

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEKSTİL ATIKSULARINDAN KOAGÜLASYON YÖNTEMİYLE BOYARMADDE GİDERİMİ

129029

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Müh. Berna KIRIL

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜH.
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mirali ALOSMAN

129029

MAYIS 2002

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM BAKANLIĞI
DOKÜMAN TAYİN VE TAYİN

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

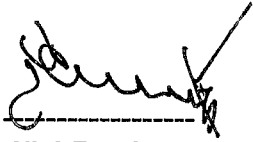
TEKSTİL ATIKSULARINDAN KOAGÜLASYON YÖNTEMİYLE BOYARMADDE GİDERİMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Müh. Berna KIRIL

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜH.

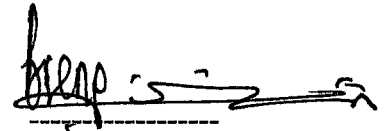
Bu tez .../.../2002 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.



Jüri Başkanı



Jüri Üyesi



Jüri Üyesi

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam esnasındaengin fikirleri, bilgi ve tecrübesi ile bana ışık tutan ve her türlü yardımı sağlayan değerli hocam Prof. Dr. Mirali ALOSMAN'a,

Laboratuar çalışmalarım esnasında bana her türlü desteği sağlayan kıymetli hocam Doç. Dr. Bülent ŞENGÖRÜR'e

Her an yanımda olduklarını hissettiğim Çevre Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlilerine, en yakın arkadaşlarıma ve Arş. Gör. O. Tuğkan MERT'e,

Bu güne kadar maddi ve manevi her türlü imkanı ve desteği sağlayan ve hep yanımda olan annem Refiye KIRIL ve babam Fikret KIRIL'a,

Sonsuz teşekkürler....

Saygılarımla

Berna KIRIL

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	I
İÇİNDEKİLER	II
SİMGELER VE KISALTMALAR	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ	VIII
TABLolar LİSTESİ	X
ÖZET	XII
SUMMARY	XIII

BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1

BÖLÜM 2.	
TEKSTİL ENDÜSTRİSİ	3

2.1. Endüstrinin Tanımı	3
2.2. Tekstil Endüstrisinde Üretim Proses ve İşlemleri	3
2.2.1. Pamuklu tekstil üretim prosesi	3
2.2.1.1. Haşıl sökme işlemi	4
2.2.1.2. Pişme (pişirme) işlemi	4
2.2.1.3. Ağartma işlemi	4
2.2.1.4. Mersevizasyon işlemi	4
2.2.1.5. Boyama işlemi	4
2.2.1.6. Apre (bitirme) işlemleri	5
2.2.2. Yünlü tekstil üretim prosesi	5
2.2.2.1. İplik üretimi	5
2.2.2.2. Dokuma	5
2.2.2.3. Terbiye	5

2.2.3. Sentetik tekstil üretim prosesi	6
2.3. Tekstil Endüstrisi Atıksularında Alt Kategorizasyon	6
2.4. Tekstil Atık Sularının Arıtılması Ve Deşarj Standartları	13
2.4.1. İlk arıtma	13
2.4.2. Fiziksel – kimyasal arıtma	13
2.4.3. Biyolojik arıtma	14
2.4.4. İleri arıtma	15
2.4.5. Çamur arıtımı	16

BÖLÜM 3.

TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIK SULARINDAN RENK GİDERMEDE KULLANILAN YÖNTEMLER	17
---	----

3.1. Arıtma Yöntemleri	20
3.1.1. Adsorbsiyon	20
3.1.2. Koagülasyon – flokülasyon	21
3.1.3. Membran sistemleri	22
3.1.4. Kimyasal oksidasyon	24
3.1.4.1. Klor ve hipoklorit ile oksidasyon	24
3.1.4.2. Fenton oksidasyonu	24
3.1.4.3. Ozon ile oksidasyon	25
3.1.5. Biyolojik arıtma	26
3.1.6. Elektrokimyasal oksidasyon	27

BÖLÜM 4.

TEKSTİL ENDÜSTRİSİNDE KULLANILAN BOYARMADDELER, ÖZELLİKLERİ VE UYGULAMA	28
--	----

4.1. Boyarmaddelerin Çözünürlüklerine Göre Sınıflandırılması	28
4.1.1. Suda çözünen boyarmaddeler	28
4.1.1.1. Anyonik suda çözünen boyarmaddeler	29
4.1.1.2. Katyonik suda çözünen boyarmaddeler	29
4.1.1.3. Zwitter iyon karakterli boyarmaddeler	29

4.1.2. Suda çözünmeyen boyarmaddeler	29
4.1.2.1. Substratta çözünen boyarmaddeler	29
4.1.2.2. Organik çözücülerde çözünen boyarmaddeler	29
4.1.2.3. Geçici çözünürlüğü olan boyarmaddeler	30
4.1.2.4. Polikondensasyon boyarmaddeleri	30
4.1.2.5. Elyaf içinde oluşturulan boyarmaddeler	30
4.1.2.6. Pigmentler	30
4.2. Boyama Özelliklerine Göre Sınıflandırma	30
4.2.1. Bazik (katyonik) boyarmaddeler	31
4.2.2. Asit boyarmaddeler	31
4.4.3. Direk boyarmaddeler	32
4.4.4. Mordan boyarmaddeler	32
4.4.5. Reaktif boyarmaddeler	32
4.4.6. Vat boyarmaddeler	33
4.4.7. Dispers boyarmaddeler	34
4.4.8. Kükürt boyarmaddeler	34
4.4.9. Azoik boyarmaddeler	35
4.4.10. Metal kompleks boyarmaddeler	35

BÖLÜM 5.

SEÇİLEN TEKSTİL ENDÜSTRİSİNİN TANITILMASI	37
---	----

5.1. Tesise Ait Proses Bilgileri	37
5.2. Proses İşlem Tipi	37
5.3. Proses İşlemlerinden Kaynaklanan Atıklar	37
5.4. Arıtma Tesisi Hakkında Genel Bilgi	38

BÖLÜM 6.

DENEYSEL ÇALIŞMALAR	40
---------------------	----

6.1. Materyal Ve Yöntem	40
6.2. Deneylerin Yapılışı	42
6.2.1. Direk boyarmadde ile yapılan çalışmalar	42

6.2.1.1. Direk boyarmadde ile sentetik numunenin hazırlanması	42
6.2.1.2. Direk grey boyarmaddesinin kaolin ile adsorbsiyonu	43
6.2.1.3. Direk grey boyarmaddesinin kireç ile adsorbsiyonu	45
6.2.2. Reaktif boyarmadde ile yapılan çalışmalar	47
6.2.2.1. Reaktif boyarmadde ile sentetik numunenin hazırlanması	47
6.2.2.2. Reaktif red boyarmaddesinin kaolin ile adsorbsiyonu	48
6.2.2.3. Reaktif red boyarmadde boyarmaddesinin kireç ile adsorbsiyonu	50
6.2.3. Asit boyarmadde ile yapılan çalışmalar	52
6.2.3.1. Asit boyarmadde ile sentetik numunenin hazırlanması	52
6.2.2.2. Asit yellow boyarmadde kaolin ile adsorbsiyonu	53
6.2.2.3. Asit boyarmadde boyarmaddesinin kireç ile adsorbsiyonu	55
6.3. Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması	58
6.4. Tekstil Atıksuyu İle Yapılan Çalışmalar	60
6.4.1. Tekstil atıksuyunun kaolin ile adsorbsiyonu	60
6.4.2. Tekstil atıksuyunun kireç ile adsorbsiyonu	62
 BÖLÜM 7.	
SONUÇLAR	65
 BÖLÜM 8.	
TARTIŞMA VE ÖNERİLER	68
 KAYNAKLAR	69
ÖZGEÇMİŞ	73

SİMGELER VE KISALTMALAR

BOİ ₅	Biyolojik Oksijen İhtiyacı
KOI	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
AKM	Askıda Katı Madde
TAM	Toplam Askıda Madde
EPA	Environmental Protection Agency
UASB	Yukarı Akışlı Çamur Yatak
ÇKB	Çözeltide Kalan Boyarmadde
ADS	Adsorbsiyon
RES	Renklilik Sayısı
SKKY	Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
H ₂ SO ₄	Sülfirik Asit
NOH	Sodyum Hidroksit
SiO ₂	Silisyumoksit
Al ₂ O ₃	Alüminyumoksit
Fe ₂ O ₃	Demiroksit
MgO	Magnezyumoksit
CaO	Kalsiyumoksit
Na ₂ O	Sodyumoksit
K ₂ O	Potasyumoksit
H ₂ O	Su
TiO ₂	Titanyumoksit
SO ₃	Sülfit
CO ₂	Karbondioksit
D _R	Direk Boyarmaddede renk giderimi
R _R	Reaktif Boyarmaddede renk giderimi
A _R	Asit Boyarmaddede renk giderimi

pH	Asitlik Derecesi
ppm	Konsantrasyon (ml/lt)
°C	Sıcaklık
N	Normalite
vb.	Ve Benzeri
g	Gram
mg	Miligram
ml	Mililitre
lt	Litre
nm	Nanometre
m ⁻¹	Renk Ölçü Birimi
λ	Dalga Boyu



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 6.1. Direk Grey Boyarmaddesinin Standart Çözelti Grafiği	43
Şekil 6.2. Direk Grey Boyarmaddesinin Kaolin ile Adsorbsiyonu ve pH	44
Şekil 6.3. Direk Grey Boyarmaddesinin Kaolin İle Adsorbsiyonu ve Doz Değişimi	45
Şekil 6.4. Direk Grey Boyarmaddesinin Kireç İle Adsorbsiyonu ve pH	46
Şekil 6.5. Direk Grey Boyarmaddesinin Kireç İle Adsorbsiyonu ve Doz Değişimi	47
Şekil 6.6. Reaktif Red Boyarmadde Çözeltilisinin Standart Grafiği	48
Şekil 6.7. Reaktif Red Boyarmaddesinin Kaolin İle Adsorbsiyonu ve pH	49
Şekil 6.8. Reaktif Red Boyarmaddesinin Kaolin İle Adsorbsiyonu ve Doz Değişimi	50
Şekil 6.9. Reaktif Red Boyarmaddesinin Kireç İle Adsorbsiyonu ve pH	51
Şekil 6.10. Reaktif Red Boyarmaddesinin Kireç İle Adsorbsiyonu ve Doz Değişimi	52
Şekil 6.11. Asit Yellow Boyarmadde Çözeltilisinin Standart Eğri Grafiği	53
Şekil 6.12. Asit Yellow Boyarmaddesinin Kaolin İle Adsorbsiyonu ve pH	54
Şekil 6.13. Asit Yellow Boyarmaddesinin Kaolin Adsorbsiyonu ve Doz Değişimi	55
Şekil 6.14. Asit Yellow Boyarmaddesinin Kireç İle Adsorbsiyonu ve pH	56
Şekil 6.15. Asit Yellow Boyarmaddesinin Kireç İle Adsorbsiyonu ve Doz Değişimi	57
Şekil 6.16. Kaolin Koagülantının Boyarmaddelerdeki Verimleri	58
Şekil 6.17. Kaolin Koagülantının Boyarmaddelerdeki Verimlerinin Karşılaştırılması	58
Şekil 6.18. Kireç Koagülantının Boyarmaddelerdeki Verimleri	59

Şekil 6.19. Kireç Koagülantının Boyarmaddelerdeki Verimlerinin Karşılaştırılması	59
Şekil 6. 20. Tekstil Atıksuyunun Kaolin İle Adsorbsiyonu ve pH	61
Şekil 6.21. Tekstil Atıksuyunun Kaolin İle Adsorbsiyonu ve Doz Miktarı	62
Şekil 6.22. Tekstil Atıksuyunun Kireç İle Adsorbsiyonu ve pH	63
Şekil 6.23. Tekstil Atıksuyunda Kireç İle Adsorbsiyonu ve Doz Miktarı	64



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Tekstil Endüstrisi Alt Kategorilerinde Atık Su Kaynakları	12
Tablo 2.2. Tipik Bir Tekstil Fabrikasının Yıllık Kirlilik Yüğü	15
Tablo 2.3. Tekstil İşletme Kategorileri	15
Tablo 2.4. Arıtma Sistemlerindeki Proseslerin Kirlletici Giderme Verimleri	16
Tablo 3.1. Absorblanan ve Yansıtılan Dalga boylarına Göre Renk Oluşumu	17
Tablo 3.2. Membran Sistemlerinin Karşılaştırılması	23
Tablo 4.1 Uygulanmalarına Göre Boya Sınıflaması	36
Tablo 5.1. Atıksuyun Kirlilik Parametreleri	38
Tablo 5.2. Proses Profili	38
Tablo 6.1. Deneylerde Kullanılan Kaolin ve Kirecin bileşimi	41
Tablo 6.2. Direkt Grey Boyarmadde Çözeltisinin Standart Grafiğı	42
Tablo 6.3. Direkt Grey Boyarmaddesinin Adsorbsiyonuna pH'ın Etkisi	43
Tablo 6.4. Direkt Grey Boyarmaddesinin Adsorbsiyonuna Doz Değışiminin Etkisi	44
Tablo 6.5. Direkt Grey Boyarmaddesinin Adsorbsiyonuna pH'ın Etkisi	46
Tablo 6.6. Direkt Grey Boyarmaddesinin Adsorbsiyonuna Doz Değışiminin Etkisi	46
Tablo 6.7. Reaktif Red Boyarmadde Çözeltisinin Standart Grafiğı	48
Tablo 6.8. Reaktif Red Boyarmaddesinin Adsorbsiyonuna pH'ın Etkisi	49
Tablo 6.9. Reaktif Red Boyarmaddesinin Adsorbsiyonuna Doz Değışiminin Etkisi	50
Tablo 6.10. Reaktif Red Boyarmaddesinin Adsorbsiyonuna pH'ın Etkisi	51
Tablo 6.11. Reaktif Red Boyarmaddesinin Adsorbsiyonuna Doz Değışiminin Etkisi	52
Tablo 6.12. Asit Yellow Boyarmadde Çözeltisinin Standart Grafiğı	53
Tablo 6.13. Asit Yellow Boyarmaddesinin Adsorbsiyonuna pH'ın Etkisi	54

Tablo 6.14. Asit Yellow Boyarmaddesinin Adsorbsiyonuna	
Doz Değişiminin Etkisi	55
Tablo 6.15. Asit Yellow Boyarmaddesinin Adsorbsiyonuna pH'ın Etkisi	56
Tablo 6.16. Asit Yellow Boyarmaddesinin Adsorbsiyonuna	
Doz Değişiminin Etkisi	57
Tablo 6.17. Tekstil Atıksuyunun Kaolin İle Adsorbsiyonu ve pH	61
Tablo 6. 18. Tekstil Atıksuyunun Kaolin İle Adsorbsiyonu ve Doz Miktarı	62
Tablo 6.19. Tekstil Atıksuyunun Kireç İle Adsorbsiyonu ve pH	63
Tablo 6.20. Tekstil Atıksuyunda Kireç İle Adsorbsiyonu ve Doz Miktarı	64
Tablo 7.1. En İyi Renk Giderme Verimi	66



ÖZET

Anahtar Kelimeler: Kaolin, Kireç, pH, Doz Miktarı, Renk Giderimi, Boyarmadde, Kimyasal Çöktürme

Bu çalışmada tekstil endüstrisinde kullanılan 3 farklı boyarmadde ile kimyasal çöktürme düzeneğinde arıtım çalışmaları yapılmıştır. Koagülant olarak kaolin ve kireç kullanılmıştır. Bu koagülantların 3 farklı boyarmaddedeki renk giderme verimleri tespit edilerek karşılaştırılmıştır.

Ayrıca tekstil endüstrisinden alınan atıksu üzerinde de kireç ve kaolin denenmiş, en uygun pH ve doz belirlenmiştir. Yapılan denemeler sonucunda;

Kaolin ile yapılan kimyasal çöktürme ile en iyi renk giderimi, direk grey boyarmaddesinde pH = 3'de 6 g/100ml kaolin ile % 100'lük bir verim elde edilmesi ile sağlanmıştır. Giderme verimlerine göre;

$$D_R > A_R > R_R$$

Kireç ile yapılan kimyasal çöktürme sonucunda ise, yine direk grey boyarmaddesi ile pH = 4'de 0,1 g/100ml kireç ile % 96,4'lük bir renk giderme verimi elde edilmiştir. Giderme verimlerine göre;

$$D_R > R_R > A_R$$

Tekstil endüstrisinden alınan atıksuda yapılan çalışmada pH = 3'de 4 g/100ml kaolin ile % 79,8 pH = 7'de 1 g/100ml kireç ile % 93,9 renk giderme verimi sağlanmıştır.

SUMMARY

THE DYESTUFF REMOVAL FROM TEXTILE WASTEWATERS WITH COAGULATION METHOD

Keywords: Kaolin, Lime, pH, Amount of Dose, Color Removal, Dyestuff, Chemical Settling

In this study, refinement studies made with three different dyestuffs, which are using at the textile industry. Kaolin and lime used as coagulants. Color removal productivity of these three coagulants determined and discussed.

Furthermore, lime and kaolin were tested in the wastewater, which was taken from a textile industry and appropriate pH and dose determined. The results of tests showed;

The best color removal made with the chemical settling with kaolin at post-grey dyestuff at pH = 3 with 6 g/100ml which showed 100 % productivity.

$$D_R > A_R > R_R$$

The best color removal made with the chemical settling with lime at post-grey dyestuff at pH = 4 with 0,1 g/100ml which showed 96,4 % productivity. According to the color removals;

$$D_R > R_R > A_R$$

The color removal productivities in the wastewater in the textile industry at pH = 3 with 4 g/100ml kaolin is % 79,8, at pH = 7 with 1 g/100ml lime is % 93,9.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Türkiye’de tekstil endüstrisi en gelişmiş endüstrisi dalıdır. Sanayileşmeyle birlikte endüstrisi hızla gelişmiş ve ülkenin çeşitli bölgelerine yayılmıştır.[1] Bu sektör memleketimiz ekonomisi için, özellikle ihracat miktarı açısından çok önemli bir rol oynamaktadır.[2]

Tekstil endüstrisi en çok su kullanılan ve değişik yapıda elyafların ürüne dönüştürüldüğü işletmelerdir. Kullanılan suyun niteliği ve niceliği, elyafın yapısına, uygulanan proses ünitelerine ve kullanılan yardımcı maddelere bağlıdır. Tekstil işletmelerinde ünitelerden çıkan atıksularında nitelik ve nicelikleri; uygulanan prosese ve kullanılan madde nitelik ve niceliğine göre değişmektedir.[3]

Endüstriyel tesisler arasında ön arıtmaya tabi tutulan ve arıtılmamış debi toplamı bakımından en fazla atık suyun kaynaklandığı sektör tekstil endüstrisidir. Bu endüstriden kaynaklanan atık sular İstanbul’daki tüm endüstriyel atık suların % 53.5’i oranındadır.[4]

Tekstil endüstrisi atık suları alkali, işlenen boyanın renginde ve debisi yüksek atık sulardır. Bu atık suların iyileştirilmesi için fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma sistemleri kullanılmaktadır.[5]

Tekstil endüstrisi atık sularındaki en önemli kirletici parametreler; AKM, KOİ, BOİ, renk, alkalinite, asitide ve diğer çözünmüş maddelerdir. Ülkemizde “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği”nde deşarj standartlarında renk ile ilgili parametre olmadığından dolayı bu atıkların arıtımında daha çok KOİ, BOİ ve AKM giderimi amaçlanmaktadır.

