanıldı. Jar test'te her koagülan için, önce optimum pH, ardından optimum dozaj belirleme çalışmaları yapılmıştır. pH ayarlamasında 0.1 N NaOH ve 0.1 N H₂SO₄ kullanılmıştır.

Renk, Bulanıklık, KOİ ve TOK ölçümleri Standart Metod' a göre yapılmıştır.

Renk: Standard Methods, 2120 C, Spectrophotometric method

Bulanıklık: Standard Methods, 2130, Spectrophotometric method

KOİ: Standard Methods, 5220 D, Colorimetric method, Closed Reflux

TOK: Standard Methods, 5310 B, Combustion, Infrared method

Bu çalışmada;

KOİ giderme verimi (R_K),

Renk giderme verimi (R_R),

TOK giderme verimi (R_C),

Bulanıklık giderme verimi (R_B) olarak gösterilmiştir.

7.2. Atıksu Kaynağı ve Özellikleri

Atıksu numuneleri %40 pamuklu ve %60 sentetik üretim yapan bir tekstil fabrikasının biyolojik atıksu arıtma tesisi girişinden (Dengeleme Havuzu çıkışından) alınmıştır.

Tablo 7.1. Arıtılmamış tekstil atıksuyunun özellikleri

Parametre	Birim	Numune numarası		
		1	2	3
KOİ	mg/l	650	876	998
TOK	mg/l	305	350	336
Bulanıklık	NTU	128	198	335
Renk	m⁻¹	17.9	35.4	30.4
AKM	mg/l	14.4	22.4	28.6
Yağ ve gres	mg/l	63.8	85.2	94.5
pH	-	9.63	10.32	9.73
Görünür renk		siyah	siyah	siyah

8. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

8.1. Kimyasal Arıtılabilirlik İşlemleri

8.1.1. FeCl₃ ile Koagülasyon-Flokülasyon

FeCl₃ ile yapılan çalışmalarda, %5'lik FeCl₃ çözeltisi hazırlanmıştır. 500 ml atıksu numunesine, 10 ml (1000 mg/l) FeCl₃ çözeltisi ilave edilerek önce optimum pH, ardından da değişik dozajlarda FeCl₃ ilavesiyle optimum dozaj çalışmaları yapılmıştır.

Optimum pH belirlenmesi için atıksuya, pH=2.0-8.0 aralığında, 1000 mg/l FeCl₃ çözeltisi ilave edilerek çalışılmıştır. 1 dakika, 100 devir/dakika'da hızlı karıştırma, 15 dakika 30 devir/dakika'da yavaş karıştırma yapılarak 30 dakika çökeltme sonucunda üstte kalan duru fazdan alınan suda analizler yapılmıştır. Sonuçlar Tablo 8.1.'de verilmiştir. En iyi verim Şekil 8.1.'de görüleceği gibi pH= 4-6 arasında gerçekleşmektedir. KOİ bazında en iyi giderim verimi pH=5.0'de %71 olarak gerçekleşmiştir. Renk giderimi pH<5.5 olduğu zaman %81-89 arasında değişmiştir. pH>5.5 iken renk giderme verimi düşmüştür. Şekil 8.1.'de pH değişiminin KOİ giderimine, Şekil 8.3.'de ise renk giderimine etkisi gösterilmiştir.

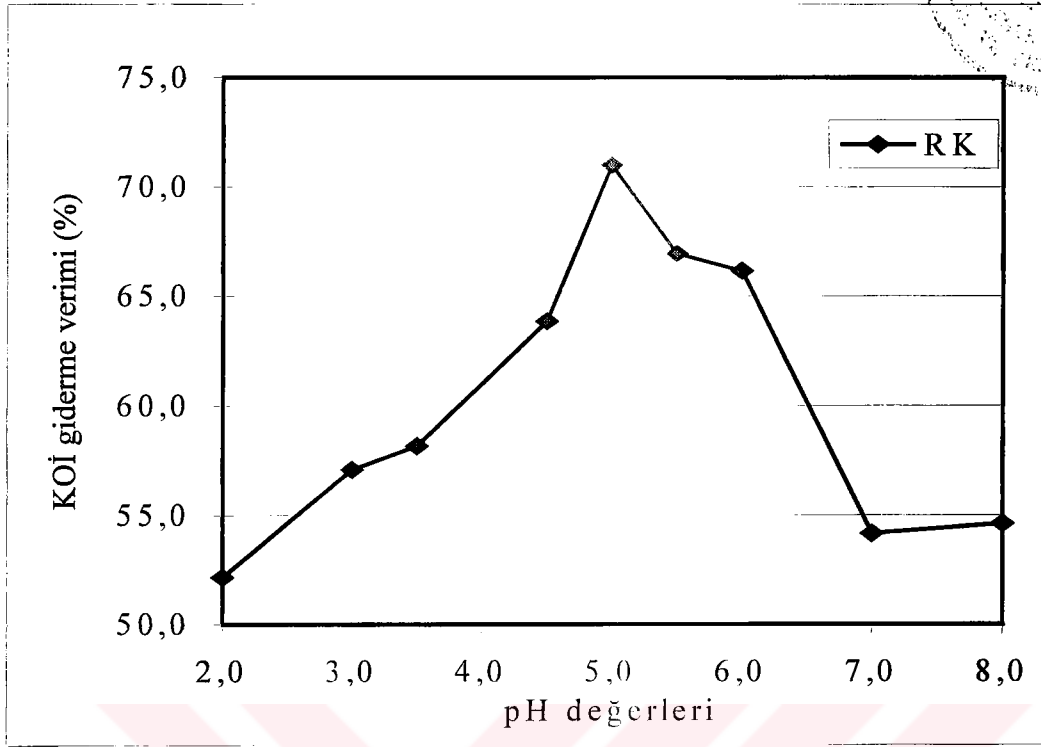
Arıtılmamış atıksuyunun özellikleri;

Renk= 17.9 m⁻¹

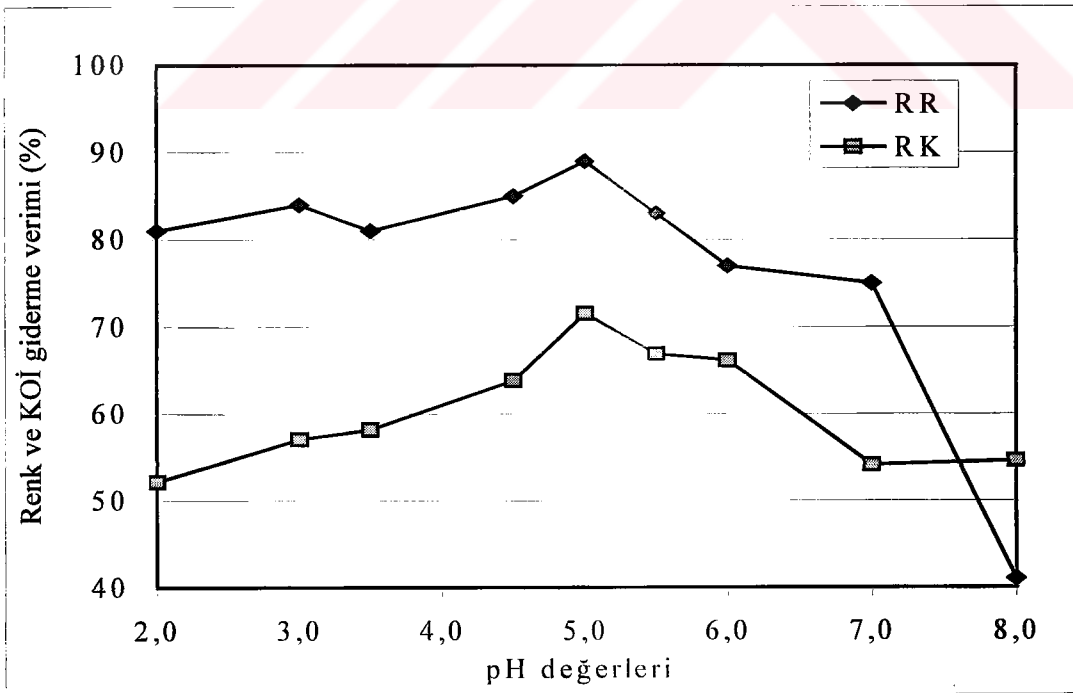
KOİ= 650 mg/l

Tablo 8.1. Optimum pH çalışmaları (1000 mg/l FeCl₃)

PH	Renk (m ⁻¹)	KOİ (mg/l)	R _R (%)	R _K (%)
2,0	3,34	311	81	52
3,0	2,85	279	84	57
3,5	3,31	272	81	58
4,5	2,65	235	85	64
5,0	1,85	185	89	71
5,5	3,05	215	83	67
6,0	4,04	220	77	66
7,0	4,42	298	75	54
8,0	10,54	295	41	55



Şekil 8.1. Optimum pH belirlenmesi (1000 mg/l FeCl_3)

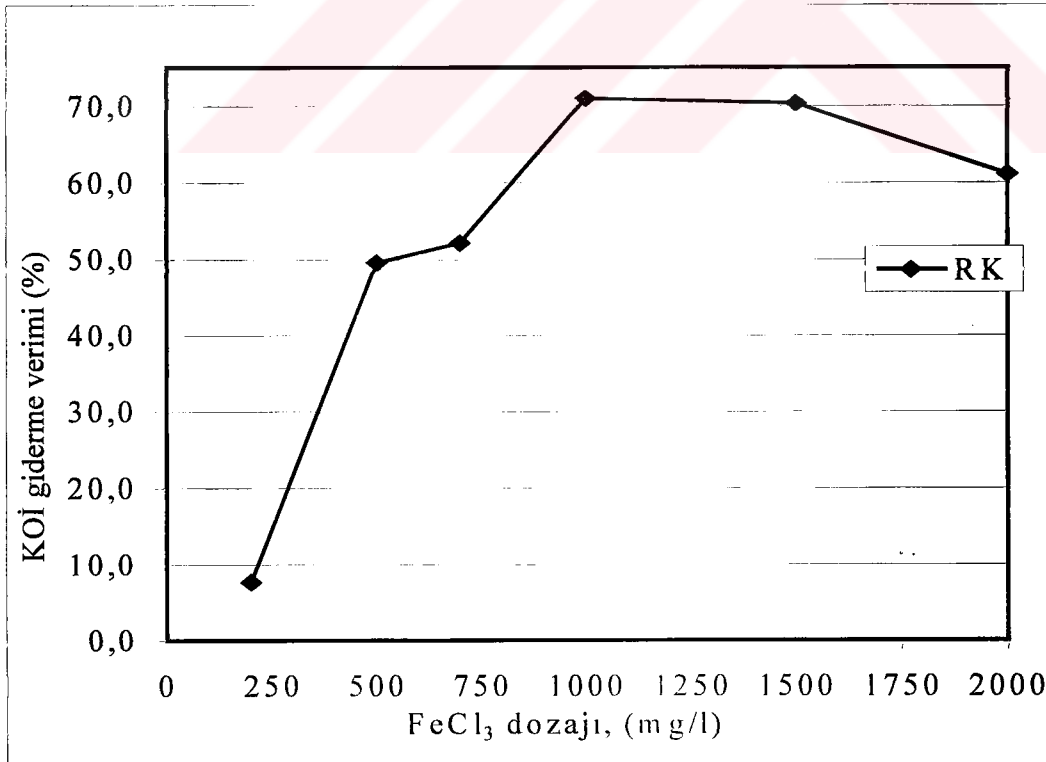


Şekil 8.3. pH değişiminin renk ve KOI giderme verimine etkisi (1000 mg/l FeCl_3)