Buna karşın ABD ve Avrupa Birlięi űlkelerinde renkle ilgili bazı deşarj sınırlamaları mevcuttur.[4] Tekstil endüstrisinde renk giderimi için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Adsorbsiyon, kimyasal çöktürme, ozonlama, membran prosesler, biyolojik arıtım bunların arasındadır.



BÖLÜM 2. TEKSTİL ENDÜSTRİSİ

2.1. Endüstrinin Tanımı

Tekstil endüstri kategorisi tabii ve fabrikasyon elyafları kullanarak kumaş ve diğer tekstil ürünleri üreten tesisleri kapsar. Fabrikasyon elyafların üretimi ve giyim sanayi bu kategorinin dışındadır. Tekstil endüstrisi tabii ve fabrikasyon ipliklerin hazırlanması, dokuma, örme veya başka yöntemlerle kumaş, triko, halı gibi tekstil ürünleri haline getirilmesi, iplik ve kumaşlara boya, baskı, apre, gibi terbiye işlemlerinin uygulanması işlemlerini içerir.[6]

2.2. Tekstil Endüstrisinde Üretim Proses ve İşlemleri

Tekstil endüstrisinin hammaddesi elyaftır. Doğal elyaflar arasında pamuk, keten, kenevir, yün, ipek gibi doğal elyafları; reyon, kazein, asetat-selüloz ester, naylon, polyester, akrilik ve vinil gibi bulunur.

Tekstil endüstrisinde yer alan proses ve işlemler işlenen elyafla bazı farklılıklar göstermekle birlikte çoğunlukla benzerdir. Tekstil endüstrisi; pamuk, yün ve sentetik gibi işlenen elyafın cinsine göre gruplandırılır. [6]

2.2.1. Pamuklu tekstil üretim prosesi

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.

2.2.1.1. Haşıl sökme işlemi

Haşıl maddesi olarak kullanılan polivinil alkol, deterjan/su çözeltisi ile uzaklaştırılabilir. Haşıl sökme işlemi sonucunda askıda katı madde, yağ ve gres içeren atıklar suya karışır. Haşıl sökme işlemi atıkları, mamul kumaş oluşumu sonucu meydana gelen katı artığın % 50' sini oluşturur.

2.2.1.2. Pişme (pişirme) işlemi

Pamuklu tekstil sanayiinde kullanılan en önemli kimyasal madde olan kostik soda ile pişme işlemi sonucunda kostik soda içeren atıklar oluşur. Pişme işleminde kullanılan yüzey aktif maddeler ve sodyum fosfatta atıksulara karışır. Atık suda önemli miktarda çözünmüş katı madde ve yağ bulunur.

2.2.1.3. Ağartma işlemi

Ağartma işlemi hidrojen peroksit ile yapılır. Bu ağartma işlemi sonucunda oluşan kirlilik yükleri düşüktür.

2.2.1.4. Merserizasyon işlemi

Merserizasyon prosesinde derişik NaOH kullanılır. Bu atık sular sonucunda oluşan atıklar kuvvetli alkali (pH= 12-13) ve BOİ miktarı düşük atıklardır. Kostik soda ile birlikte merserisazyon işleminde ayrıca penetrant maddeler kullanılır.

2.2.1.5. Boyama işlemi

Pamuklu kumaşların istenen renge boyanması işlemi sonucunda boya atıklarını içeren renkli atık sular oluşur. Boyama işlemi atıksularında çözünmüş madde miktarı ve KOİ yüksektir. Renk, gerçek renk olduğundan arıtımı da güçtür.

2.2.1.6. Apre (bitirme) işlemleri

Su geçirmezlik, alev almazlık, buruşmazlık ve benzeri apre işlemlerinden gelen atıklar hacimce küçük miktarlardadır. Uygulanan kimyasal madde; ıslatma, işleme alma ve kurutma gibi nedenlerle küçük miktarlarda atık oluştururlar.

2.2.2. Yünlü tekstil üretim prosesi

Yünlü kumaş üretiminde hammadde koyun yünüdür. Koyun yününe çoğunlukla viskoz ipeği veya sentetik lif katılarak karışım iplikler hazırlanır. Yünlü kumaş üretimi 3 bölümde gerçekleşir. 1. İplik Üretimi 2. Dokuma 3. Terbiye.

2.2.2.1. İplik üretimi

a) Tefrik (Ayırma) b) Yıkama c) Yağlama d) Band e) Birleştirme f) İnceltme
g) Eğirtme

2.2.2.2. Dokuma

a) Hazırlık: Çözü, Atkı, Tahar b) Dokuma

2.2.2.3. Terbiye

a) Ön Terbiye b) Boyama c) Bitirme işlemleri

Yünün terbiyesinde yer alan ön terbiye, boyama ve bitirme işlemleri aşağıda verilmiştir.

a) Ön yıkama:

Yün %20 civarında yabancı madde içerir. Bunun yıkanması gerekir. Bu nötr veya NH_3 'lı ortamda 50-60 °C' de yapılır. Bir yıkanma maddesinin ilavesi şarttır.

b) Ağartma:

Yalnız beyaz kullanılacak malzemeye yapılır. H_2O_2 gibi oksidatif maddeler kullanılır.

c) Dinkleme:

Yüne dolgun tutum vermek için yapılır. Yünün keçeleşme özelliğinden yararlanır.

d) Karbonizasyon:

Yünün üzerindeki selüloz esaslı maddeleri (ot gibi) uzaklaştırmak için derişik H_2SO_4 'lü ortamda yapılır.

e) Boyama :

Genellikle asitli ortamlarda yapılır. Boyama atıkları boya ve tuz içerirler. Boyama ya açık elyafa yada ipliğe yapılır.

f) Bitirme işlemleri:

Kuru Bitirme İşlemleri: Pres, Şardonlama gibi

Yaş Bitirme İşlemleri: Keçeleşmezlik, krablama, dekatür, güve yemezlik gibi.

Yünde haşılama ve mersezasyon işlemleri yoktur. [7]

2.2.3. Sentetik tekstil üretim prosesi

Selülozik ve organik polimerlerin elyafları pamuk ve yünlülere karıştırılarak veya ayrı olarak iplik hazırlama, haşıl sökme, boyama ve apre işlemlerinden geçer. Boyamada asit, bazik, dispers, naftol gibi boyalar kullanılır. İpek, iplik üretiminde ipek çekimi, liflerin terbiyesi, yıkama, ağartma, boyama işlemleri bulunur. Halı üretimi lateks ile taban kaplaması işlemini içerir. Keçeleştirilmiş ve dokusuz yüzeyli kumaş üretimi de keçeleştirme, yıkama boyama vb. işlemlerini kapsar.[6]

2.3. Tekstil Endüstrisi Atıksularında Alt Kategorizasyon

Endüstriyel kategorizasyon çeşitli amaçlar doğrultusunda ele alınabilir. Kirilenmede bir alt kategorizasyon yapılanmasının hedefi aynı kategoride olmalarına rağmen üretim farklılıkları olan veya aynı ürünü farklı proses veya yöntemlerle üreten tesislerin atıksularında oluşacak değişiklikleri ortaya koyarak, atık suların karakterizasyonu, tesis içi kontrolü, arıtılması ve standartların geliştirilebilmesidir. Alt kategorizasyon yapılırken üretim veya prosesle ilgili değerlendirmelerin yanında atık su karakteri ile ilgili tüm faktörlerde dikkate alınmalıdır.

Alt karakterizasyon için göz önüne alınabilecek başlıca faktörler şunlardır. [6]

1. Üretim Prosesi (Teknolojisi)
2. Ürün Cinsi
3. Hammaddeler
4. Su Kullanımı
5. Tesis Büyüklükleri
6. Tesislerin Yaşı, Verimleri
7. Personel Durumu
8. Atık su Özellikleri
9. Atık su Arıtma Teknolojisi
10. Yatırım Maliyetleri
11. Atık su Dışında Diğer Kirleticilerin Durumu

Tekstil endüstrisinde atık su miktarı ve karakterini etkileyen en önemli faktör hammadde kullanımıdır. Bu hammaddeler pamuk, yün gibi doğal elyaflar ile suni olarak elde edilen elyaflar ve bunların karışımlarından oluşmaktadır. Atık su miktar ve karakterini etkileyen diğer önemli faktör, kimyasal maddeler ve su kullanımındaki değişikliklerdir. [8]

Endüstriye ait bilgilerle alt kategorizasyonun oluşturulmasında kullanılan metotların başında elyafın cinsine (yün, pamuk ve sentetik elyaf) göre sınıflandırma

gelmektedir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre tekstil endüstrisi atık suları yedi alt kategoriye ayrılmaktadır.[9]

1. Açık Elyaf, İplik Üretimi ve Terbiye
2. Dokunmuş Kumaş Terbiyesi ve Benzerleri
3. Pamuklu Tekstil ve Benzerleri
4. Yün Yıkama, Terbiye, Dokuma ve Benzerleri
5. Örgü Kumaş Terbiyesi ve Benzerleri
6. Halı Terbiyesi ve Benzerleri
7. Sentetik Tekstil Terbiyesi ve Benzerleri

Tekstil endüstrisinde kullanılan hammaddeler, son ürünler, su kullanımı ve atık su özelliklerinin benzerlikleri göz önüne alınarak, EPA' ya (Environmental Protection Agency) ait tekstil endüstrisi alt kategorileri aşağıda verilmiştir. [10]

1. Yapağı yıkama alt kategorisi
2. Yünlü kumaş son işlemleri
3. Az su kullanılan işlemler
4. Dokunmuş kumaş son işlemleri
5. Örgü kumaş son işlemleri
6. Halı üretimi son işlemleri
7. Stok ve elyaf, boyama ve son işlemleri
8. Dokusuz yüzeyli kumaş son işlemleri
9. Keçeleştirilmiş (felted fabrik) son işlemler
10. Koza işleme ve doğal ipek üretimi

Halı üretimi dışında tüm yünlü kumaş işlemleri 1. ve 2. kategorilerin, pamuk ve sentetik üretimi 3,4,5 ve 7. kategorilerin, halı üretimi de 3 ve 6. kategorilerin kapsamındadır. Her bir alt kategoride yapılan işlemler aşağıda açıklanmıştır. [11]

1- Yapağı yıkama alt kategorisi

Tekstil endüstrisinin bu altkategorisi, ham yün elyafı ve diğer hayvan kıllarının temizlendiği tesisleri kapsar. Diğer alt kategorilerinden farklı bir özellikte olup yün elyafı ve hayvan kıllarının önemli ölçüde bir ön temizlemeyi gerektirmesinden dolayı yapak yıkama kendine özgü bir özellik taşımaktadır. Bu proseste ham yapağı iplik üretimine sokulmadan önce yıkanmalıdır. Pamuk veya sentetikler bu aşamada yıkanmazlar.

2- Yünlü kumaş son işlemler alt kategorisi

Bu altkategori, yün elyafı, diğer hayvansal kıl veya yün elyafı-hayvansal kıl karışımı kumaşlara ağartma, yıkama, boyama, ateşe dayanıklı hale getirme, güve yemelik, v.b. işlemlerden birinin uygulamalarını kapsar. Karbonizlemenin yer aldığı terbiye de bu altkategori kapsamındadır. Yünlü kumaş son işlemleri değişken kimyasal kullanımı ve yüksek kirlilik yükü oluşturduğundan dolayı ayrı bir kategori olarak ele alınmıştır. Bu altkategori kendine has tekstil boyaları kullanmaktadır. Atıksularında boyalardan kaynaklanan kromun bulunması mümkündür. Yapağı yıkama, yün elyafında bulunan istenen maddeleri gidermek için yapılır. Yıkamadan sonra su ortamına geçecek ot, saman yem, tohum, diken, pıtrak, gübre, koyunun kendi dışkı maddeleri, kum toprak, hayvanların tanınması için kullanılmış olan katran, boya ve yapıştırıcı maddeler ile hayvanları hastalık veya haşerelere karşı korumak için kullanılmış olan ilaçlı maddeler kirlilik yaratmaktadır.

3- Az su kullanılan işlemler alt kategorisi

Bu altkategori, iplik yapımı, tekstürize iplik yapımı, dokuma, kumaş emprenyeleme, lastik kordu ve kord bezi emprenyeleme, halı tafting, halı tabanı yapımı gibi çok çeşitli kuru işlemleri kapsar. Bu altkategoride esas atık kaynağı işlemlerde kullanılan donanımdan sızma sonucu oluşan atık su ve yıkama sularıdır.

4- Dokunmuş kumaş son işlemleri alt kategorisi

Bu alt kategori atık su yükü bakımından tekstil endüstrisinin önemli bir alt kategorizasyonunu oluşturmaktadır. Dokunmuş kumaşlara uygulanan haşıl sökme, yıkama, ağartma, merserize, boyama, basma, apre gibi işlemleri kapsar. Dokuma işlemi esnasında çözgü ipliklerinin yüzeyindeki elyaf uçlarını yatırmak tüylenmeyi önlemek, iplik yüzeyini kaplayarak sürtünmeden dolayı zedelenmeyi azaltmak ve iplik bünyesine girerek mukavemet ve elastisiteyi arttırmak için yapılan haşıllama işleminde ipliklere tatbik edilen haşıl maddesi ile birlikte küf gidericiler, mantar öldürücü ilaçlar gibi önceden koruyucu maksatla kullanılmış kimyasal maddeler ve diğer yabancı maddeleri uzaklaştırılması için haşıl sökme diye tanımlanan işlem uygulanır.

5- Örgü kumaş son işlemleri alt kategorisi

Bu altkategori, çoğunluğu örgü olan pamuklu ve/veya sentetik kumaşlara uygulanan yıkama, ağartma, boyama, basma, apre işlemlerini kapsar. Dokunmuş kumaş son işlemlerinden farkı, haşıllama, haşıl sökme ve merserizasyon işlemlerine gerek duyulmamasıdır. Bu sebeplerden dolayı kirlilik yükü daha azdır.

6- Halı üretimi son işlemleri alt kategorisi

Halı üretimi, bazı yün ve pamukluların haricinde genellikle sentetik iplik (naylon, akrilik, polyester) kullanılmaktadır. Tekstil esaslı halılara uygulanan yıkama, ağartma, boyama, basma ve apre işlemlerini kapsamaktadır. İşlemin çoğunluğu halı terbiyesi olup, halı tafting, halı tabanı yapımı veya iplik boya işlemleri de bulunan tesisler bu altkategori kapsamındadır. Sadece halı tafting ve/veya yapan işletmeler ise az su kullanılan işlemler altkategorisi kapsamındadır. Bazı fabrikalar halı tabanının kaplanması işlemini aynı yerde veya fabrika dışında yapmaktadır.

7- Stok ve elyaf son işlemler alt kategorisi

Elyaf boyama son işlemlerinde, dokunmuş son işlemlerinden farklı olarak, haşıllama ve haşıl sökme yoktur. Su kullanımı ve merserizasyon işleminden dolayı örgü kumaş son işlemlerinden farklılık gösterir. Bu kategori, elyafın yıkama, boyama, ve son işlemlerini içerir. Dikiş ipliği, tekstil ve halı elyafı esas üretimi oluşturur. Elyaf doğal, sentetik olarak ve bunların karışımından elde edilmektedir. Yıkama, temizleme, ağartma, merserizasyon, boyama ve son işlemleri bu altkategoride yer almaktadır. [11]

8- Dokusuz yüzeyli kumaş üretimi alt kategorisi

Bu altkategori, yün, pamuk, veya sentetik malzemenin tek başına veya karışım halinde mekanik termal ve/veya yapıştırıcılarla birleştirilerek dokusuz yüzeyli ürünlerin üretimini kapsamaktadır.

9- Keçeleştirilmiş yüzeyli kumaş üretimi alt kategorisi

Bu altkategori, dinkleme ve keçeleştirme işlemleri ile dokusuz yüzeyli ürünlerin üretimini kapsamaktadır. Keçeleştirme işleminde kullanılan tipik elyaflar, yün, rayon ve yün-rayon-polyester karışımıdır.

10- Koza işleme ve doğal ipek üretimi alt kategorisi

Bu altkategori, pişirme (koza kaynatma), ipek çekimi işlemleri ile ipek ipliği üretimini kapsamaktadır. Kozalardan lif uçlarının bulunarak çekilebilmesi için kozaların sıcak su ve buharla işlem görmesine pişirme veya koza kaynatma denir. Pişirmede amaç, liflerdeki serisin kısmını yumuşatmak ve bu sırada kozaların içerisinde suyla dolmasının sağlanmasıdır. İpek çekimi, istenen numarada iplik elde edilmesi için belli sayıdaki kozadan gelen ipek tellerinin bir araya getirilerek sarılmasıdır. [12]

Tablo 2.1. Tekstil Endüstrisi Alt Kategorilerinde Atık Su Kaynakları [13]

Alt Kategoriler	
1- Yapağı Yıkama	Yıkama Durulama
2- Yünlü Kumaş Son İşlemler	Boyama Ağartma Yıkama Durulama Karboniz ve Yıkama Dinkleme ve Yıkama
3- Az Su Kullanılan İşlemler	Haşılama
4- Dokunmuş Kumaş Son İşlemleri	Haşıl Sökme Pişirme – Yıkama Merсеризasyon – Yıkama Ağartma – Yıkama Boyama – Yıkama Basma Apre – İkmal
5- Örgü Kumaş Son İşlemleri	Yıkama Pişirme – Ağartma Boyama Basma Apre – İkmal
6- Halı Üretimi Son İşlemleri	Boyama veya Baskı Kurutma Lateks Kaplama
7- Stok ve Elyaf Son İşlemleri	Boyama Ağartma Merсеризasyon Yıkama
8- Dokusuz Yüzeyli Kumaş Üretimi	Yapıştırma
9- Keçeleşmiş Kumaş Üretimi	Durulamalar
10- Koza İşleme ve Doğal İpek Üretimi	Pişirme İpek Çekimi Serisin Giderme Ağartma Boyama Yıkama Avivaj Şarj

2.4. Tekstil Atık Sularının Arıtılması ve Deşarj Standartları

Tekstil endüstrisi yapısal karakteri bakımından en çok su kullanılan endüstrilerin başında yer almaktadır. Her bir üretim prosesinin kullandığı su ve oluşturduğu atık su miktarı birbirinden çok farklı olmaktadır. Aynı hammaddeyi kullanarak aynı yöntemle üretim yapan proseslerde dahi 1 ton ürün başına kullanılan su ve oluşan atık su miktarları farklılıklar göstermektedir. Tekstil endüstrisi arıtma uygulamaları 3 aşamada ele alınabilir. Bunlar; ilk arıtma, fiziksel – kimyasal arıtma, biyolojik arıtma (son arıtma) olarak sıralanabilir. Yeterli gelmeyen durumlarda ileri arıtma da yapılmaktadır. [14]

2.4.1. İlk arıtma

Atık suların bir kanala yada bir arıtma tesisine verilmeden önce bazı kirletici değerlerinin belirli standartlara indirgenmesi istenir. Böylece tesiste karşılaşılabilecek problemlerin önlemleri baştan alınmış olur. İlk arıtma atık sularda askıda madde giderimi ve pH ayarını kapsar.

Proje debisinden farklı akımlar için atık suyun günlük salınımlarının dengelenmesi gerekir. Bunun için dengeleme havuzundan faydalanılır. Dengeleme ünitesi ile tesise giren atıksuyun aşağı yukarı aynı karakterde olması da sağlanmış olur. Sulu proseslerle çalışan hemen hemen bütün alt kategorilerden çıkan atık sular için ızgaradan geçirme işlemi uygulanır. Kum tutma ve çöktürme işlemleri de uygulanan fiziksel giderimlerdendir.