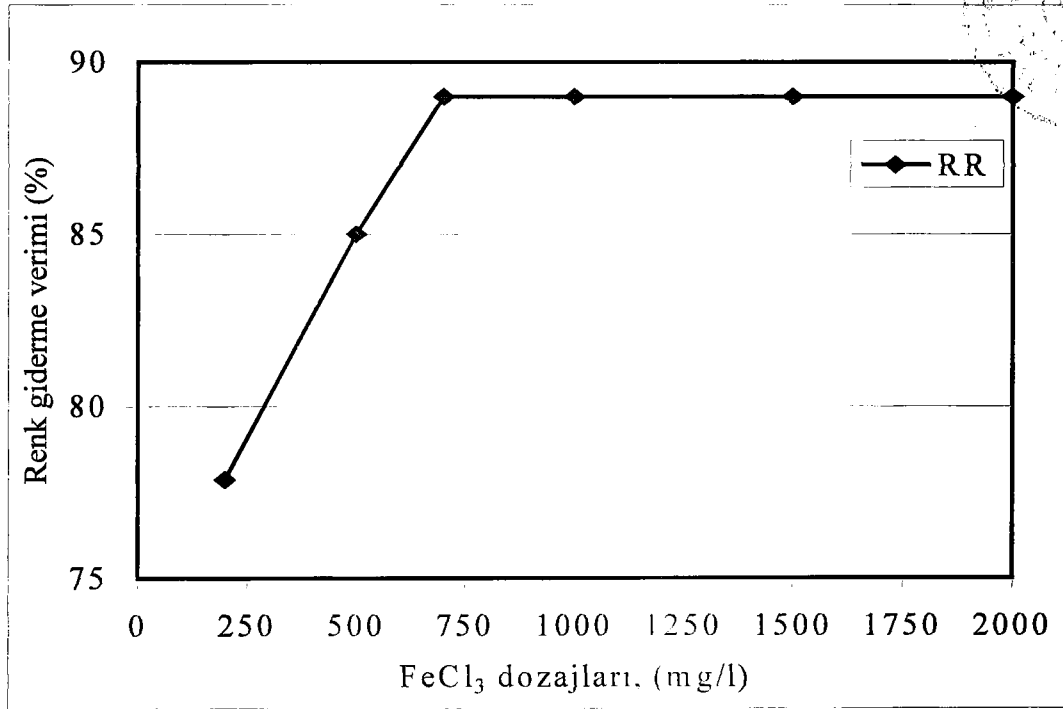
Optimum dozaj belirlenmesi çalışmalarında pH=5.0'de sabit tutularak, FeCl₃ dozajı 200-2000 mg/l aralığında değiştirilmiştir. FeCl₃ 1000 mg/l'nin üzerinde olduğunda KOİ giderme verimi %50'lerden %71'e çıkmıştır. 1000 mg/l'nin üzerindeki dozajlarda ise FeCl₃'ün dozajı arttıkça renk giderme verimi artmaktadır, verim %89'a ulaşmıştır. En iyi renk giderme pH<5.0 ve FeCl₃>700 mg/l olarak belirlenmiştir.

Tablo 8.2. Optimum dozaj çalışmaları (pH=5.0)

FeCl ₃ (mg/l)	Renk (m ⁻¹)	KOİ (mg/l)	R _R (%)	R _K (%)
200	3.96	600	78	8
500	2.65	328	85	49
700	1.85	311	89	52
1000	1.84	185	89	71
1500	1.85	193	89	70
2000	1.86	253	89	61



Şekil 8.2. Optimum FeCl₃ dozajı belirlenmesi (pH=5.0)



Şekil 8.4. FeCl₃ dozajının renk giderme verimine etkisi (pH=5.0)

8.1.2. FeSO₄ ile Koagülasyon-Flokülasyon

FeSO₄ ile yapılan çalışmalarda, %10'lik FeCl₃ çözeltisi hazırlanmıştır. 500 ml atıksu numunesine 10 ml (2000 mg/l) FeSO₄ çözeltisi ilave edilerek, önce optimum pH, ardından da değişik dozajlarda FeSO₄ ilavesiyle optimum dozaj çalışmaları yapılmıştır. pH ve dozaj değişikliğinin KOİ, Renk, Bulanıklık ve TOK giderimi üzerine etkisi incelenmiştir. Ayrıca anyonik polielektrolit kullanımının TOK ve KOİ giderimine etkisi incelenmiştir.

Optimum pH belirlenmesi için atıksuya 2000 mg/l FeSO₄ çözeltisi ilave edilerek, pH=5.0-9.0 aralığında çalışılmıştır. Tablo 8.4.'de bu çalışmalar gösterilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi en iyi KOİ giderme verimi pH=7.0-9.0 arasında %49-65 arasında gerçekleşmiştir. pH=8.0'de %65 KOİ giderimi gerçekleşmiştir. En iyi TOK giderme verimi pH=5.0'de %68 olarak görülmüştür. KOİ giderimi pH=7.0-9.0 aralığında %50'yi geçerken, TOK giderimi pH=5.0-7.0 aralığında %50'yi geçmektedir. KOİ ve TOK giderme verimleri, farklı pH aralıklarında optimum özellik göstermişlerdir. Ancak optimum dozaj belirlenmesi çalışmalarında artan koagülant madde dozajı TOK ve KOİ giderme verimini

artırmıştır (Şekil 8.9. ve Şekil 8.11.). Renk giderimi en iyi pH>8.0 olduğunda %97-99 ve bulanıklık giderimi pH>8.0'da >%88-99 olarak gerçekleşmektedir.

Arıtılmamış atıksuyunun özellikleri;

Renk= 35,4 m⁻¹

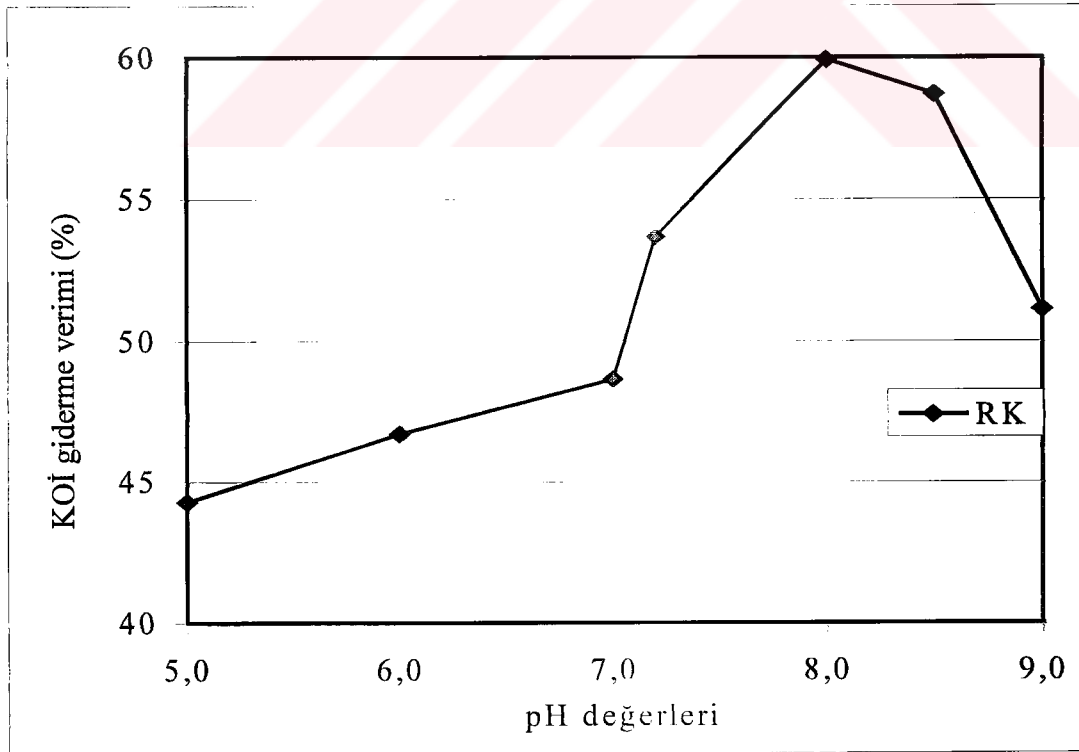
KOİ= 876 mg/l

TOK= 350 mg/l

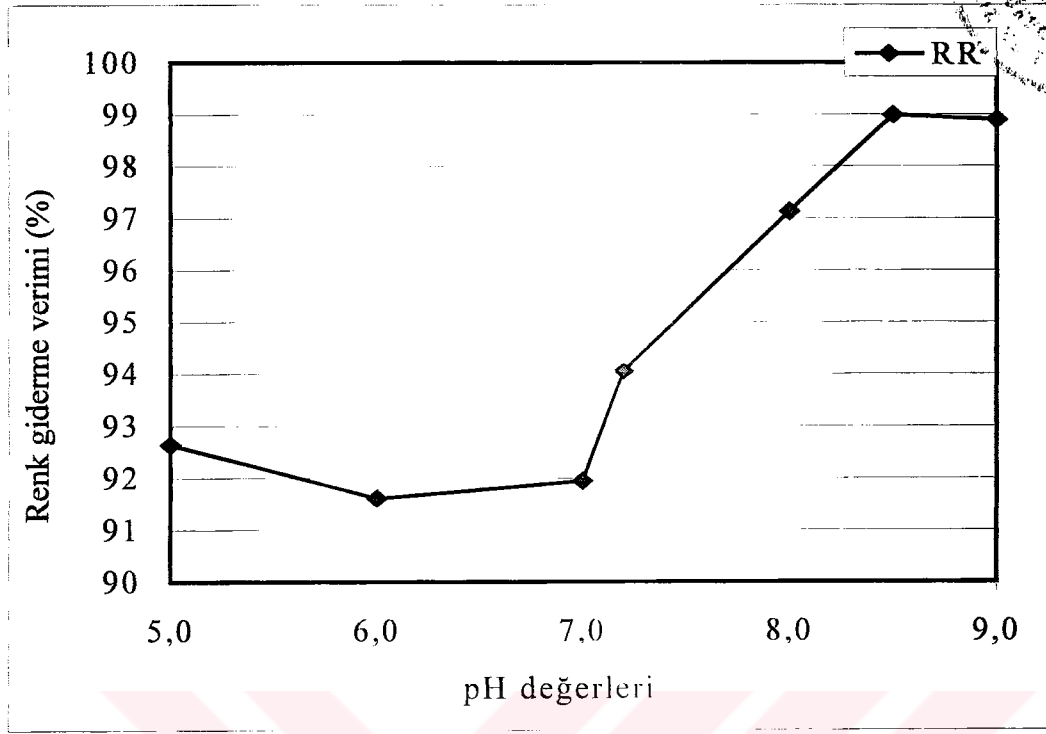
Bulanıklık= 335 NTU

Tablo 8.3. Optimum pH çalışmaları (2000 mg/l FeSO₄)

pH	Bulanıklık (NTU)	Renk (m ⁻¹)	KOİ (mg/l)	TOK (mg/l)	R _R (%)	R _B (%)	R _K (%)	R _C (%)
5,0	78	2,60	556	111	93	77	44	68
6,0	141	2,97	532	122	92	58	47	65
7,0	106	2,85	512	171	92	68	49	51
7,2	77	2,11	462	273	94	77	54	22
8,0	40	1,01	400	265	97	88	60	24
8,5	4	0,37	412	276	99	99	59	21
9,0	3	0,40	488	264	99	99	51	25