2.4.2. Fiziksel – kimyasal arıtma

İki ayrı şekilde ele alınabilir. Birincisi krom indirgeme, sülfür oksidasyonu gibi ayrılmış akımlara uygulanan arıtma yöntemleridir. Diğer ise toplam atık sulara uygulanan kimyasal çöktürme veya yüzdürme gibi organik ve zehirli atık yüklerinin kontrolüne yönelik yapılan arıtma işlemleridir.

Kimyasal arıtma arıtılacak atık suya kimyasal maddeler ilave edilerek, yumakların oluşturulması ve kirletici maddeleri de yapısında toplayan flokların çöktürme, filtrasyon veya yüzdürme proseslerinden biri veya birkaçının kullanılması sureti ile sudan uzaklaştırılması prensibine dayanır. Kullanılacak yumaklaştırıcının tipi, dozajı ve optimum pH aralığı laboratuarda yapılan Jar-Test çalışması ile belirlenir.

Kimyasal arıtma biyolojik arıtmayı tamamlayıcı rol oynar. Organik maddeleri, zehirli maddeleri yada her ikisini de dengelemek fazla zehirliliği ya da fazla organikleri biyolojik arıtmanın büyüklüğünün optimizasyonu için gidermek, ayrışabilen ve ayrışamayan organikler, süspansiyon halindeki katı maddeler cinsinden çıkış suyu kalitesini iyileştirmek ve en çokta rengi gidermek üzere biyolojik arıtmadan önce veya sonra uygulanabilir. [15]

2.4.3. Biyolojik arıtma

BOİ giderimi için biyolojik arıtma en uygun arıtma teknolojisidir. Biyolojik arıtılabilirlik, genellikle tekstil atık sularının BOİ ve KOİ değerlerinin biyolojik ayrışma oranlarıyla değerlendirilir. Askıda çoğalan aktif çamur biyolojik arıtma sistemleri, günümüzde en yaygın kullanım alanına sahip arıtma sistemleridir; aktif çamur sistemlerinin modellenmesi aşamasında, atık suyun organik madde içeriği ile niteliğine göre karakterizasyonunun yapılmasına gereksinim duyulmaktadır.

Yüzeyde çoğalma tipindeki biyolojik arıtma proseslerinden damlatmalı filtreler ile döner diskler de, tekstil atık sularının arıtımında yaygınlık kazanmaktadır; bu sistemlerin alan ve enerji gereksinimlerinin aktif çamur sistemine oranla düşük olması, önemli bir avantaj olarak nitelendirilmektedir.

Biyolojik arıtım için yeterli azot ve fosforun atık suda bulunmaması durumunda, diamonyum fosfat ve üre gibi ucuz kimyasal maddelerin ilavesi ile bu eksiklikler giderilebilir. Atık su alkali karakterde ise, fosforik asit ilave edilebilmektedir. [16]

2.4.4. İleri arıtma

Bazı hallerde biyolojik arıtma sonrasında daha ileri arıtma yapmak gerekmektedir. Biyolojik olarak ayrışamayan inert KOİ ve en önemlisi renk giderimi için bu sistem uygulanmaktadır. Kimyasal çöktürme, ozonlama, aktif karbon adsorbsiyonu ve membran prosesler bu gruba dahildir. [15]

Tablo 2.2. Tipik Bir Tekstil Fabrikasının Yıllık Kirlilik Yüğü [17]

Atık Kaynağı	KOİ (ton/yıl)	(%)
Haşıl Sökme ve Yıkama	164	86.6
İndirgeyici Maddeler	8	4.2
Deterjanlar ve Islatıcı Maddeler	7	3.7
Son İşlemler	5	2.6
Organik Asitler	3	1.6
Boyalar ve Parlaticılar	2.5	1.3

Tablo 2.3. Tekstil İşletme Kategorileri [17]

PARAMETRE	1	2	3	4	5	6	7
BOİ/KOİ	0.2	0.29	0.35	0.54	0.35	0.3	0.31
BOİ (mg/l)	6000	300	350	650	350	300	250
AKM (mg/l)	8000	130	200	300	300	120	75
KOİ (mg/l)	30000	1040	1000	1200	1000	1000	800
Yağ ve Gres (mg/l)	5500	-	-	14	53	-	-
Toplam Krom (mg/l)	0.05	4	0.014	0.04	0.05	0.42	0.27
Fenol (mg/l)	1.5	0.5	-	0.04	0.24	0.13	0.12
Sülfid (mg/l)	0.2	0.12	8	3	0.2	0.14	0.09
Renk (ADMI)	2000	1000	-	325	400	600	600
PH	8	7	10	10	8	8	11
Sıcaklık (°C)	28	62	21	37	39	20	38
Su Kullanımı (l/kg)	36	33	13	113	150	69	150

Kategorilerin Tanımı: 1- Ham Yün Yıkama 2- İpek ve Kumaş Üretimi 3- Yün İşletme 4- Dokunmuş Kumaş İşleme 5- Kumaş Örgü Bitirme 6- Halı Üretimi 7- İplik Boyama ve Bitirme İşlemi

2.4.5. Çamur arıtımı

Oluşan çamur yoğunlaştırıldıktan sonra filtre pres veya belt filtrepreslerle susuzlaştırılabilir.

Tablo 2.4. Arıtma Sistemlerindeki Proseslerin Kirlenici Giderme Verimleri [15]

Arıtma Prosesi	BOİ ₅	KOİ	TAM	Yağ-Gres	Renk
Ön Arıtma					
Izgaradan Geçirme	0-5	-	5-20	-	-
Dengeleme	0-20	-	-	-	-
Nötralizasyon	-	-	-	-	-
Kimyasal Pıhtılaştırma	40-70	40-70	30-90	90-97	0-70
Flotasyon	30-50	20-70	50-60	90-98	-
Biyolojik Arıtma					
Konvansiyonel Aktif Çamur ve Çöktürme	70-95	50-70	85-95	0-15	-
Uzatmalı Havalandırma ve Çöktürme	70-94	50-70	85-95	0-15	-
Havalandırma Lagün ve Çöktürme	60-90	45-60	50-80	0-10	-
Aerobik Lagün	50-80	35-60	50-80	0-10	-
Damlatmalı Filtre	40-60	20-30	-	-	-
Üçüncü Kademe Arıtma					
Kimyasal Pıhtılaştırma	40-70	40-70	30-90	90-97	0-70
Karışık Ortamlı Filtrasyon	25-40	25-40	80	-	-
Karbon Adsorbsiyonu	25-40	25-60	25-40	-	80-90
Klorlama	0-5	0-5	-	0-5	0-5
Ozonlama	-	30-40	50-70	-	70-80
İleri Arıtma					
Sprey Sulama	90-95	80-90	95-98	-	-
Evaporasyon	98-99	95-98	95-99	-	-
Ters Osmoz	95-99	90-95	95-58	-	-

BÖLÜM 3. TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIK SULARINDAN RENK GİDERMEDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Renk, organik bileşiğin yapısında yer alan ve “kromofor grup”adı verilen grupların özelliklerine bağlı olarak görünür ışığın belli dalga boyundaki kısımlarını yutması ve geri kalan dalga boylarını yansıtması sonucunda göz tarafından karakteristik renkte görülmesi şeklinde tanımlanabilir. Kromofor grupların görünür ışığı oluşturan dalga boylarında yuttuğu kısımlara “Absorblanan Renk”, yansıttığı kısımlara ise “Komplementer renk” adları verilir. Tablo 3.1’de absorblanan dalga boylarına göre yansıtılan (komplementer) renkler verilmiştir. [12]

Tablo 3.1. Absorblanan ve Yansıtılan Dalga Boylarına Göre Renk Oluşumu

Dalga Boyu (nm)	Absorbe Edilen Renk	Komplementer Renk
400-435	Menekşe	Sarı-Yeşil
435-480	Mavi	Sarı
480-490	Yeşil-Mavi	Oranj
490-500	Mavi-Yeşil	Kırmızı
500-560	Yeşil	Mor
560-580	Sarı-Yeşil	Menekşe
580-595	Sarı	Mavi
595-605	Oranj	Yeşil-Mavi
605-700	Kırmızı	Mavi-Yeşil

Renk tekstil atık sularının en karakteristik parametresi ve en azından estetik ölçüler açısından en önemli kirleticilerinden biridir. Koyu renkli sular, güneş ışınlarının geçişini engelleyerek fotosentez olayını yavaşlatıp; sudaki çözünmüş oksijen

miktarını düşürdüğünden atık suların renkli olarak deşarjı ekolojik dengenin bozulmasına ve canlıların ölümüne sebep olmaktadır. Su ve endüstriyel atık sulardan renk giderimi üzerine yapılmış ve yapılmakta olan bir çok çalışma bulunmaktadır. [18]

Ayşegül PALA (1998), yaptığı çalışmada ana koagülant olarak kireç kullanmıştır. Kireç miktarının azaltılması amacı ile 2 ve 3 değerli demir tuzları ile poli-elektrolit ilavelerinin etkileri araştırılmış ve üçlü kombinasyon ile % 70 - % 96 arasında renk giderimi elde edilmiştir. [19]

Demircanlı (1995), kireç (kalsiyum oksit), alüminyum sülfat ve kalsiyum hidroksit, demir(III)klorür ve kalsiyum hidroksit, demir(II)sülfat ve kalsiyum hidroksit, öğütülmüş ve genleştirilmiş perlit, modifiye perlit, pH değişimi, ultraviole ışık kaynağı ile hidrojen peroksit, fenton reaktifleri ile renk giderim çalışmaları yapmıştır. Ultraviole ışığın renk gideriminde etkili olmadığı anlaşılmıştır. Kireç ve fenton reaktiflerinin renksizleştirme işlemlerinde başarılı oldukları görülmüştür. [20]

Grau (1991), biyolojik arıtmadaki kısmi renk gideriminin boyar maddelerin aktif çamura adsorbsiyonu ile gerçekleştiğini belirlemiştir. Reaktif ve asit boyarmaddelerin klorlama ve ozonlama ile renk giderimlerinin verimli olduğu bulunmuştur. Klor, düşük pH'larda daha verimli iken ozonun verimi pH'tan bağımsızdır. [21]

Meyer (1992), Vermikülit (bir çeşit silikatlı taş), talaş, barbekü kömürü, mısır sapları, kum, pirinç kabukları ve turba gibi doğal adsorbentleri tekstil atık sularında değerlendirerek % 50 civarında renk giderimi sağlanmıştır. Barbekü kömüründe ise, renk giderimi % 80 civarında olmuştur. [22]

Mehrotra (1995), odun kömürü adsorbentini bazik, vat ve sülfür boyalarda denemiştir. Freundlich ve Langmuir izotermi modeline bazik ve sülfür boyaların arıtımının uygun olduğunu belirlemiştir. Tekstil boyaları arıtımında renk gideriminde koagülasyon uygulamıştır. $MgCO_3$ sülfür boyalarda 1000 mg/l ve $pH > 10$ 'da % 90 üzerinde verim sağlamıştır. [23]

Tünay ve diğerleri (1996), reaktif boyama yapan bir tekstil işletmesinin biyolojik arıtma çıkışından aldıkları numuneler üzerindeki yaptıkları deneylerde 2 g/lt'lik granüler aktif karbon dozajı ile % 80'lik bir renk giderme verimi elde etmişlerdir. [24]

İkinci derece arıtmadan geçmiş tekstil atıksularının yeniden kullanılması için ozonlama, kimyasal koagülasyon ve iyon değiştiricinin bir arada bulunduğu bir arıtma prosesini kullanarak deneyler yapmışlardır. Araştırmacılar, pH'nın KOİ ve renk giderimi üzerinde çok önemli bir fonksiyonunun olmadığını ancak pH'nın 9.5 civarına ayarlanmasının oksidasyon açısından faydalı olduğunu belirtmişlerdir. [25]

UASB (Yukarı Akışlı Çamur Yatak) Reaktörü, anaerobik koşullarda yoğun çamur yatağı konsantrasyonu ile çalıştığı için, sistemde renk giderimi iki prosesle; adsorbsiyon ve anaerobik indirgenme olarak gerçekleşmiştir. Renk gideriminin, HRT süresinin artmasıyla arttığını ve granül çamur kullanılarak iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir. [26]

Toz aktif karbona alternatif olabilecek ucuz adsorbantların renk giderme kapasitesini incelemek amacıyla yapılan çalışmada; odun külü ve yanmış kemik tozunun Reactofast Turq blue boyarmaddesi için yüksek adsorblama kapasitesine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Zeolit ve odun talaşının renk giderme kapasiteleri düşük olduğundan adsorbsiyonla atıksulardan renk giderimine uygun adsorblayıcılar değildir. [27]

Ülkemizde halen bir deşarj limiti olmayan, ancak dünyanın gelişmiş bir çok ülkesinde denetlenen bir parametre olan rengin giderilmesi ile ilgili değişik arıtma uygulamaları yapılmaktadır ve halen araştırmalar sürmektedir. Genel olarak atıksuları arıtma ve rengini gidermek amacı ile kullanılan yöntemler belli ölçüde renk giderimi de sağlamaktadırlar. Ancak çoğu zaman renk giderimi yeterli olmamaktadır. Arıtmada kullanılan genel metotlar mekanik, biyolojik ve fiziko-kimyasal proseslerden ibarettir.

Izgara-kum filtreleri dekantasyon, dengeleme, nötralizasyon, katı-sıvı ayrımı, yüzdürme gibi ön arıtma yöntemleri mekanik arıtma olarak adlandırılır. Biyolojik arıtma sistemlerini ise genel olarak aerobik ve anaerobik olarak iki grupta toplamak mümkündür. Kimyasal oksidasyon, ozonlama, klorma, adsorblama, iyon değiştirme ekstraksiyon, distilasyon kristalizasyon, membran prosesler, koagülasyon ve flokülasyon ise fiziko kimyasal arıtma grubuna girer.

Zeolit, dolomit, perlit, yılan taşı, serpentinit ve kaolin günümüze kadar renk gideriminde kullanılan doğal bileşikler arasındadır. Ayrıca bu bileşiklerin karışımı da renk gideriminde verim sağlamaktadır.

3.1. Arıtma Yöntemleri

3.1.1. Adsorbsiyon

Adsorbsiyon işlemi amacıyla en yaygın olarak aktif karbon kullanılmaktadır. Aktif karbonun asidik, bazik ve dispers boyalar için uygun olduğu ancak direk boyalar içinse renk gideriminin zor olduğu belirtilmiştir. Aktif karbon granül veya toz olarak kullanılabilir. Genel olarak aktif karbon kolonlara doldurulur ve atıksu bu kolonlardan geçirilir doğal olarak bir müddet sonra aktif karbonun yüzeyi dolacağı için verimi düşer. Bu durumda aktif karbonun rejenere edilmesi gerekir [17]

Aktif karbonun çok pahalı olması, bazı boyar maddeler için düşük renk giderme verimi elde edilmesi ve tekstil atıksularının çok yüksek debili olması aktif karbonun tekstil endüstrisi atık sularından renk giderilmesi için kullanılmasını sınırlamaktadır. Bu yüzden çok daha ucuz silika, uçucu kül, zeolit, turba, fırın cürufu, bentonit, kil, şeker kamışı posası, mısır bitkisi, pirinç, kitin, kemik tozu, vermikülit, kum, odun talaşı ve odun kömürü renk giderilmesinde kullanılması araştırılmıştır.

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. [28]

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

- Ölü biyokütlenin canlı biyokütlelere göre 3-4 kat daha fazla adsorblama kapasitesine sahip olduğu,
- Adsorbsiyon yüzeyinin genişlemesi ile ölü biyokütlenin adsorbsiyon kapasitesini arttırdığı,
- En yüksek adsorblama kapasitesi sıra ile Aeromanos sp, Pluteola ve E. Coli biyokütlelerince görülürken aktif çamur ve bazı bakteri türlerinde adsorbsiyon kapasitesinin çok az olduğu,
- Biyokütle ile adsorbsiyonun asidik şartlarda olduğu.

3.1.2. Koagülasyon - flokülasyon

Koagülasyon – flokülasyon işlemi suya kimyasal madde ilavesi ile 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 kolloid haldeki maddelerin kimyasal madde ilavesi ile birbiri ile birleşebilir yapıya dönüştürülmeleri ve yumaklaşmaları başlangıç oluşturulması işlemidir. Yumaklaştırma işlemi, pıhtılaşmış tanelerin birleştirilerek, sudan çökeltme ile ayrılabilir büyüklük ve yapıda yumaklar haline getirilmesidir. Yumaklaşan taneciklerin brownian hareketi veya yavaş karıştırma ile sağlanır.

Yumaklaştırıcı olarak genellikle demir ve alüminyum tuzları ile kireç/demir tuzları kombinasyonu kullanılmaktadır. Bazen aktif alümina, bentonit ve kaolin de kullanılmaktadır.

Asit ve reaktif boyama yapan iki işletmenin atıksularında kimyasal koagülasyonla renk giderimi çalışmaları yapmışlardır. Araştırmacılar çalışmalarında, asit boyama yapan fabrika atıksularında 1000 mg/lt alum dozunda % 55, denenen diğer koagülantlarda (FeCl_3 , FeSO_4) % 15 – 22 arasında renk giderimi elde etmişlerdir.

“FeSO₄ + Kireç”, pH = 10,5’da reaktif boyar maddelerin giderilmesi için en iyi verimi sağlamıştır. [24]

Renk giderimi pH’a, sıcaklığa, tuz konsantrasyonuna, boyar madde konsantrasyonuna ve boyar madde cinsine bağlıdır. Optimum proses koşullarında, boyar madde sınıfına bağlı olarak çöktürme/yumaklaştırma reaksiyonlarının renk giderme verimi % 80-90 civarındadır. [21]

Alum, MgSO₄, FeCL₃, (NH₄)₂SO₄FeSO₄.6H₂O), Safranin ve Metailen Mavisi duyarlılık göstermemiştir. Kırmızı asit boya Sandolan Rhodine de etkilenmezken, mavi asit boya Sandolan Mavi iyi derecede giderilmiş, direk boyalardan Kongo Kırmızı etkilenmezken, Solar Mavi giderilebilmişti.

Çöktürme/yumaklaştırma yönteminin bazı dezavantajları vardır. Bunlar;

- Optimum çöktürme/yumaklaştırma koşulları bir çok denemeden sonra bulunur. Fakat bu denemeler genellikle pahalıdır, zaman alır ve renk giderimi gerektiren her atıksu için tekrarlanır.
- Katyonik yumaklaştırıcı fazlası atıksuda yüksek amonyak konsantrasyonuna neden olur. Oluşan ürünler biyolojik olarak çok az parçalanır. Ve biyolojik arıtma tesislerinde girişime neden olur.
- Boyar maddeye göre % 4-10 oranında kalıntı renk oluşur.

3.1.3. Membran sistemleri

Kimyasal maddelerin geri kazanılması için bir ayırma prosesi olan membran sistemleri son yıllarda oldukça geliştirilmiştir. Membran sistemlerinin hali hazırda atık sudan boyayı uzaklaştırmada, arıtmadan çıkan suyun yeniden kullanılması ve bazı boyar maddelerin geriye kazanılması, termal ayırma sistemlerine göre daha az enerjiye ihtiyaç göstermeleri, geniş pH ve sıcaklık değerlerinde çalışabilmesi gibi çok iyi avantajları vardır. Bir başka bir sistem ise ters osmozla ozonun bir arada kullanılmasıdır. Böyle bir sistemin kendisini kısa sürede amorti edebileceği

belirtilmektedir. Halen Avrupa’da bu tarzda çalışan sistemlerin olduğu belirtilmektedir.

Membran sistemleri kullanıldığı zaman ortaya çıkan oldukça önemli bir konu ise membranlarda yoğunlaşan maddenin uzaklaştırılmasıdır. Bu sistemin sanayide kullanılabilmesi için membran sisteminin ve membranda yoğunlaşan maddenin arıtımının beraber sunulmasıdır. [17]

Mekanik ayırma proseslerinden santrifüj ve klasik filtrasyon ile sadece 1-10 µm çapındaki danecikleri sıvıdan ayırır. Sıvıdaki danecik yapılarının küçük olması halinde; “Mikrofiltrasyon”, “Ultrafiltrasyon”, “Ters osmoz” olarak adlandırılan membran ayırma sistemleri kullanılmaktadır. Tablo 3.2’de membran sistemlerinin avantaj ve dezavantajları karşılaştırılmıştır. [29]

Tablo 3.2. Membran Sistemlerinin Karşılaştırılması

Ultrafiltrasyon	Ters Osmoz	Mikrofiltrasyon
Düşük basınç (2-10 Bar)	Yüksek basınç (10-30 Bar)	Düşük basınç (0,5-5 Bar)
Az enerji gereksinimi	Fazla enerji tüketimi	Az enerji gereksinimi
Yüksek geri kazanma (%95)	Düşük geri kazanma (%50-80)	-
pH = 1-13	pH = 2-11	pH = 1-13
Yüksek sıcaklıkta işletme 80°C	Maksimum 45°C’ye kadar	Yüksek sıcaklıkta işletme
Oksidantlara karşı dayanıklı	Oksidantlara karşı dayanıklılığı sınırlı	Oksidantlara karşı dayanıklı
Yağ/su emülsiyonları, deterjan, organik maddeler, renk ve makro moleküllerin giderilmesinde kullanılırlar	İyonların, ağır metallerin gideriminde kullanılırlar	Yağ/su emülsiyonları, aktif çamur sistemlerinden biyokütle ayrılması, sertlik, bulanıklık ve renk gidermede kullanılırlar

3.1.4. Kimyasal oksidasyon

Oksitleme proseslerinde, amaç kromoforu parçalamak veya uygun oksitleyici maddelerin boyar madde molekülünde zayıf noktalara hücum ederek biyolojik olarak parçalanabilir forma dönüştürülmesini sağlamaktır. Bu amaç doğrultusunda oksitleme proseslerinde klor gazı, sodyum hipoklorit, hidrojen peroksit ve ozon gibi kimyasal oksidanlar ve bunların kombine sistemleri kullanılmaktadır.

3.1.4.1. Klor ve hipoklorit ile oksidasyon

Tekstil endüstrisi, boya banyoları atık sularında renk giderimi için klor gazı ve sodyum hipoklorit yaygın olarak kullanılmaktadır. Klor gazı ve sodyum hipokloritin iyonlaşması sonucu oluşan hipoklorit iyonu boyarmadde kromoforunu oksitleyen ve renk giderimini sağlayan esas oksitleyicidir.

Renk giderimi için klor gazı kullanımı, sonrasındaki biyolojik arıtma prosesine giden atık sudaki KOİ yükünü ve toksisiteyi önemli ölçüde düşürür. Rengin tamamen giderilmesi için sodyum hipoklorit kullanımında istenmeyen yan reaksiyonlar oluşabilmektedir. Bu reaksiyonlar sonucu kanserojen klorlu organik bileşikler açığa çıkmaktadır. [18]

Tekstil atık sularının 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'ten az olduğunda uygulanır. Klor gidermede;

- Aktif karbon filtrelerinden geçirme
- Havalandırma
- Kimyasal yöntemler kullanılmaktadır.

3.1.4.2. Fenton oksidasyonu

Fenton oksidasyonu, demir (II) tuzları ve hidrojen peroksitin birlikte bulunduğu ortamlarda meydana gelmektedir. Hidrojen peroksit ve demir iyonları asidik

ortamlarda çok kararlıdır. Katalizör olarak demir tuzları (Fenton) kullanılarak asidik koşullar altında hidrojen peroksit ve demir (II) iyonları oldukça kararlıdır. Ancak organik madde ve demir (II) iyonları bulunan kuvvetli asit bir ortama hidrojen peroksit ilave edildiğinde kompleks bir redoks reaksiyonu meydana gelmektedir. Reaksiyonlar sonunda oluşan hidroksil radikaller doymamış boya molekülleri gibi organiklerle reaksiyona girmekte, böylece kromofor veya boya molekülünün kromojeni zarar görerek renk kaybolmaktadır. Oluşan ara ürünler ise, demir iyonlarına tutunarak çökmektedir. Fenton oksidasyonu çok geniş bir boyarmadde grubu için etkilidir. [12]

3.1.4.3. Ozon ile oksidasyon

Ozon oksijenin 3 atomlu allotropudur. Kendine has bir kokusu ve mavimsi bir rengi vardır. Bazen “aktif” veya “atomik” oksijen olarak adlandırılır. İki tane dar yerleştirilmiş elektrot arasına yüksek voltaj uygulandığı zaman ozon saf oksijenden veya havadan üretilmektedir. Bu şekilde, yeterli enerji deşarjı bazı oksijen moleküllerini ozon moleküllerine çevirebilir.

Ozonlama teknolojisi ile ilgili ilk endüstriyel çalışma Pasteur Enstitüsünde Dr. Loir ve Dr. Fernbach tarafından 1998’de gerçekleştirilmiştir. [15]

Ozon, su arıtımında kullanılan diğer kimyasal maddelere göre, yüksek reaktiviteye ve oksitleme gücüne sahiptir. Bir kimyasal oksidasyon yöntemi olan ozonlama, kompleks ve konsantre atık sular için tek başına bir arıtma alternatifi olarak yetersiz kalmaktadır. Fakat kısa süreli ozonlama reaksiyonu ile atık su bileşenlerinin biyolojik arıtmaya daha elverişli, daha polar ve hidrofilik basit yapıli moleküllere dönüştüğü saptanmıştır.

Genelde ozonla gerçekleşen reaksiyonlar oldukça hızlı olmasına rağmen maliyet yüksektir. Ayrıca pek çok boyar madde kükürt klorür ve klor içerdiğinden dolayı parçalanma ürünleri bazen oldukça toksik olabilmektedir. [30]

3.1.5. Biyolojik arıtma

Boyaların biyodegradasyonu aerobik şartlar altında evsel atık suların arıtımında aktif çamur sistemlerinden yavaştır.

Aerobik biyodegradasyon iyi boyalar için yavaştır. Uzun adaptasyon periyotları gerekmektedir ve belirli yükseklikte enzim üretimi görünmektedir. Böylelikle boyaların çok düşük biyodegradasyonu evsel atık su arıtımında yer almaktadır.

6 tekstil boyasının biyolojik arıtımı göstermiştir ki, boyaların indirgenmesi az olduğunda zaman uzamaktadır. Burada kullanılan uzaklaştırma mekanizması mikroorganizmalarda adsorbsiyondur. Temas süresinin renk uzaklaştırmayı etkilemediği bulunarak, adsorbsiyon kapasitesinin bir limite sahip olduğu görülmüştür.

Daha iyi renk giderimi için çamurun boyalara uyumlu olması sağlandı. Biyolojik arıtmada limitli renk giderimi, askıdaki katı maddelerin sıvıda karıştırılmasındaki flokülasyon ve adsorbsiyon olarak yorumlanmıştır. Bir çalışmada, kısa dönemli 87 boyarmadde üzerinde aerobik biyodegradasyon testleri yürütülmüş ve boyarmaddelerin genellikle farklı biyodegradasyon gösterdikleri bulunmuştur ve renk giderimi adsorbsiyon olarak yorumlanmıştır. Yine başka bir çalışmada, çeşitli tekstil boya atık sularının biyolojik arıtımı üzerine çalışılmış ve organik yükleme ile daha fazla renk gideriminin sağlanabileceği tespit edilmiş ve bunu da muhtemelen yüksek organik yükleme oranlarında yüksek hücresel büyüme oranı ve renk adsorbsiyonu ile birleşmesi olarak yorumlanmıştır. Ve buna göre, renk desorpsiyonu çamur kullanımı esnasında ortaya çıkmıştır.

Azo-boyalar, renkteki uygun indirgenme ile anaerobik biyodegradasyona hassaslık gösterirler. Bununla birlikte, sülfür bileşiklerinin redüksiyonu ile ortaya çıkan koku ve kesin boyaların düşük anaerobik biyodegradability'den kaynaklanan problemler meydana çıkabilmektedir. [31]

3.1.6. Elektrokimyasal oksidasyon

Elektrokimyasal teknolojinin kullanımı 1970'lere rastlamaktadır. Bu teknoloji Kuzey Amerika'da yaygın olarak ağır metallerin gideriminde kullanılmaktadır.

Elektrokimyasal arıtım çok çeşitli atıksuyun arıtımında güçlü bir yöntemdir. Bu teknik özellikle evsel atıksuların arıtımında, tabakhanelerden gelen atıksularda, metal kaplama endüstrisi atıksularında, boya üretimi atıksularında, siyanür ve fenol içerikli atıksularda ve EDTA'larda çok başarılıdır. Boya içeren atıksuların arıtımında, elektrokimyasal arıtım uygulamaları bazı araştırmacıların dikkatini çekmektedir. [32]

Sistem genel olarak alüminyum yada demir bileşiklerinin floklayıcı bileşiklerini oluşturmada bir demir yada alüminyum elektrot kullanılması temeline dayanır. Bu oluşan floklar kendi başına çökebileceği gibi ortama inorganik maddelerin eklenmesi ile elde edilen çökelmeden daha iyi bir çökelme verimi sağlanabilir. Bu teknoloji aynı zamanda KOİ, BOİ, toplam organik karbon, toplam çözünmüş madde, toplam askıda katı madde ve krom, bakır, molibden ve çinko gibi ağır metallerin gideriminde de etkilidir.

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

Kullanılan demir elektrotuna akım verildiği zaman elektrot çözünmeyen demir hidroksil üretir. Atıksu akımı bu sistemden geçirildiği zaman boya maddeleri yumuşaklaşır ve çöker. 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. [17]

BÖLÜM 4. TEKSTİL ENDÜSTRİSİNDE KULLANILAN BOYARMADDELER, ÖZELLİKLERİ VE UYGULAMA ŞEKİLLERİ

Cisimlerin yüzeyinin ya dış tesirlerden korunması yada güzel bir görünüm sağlanması için renkli hale getirilmesinde kullanılan maddelere “BOYA” denir. Cisimlerin (kumaş, elyaf v.b.) kendilerini renkli hale getirmede uygulanan maddelere ise “BOYAR MADDE” denir.

Boyarmaddeler birkaç şekilde sınıflandırılabilir. Sınıflandırma çözünürlük, kimyasal yapı, boyama özellikleri, kullanım yerleri gibi çeşitli karakteristikler göz önüne alınabilir.

4.1. Boyarmaddelerin Çözünürlüklerine Göre Sınıflandırılması

4.1.1. Suda çözünen boyarmaddeler

Boyarmadde molekülü en az bir tane tuz oluşturabilen grup taşır. Boyarmaddenin sentezi sırasında kullanılan başlangıç maddeleri suda çözündürücü grup içermiyorsa, bu grubu boyarmadde molekülüne sonradan eklemek suretiyle de çözünürlük sağlanabilir. Ancak tercih edilen yöntem, boyarmadde sentezinde başlangıç maddelerinin iyonik grup içermesidir. Suda çözünebilen boyarmaddeler tuz teşkil edebilen grubun karakterine göre 3’e ayrılır.

4.1.1.1. Anyonik suda çözünen boyarmaddeler

Suda çözünen grup olarak en çok sülfonik ($-\text{SO}_3$), kısmen de karboksilik ($-\text{COO}$) asitlerin sodyum tuzlarını içerirler: ($-\text{SO}_3\text{Na}$ ve $-\text{COONa}$). Renk, anyonunun mezomerisinden ileri gelir. Asit ve direk boyarmaddeler bu gruba dahildir.

4.1.1.2. Katyonik suda çözünen boyarmaddeler

Moleküldeki çözünürlüğü sağlayan grup olarak bir bazik grup (örneğin; $-\text{NH}_2$), asitlerle tuz teşkil etmiş halde bulunur. Asit olarak anorganik asitler (HCl) veya $(\text{COOH})_2$ gibi organik asitler kullanılır.

4.1.1.3. Zwitter iyon karakterli boyarmaddeler

Bunların molekülünde hem asidik hem de bazik gruplar bulunur. Bunlar bir iç tuz oluştururlar. Boyama sırasında bazik veya naturel ortamda anyonik boyar madde gibi davranış gösterirler.

4.1.2. Suda çözünmeyen boyarmaddeler

Tekstilde ve diğer alanlarda kullanılan ve suda çözünmeyen boyar maddeleri çeşitli gruplara ayırmak mümkündür.

4.1.2.1. Substratta çözünen boyarmaddeler

Suda çok ince süspansiyonlar halinde dağıtılarak, özellikle sentetik elyaf üzerine uygulanan dispersiyon boyarmaddeleri bu sınıfa girer.

4.1.2.2. Organik çözücülerde çözünen boyarmaddeler

Bu sınıfta olan boyarmaddeler her çeşit organik çözücüde çözünürler. Solvent boyarmaddeleri de denilen bu boyarmaddeler spray veya lak halinde

uygulanabilirler. Matbaa mürekkebi, vaks ve petrol ürünlerinin renklendirilmesinde kullanılırlar.

4.1.2.3. Geçici çözünürlüğü olan boyarmaddeler

Çeşitli indirgeme maddeleri ile suda çözünebilir hale getirildikten sonra elyafa uygulanabilirler. Daha sonra elyaf içinde iken yeniden yükseltgenerek suda çözünmez hale getirilirler. Küpe ve kükürt boyarmaddeleri bu prensibe göre uygulanır.

4.1.2.4. Polikondensasyon boyarmaddeleri

Son yıllarda geliştirilen ve elyaf üzerine uygulanırken veya uygulandıktan sonra birbiri ile veya başka moleküllerle kondanse olarak büyük moleküller oluşturan boyarmaddelerdir

4.1.2.5. Elyaf içinde oluşturulan boyarmaddeler

İki ayrı bileşenden elyaf içinde kimyasal bir reaksiyonla oluşturulan boyarmaddeler bu sınıfa girer. Bunlar suda çözünmeyen pigmentlerdir. Azoik boyarmaddeler ve ftalosiyaninler gibi çözünmeyen pigmentlerdir.

4.1.2.6. Pigmentler

Elyafa ve diğer substratlara karşı affinitesi olmayan, boyarmaddelerden farklı yapıda bileşiklerdir. Pigmentler süspansiyonları halinde kuruyan yağlar ve reçineler için de uygulanırlar. [33]

4.2. Boyama Özelliklerine Göre Sınıflandırma

Genellikle boyama uygulayıcıları (boyacılar), boyarmaddenin kimyasal yapısı ile ilgili değil, onun hangi yöntemle elyafı boyayabildiğine bakarlar. Bu nedenle bu yöntemlere göre boyarmaddeleri aşağıdaki şekilde sınıflandırırlar.

4.2.1. Bazik (katyonik) boyarmaddeler

Bunlar organik bazların hidroklorürleri şeklinde veya asetat tuzları şeklindedir. Renkli kısım katyon halinde olduğundan bazik boyarmaddeler de denilir. Pozitif yük taşıyıcısı olarak N ve S atomu içerirler. Bazik olarak etki ettiklerinden sulu çözeltide boyarmadde katyonu, elyafı anyonik gruplarıyla elyaf boyarmadde tuzunu meydana getirirler.

Bazik boyarmaddelerin en karakteristik özellikleri parlaklıkları ve renk şiddetleridir. Genellikle asetik asit ve tannik asit yardımı ile zayıf asidik ortamda boyama yapılır. 80-90°C'de poliakrilik elyafını hızlı bir şekilde boyar ve kumaştan ayrılmazlar. Bazik boyalarla akrilik, modakrilik, modifiye naylon ve polyesterler gibi sentetik elyaflar boyanmaktadır.

Bazik boyarmaddeler su ortamında yüksek toksisite etkisi yaparlar. Ancak uygun şartlarda boyarmaddenin % 100'e yakın olan kısmı boyanacak materyale geçer.

4.2.2. Asit boyarmaddeler

Molekülde bir veya birden fazla sülfonil grubu veya karboksilik asit grubu içerirler. Renkli bileşen boyar madde anyonudur ve anyonik sınıfa girerler. Suda çözünür ve boyama 60 – 80°C'de asit veya nötr pH'da yapılır. Asit boyalarının yaş haslıkları zayıftır ve iyileştirmek için mordanlar kullanılır. Mordanlar Cr, Sn, Cu ve Al ihtiva ederler. Elyafa fiksasyonu boya çeşidine göre % 80-93 arasında değişmektedir.

Yün, ipek, naylon gibi nitrojenik elyafa ve asit veya nötr banyolardan modifiye edilen akrilik elyafa uygulanabilmektedirler. Genellikle selülozik elyafa karşı affiniteleri yoktur. Boya elyaf affinitesi, boyanın sülfonik asit kısmı ile yün, ipek ve naylon elyafların amino grupları arasındaki iyonik bağın bir sonucudur. Çoğunluğu parlak olan çok miktarda renk tonları elde edilmektedir. Bazı asit boyalar kağıt ve gıda boyamalarında da kullanılmaktadır.

4.4.3. Direk boyarmaddeler

Substantif boyarmaddeler olarak da adlandırılırlar ve genellikle sülfonik asitlerin, bazen de karboksilli asitlerin sodyum tuzlarıdır. Renkli kısmı oluşturan iyon, anyon şeklindedir. Bu sebeple $(B.M.SO_3)-Na^+$ genel formülü ile gösterilebilirler. Direk boyar maddelerin çoğu disazo-, poliazo grubu taşıyan azo boyarmaddeleridir. Thiazol, ftalosiyenin, antrakinon yapısında da direk boyarmadde vardır. Bu açıdan kimyasal yapıları asit boyarmaddelerinkine çok benzer.

Direk boyarmaddelerin ucuz oluşu, boyama işlemlerinin basit oluşu ve boyama sırasında elyafın yıpranmaması gibi özelliklerinden dolayı tercih edilir. Çok yaygın olarak kağıt boyamada kullanılırlar. Pamuk, rayon, keten, jüt, kendir, ipek ve naylon elyaf ve bazı türleri de deri boyama da kullanılırlar.

Direk boyarmaddeler ile boyama zayıf ya da nötr alkali ortamda sodyum sülfat veya sodyum klorür ilavesi ile kaynama sıcaklığında gerçekleştirilir. Yaş haslıkları iyi değildir. Ancak uygun maddeler yardımı ile yaş haslıkları geliştirilebilir. Elyafa % 70– 95 arasında fikse olurlar.

4.4.4. Mordan boyarmaddeler

Bunlar asidik veya bazik fonksiyonel gruplar içerirler. Bitkisel ve hayvansal elyaf ile kararsız bileşikler oluştururlar. Boyamadan önce mordanlama yapılır, mordan olarak Al, Sn, Fr, Cr tuzları kullanılır. Krom bileşikleri katıldıktan sonra boyama gerçekleştirilir. İpek, naylon, selülozik elyaf ve esas olarak yün boyamada kullanılırlar. Bu boyar maddeler çeşitli renklerdeki metal kompleksleri oluşturmak için alüminyum, krom, kobalt, bakır, nikel veya demir tuzlarını bağlayıcı kabiliyeti olan bağlayıcı tuzlar ihtiva ederler.