Şekil 8.5. Optimum pH belirlenmesi (2000 mg/l FeSO₄)

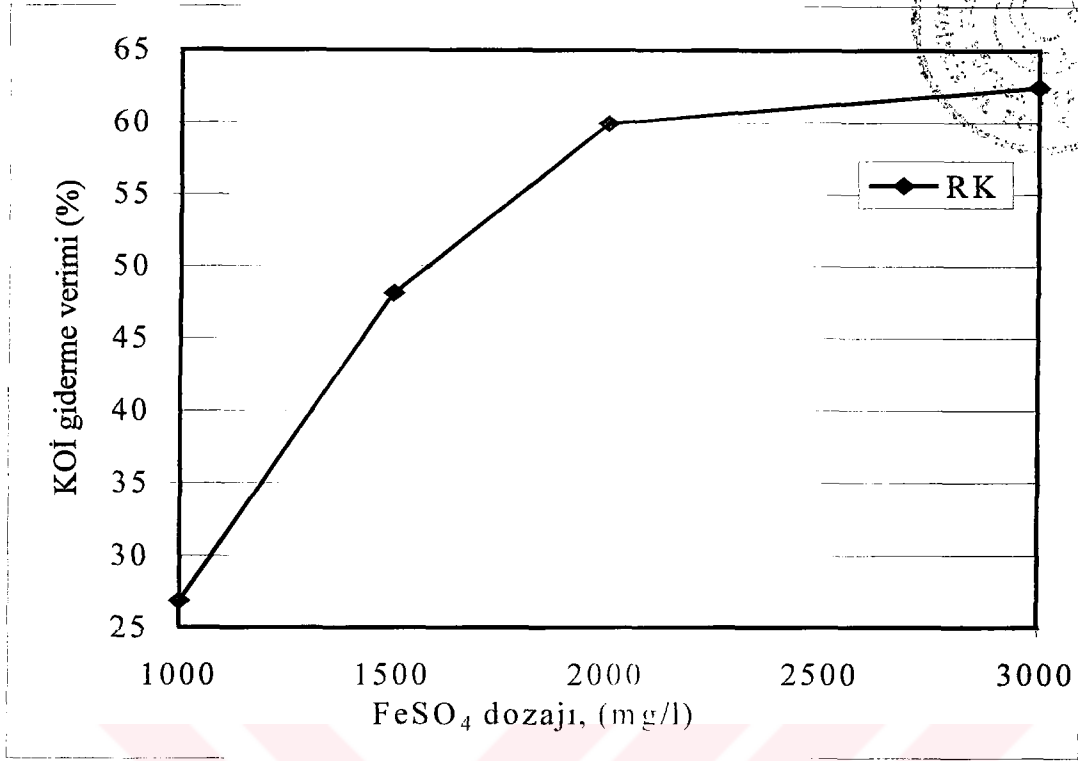


Şekil 8.6. pH değişiminin renk giderme verimine etkisi (750 mg/l FeSO₄)

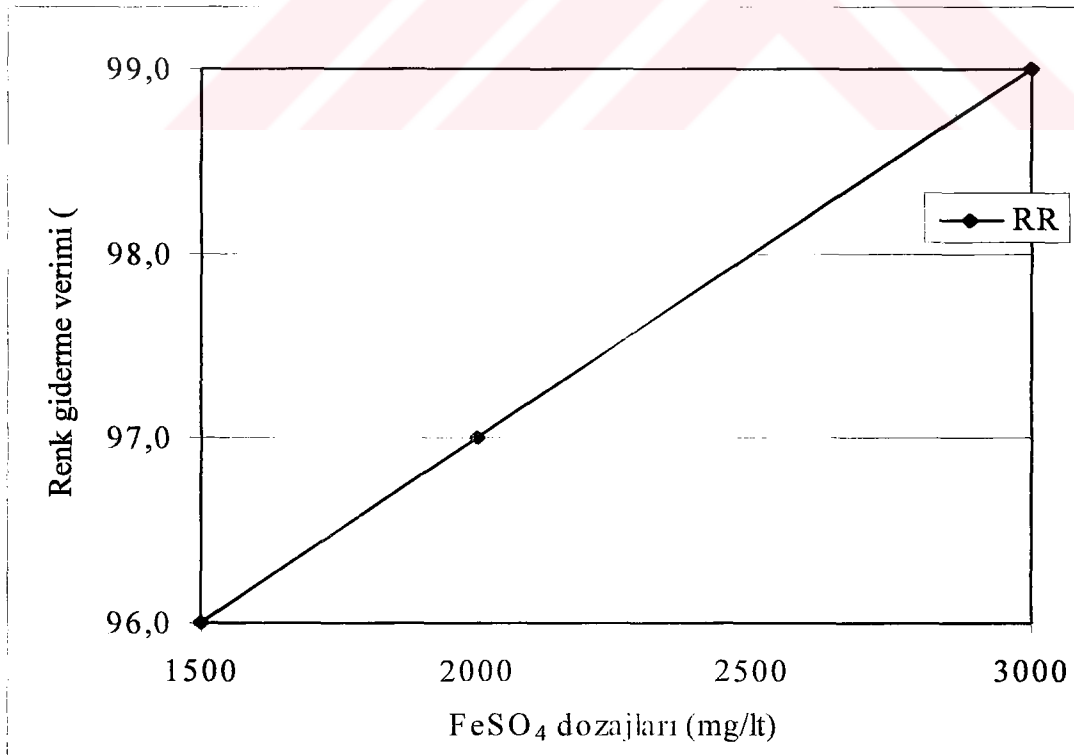
Optimum dozaj belirlenmesi çalışmalarında pH=8.0'de sabit tutularak, FeSO₄ dozajı 500-2000 mg/l aralığında değiştirilmiştir. FeSO₄ 1500 mg/l'nin üzerinde olduğunda KOİ giderme verimi %50'lerin üstüne çıkmıştır. Tablo 8.4'de görüldüğü gibi renk ve bulanıklık giderimi dozajdan fazla etkilenmeden pH=8.0 olduğunda %80'in üzerinde verimle giderilebilmiştir.

Tablo 8.4. FeSO₄ ile optimum dozaj çalışmaları (pH=8.0)

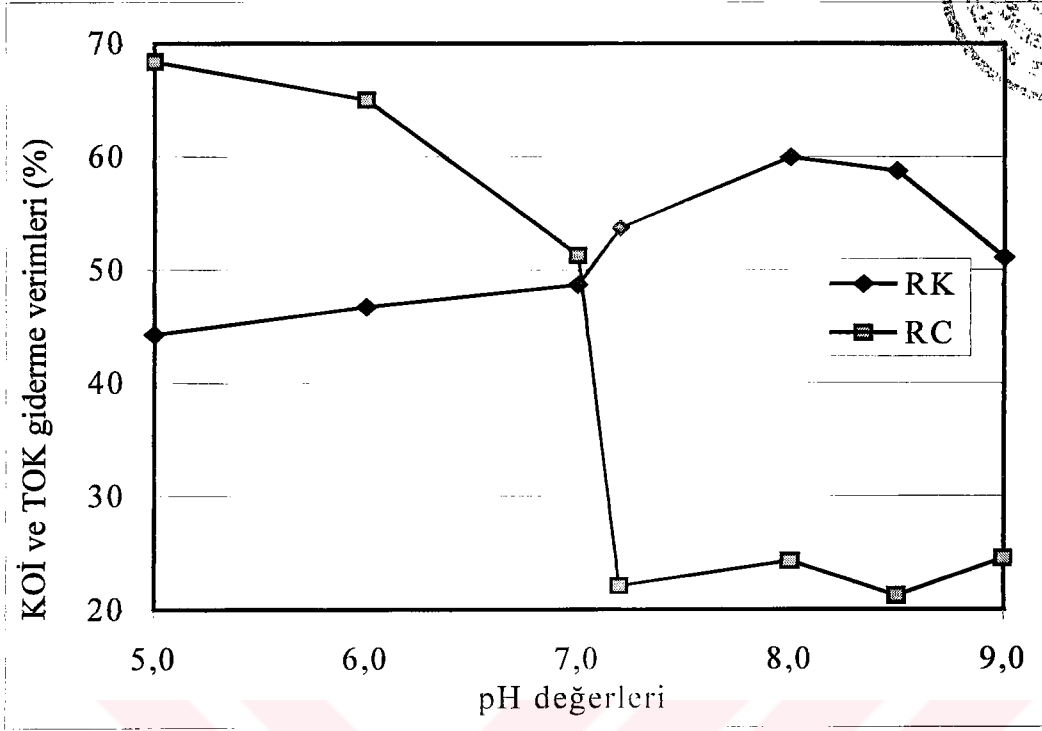
FeSO ₄ (mg/l)	Bulanıklık (NTU)	Renk (m ⁻¹)	KOİ (mg/l)	TOK (mg/l)	R _R (%)	R _B (%)	R _K (%)	R _C (%)
500	-	-	-	-	-	-	-	-
1000	-	-	730	-	-	-	27	-
1500	60	0,85	518	273	96	82	48	22
2000	40	0,87	400	265	97	88	60	24
3000	5	0,32	375	252	99	99	62	28