4.4.5. Reaktif boyarmaddeler

Reaktif boyarmaddeler, diğer bütün boyarmaddelerden farklı olarak lif makromolekülleri ile reaksiyona girebilen ve liflere gerçek kovalent bağlarla

bağlanabilen boyarmaddelerdir. Selülozdaki hidroksil, yündeki amino ve hidroksil ve poliamidlerdeki amino grupları aktif gruplardır. Reaktif boyarmaddeler bu gruplarla bağ yapabilen fonksiyonel gruplar bulundurlar. Kovalent bağ alkali ortamda oluşur ve mordanlardaki metal kompleks bağlarından daha sağlamdır. Reaktif boyarmaddeler kimyasal yapılarında elyafa bağlanan ve renk veren bir kromofor grubu, elyafın aktif grubu ile reaksiyona giren bir reaktif grup, reaktif ve kromofor gruplarını bağlayan bir köprü grup ve kromofor gruba tutunmuş suda çözünürlüğü arttıran bir veya daha fazla sülfonik asit grubu bulundurlar. Dünyada üretilen reaktif boyar maddelerin % 90'ına yakını vinilsülfon veya monoklorotriazinil grubu içermektedir.

Reaktif boyarmaddeler genellikle pamuk ve rayon gibi selülozik elyafların boyanmasında, bazen de yün, ipek, naylon ve deri boyanmasında kullanılırlar. Fiksasyonun sağlanması için çok miktarda tuz kullanılır. Buna rağmen boya banyolarından önemli miktarda fikse olmamış reaktif boya, tuz ve banyonun reaktif boyadan temizlenmesi için kullanılan anyonik deterjan şarj edilir. Tipik olarak elyafa fiksasyonu % 60-90 arasında değişmektedir. [12]

4.4.6. Vat boyarmaddeler

Vat boyarmaddeler moleküllerinde en az iki oksijen atomu ihtiva eden bileşiklerdir. İri, ince ve çok ince toz halinde bulunabilirler. Suda çözünmezler ancak sodyum hidroksit ve sodyum hidrosülfid (ditiyonit gibi) bir indirgenin etkisi ile suda çözünebilir loyko bileşiklerine dönüşebilirler. Loyko bileşiği elyaf tarafından adsorblandıktan sonra hemen oksitlenerek suda çözünmeyen pigmente dönüştürülür.

Vat boyarmaddeler en eski boyarmaddelerden birisidir ve kimyasal olarak kompleks boyarmaddeler arasındadır. Genellikle pamuk ve selülozik elyafın boyanmasında ve baskısında kullanılmasına rağmen naylon ve polyester-selülozik karışımlarında da uygulanabilir ve hatta çok nadir olarak yün ve asetat boyamasında da kullanılırlar. Işığa, yıkamaya, sürtünmeye karşı mukavemetleri oldukça yüksektir. Bu sebepten boyanan ürünler, havluluk kumaş, endüstriyel üniformalar, askeri üniformalar ve çadır bezi olarak kullanılırlar. Hasıllıkları çok iyidir. Vat boyarmaddeleri kimyasal

yapısına göre soğukta, ılıkta ve sıcakta boyanan boyar maddeler olmak üzere üç grupta değerlendirilebilir. Vat boyarmaddelerinin aralarındaki farklılık sadece sıcaklık değildir. Banyoda kullanılan tuz miktarına göre az tuz kullanan boyarmaddeler ve çok tuz kullanan boyarmaddeler olarak da ayrılırlar.

4.4.7. Dispers boyarmaddeler

Amino ve hidroksil grupları ihtiva eden düşük molekül ağırlıklı bileşiklerdir. Suda çözünürlükleri çok düşüktür. Sentetik elyaf polimerine dispersiyonla transfer edilirler. Dengede iken elyaf üzerine çekilmesi gayet iyidir. Fakat elyafı difüzyonu çok yavaştır. Bundan dolayı boyama uzun sürede gerçekleşir. Uygulama için bazen yüksek sıcaklık ve çok yüksek basınç gereklidir. Bu durum kimyasal reaksiyonun ivmesini azaltır, zira bu tip boyalar için düşük sıcaklık dereceleri daha iyidir. % 80-92 arasında elyafa fikse olabilirler. Dispers boyarmaddeler suda çözünen boyaları kabul etmeyen olefilik elyaflarda (polyester ve diğer sentetikler) kullanılabilirler. Yaygın olarak sentetik elyaflarda, esas olarak polyesterlerde ve selüloz asetat rayon, naylon, akrilik elyaf gibi malzemelerin boyanmasında kullanılır. Sınırlı uygulama özelliği, koyu renklerde ışık hasılığının zayıf olması gibi dezavantajlarına rağmen naylon ve akriliklerde pastel renkler elde etmek için kullanılırlar.

4.4.8. Kükürt boyarmaddeler

Sülfür boyalar nitro ve amino grupları içeren amino bileşiklerin sülfür veya sodyum sülfid ile yüksek sıcaklıkta reaksiyonu sonucu elde edilir. Selülozik elyafın, özellikle pamuğun renklendirilmesinde kullanılan bu boyarmaddelerin günümüzde kullanılan renk paleti içinde önemli bir yeri vardır. [12]

“Colour Index”teki sınıflandırmaya göre üç sınıfa ayrılırlar: suda çözünmeyen, loyko ve suda çözünen kükürt boyar maddeler. Suda çözünmeyen kükürt boyarmaddeler sodyumsülfür veya sülfidratla kaynatılarak çözülürler. Bu yol çok zahmetli olduğundan az kullanılır. Ticari önemi olan birkaç özel tip ve siyah renkler bu şekilde uygulanmaktadır. Sıvı formda bulunan loyko-kükürt boyarmaddelerin çözülmesi üretimleri sırasında gerçekleştiğinden boyama işlemi için ayrıca bir çözme

işlemine gerek yoktur. Renk kuvvetleri toz halindeki boyarmaddelere oranla daha zayıftır. Suda çözünen kükürt boyarmaddeler tiyosülfür asitlerinin türevleri yada buntetuzları (tiyosülfatoester) formunda bulunurlar. Sıcak suyla çözünüp alkali ve indirgen madde katkısıyla elyafa afiniteli duruma getirilirler. Bu tip boyar maddelerin elyafa fiksasyonları düşüktür. (% 60-70)

4.4.9. Azoik boyarmaddeler

Suda çözünmeyen pigmentlerdir. Naftol boyalar olarak da bilinen azoik boyarmaddeler, selülozik elyaf, rayon, selüloz asetat, keten, jüt, kendir ve bazen de polyesterlerin boyanmasında kullanılırlar. Azoik boyalar iki kimyasal reaktif bileşikten oluşurlar ve bunlar kumaşa iki ayrı kademede uygulanırlar. Bu iki bileşiğin reaksiyonu elyafıta renkli azo kromoforunu oluştururlar. Boyama esnasında azoik boyalar elyafın içinde oluşurlar.

Colour Index, azoik boyalarda kullanılan bileşenleri, azoik bağlanan bileşenler, azoik di-azo bileşenler olarak tanımlamaktadır. Bağlanan bileşenler genellikle β -naftol türevleridir ve diğer azo bileşenleri serbest bazda ve di-azonyum tuzları halinde iken toz veya sıvı halde uygulanmaları uygundur.

Azoik boyalar, parlak ve koyu yeşil, oranj, kırmızı, maron (kestane rengi), deniz mavisi, kahve rengi ve siyah renkler oluştururlar.

4.4.10. Metal kompleks boyarmaddeler

Bileşimlerinde azo ve anyonik gruplar bulundurdıklarında ve protein ve poli-amid elyaflarda dayanıklı olduklarından asit boyalar olarak da sınıflandırılırlar. Anyonik gruplar metal boya oranına bağlı olarak değişir. Metal kompleks boyalarda en çok kullanılan krom ve kobalt tuzlarıdır. 1:1 metal kompleks boyalar bir veya iki adet $-\text{SO}_3\text{H}$ grubu taşırlar ve kuvvetli asidik ortamda uygulanırlar. 1:2 metal kompleks boyalar iyonize grup taşımazlar ancak boyanın suda yeterli çözünürlüğünü sağlamak için $-\text{SO}_2\text{CH}_3$ veya $-\text{SO}_2\text{NH}_2$ gibi yüksek dereceden polar gruplar taşırlar. Bu tip boyalar zayıf asit ve nötral ortamlarda uygulanırlar. [12]

Tablo 4.1 Uygulanmalarına Göre Boya Sınıflaması [12]

Boya Sınıfı	Karakteristikleri	Elyaf Tipi	Boya-Elyaf Tutunma Mekanizması
Asit	➤ Anyonik ➤ Suda çözünürlüğü yüksek ➤ Yaş haslıkları zayıftır	➤ Naylon ➤ Yün	➤ İyonik bağ
Metal Kompleks Asit Boya (Boya molekülleri krom ve kobaltla kompleks halde bulunur.)	➤ Anyonik ➤ Suda çözünürlüğü yüksek ➤ Yaş haslıkları iyidir	➤ Naylon ➤ Yün	➤ İyonik bağ
Direk	➤ Anyonik ➤ Suda çözünürlüğü yüksek ➤ Yaş haslıkları zayıftır	➤ Pamuk ➤ Viskon	➤ İyonik bağ
Bazik veya Katyonik	➤ Katyonik ➤ Suda çözünürlüğü yüksek	➤ Akrilik	➤ İyonik bağ
Dispers	➤ Kolloidal dispersiyon ➤ Suda çok düşük çözünürlük ➤ Yaş haslıkları iyidir	➤ Polyester ➤ Naylon ➤ Akrilik ➤ Selüloz asetat	➤ Kolloidal impregnasyon ➤ Adsorpsiyon
Reaktif	➤ Anyonik ➤ Suda çözünürlüğü yüksek ➤ Yaş haslıkları iyidir	➤ Pamuk ➤ Viskon ➤ Yün	➤ Kovalent bağ
Sülfür	➤ İplikle Reaksiyonundan sonra kolloidal ➤ Suda çözünmez ➤ Yaş haslıkları iyidir	➤ Pamuk ➤ Viskos	➤ Boya banyoda ipliğe çöktürülür
Vat	➤ Sülfür boya gibi	➤ Pamuk ➤ Viskoz	➤ Boya banyoda ipliğe çöktürülür
Azoik	➤ Sülfür boya gibi	➤ Pamuk ➤ Viskos	➤ Boya banyoda ipliğe çöktürülür
Mordan veya Krom	➤ Anyonik ➤ Suda çözünür ➤ Yaş haslıkları iyidir	➤ Yün	➤ İplik-krom-boya kompleksi

BÖLÜM 5. SEÇİLEN TEKSTİL ENDÜSTRİSİNİN TANITILMASI

5.1. Tesise Ait Proses Bilgileri

Aydın Örme San. ve Tic. A.Ş.'de asıl üretim konusu perdelik tül ve elastik danteldir. İplik, desen tasarım, dokuma, örme, boyahane ve konfeksiyon aşamalarının hepsi yapılmaktadır.

5.2. Proses İşlem Tipi

1. Ön yıkama + Boyama (Rahm'da) → Gipür, Saten
2. Boyama (Rahm'da) → Tüller
3. Ön yıkama + Ön fiske + Boyama (Boyahane) + Kurutma → Fikseli saten, Tergal
4. Ön fiske + Boyama (Boyahane) + Kurutma → Fikseli saten, Tergal
5. Boyama + Kurutma → Saten, Tergal
6. Yıkama + Kurutma + Son fiske (Kurutma) → Tüm mallar

5.3. Proses İşlemlerinden Kaynaklanan Atıklar

- a) Ön yıkama: Yağlı su
- b) Boyama: İhmal edilebilir baca gazı (yağ + boya), az miktarda boyalı su
- c) Ön fiske: İhmal edilebilir baca gazı (yağ)
- d) Boyama (Boyahane): Sulu boya, yağlı su
- e) Kurutma: İhmal edilebilir baca gazı
- f) Bütün proses işlemlerinden sonra tekstil kırıntısı oluşmaktadır.

Fabrikada yaklaşık günde $1800-2000\text{m}^3/\text{gün}$ su kullanılmakta ve bu suyun 700m^3 'ü soğutma suyu olarak kullanılmaktadır. Soğutma suyunun yarıdan fazlası (400m^3)

geri dönüş yaptığında arıtma tesisine yaklaşık 1400m³ atıksu gelmektedir. Fabrika ünitelerinden kaynaklanan bütün atıksular (evsel ve endüstriyel) altyapı sistemi ile birlikte arıtma tesisine gelmektedir. [34]

Tablo 5.1. Atıksuyun Kirlilik Parametreleri

Atıksu Kaynağı	KOİ (mg/l)	BOİ (mg/l)
Boyahane	615	346
Rahm	393	221
Baskı	473	266

Toplam Ürün: 5800 ton/yıl = 16 ton/gün

Tablo 5.2. Proses Profili

Proses	Su Kullanımı		Atıksu Oluşumu	
	m ³ /gün	m ³ /ton ürün	m ³ /gün	m ³ /ton ürün
Boyahane	600	37.5	1000	62.5
Rahm	250	15.62	250	15.62
Baskı	125	7.8	150	9.37
Toplam	1000		1400	

5.4. Arıtma Tesisi Hakkında Genel Bilgi

Atıksu arıtma tesisi dizaynında esas alınan, tesisteki sentetik-pamuklu iplik boyama ile yıkama kazanlarından gelen atıksu miktarı ve kirlilik değerleri ile ilgili bilgiler aşağıdadır;

Toplam atıksu debisi : 200 m³/gün

pH : 4.1-12

KOİ : 4500 mg/l

AKM : <10 mg/l

Sıcaklık : 40°C

BOİ : 2700 mg/l

Sülfür : 2 mg/l

Fabrikanın boyahane ünitesinden kaynaklanan atıksular önce kaba ızgaradan geçirilerek terfi haznesine alınır. Terfi haznesindeki pompa ile tesise terfi ettirilir. Bu aşamada, ince elek kullanılması halinde, atıksu içerisindeki iplik ve elyaflar tutulmaktadır. Atıksu biyolojik arıtmadan önce düşük pH içermesi nedeni ile pH'nın nötr hale getirilebilmesi için nötralizasyon tankına alınır. Bu tankta, pH metrenin gerekli kimyasal (asit veya kostik) dozlaması ile pH nötr değerde tutulur. İçindeki kirlilik kaynağı çözünmüş karbonun biyolojik olarak arıtılması için atıksu havalandırma havuzuna alınır. Havalandırma havuzları ardışık kesikli reaktör olarak dizayn edilmişlerdir. Havalandırma havuzları 3 adettir. Atıksu bir havuza doldurulurken diğer havuzda, aeratörler durdurularak havuz içerisindeki bakteriler çöktürülür. Sistemde üreyen fazla çamur atık çamur pompası ile yoğunlaştırıcıya gönderilir. Yoğunlaştırıcıdan hacmi azalan atık çamur susuzlaştırılması amacı ile çamur pompası ile filtre prese alınır. Bu üniteye sıkıştırılarak su içeriği düşürülen çamur katı atık olarak uzaklaştırılabilecek hale getirilir. Çamurun kolay sıkıştırılabilmesi için gerekli olan polielektrolit, bir dozaaj pompası aracılığı ile çamura dozlanır. Filtre presten çıkan süzüntü suları ise tekrar arıtmak üzere arıtma tesisi girişine verilir. [34]

BÖLÜM 6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

6.1. Materyal ve Yöntem

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

Kullanılan cihazlar:

1. Spektrofotometre (Cadas 30S)
2. Jar Test Cihazı
3. Hassas Terazı (Sartorius)
4. pH Metre
5. Saf Su Cihazı
6. Beher (500 ml)
7. Balon Joje (1000,500,25 ml)
8. Santrifüj Cihazı

Kullanılan kimyasal maddeler:

1. H_2SO_4 (MERCK)
2. NaOH (MERCK)

Kullanılan koagülantlar:

1. Kireç
2. Kaolin

Kullanılan boyarmaddeler:

1. Direk boyarmadde; (Indesol Grey SF-BL)
2. Reaktif boyarmadde; (Erafix Red SP 3B 150 %)
3. Asit boyarmadde; (Nylosan Yellow N-7GL)

Deneylerin yapılmasında kullanılan Jar Test ile şu prensiplere göre çalışılmıştır.

1. Hazırlanan 100 ml sentetik numune 500 ml'lik beherlere konularak 5 dakika hızla 200 devir/dakika karıştırılmıştır.
2. Hızlı karıştırma sonunda devir hızı, 10 devir/dakika'ya düşürülerek 30 dakika yumaklaştırma (yavaş karıştırma/flokülasyon) yapılmıştır.
3. Yumaklaştırma sonucunda karıştırıcı durdurularak 60 dakika çökelmeye bırakılmıştır.

Jar Test'te her koagülant için, optimum pH, ardından optimum dozaj belirleme çalışmaları yapılmıştır. pH ayarlamasında 1N NaOH ve 1N H₂SO₄ kullanılmıştır.

Tablo 6.1. Deneylerde Kullanılan Kaolin ve Kirecin Bileşimi

Kullanılan Koagülantların Bileşimi			
Kaolin		Kireç	
CaO	0,17-1,07	CaO	52,50-54,9
H ₂ O	12,42-13,64	H ₂ O	0,39-1,2
Al ₂ O ₃	35,63-38,28	Al ₂ O ₃	0,38-0,24
Fe ₂ O ₃	0,03-0,87	Fe ₂ O ₃	0,42-0,09
SO ₃	0,04-0,19	SO ₃	0,03-0,05
MgO	0,05-0,48	MgO	1,54-0,16
K ₂ O	0,18-1,18	CO ₂	43,61-43,91
SiO ₂	47,45-48,21	Çözülme-yen kısım	0,20-11,98
Birim zamanda yakılarak oluşan kaybolma	12,92	Birim zamanda yakılarak oluşan kaybolma	42,19
TiO ₂	0,15-0,94		
Na ₂ O	0,04-0,30		

6.2. Deneylerin Yapılışı

6.2.1. Direkt boyarmadde ile yapılan çalışmalar

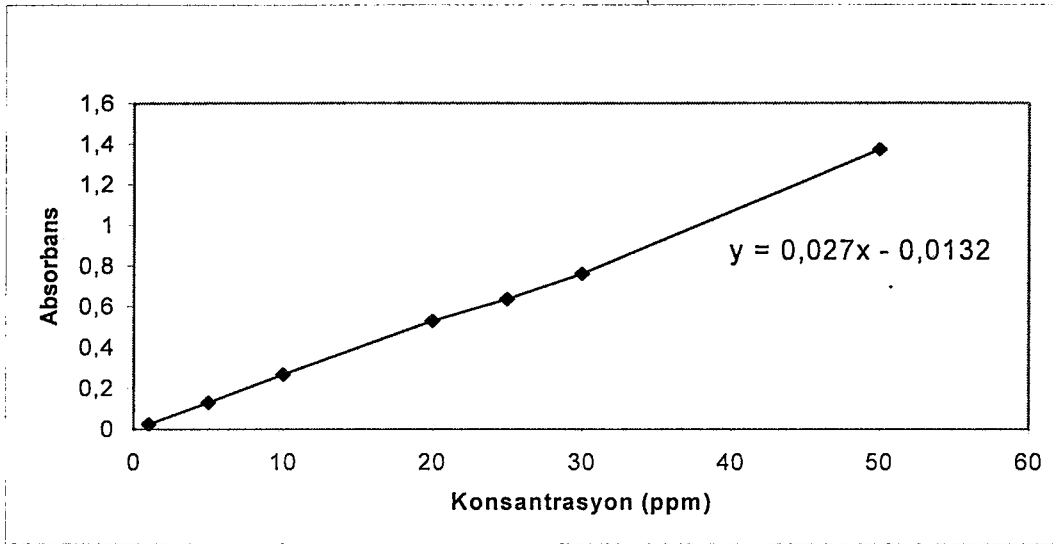
6.2.1.1. Direkt boyarmadde ile sentetik numunenin hazırlanması

Grey Direkt stok çözeltisi direkt grey boyarmaddesinden derişimi stokiometrik olarak 100 ppm olacak şekilde 1lt'lik hazırlanmıştır. Stok çözelti, standart direkt grey çözeltileri ve çalışma çözeltileri olarak kullanılmak üzere balon jojelerde saklanmıştır.

Grey direkt çözeltisi 1, 5, 10, 20, 25, 30, 50 ppm olacak şekilde stok çözelten hazırlanmıştır. UV spektrofotometresinde ölçümleri yapılmış ve kalibrasyon eğrisi alınmıştır. Ölçümler sonucunda çalışacak çözelti olarak 30 ppm belirlenmiştir. Direkt grey çözeltilerinin UV spektrofotometresi verileri Tablo 6.2'de gösterilmiştir.

Tablo 6.2. Direkt Grey Boyarmadde Çözeltisinin Standart Grafiğı ($\lambda=643$ nm)

Konsantrasyon (ppm)	Çözelti Absorbansı
1	0.026
5	0.013
10	0.268
20	0.529
25	0.635
30	0.761
50	1.371



Şekil 6.1. Direk Grey Boyarmaddesinin Standart Çözelti Grafiği

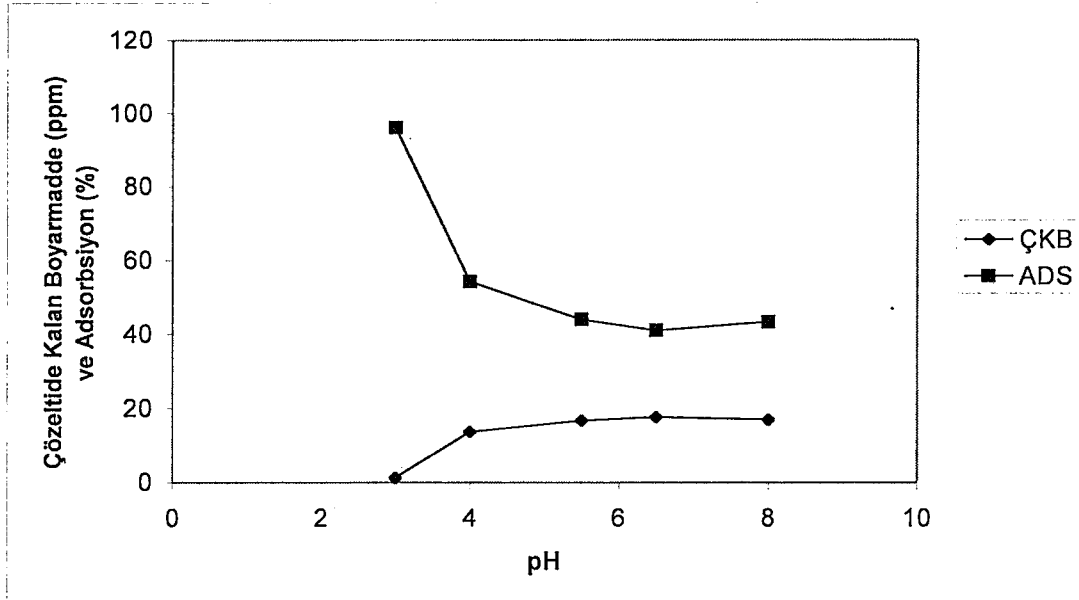
6.2.1.2. Direk grey boyarmaddesinin kaolin ile adsorbsiyonu

Kaolin ile yapılan çalışmalarda, 30 ppm'lik direk grey boya çözeltisi hazırlanmıştır. 100 ml boya çözeltisine 3g/100ml kaolin ilave edilerek optimum pH, ardından da değişik dozajlarda kaolin ilavesiyle optimum dozaj çalışmaları yapılmıştır.

Optimum pH belirlenmesi için boya çözeltisine, pH=3.0-8.0 aralığında 3 g/100ml kaolin ilave edilerek çalışılmıştır. 5 dakika 200 devir/dakika'da hızlı karıştırma, 30 dakika 10 devir/dakika yavaş karıştırma yapılarak 1 saat çökelme sonucunda üstte kalan duru fazdan alınan su 10 dakika santrifüjlenerek renk giderimine bakılmıştır. En uygun pH miktarı 3 olarak belirlenmiş ve dozaj belirlenirken numunelerin pH'ları 3 olarak ayarlanmıştır. Tablo 6.3.'de renk giderimine etkisi görülmektedir.

Tablo 6.3. Direk Grey Boyarmaddesinin Adsorbsiyonuna pH'ın Etkisi

pH	Absorbans (λ)	Çözeltide Kalan Boyarmadde (ppm)	% Adsorbsiyon
3	0.019	1.19	96
4	0.357	13.7	54.3
5.5	0.443	16.8	44
6.5	0.467	17.7	41
8	0.448	17	43.3

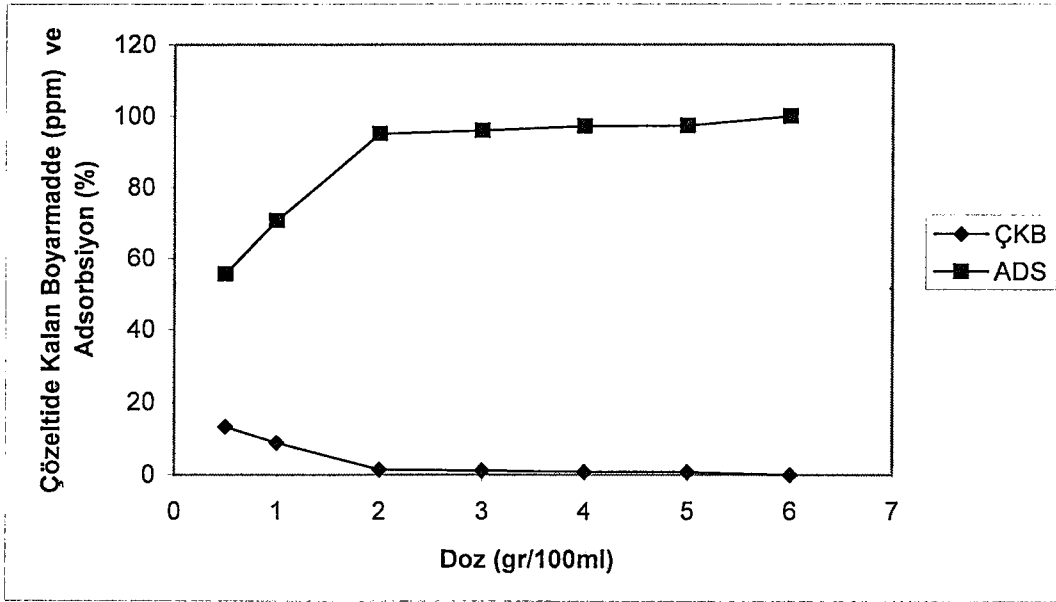


Şekil 6.2. Direk Grey Boyarmaddesinin Kaolin ile Adsorbsiyonu ve pH

Optimum dozaj belirlenmesi çalışmalarında pH=3.0'da sabit tutularak, kaolin dozajı 0.5-6 g/100ml aralığında değiştirilmiştir. Optimum dozaj denemeleri Tablo 6.4.'de verilmiştir.

Tablo 6.4. Direk Grey Boyarmaddesinin Adsorbsiyonuna Doz Değişiminin Etkisi

Doz (gr/100 ml)	Absorbans (λ)	Çözeltide Kalan Boyarmadde (ppm)	% Adsorbsiyon
0.5	0.346	13.3	55.6
1	0.225	8.82	70.6
2	0.026	1.45	95.1
3	0.019	1.19	96
4	0.009	0.82	97.2
5	0.008	0.78	97.4
6	0	0	100



Şekil 6.3. Direk Grey Boyarmaddesinin Kaolin İle Adsorbsiyonu ve Doz Değişimi

6.2.1.3. Direk grey boyarmaddesinin kireç ile adsorbsiyonu

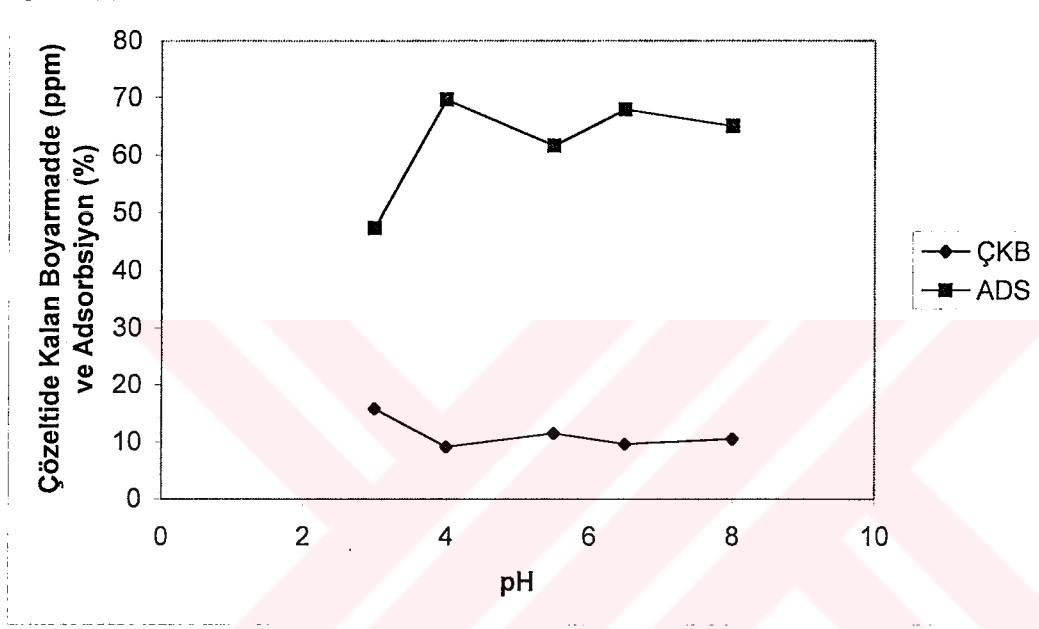
İnşaat malzemesi olarak kullanılan kireç ile yapılan çalışmalarda, 30 ppm'lik direk grey boya çözeltisi hazırlanmıştır. 100 ml boya çözeltisine 0.03g/100ml kireç ilave edilerek optimum pH, ardından da değişik dozajlarda kireç ilavesiyle optimum dozaj çalışmaları yapılmıştır.

Optimum pH belirlenmesi için boya çözeltisine, pH=3.0-8.0 aralığında 0.03 g/100ml kireç ilave edilerek çalışılmıştır. 5 dakika 200 devir/dakika'da hızlı karıştırma, 30 dakika 10 devir/dakika yavaş karıştırma yapılarak 1 saat çökelme sonucunda üstte kalan duru fazdan alınan su 10 dakika santrifüjlenerek renk giderimine bakılmıştır. En uygun pH miktarı 4 olarak belirlenmiş ve dozaj belirlenirken numunelerin pH'ları 4 olarak ayarlanmıştır.

Tablo 6.5.'de renk giderimine etkisi görülmektedir.

Tablo 6.5. Direk Grey Boyarmaddesinin Adsorbsiyonuna pH'in Etkisi

pH	Absorbans (λ)	Çözeltide Kalan Boyarmadde (ppm)	% Adsorbsiyon
3	0.414	15.8	47.3
4	0.233	9.11	69.6
5.5	0.298	11.5	61.6
6.5	0.247	9.63	67.9
8	0.272	10.5	65

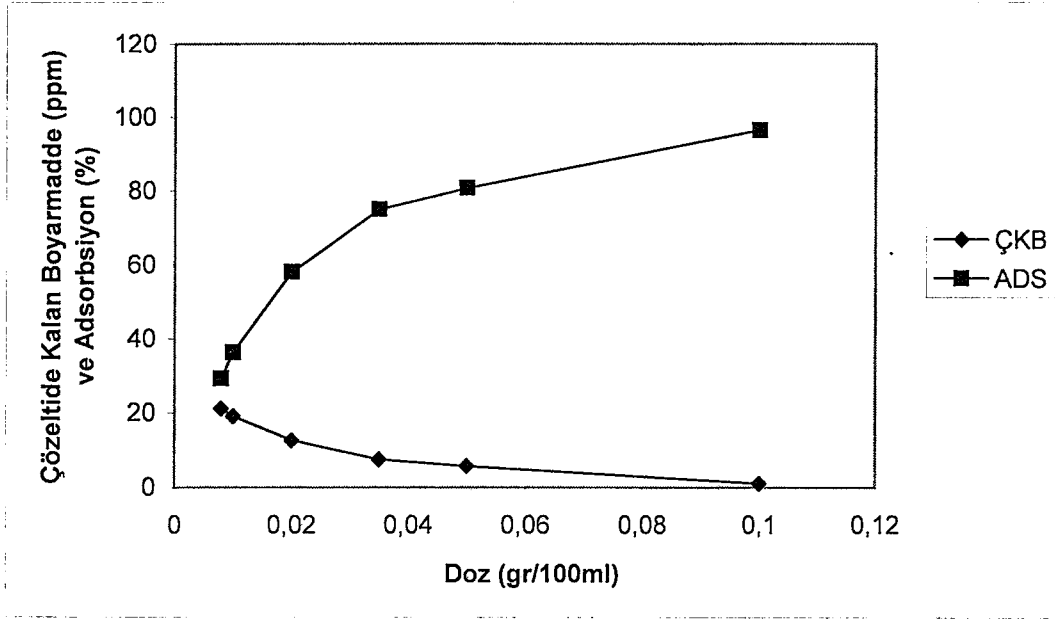


Şekil 6.4. Direk Grey Boyarmaddesinin Kireç İle Adsorbsiyonu ve pH

Optimum dozaj belirlenmesi çalışmalarında pH=4.0'de sabit tutularak, kireç dozajı 0.008- 0.1 g/100ml aralığında değiştirilmiştir. Optimum dozaj denemeleri Tablo 6.6.'de verilmiştir.

Tablo 6.6. Direk Grey Boyarmaddesinin Adsorbsiyonuna Doz Değişiminin Etkisi

Doz (gr/100 ml)	Absorbans (λ)	Çözeltide Kalan Boyarmadde (ppm)	% Adsorbsiyon
0.008	0.559	21.19	29.3
0.01	0.503	19.1	36.3
0.02	0.329	12.6	58
0.035	0.189	7.48	75
0.05	0.142	5.74	80.8
0.1	0.016	1.08	96.4



Şekil 6.5. Direk Grey Boyarmaddesinin Kireç İle Adsorbsiyonu ve Doz Değişimi

6.2.2. Reaktif boyarmadde ile yapılan çalışmalar

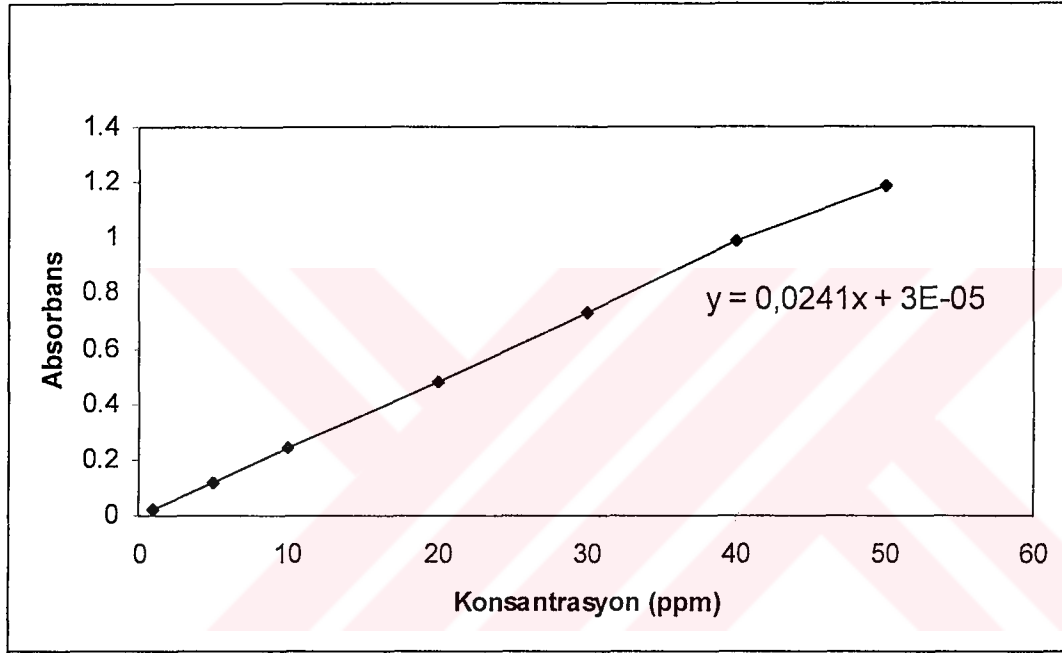
6.2.2.1. Reaktif boyarmadde ile sentetik numunenin hazırlanması

Reaktif red boyarmadde stok çözeltisi reaktif red boyarmaddesinden derişimi stokiometrik olarak 100 ppm olacak şekilde 1l'lik hazırlanmıştır. Stok çözelti, standart reaktif çözeltileri ve çalışma çözeltileri olarak kullanılmak üzere balon jojelerde saklanmıştır.

Reaktif red boyarmadde çözeltisi 1,5,10,20,30,40,50 ppm olacak şekilde stok çözeltiden hazırlanmıştır. UV spektrofotometresinde ölçümleri yapılmış ve kalibrasyon eğrisi alınmıştır. Ölçümler sonucunda 30 ppm çalışacak çözelti olarak belirlenmiş Reaktif red boyarmadde çözeltilerinin UV spektrofotometresi verileri Tablo 6.7'de gösterilmiştir.

Tablo 6.7. Reaktif Red Boyarmadde Çözeltisinin Standart Grafiği ($\lambda=541$ nm)

Konsantrasyon (ppm)	Çözelti Absorbansı
1	0.022
5	0.115
10	0.242
20	0.479
30	0.732
40	0.984
50	1.184

Şekil 6.6. Reaktif Red Boyarmadde Çözeltisinin Standart Grafiği ($\lambda=541$ nm)

6.2.2.2. Reaktif red boyarmaddesinin kaolin ile adsorbsiyonu

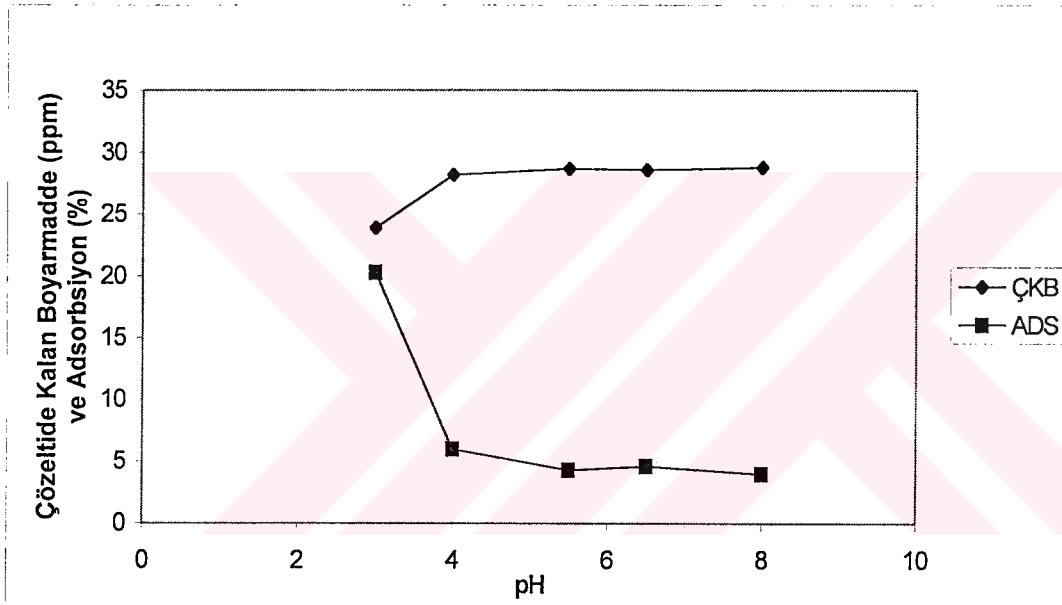
Kaolin ile yapılan çalışmalarda, 30 ppm'lik reaktif red boya çözeltisi hazırlanmıştır. 100 ml boya çözeltisine 2g/100ml kaolin ilave edilerek optimum pH, ardından da değişik dozajlarda kaolin ilavesiyle optimum dozaj çalışmaları yapılmıştır.