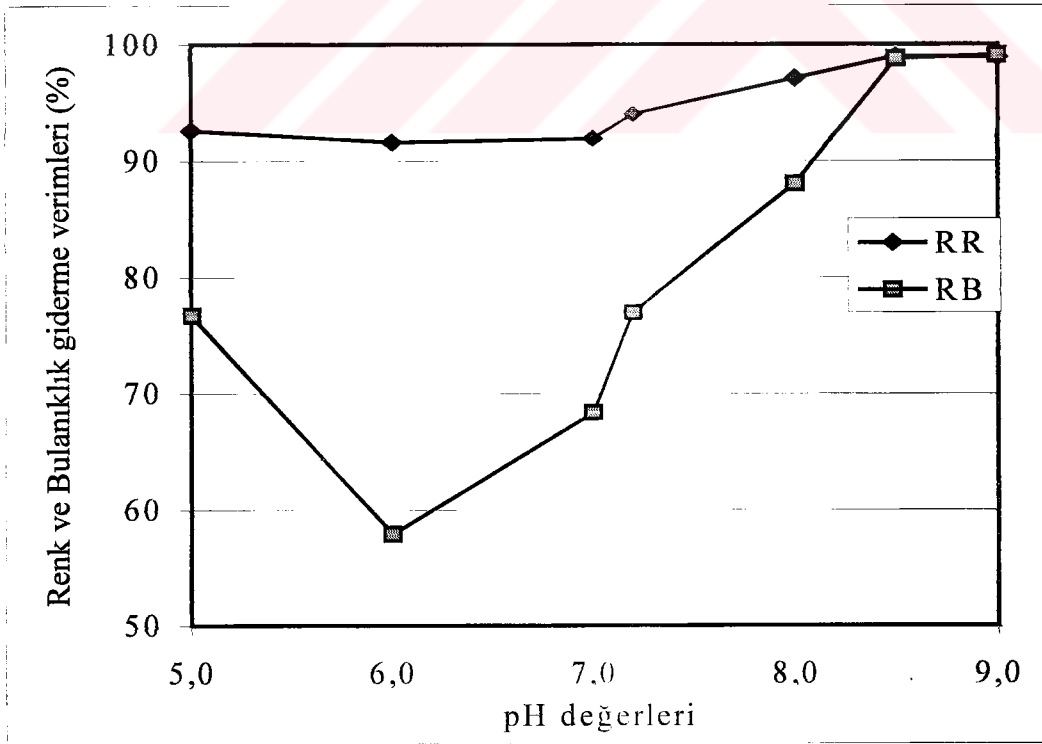
Şekil 8.7. Optimum FeSO₄ dozajı belirlenmesi (pH=8.0)



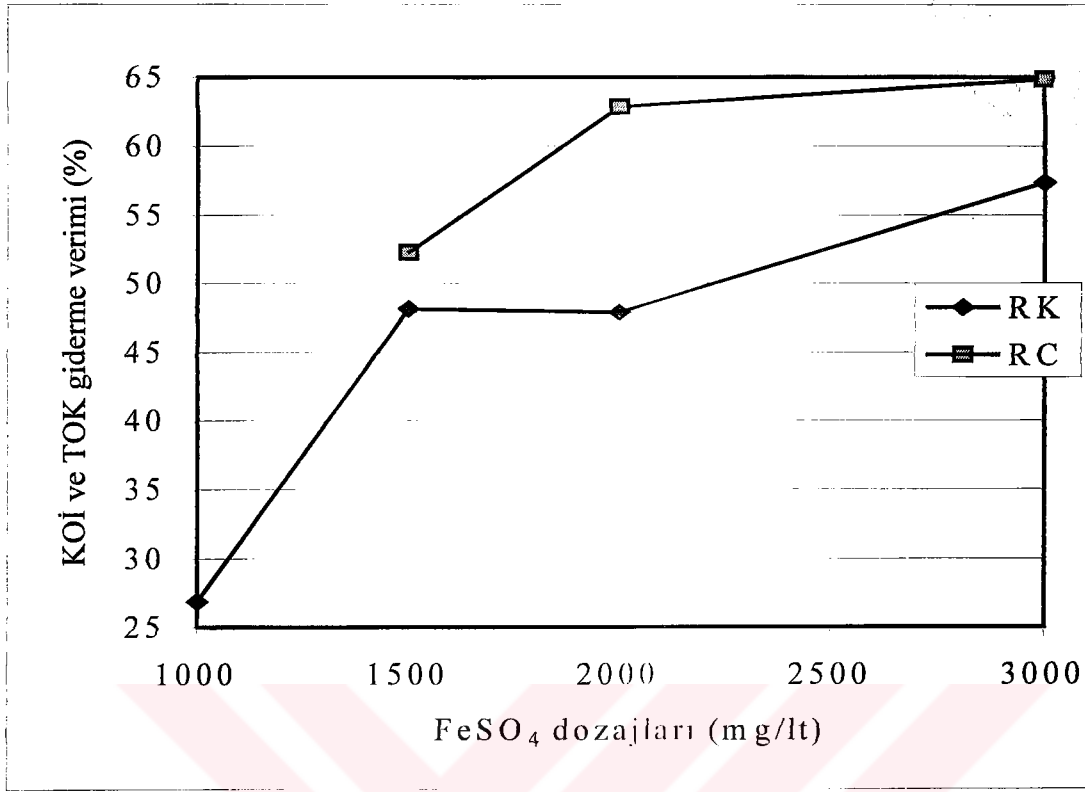
Şekil 8.8. FeSO₄ dozajının Renk giderme verimine etkisi (pH=8.0)



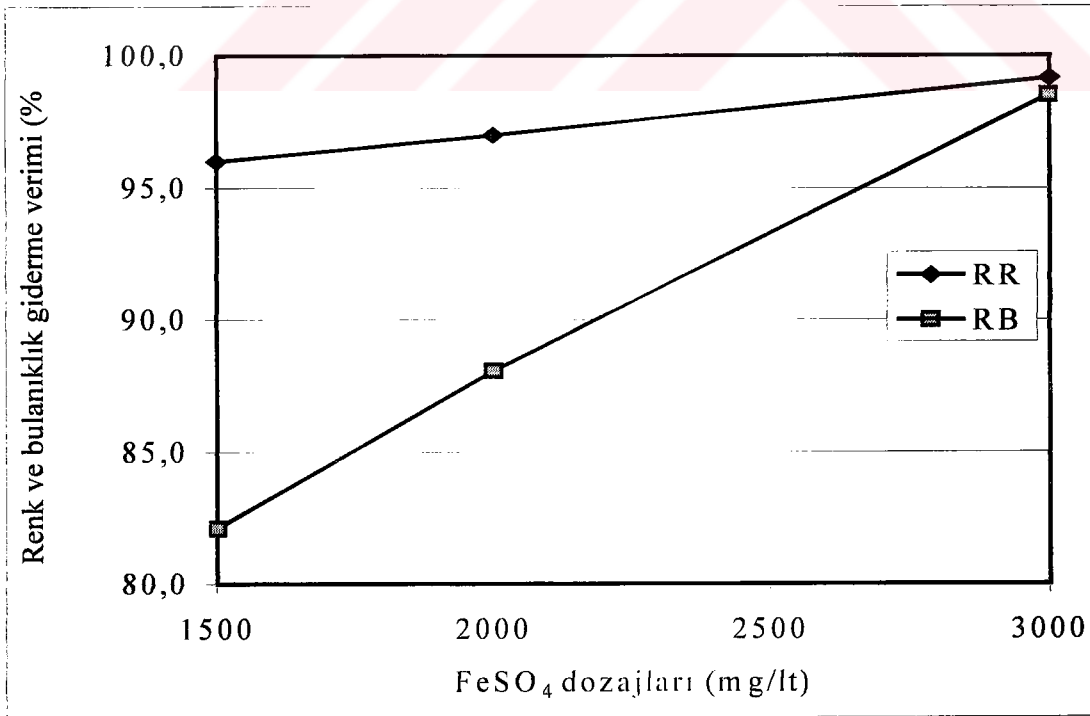
Şekil 8.9. Farklı pH'larda KOİ ve TOK değişimleri (2000 mg/l FeSO_4)



Şekil 8.10. Farklı pH'larda Renk ve Bulanıklık değişimleri (2000 mg/l FeSO_4)



Şekil 8.11. FeSO₄ dozajının TOK ve KOİ giderme verimine etkisi (pH=8.0)



Şekil 8.12. FeSO₄ dozajının Renk ve Bulanıklık giderme verimine etkisi (pH=8.0)

Anyonik polielektrolit kullanılarak pH=8.0'da 1500 ve 2000 mg/l FeSO_4 dozajlarında KOİ ve TOK giderimi incelenmiştir. Anyonik polielektrolit kullanıldığında daha az koagülant madde ilavesiyle, daha iyi verim elde edilmiştir. Tablo 8.5.'de Anyonik polielektrolitin renk, bulanıklık, KOİ ve TOK giderimine etkisi gösterilmiştir.

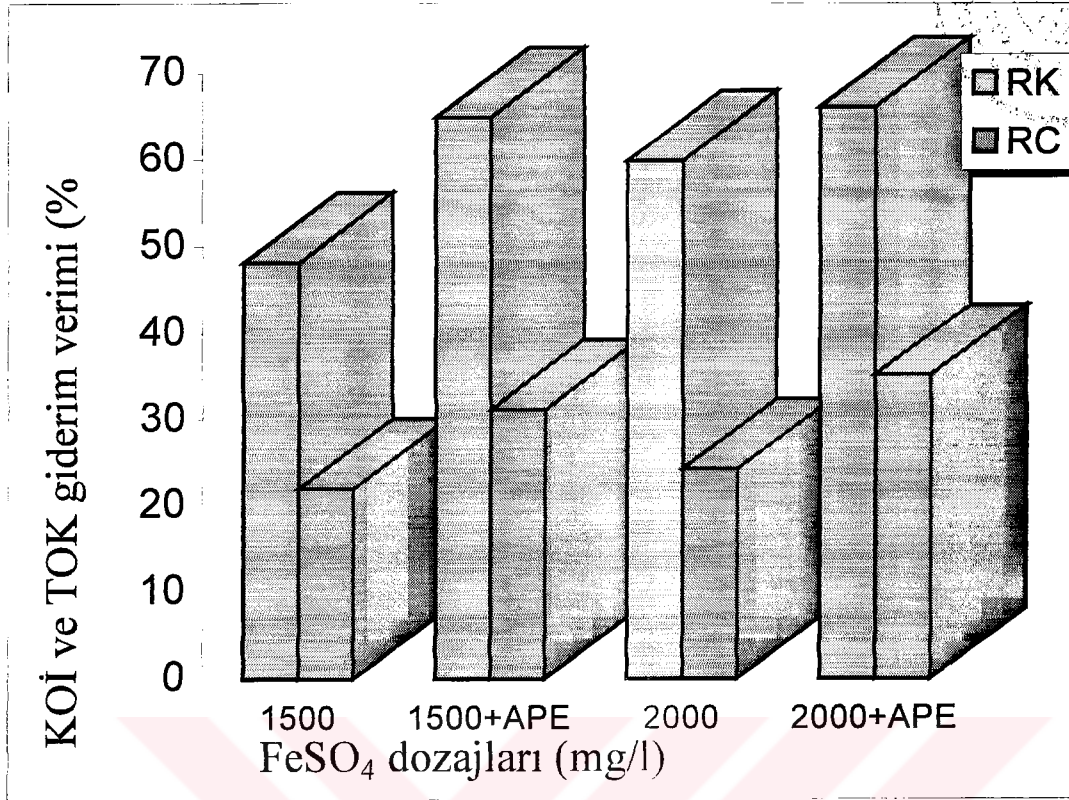
Tablo 8.5. APE'nin KOİ, TOK, renk ve bulanıklık giderimine etkisi

pH	FeSO_4 (mg/l)	Bulanıklık (NTU)	Renk (m^{-1})	KOİ (mg/l)	TOK (mg/l)	R_R (%)	R_B (%)	R_K (%)	R_C (%)
8,0	1500	60	0,85	518	273	96	82	48	22
8,0	1500+APE	10	0,42	350	241	99	97	65	31
8,0	2000	40	0,87	400	265	97	88	60	24
8,0	2000+APE	3	0,51	338	227	99	99	66	35

2000 mg/l FeSO_4 ' ın farklı pH'larda kullanılması sonucunda KOİ ve TOK giderme verimleri birlikte Şekil 8.9.'da gösterilmiştir. Bu şekle göre KOİ ve TOK giderme verimleri birbiriyle bağlantılı değildir. Hatta pH<7.0 iken TOK giderme verimi yükselirken, KOİ giderme verimi düşmektedir ve pH >7.0 olduğunda KOİ giderme verimi yükselirken, TOK düşmektedir. Ancak pH değeri 8.0'da sabit tutularak 500- 3000 arasında değişen dozajlarda FeSO_4 kullanılarak optimum dozaj çalışması yapıldığında dozaj arttıkça verimin arttığı gözlenmiştir, (Şekil 8.10.).

Renk ve bulanıklığın birlikte incelenmesinde, Şekil 8.11. ve Şekil 8. 12.'de görüldüğü gibi birbiriyle orantılı olarak pH>8.0 olduğunda ve FeSO_4 dozajının artmasıyla renk ve bulanıklık giderme verimleri artmaktadır.

Anyonik polielektrolit kullanıldığında 1500-2000 mg/l FeSO_4 dozajında KOİ ve TOK giderme verimi artmıştır. 1500 mg/l FeSO_4 dozajında KOİ giderme verimi %48'den, %65'e, TOK giderme verimi ise %22'den %31'a çıkmıştır (Tablo 8.5. ve Şekil 8.13.).



Şekil 8.13. FeSO₄ ilavesiyle KOİ ve TOK değişimleri (pH=8.0)

8.1.3. Al₂(SO₄)₃ ile Koagülasyon-Flokülasyon

Al₂(SO₄)₃ ile yapılan çalışmalarda, %10'lık Al₂(SO₄)₃ çözeltisi hazırlanmıştır. 500 ml atıksu numunesine 5 ml (1000 mg/l) Al₂(SO₄)₃ çözeltisi ilave edilerek önce optimum pH, ardından da değişik dozajlarda FeCl₃ ilavesiyle optimum dozaj çalışmaları yapılmıştır. pH ve dozaj değişikliğinin KOİ, TOK, Renk ve Bulanıklık giderimi üzerine etkisi incelenmiştir. KOİ ve TOK giderimi açısından Anyonik polielektrolit kullanımının verimi artıran bir etkisi olduğu gözlenmiştir.

Optimum pH belirlenmesi için atıksuya 1000 mg/l Al₂(SO₄)₃ çözeltisi ilave edilerek çalışılmıştır. Şekil 8.14'de görüldüğü gibi en iyi verim pH 4.0-6.0 arasında, pH=5.0'de %67 olarak gerçekleşmiştir. pH>6.0 olduğunda KOİ giderme verimi düşmektedir.

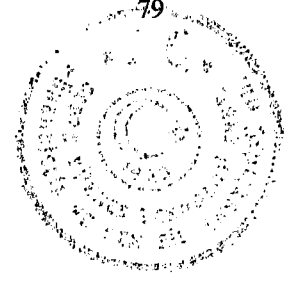
Arıtılmamış atıksuyunun özellikleri;

Renk= 30,4 m⁻¹

KOI= 998 mg/l

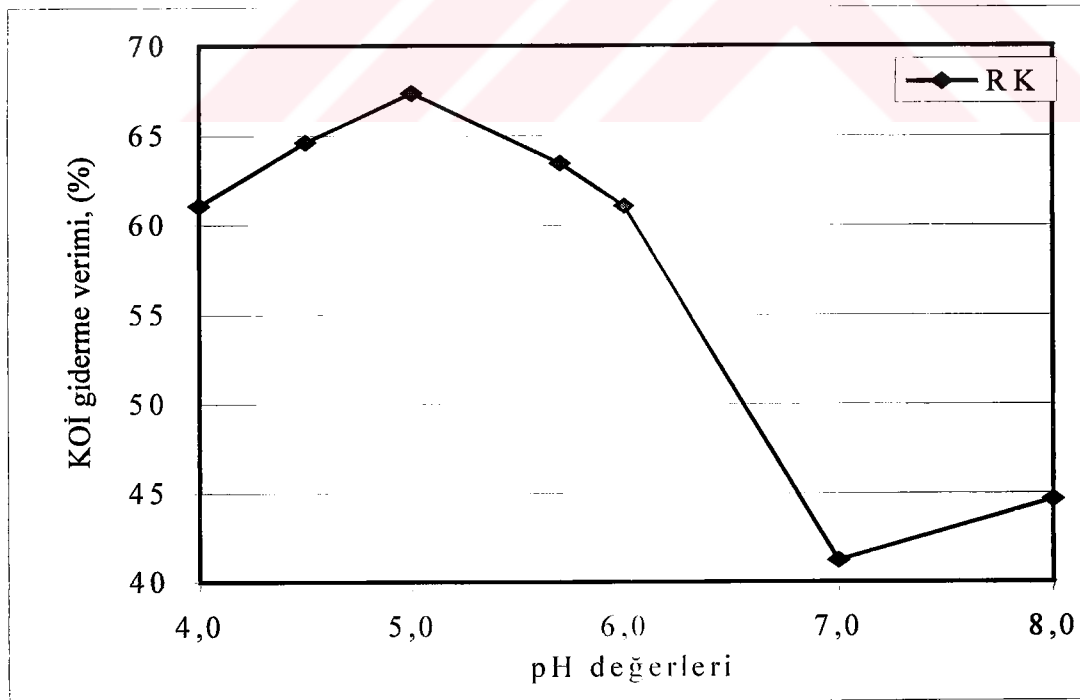
TOK= 335 mg/l

Bulanıklık= 336 NTU



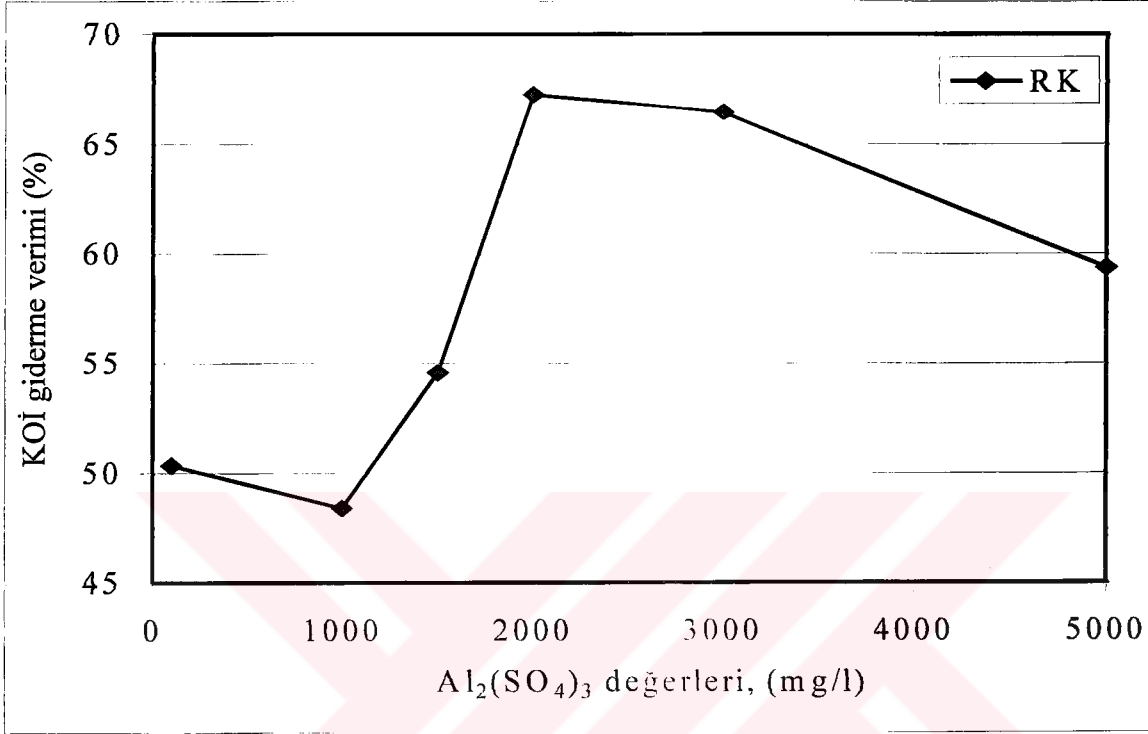
Tablo 8.6. Optimum pH çalışmaları (1000 mg/l Al₂(SO₄)₃)

pH	Bulanıklık (NTU)	Renk (m ⁻¹)	KOI (mg/l)	TOK (mg/l)	R _R (%)	R _B (%)	R _K (%)	R _C (%)
4,0	9	0,9	386	153	97	97	61	54
4,5	6	0,8	350	151	97	98	65	55
5,0	15	1,4	331	127	95	95	67	62
5,7	9	1,7	372	106	94	97	63	68
6,0	14	1,2	385	136	96	96	61	60
7,0	77	4,5	586	139	85	77	41	59
8,0	54	5,8	552	160	81	84	45	52