Optimum pH belirlenmesi için boya çözeltisine, pH=3.0-8.0 aralığında 2 g/100ml kaolin ilave edilerek çalışılmıştır. 5 dakika 200 devir/dakika'da hızlı karıştırma, 30 dakika 10 devir/dakika yavaş karıştırma yapılarak 1 saat çökelme sonucunda üstte kalan duru fazdan alınan su 10 dakika santrifüjlenerek renk giderimine bakılmıştır.

En uygun pH miktarı 3 olarak belirlenmiş ve dozaj belirlenirken numunelerin pH'ları 3 olarak ayarlanmıştır.Tablo 6.8.'de renk giderimine etkisi görülmektedir.

Tablo 6.8. Reaktif Red Boyarmaddesinin Adsorbsiyonuna pH'ın Etkisi

pH	Absorbans (λ)	Çözeltide Kalan Boyarmadde (ppm)	% Adsorbsiyon
3	0.577	23.9	20.3
4	0.680	28.2	6
5.5	0.693	28.7	4.3
6.5	0.690	28.6	4.6
8	0.696	28.8	4

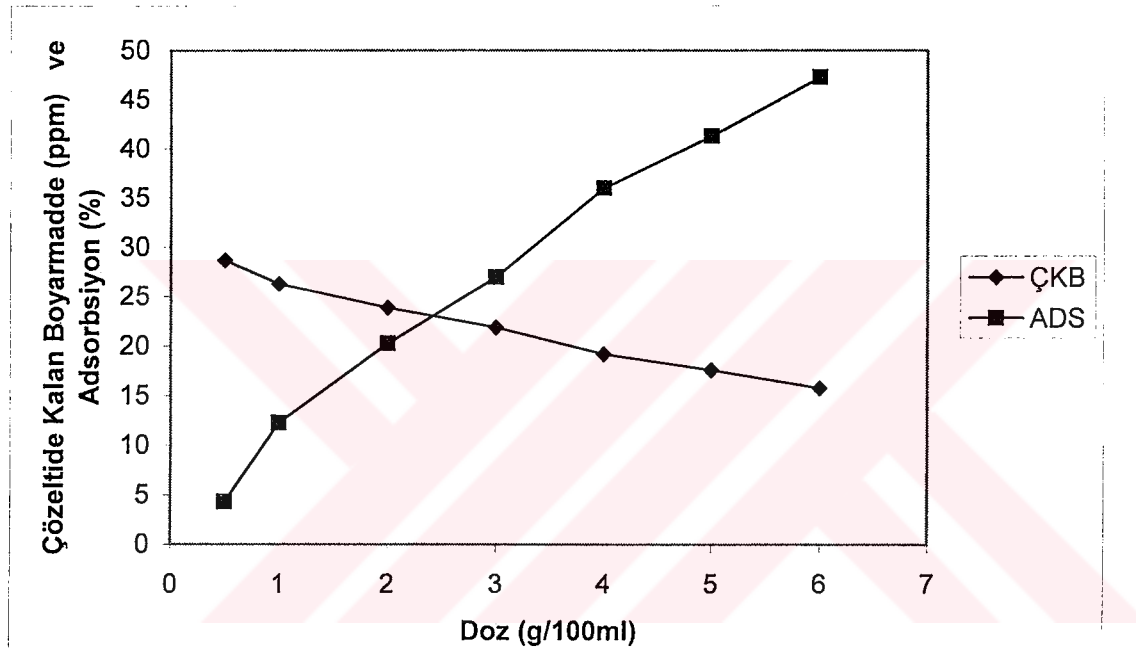


Şekil 6.7. Reaktif Red Boyarmaddesinin Kaolin ile Adsorbsiyonu ve pH

Optimum dozaj belirlenmesi çalışmalarında pH=3.0'da sabit tutularak, kaolin dozajı 0.5-6 g/100ml aralığında değiştirilmiştir. Optimum dozaj denemeleri Tablo 6.9.'da verilmiştir.

Tablo 6.9. Reaktif Red Boyarmaddesinin Adsorbsiyonuna Doz Değişiminin Etkisi

Doz (gr/100 ml)	Absorbans (λ)	Çözeltide Kalan Boyarmadde (ppm)	% Adsorbsiyon
0.5	0.693	28.7	4.3
1	0.635	26.3	12.3
2	0.577	23.9	20.3
3	0.529	21.9	27
4	0.465	19.2	36
5	0.425	17.6	41.3
6	0.382	15.8	47.3



Şekil 6.8. Reaktif Red Boyarmaddesinin Kaolin İle Adsorbsiyonu ve Doz Değişimi

6.2.2.3. Reaktif red boyarmadde boyarmaddesinin kireç ile adsorbsiyonu

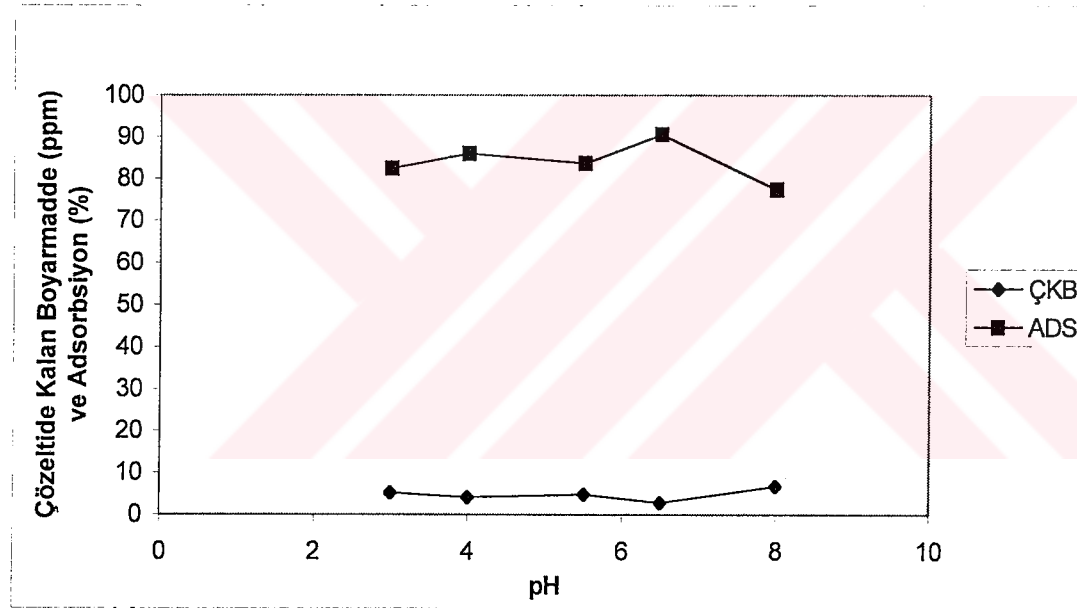
İnşaat malzemesi olarak kullanılan kireç ile yapılan çalışmalarda, 30 ppm'lik reaktif red boya çözeltisi hazırlanmıştır. 100 ml boya çözeltisine 0.1g/100ml kireç ilave edilerek optimum pH, ardından da değişik dozajlarda kireç ilavesiyle optimum dozaj çalışmaları yapılmıştır.

Optimum pH belirlenmesi için boya çözeltisine, pH=3.0-8.0 aralığında 0.1 g/100ml kireç ilave edilerek çalışılmıştır. 5 dakika 200 devir/dakika'da hızlı karıştırma, 30 dakika 10 devir/dakika yavaş karıştırma yapılarak 1 saat çökelme sonucunda üstte

kalan duru fazdan alınan su 10 dakika santrifüjlenerek renk giderimine bakılmıştır. En uygun Ph miktarı 6.5 olarak belirlenmiş ve dozaj belirlenirken numunelerin pH'ları 6.5 olarak ayarlanmıştır. Tablo 6.10.'da renk giderimine etkisi görülmektedir.

Tablo 6.10. Reaktif Red Boyarmaddesinin Adsorbsiyonuna pH'ın Etkisi

pH	Absorbans (λ)	Çözültide Kalan Boyarmadde (ppm)	% Adsorbsiyon
3	0.127	5.26	82.4
4	0.101	4.18	86
5.5	0.118	4.89	83.7
6.5	0.068	2.82	90.6
8	0.163	6.76	77.4

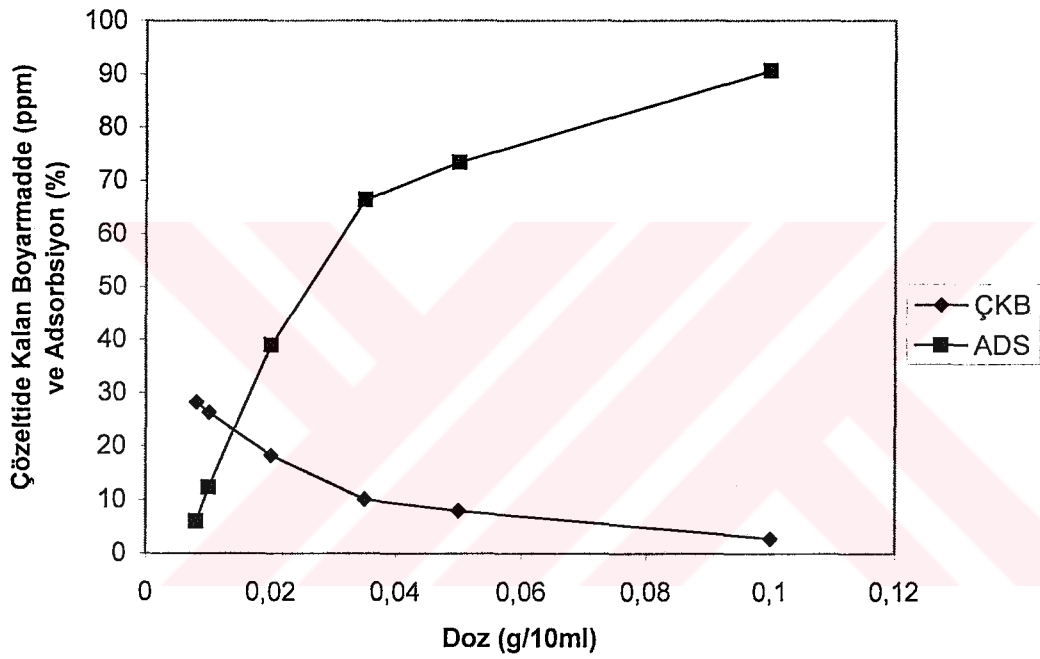


Şekil 6.9. Reaktif Red Boyarmaddesinin Kireç İle Adsorbsiyonu ve pH

Optimum dozaj belirlenmesi çalışmalarında pH=6.5'de sabit tutularak, kireç dozajı 0.008- 0.1 g/100ml aralığında değiştirilmiştir. Optimum dozaj denemeleri Tablo 6.11.'de verilmiştir.

Tablo 6.11. Reaktif Red Boyarmaddesinin Adsorbsiyonuna Doz Değişiminin Etkisi

Doz (gr/100 ml)	Absorbans (λ)	Çözeltide Kalan Boyarmadde (ppm)	% Adsorbsiyon
0.008	0.681	28.2	6
0.01	0.634	26.3	12.3
0.02	0.443	18.3	39
0.035	0.243	10.08	66.4
0.05	0.192	7.96	73.46
0.1	0.068	2.82	90.6



Şekil 6.10. Reaktif Red Boyarmaddesinin Kireç İle Adsorbsiyonu ve Doz Değişimi

6.2.3. Asit boyarmadde ile yapılan çalışmalar

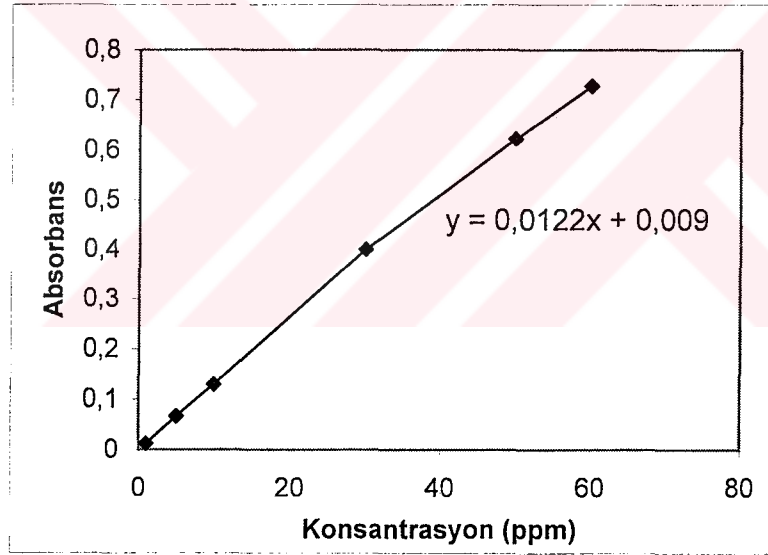
6.2.3.1. Asit boyarmadde ile sentetik numunenin hazırlanması

Asit Yellow Boyarmadde stok çözeltisi asit yellow boyarmaddesinden derişimi stokiometrik olarak 200 ppm olacak şekilde 1l'lik hazırlanmıştır. Stok çözelti, standart direk grey çözeltileri ve çalışma çözeltileri olarak kullanılmak üzere balon jojelerde saklanmıştır.

Asit yellow boyarmadde çözeltisi 1,5,10,30,50,60 ppm olacak şekilde stok çözeltiden hazırlanmıştır. UV spektrofotometresinde ölçümleri yapılmış ve kalibrasyon eğrisi alınmıştır. Ölçümler sonucunda 60 ppm çalışacak çözelti olarak belirlenmiş asit yellow boyarmadde çözeltilerinin UV spektrofotometresi verileri Tablo 6.12’de gösterilmiştir.

Tablo 6.12. Asit Yellow Boyarmadde Çözeltisinin Standart Grafiği($\lambda=392$ nm)

Konsantrasyon (ppm)	Çözelti Absorbansı
1	0.012
5	0.067
10	0.130
30	0.420
50	0.622
60	0.728



Şekil 6.11. Asit Yellow Boyarmadde Çözeltisinin Standart Eğri Grafiği

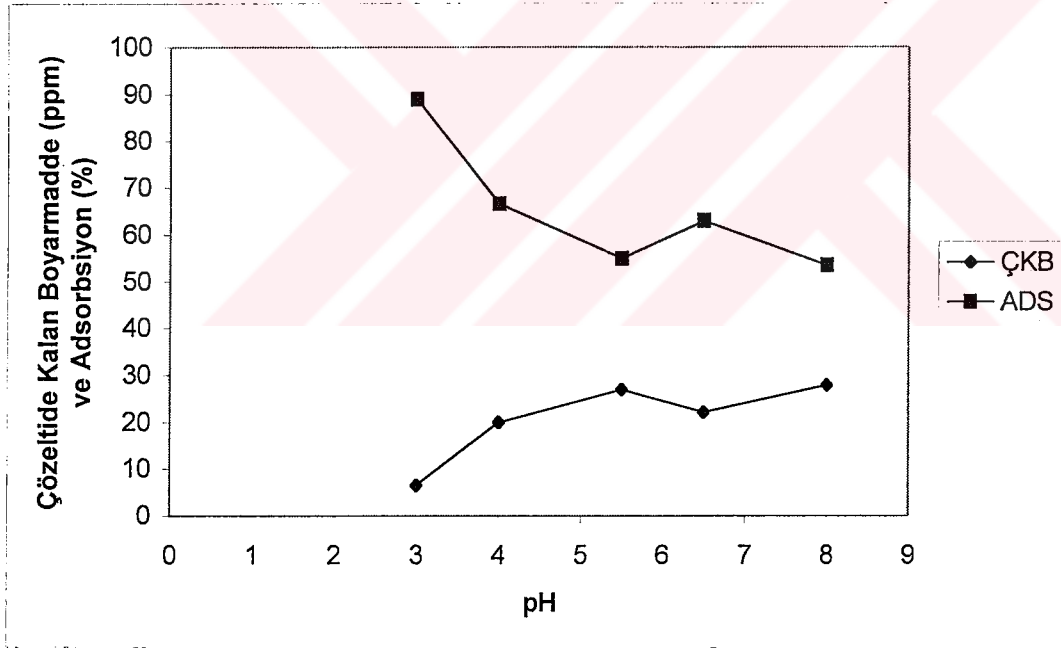
6.2.2.2. Asit yellow boyarmadde kaolin ile adsorbsiyonu

Kaolin ile yapılan çalışmalarda, 60 ppm’lik asit yellow boyarmadde çözeltisi hazırlanmıştır. 100 ml boya çözeltisine 3g/100ml kaolin ilave edilerek optimum pH, ardından da değişik dozajlarda kaolin ilavesiyle optimum dozaj çalışmaları yapılmıştır.

Optimum pH belirlenmesi için boya çözeltisine, pH=3.0-8.0 aralığında 3 g/100ml kaolin ilave edilerek çalışılmıştır. 5 dakika 200 devir/dakika'da hızlı karıştırma, 30 dakika 10 devir/dakika yavaş karıştırma yapılarak 1 saat çökeltme sonucunda üstte kalan duru fazdan alınan su 10 dakika santrifüjlenerek renk giderimine bakılmıştır. En uygun Ph miktarı 3 olarak belirlenmiş ve dozaj belirlenirken numunelerin pH'ları 3 olarak ayarlanmıştır. Tablo 6.13.'de renk giderimine etkisi görülmektedir.