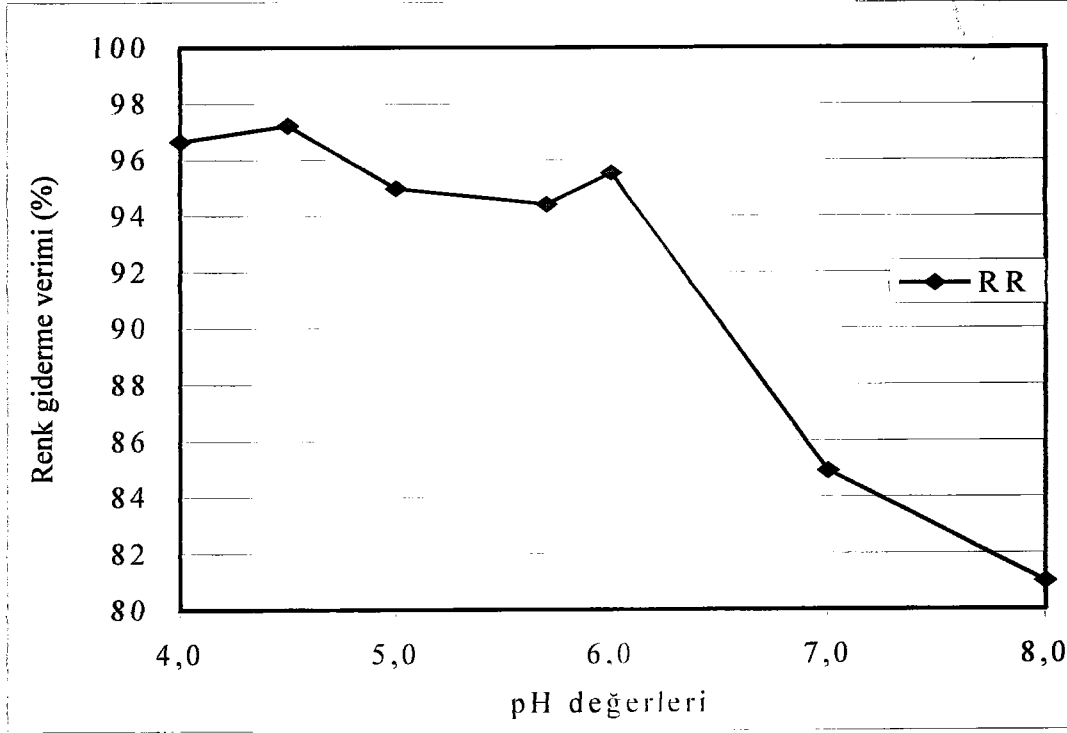
Şekil 8.14. Optimum pH belirlenmesi (1000 mg/l Al₂(SO₄)₃)

pH=5.0'da sabit tutularak, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dozajı 100-5000 mg/l aralığında değiştirilmiştir. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 > 2000 \text{ mg/l}$ olduğunda KOİ giderme verimi artmıştır. Optimum dozaj çalışmaları tablo 8.7. ve Şekil 8.15.'de gösterilmiştir.



Şekil 8.15. Optimum $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dozajı belirlenmesi (pH= 5,0)

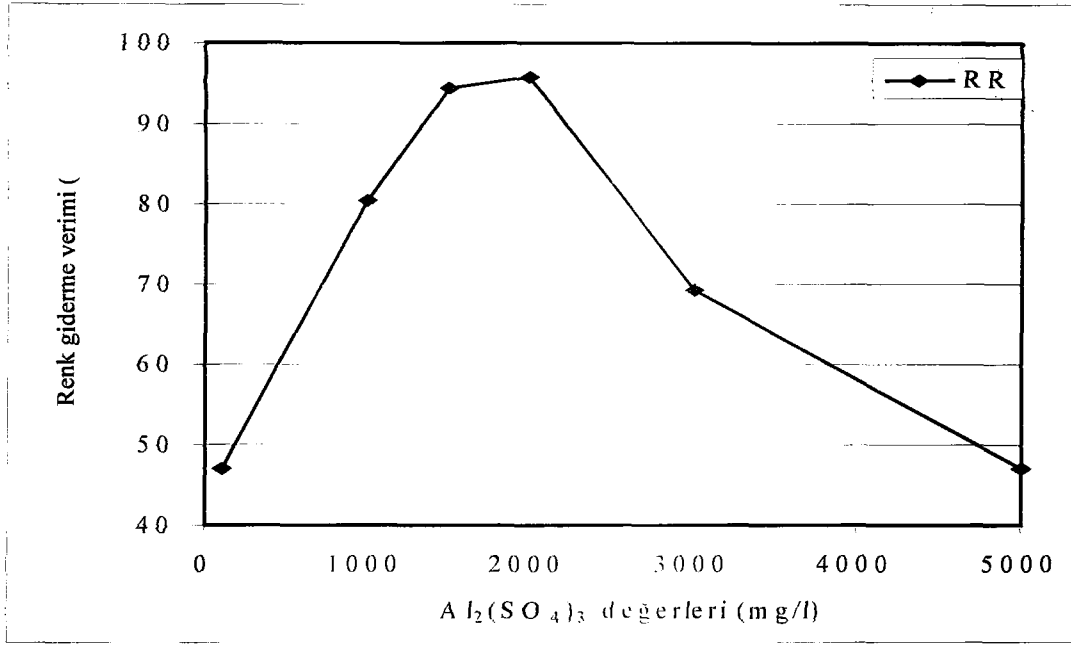
Farklı pH'larda 1000 mg/l $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ilavesinin renk giderimine etkisi Şekil 8.16.'da gösterilmiştir. pH değeri arttıkça renk giderme verimi düşmüştür. En iyi renk giderme verimine pH= 4.0-6.0 aralığında %94- %97 olarak ulaşılmıştır. Şekil 8.17' ye göre en iyi renk giderimi 1000-2000 mg/l $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 'ün dozajında %65-97 arasında gerçekleşmektedir.



Şekil 8.16. pH değişiminin renk giderme verimine etkisi (1000 mg/l $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)

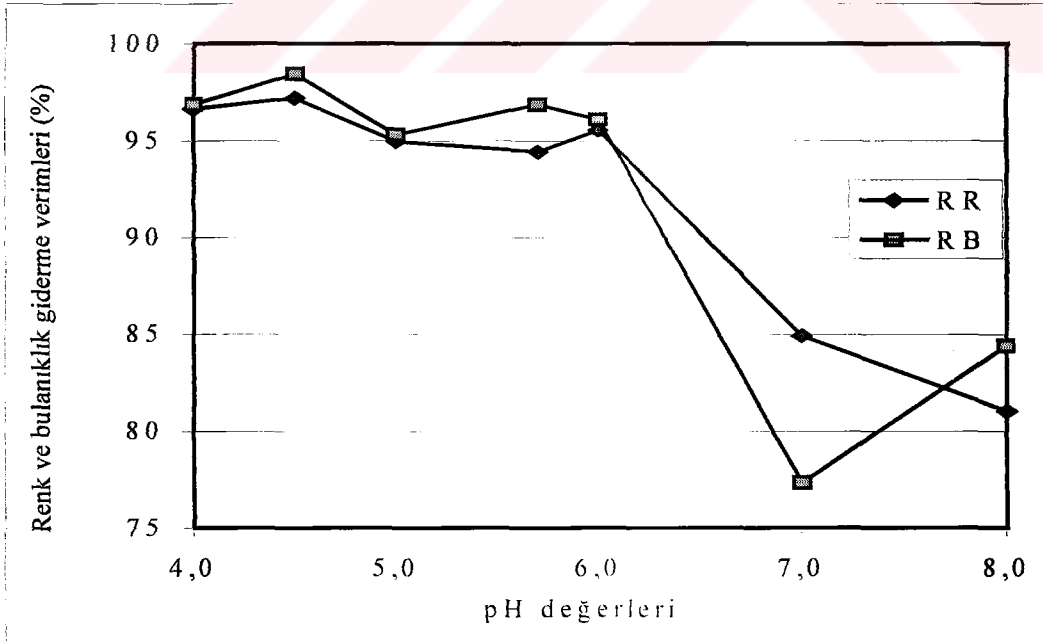
Tablo 8.7. Optimum dozaj çalışmaları (pH=5.0)

$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	Bulanıklık (NTU)	Renk (m^{-1})	KOI (mg/l)	TOK (mg/l)	R_R (%)	R_B (%)	R_K (%)	R_C (%)
100	164	9,50	435	435	47	51	50	43
1000	15	1,4	330	127	95	95	67	62
1500	17	1,00	398	398	94	87	55	71
2000	4	0,75	287	287	96	97	67	47
3000	4	5,50	294	294	69	97	66	56
5000	3	9,50	356	356	47	98	59	62



Şekil 8.17. $Al_2(SO_4)_3$ dozajının renk giderme verimine etkisi (pH= 5.0)

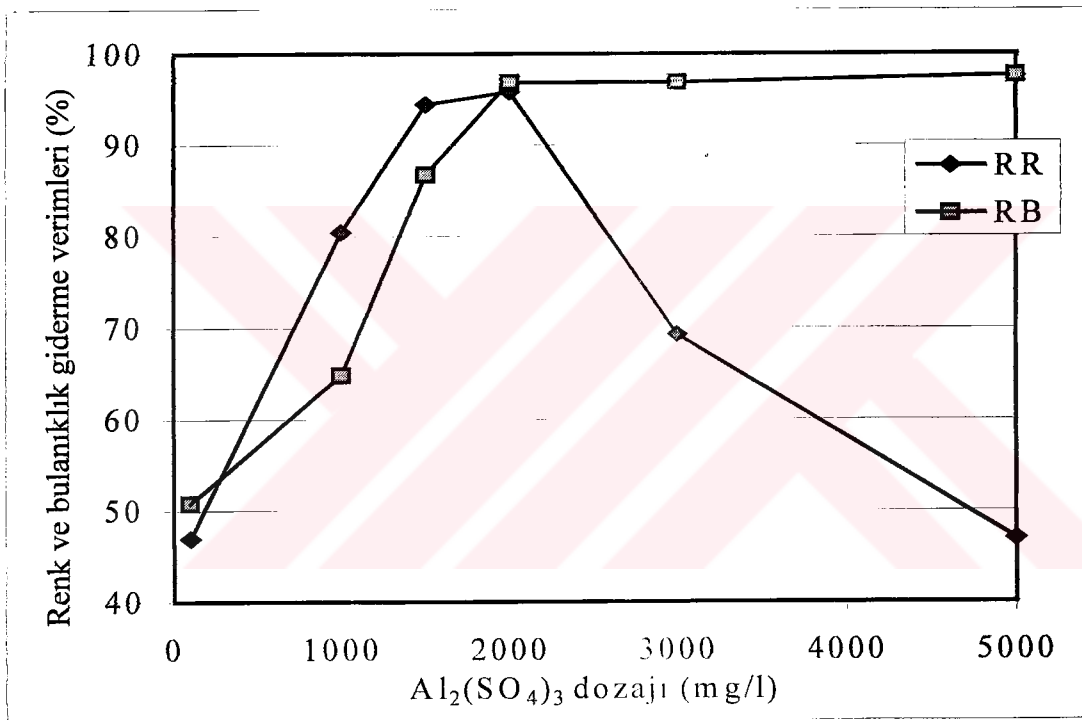
Renk ve bulanıklığın birlikte incelenmesinde, birbiriyle orantılı olarak pH=4.0-6.0 arasında ve $Al_2(SO_4)_3 > 2000$ iken renk ve bulanıklık giderme verimleri artmaktadır.



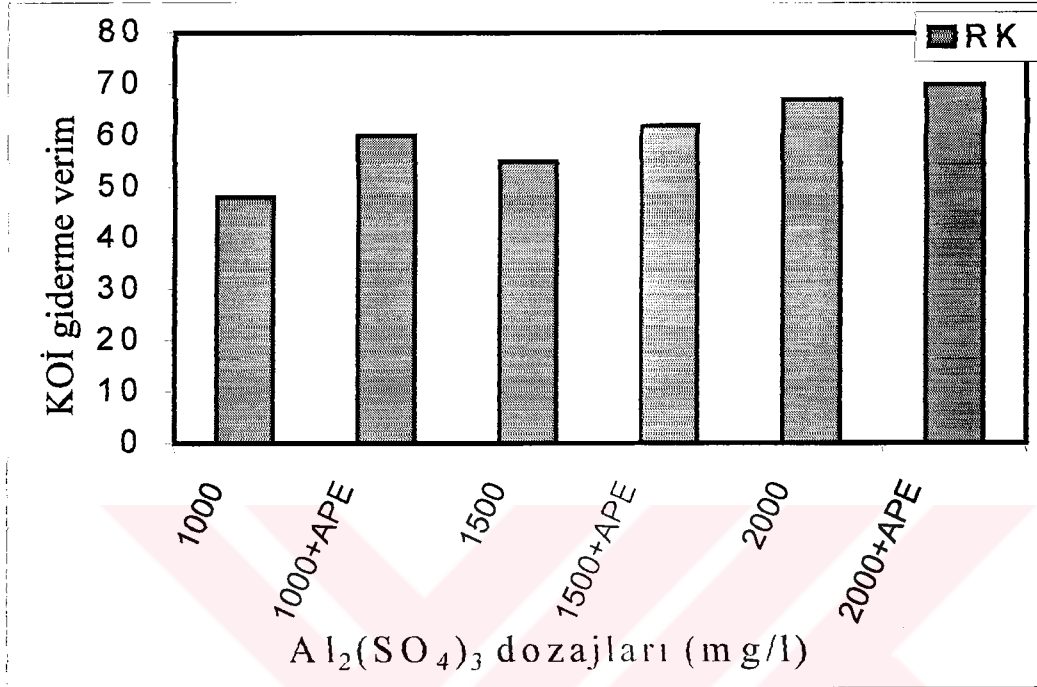
Şekil 8.18. pH değişiminin renk ve bulanıklığa etkisi (1000 mg/l $Al_2(SO_4)_3$)

Tablo 8.8. APE'nin KOİ, renk ve bulanıklık giderimine etkisi

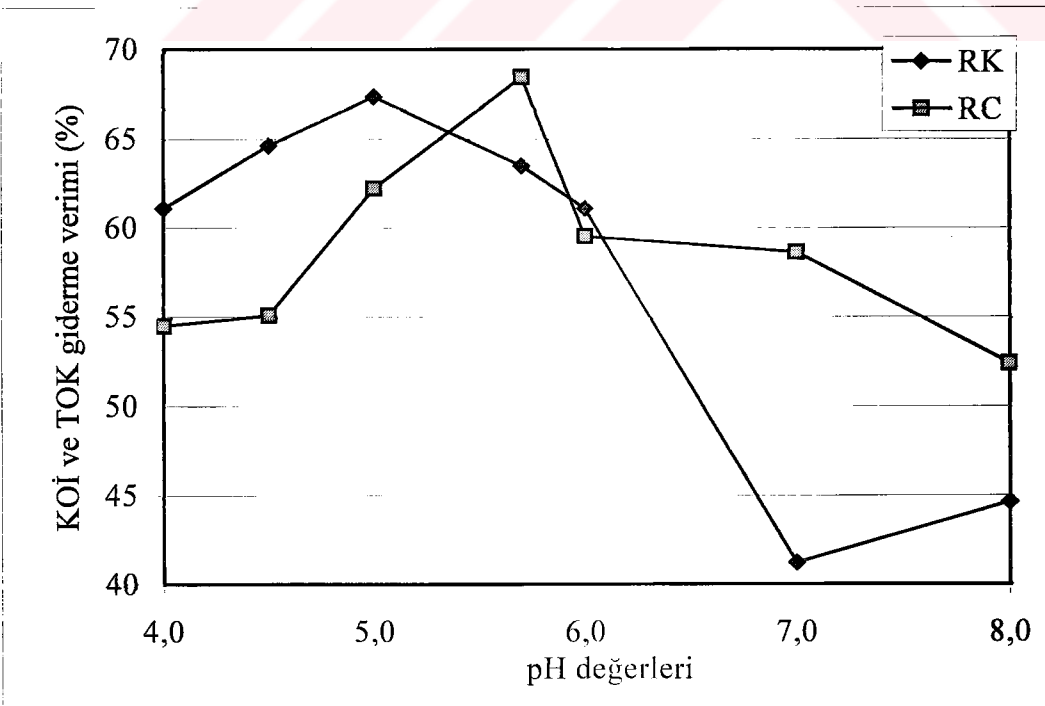
$Al_2(SO_4)_3$	Bulanıklık (NTU)	Renk (m^{-1})	KOİ (mg/l)	TOK (mg/l)	R_R (%)	R_B (%)	R_K (%)	R_C (%)
1000	117	1,4	516	112	95	65	48	66
1000+APE	90	1,0	396	98	97	73	60	71
1500	43	1,9	445	97	94	87	55	71
1500+APE	30	1,2	383	85	96	91	62	75
2000	10	1,25	326	178	96	97	67	47
2000+APE	6	0,6	304	161	98	98	70	52

Şekil 8.19. $Al_2(SO_4)_3$ dozajının Renk ve bulanıklık giderme verimine etkisi (pH=5.0)

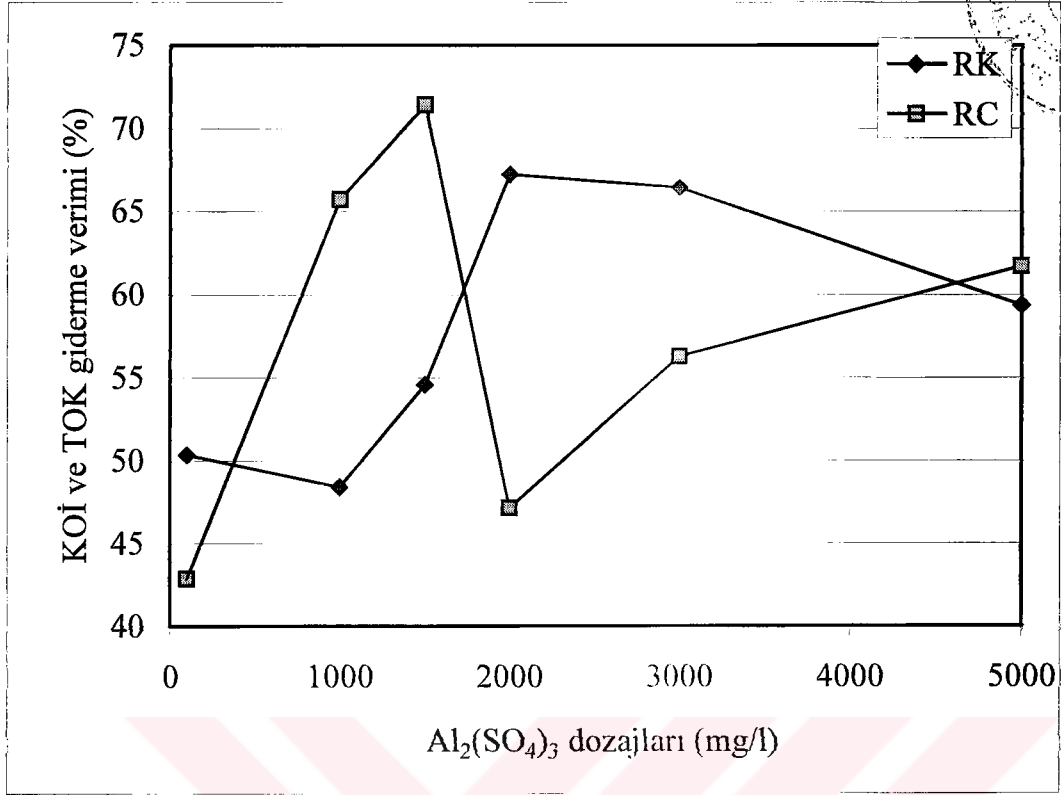
Anyonik polielektrolit kullanıldığında 1000-2000 mg/l $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ilavesinde KOİ giderme veriminin arttığı gözlenmiştir. Örneğin 1000 mg/l $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ilavesinde Anyonik polielektrolit ilavesi verimi %67'den %71'a çıkarmıştır. Şekil 8.20'de Anyonik polielektrolit kullanıldığında elde edilen verimler görülmektedir.



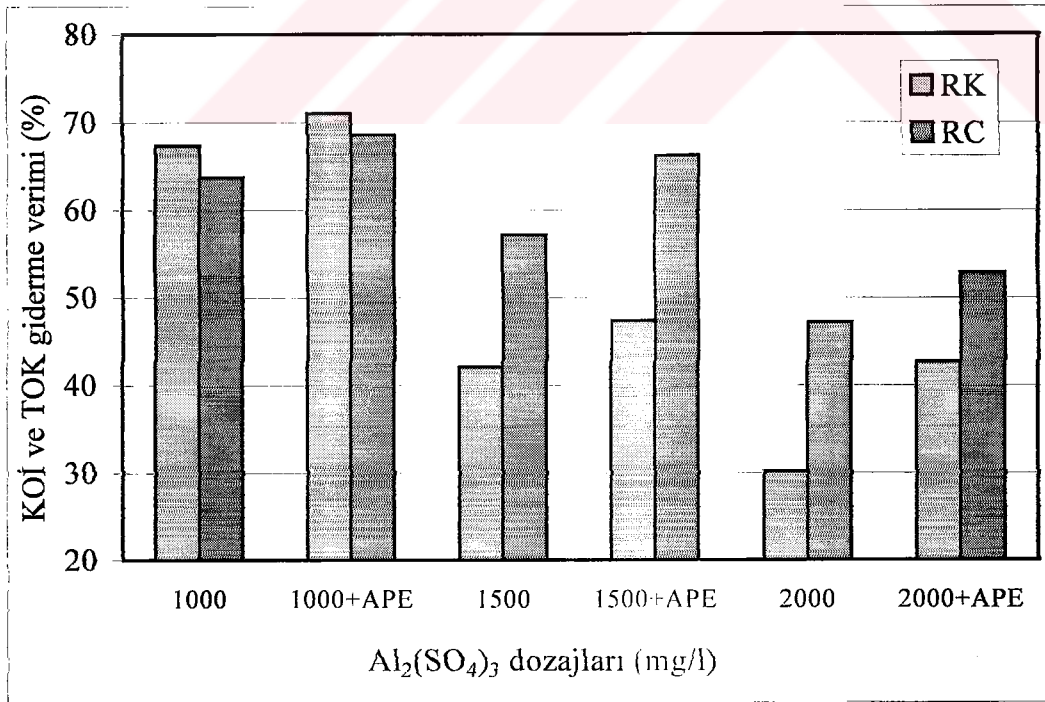
Şekil 8.20. APE ilavesiyle KOİ gideriminin incelenmesi (pH=5.0)



Şekil 8.21. pH değişiminin KOİ ve TOK giderimine etkisi (1000 mg/l $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)



Şekil 8.22. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dozajının KOİ ve TOK giderimine etkisi (pH= 5,0)



Şekil 8.23. APE ilavesiyle KOİ ve TOK giderimi (pH=5,0)



8.2. DEĞERLENDİRME

Seçilen tekstil fabrikası, pamuklu ve sentetik tekstil kategorisine girmektedir. Tekstil atıksularına pıhtılaştırma-yumaklaştırma ve çöktürme işlemleri uygulanmıştır. Çöktürme sonucunda atıksudan ne kadar renk giderildiği belirlenmiştir. Aynı zamanda KOİ, TOK ve bulanıklık giderme verimleri de tespit edilmiştir.

Pıhtılaştırma-yumaklaştırma işlemleri Jar test düzeneğinde yapılmıştır. Deneylerin ilk kısmında kimyasal çöktürme işlemi için en çok kullanılan alüminyum sülfat, Demir III Klorür ve Demir II sülfat kullanılmıştır. Yumaklaştırma yardımcısı olarak APE kullanılmıştır. Her bir koagülant için en iyi KOİ, TOK, renk, bulanıklık giderme verimleri tespit edilmiştir. Sadece koagülant kullanılarak ve koagülant + APE kullanılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. pH ayarlayıcısı olarak H_2SO_4 ve NaOH kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları aşağıda verilmiştir.

1. $FeCl_3$ için optimum pH çalışmalarında, pH 2.0-8.0 arasında çalışılmış. pH 4.5-6.0 aralığında KOİ giderme veriminin arttığı, pH<4.5 ve pH>7.0 olduğunda verimin düştüğü gözlenmiştir. 1000 mg/l $FeCl_3$ kullanılarak yapılan optimum pH çalışmalarında, pH=5.0 olduğu durumda en iyi giderim %71 olarak gerçekleşmiştir. pH=5.0'de, $FeCl_3$ konsantrasyonu 1000 mg/l olduğunda %71 KOİ giderme verimi gerçekleşmiştir.
2. $FeCl_3$ ile yapılan çalışmalarda en iyi renk giderimi pH=5.0'de %89 olarak gerçekleşmiştir. Hem KOİ giderim verimi hem de renk giderim verimi pH=4.0-6.0 aralığında en iyi sonuçları göstermiştir. pH= 5.0 ve $FeCl_3$ >700 mg/l olduğunda renk giderme verimi %89 ve KOİ giderme verimi %52'nin üzerinde gerçekleşmiştir.
3. $FeSO_4$ ile yapılan koagülasyon-flokülasyon çalışmalarında, KOİ giderim verimi, pH>7.0 olduğunda (sırasıyla 7.0, 7.2, 8.0) %49, 54 ve 65 olarak gerçekleşmiş, pH=9.0 olduğunda %51'e düşmüştür. KOİ giderimi için optimum pH 8.0 olarak bulunmuştur. TOK giderimi için en uygun pH aralığı 5.0-7.0 olup, bu aralıkta TOK giderme verimi %68-51 arasında tespit edilmiştir. KOİ ve TOK giderme verimleri,

farklı pH aralığında optimum özellik göstermişlerdir. Ancak çalışmanın ikinci kısmında pH sabit tutularak optimum dozaj belirlenmesi çalışmaları yapılırken her ikisinin de dozaj artıktıkça daha iyi giderildiği görülmüştür. TOK ve KOİ giderme veriminin %50'nin üzerine çıkması için kullanılan FeSO_4 miktarını artırmak gerekmektedir, ancak 2000-3000 mg/l konsantrasyonlarında oldukça iyi verim göstermiştir.

4. FeSO_4 ile yapılan çalışmalar, renk ve bulanıklık bakımından oldukça iyi sonuçlar vermiştir. Özellikle pH=8.0 de, 1500 mg/l FeSO_4 konsantrasyonunda verim %90'ların üzerinde gerçekleşmiştir.

5. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ düşük pH'larda iyi sonuçlar vermiştir. pH'ın 7.0'den küçük olduğu durumlarda KOİ ve TOK giderme verimleri %60'ları bulmuştur. KOİ için en iyi verim pH=5.0'de 2000 mg/l $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ilavesinde %67 olarak gerçekleşmiştir. TOK için en iyi verim pH=5.0'de 1500 mg/l $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ilavesinde %71 olarak gerçekleşmiştir.

6. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ile çalışırken renk ve bulanıklık için de düşük pH'lar daha uygun olduğu görülmüştür. pH=4.0-6.0 iken %97 olan renk ve bulanıklık giderim verimi pH> 6.0 olduğunda %80'lere düşmüştür.

7. Bütün koagülanlar için APE kullanımı verimleri artırmıştır. Daha az miktarda koagülan kullanımıyla daha yüksek giderim gerçekleşmiştir. En az miktarda koagülan kullanımıyla elde edilen en iyi sonuç pH=5.0'de 1000 mg/l FeCl_3 ilavesinde %71 KOİ giderim verimi olarak tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

APHA, Standart Methods for Examination of Water and Wastewater 17 th. Ed., American Public Health Association, Washington D.C., 1989.

Balcioğlu Akmeht, I., Arslan, İ., Tekstil endüstrisi atıksularının fotokatalitik oksidasyon yöntemi ile arıtılabilirliği, İstanbul, 1997.

Barlas, H., Çevre Kimyası Ders Notları, İ.Ü., İstanbul, 1993.

Bozdoğan, A., Atıksularda Tekstil Boyarmaddeleri Renginin devrettiren koagülant ile (CaO- MgCO₃ giderilmesi, İTÜ, İstanbul, 1984.

Dağışan, L., Alkan, R., Yonsel, Ş., Arhan, Y., Maya atıksularında renk giderimi çalışmaları, UKMK-2 Bildiri Kitabı, İTÜ, İstanbul. 9-13 Eylül 1996.

Duran, M., Demirer, G.N., Su Arıtımında Temel İşlemler, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, Ankara, 1997.

Elnekave, M., Koyugölge, T., Kırdar, E., Deveci, N., Yünlü tekstil endüstrisi atıksuyunun biyolojik arıtımı ve renk giderimi, UKMK-2 Bildiri Kitabı, İTÜ, İstanbul, 9-13 Eylül 1996.

Environmental Pollution Control, Textile Processing Industry, US. E.P.A. Env. Res. Inf. Cent. 1978.

Ersoy, D., Demir3 Klörürün su ve atıksu arıtımındaki verimliliğinin araştırılması, Çevre Teknolojisi Dergisi, 10-14, 1996.

Germirli, F., Physical-Chemical Systems for Treatment of Textile Dying Wastewaters, İTÜ Yüksek Lisans tezi, 1986.

Heuell M., Aydın K., Tekstil atıksularında ozon ile renk giderimi, **Tekstil Sektöründe Çevre Kaynaklı Sorunlar Sempozyumu**, İstanbul. 1998.

İnce O., Endüstriyel atıksuların arıtma verimini arttıran yeni bir teknoloji; **Membran Crossflow ultrafiltrasyon tekniği**, İTÜ 2. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu, S. 109-118, İstanbul, 1990.

Industrial Water Pollution Control, Coagulation and precipitation, p. 84-98, 1985.

Kabdaşlı, I., Tünay, O., Artan, N., Orhon, D., Arcrylid Dyeing Waste waters Characterization and treatabilty, prep, 3rd Ind., Conf., Appropriate Waste Tech., for Deo. Countries, pp 339-348, INDIA, 1995.

Karpuzcu, M., Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü, Boğaziçi Üniversitesi Yayınları, İstanbul, 1994.

Kocasoy G., Atıksu Arıtma Sistemleri, TMMOB Kimya Mühendisleri Odası, İstanbul, 1991.

Koyugölge, T., Yünlü Tekstil Endüstrisi atıksuyunun biyolojik arıtımı ve renk giderimi, İTÜ, Yüksek Lisans Tezi, 1994.

Kuo, W. G., Decolorization Dye Wastewater with Fenton's Reagent, Wat. Res. Vol. 26, No.7, pp 881-886, 1992.

Liakou, S., Kornaros and Lyberatos, G., Pretreatment of azo dyes using ozone.

Lin S.H., Lin C.M., Treatment of textile waste effluents by ozonation and chemical coagulation, Wat. Res. Vol.27, No. 12, pp 1743-1748, 1993.

Metcalf&Eddy, Inc., Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse, Third Edition, Mc-GrawHill Publishing Company, 1991.

Malak, U., Sabun ve Kozmetik Endüstrisi Atıksularından yüzey aktif madde giderimi, GYTE Çevre Müh. Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Gebze, 1997.



Muslu, Y., Kullanılmış Suların Tasfiyesi, İTÜ Yayınları, İstanbul, 1990.

Standart Methods for The Examination at water and wastewater, 19th. Edition, American Public Health Association, 1995.

Su Kirlenmesi Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete, Sayı: 19919, 4 Eylül 1988.

Yu-Li Yeh, R., Thomas, A., Color difference measurement and color removal from dye wastewaters using different adsorbents, J. Chem. Tech. Biotechnol., Vol. 63, pp. 55-59, 1995.

Şengül, F., Endüstriyle atıksuların arıtılması, 9 Eylül Üniversitesi, İzmir, 1989.

Selçuk, H., Tekstil atıksularında Kimyasal yöntemlerle renk giderilmesi, İ.Ü., Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 1997.

Tünay, O., Kabdaşlı, I., Eremektar, G., Orhon, D., Color Removal from textile wastewaters, Wat. Sci. Tech. Vol. 34, No.11, pp 9-16. 1996.

Tünay, O., Tanıllı, İ., Övez, S., Artan, N., Bir tekstil boyama tesisinin atıksularının karakterizasyonu ve arıtılabilirliği.

ÖZGEÇMİŞ



1972 yılında İzmit'te doğan Sevgi Gezeren Asma, ilk ve orta öğrenimini Yalova'da yaptıktan sonra, 1994 yılında İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü'nü bitirmiştir. Ardından, 1995 yılında Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nde Yüksek Lisans eğitimine başlamıştır.