Tablo 6.13. Asit Yellow Boyarmaddesinin Adsorbsiyonuna pH'ın Etkisi

pH	Absorbans (λ)	Çözeltide Kalan Boyarmadde (ppm)	% Adsorbsiyon
3	0.089	6.55	89
4	0.253	20	66.6
5.5	0.339	27	55
6.5	0.281	22.2	63
8	0.350	27.9	53.5

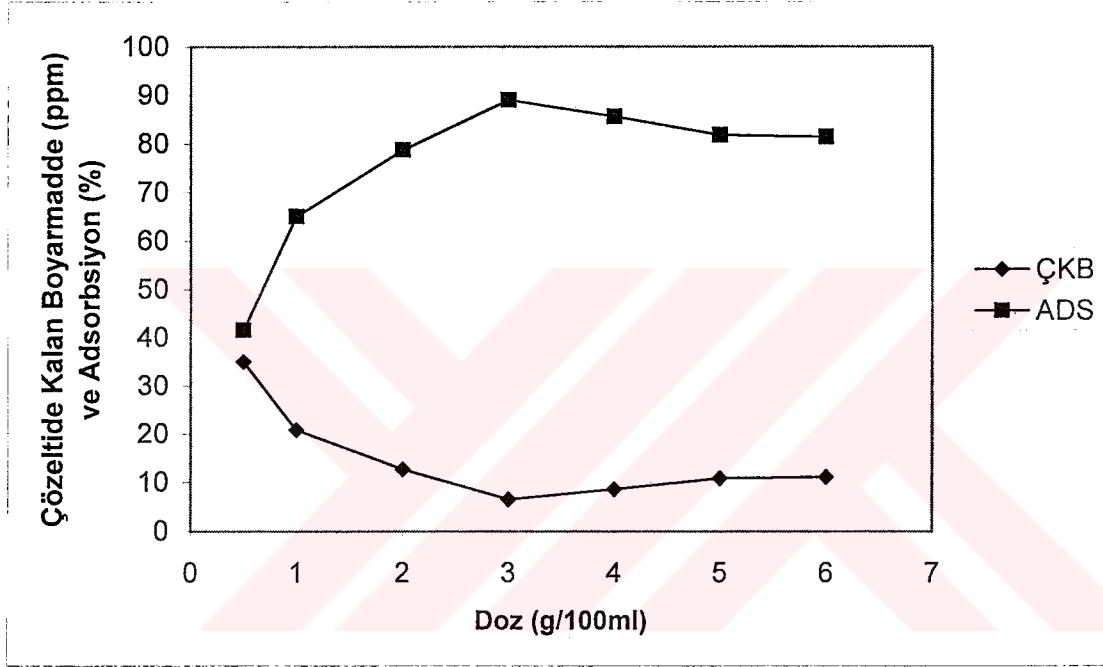


Şekil 6.12. Asit Yellow Boyarmaddesinin Kaolin ile Adsorbsiyonu ve pH

Optimum dozaj belirlenmesi çalışmalarında pH=3.0'da sabit tutularak, kaolin dozajı 0.5-6 g/100ml aralığında değiştirilmiştir. Optimum dozaj denemeleri Tablo 6.14.'de verilmiştir.

Tablo 6.14. Asit Yellow Boyarmaddesinin Adsorbsiyonuna Doz Değişiminin Etkisi

Doz (gr/100 ml)	Absorbans (λ)	Çözeltide Kalan Boyarmadde (ppm)	% Adsorbsiyon
0.5	0.437	35	41.6
1	0.264	20.9	65.1
2	0.165	12.7	78.8
3	0.089	6.55	89
4	0.114	8.6	85.6
5	0.143	10.9	81.8
6	0.145	11.14	81.43



Şekil 6.13. Asit Yellow Boyarmaddesinin Kaolin Adsorbsiyonu ve Doz Değişimi

6.2.2.3. Asit boyarmadde boyarmaddesinin kireç ile adsorbsiyonu

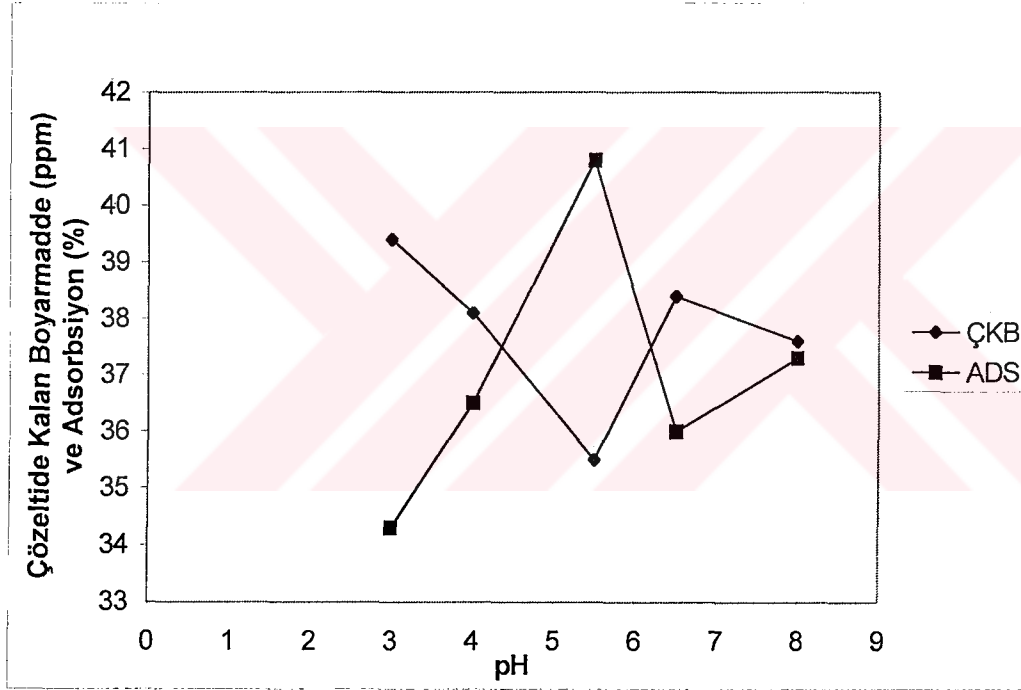
İnşaat malzemesi olarak kullanılan kireç ile yapılan çalışmalarda, 30 ppm'lik asit boya çözeltisi hazırlanmıştır. 100 ml boya çözeltisine 0.03g/100ml kireç ilave edilerek optimum pH, ardından da değişik dozajlarda kireç ilavesiyle optimum dozaj çalışmaları yapılmıştır.

Optimum pH belirlenmesi için boya çözeltisine, pH=3.0-8.0 aralığında 0.03 g/100ml kireç ilave edilerek çalışılmıştır. 5 dakika 200 devir/dakika'da hızlı karıştırma, 30 dakika 10 devir/dakika yavaş karıştırma yapılarak 1 saat çökelme sonucunda üstte

kalan duru fazdan alınan su 10 dakika santrifüjlenerek renk giderimine bakılmıştır. En uygun Ph miktarı 6.5 olarak belirlenmiş ve dozaj belirlenirken numunelerin pH'ları 6.5 olarak ayarlanmıştır. Tablo 6.15.'de renk giderimine etkisi görülmektedir.

Tablo 6.15. Asit Yellow Boyarmaddesinin Adsorbsiyonuna pH'ın Etkisi

pH	Absorbans (λ)	Çözeltide Kalan Boyarmadde (ppm)	% Adsorbsiyon
3	0.490	39.4	34.3
4	0.475	38.1	36.5
5.5	0.443	35.5	40.8
6.5	0.478	38.4	36
8	0.468	37.6	37.3

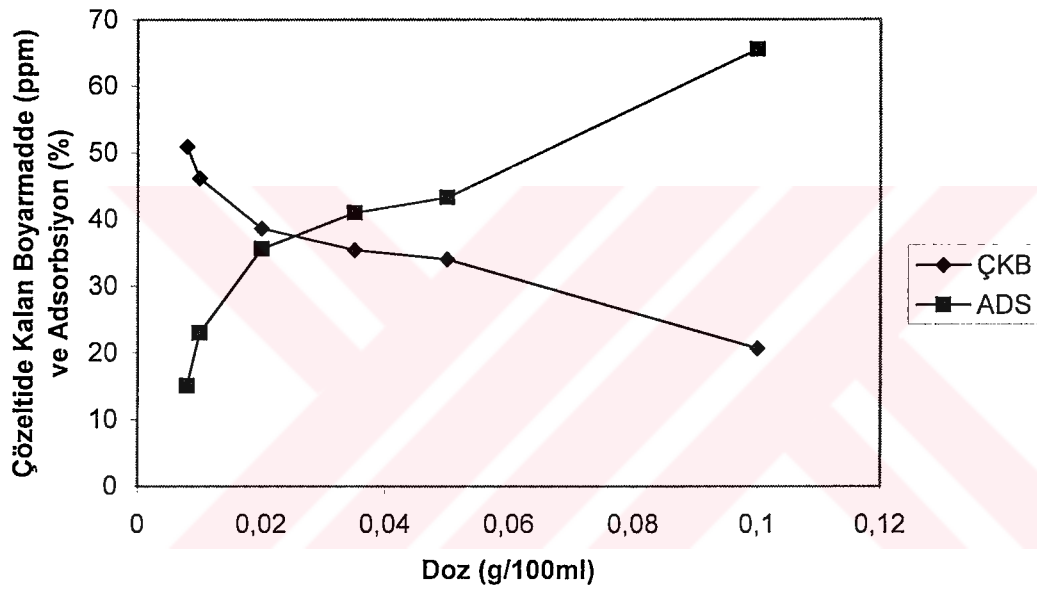


Şekil 6.14. Asit Yellow Boyarmaddesinin Kireç İle Adsorbsiyonu ve pH

Optimum dozaj belirlenmesi çalışmalarında pH=8.0'de sabit tutularak, kireç dozajı 0.008- 0.1 g/100ml aralığında değiştirilmiştir. Optimum dozaj denemeleri Tablo 6.16.'de verilmiştir.

Tablo 6.16. Asit Yellow Boyarmaddesinin Adsorbsiyonuna Doz Değişiminin Etkisi

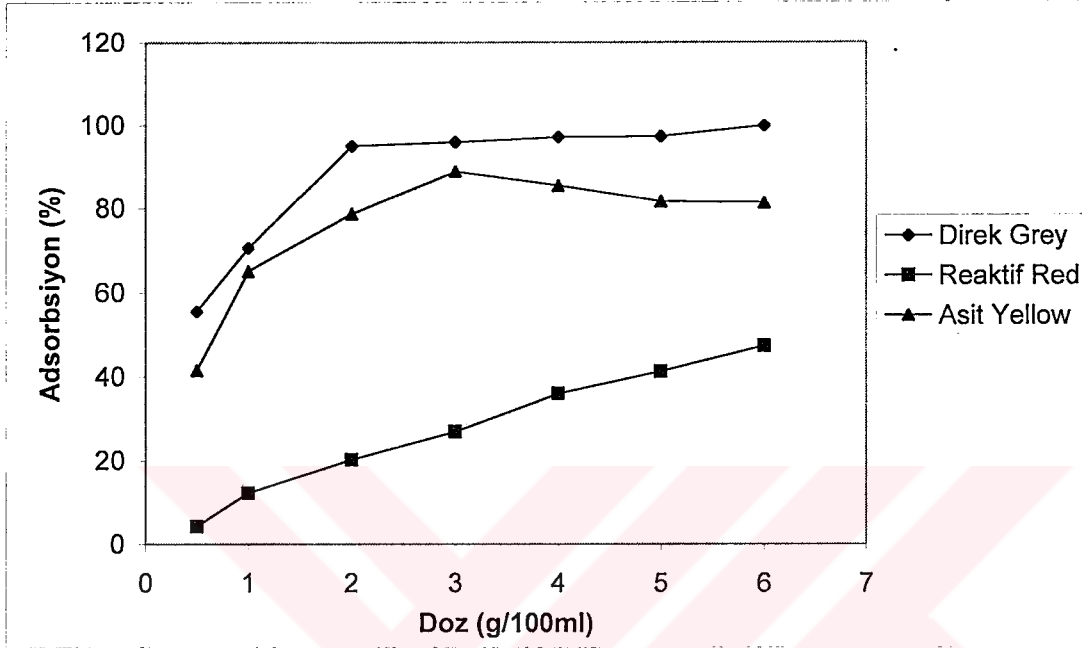
Doz (gr/100 ml)	Absorbans (λ)	Çözeltide Kalan Boyarmadde (ppm)	% Adsorbsiyon
0.008	0.630	50.9	15.1
0.01	0.573	46.2	23
0.02	0.480	38.6	35.6
0.035	0.441	35.4	41
0.05	0.425	34	43.3
0.1	0.262	20.7	65.5



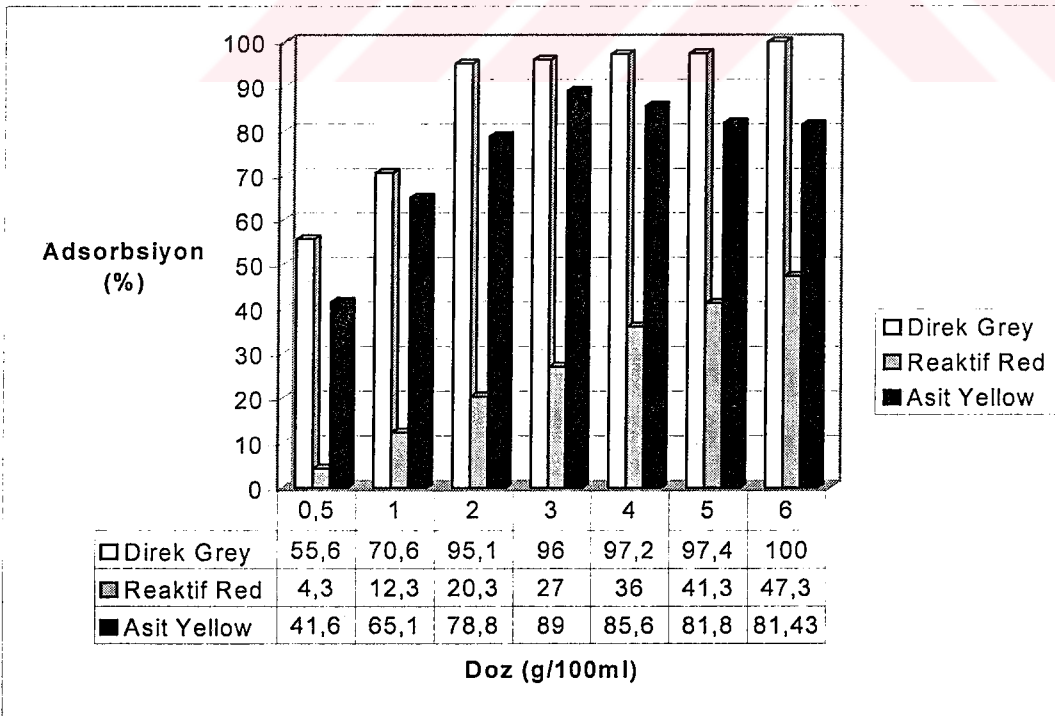
Şekil 6.15. Asit Yellow Boyarmaddesinin Kireç İle Adsorbsiyonu ve Doz Değişimi

6.3. Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması

Direk Grey, Reaktif Red ve Asit Yellow boyarmaddelerinde farklı dozlarda denen en kaolin koagülantının verimleri aşağıda şekil ve grafiklerde gösterilmektedir.

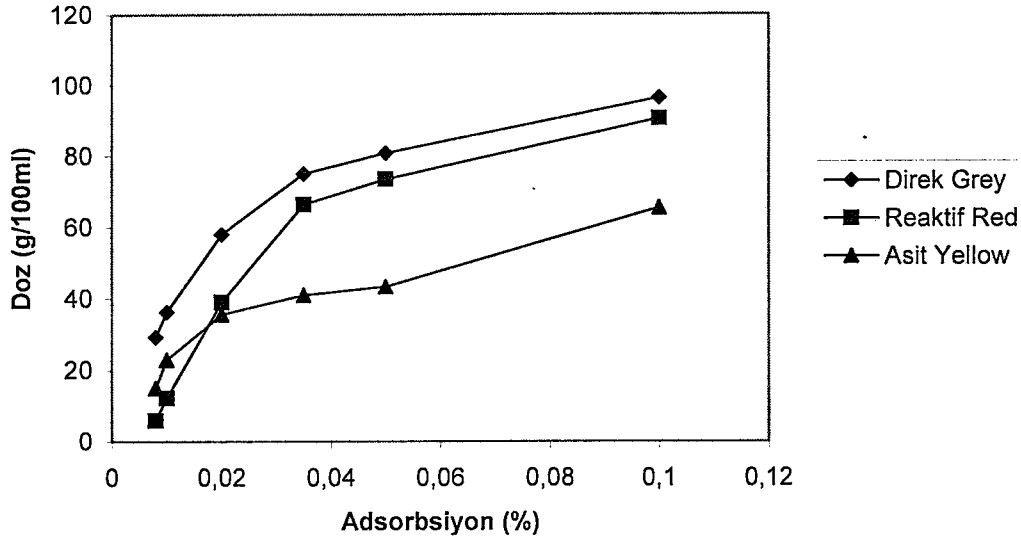


Şekil 6.16. Kaolin Koagülantının Boyarmaddelerdeki Verimleri

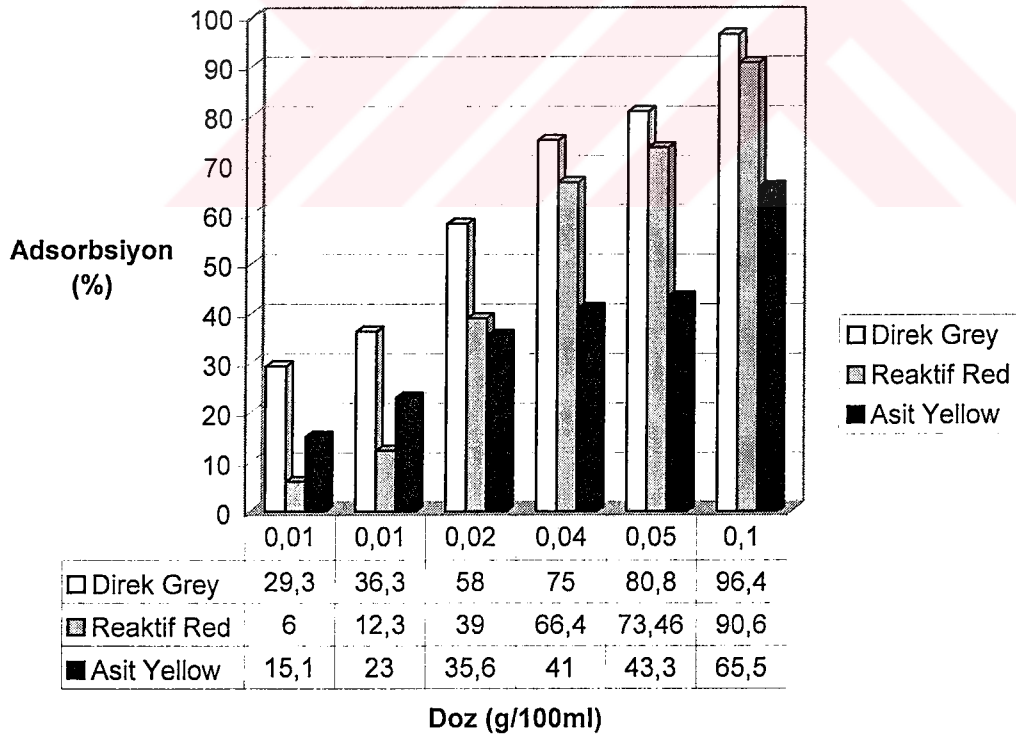


Şekil 6.17. Kaolin Koagülantının Boyarmaddelerdeki Verimlerinin Karşılaştırılması

Direk Grey, Reaktif Red ve Asit Yellow boyarmaddelerinde farklı dozlarda denenene kireç koagülantının verimleri aşağıda şekil ve grafiklerde gösterilmektedir.



Şekil 6.18. Kireç Koagülantının Boyarmaddelerdeki Verimleri



Şekil 6.19. Kireç Koagülantının Boyarmaddelerdeki Verimlerinin Karşılaştırılması

6.4. Tekstil Atıksuyu İle Yapılan Çalışmalar

Aydın Örme Tekstil Endüstrisi'nden alınan atıksu numunesinin öncelikle çalışılacak dalga boyu tespit edilmiştir. Dalga boyu 309 olarak bulunmuştur.

6.4.1. Tekstil atıksuyunun kaolin ile adsorbsiyonu

Kaolin ile yapılan çalışmalarda,. 100 ml tekstil atıksuyuna 2g/100ml kaolin ilave edilerek optimum pH, ardından da değişik dozajlarda kaolin ilavesiyle optimum dozaj çalışmaları yapılmıştır.

Optimum pH belirlenmesi için boya çözeltisine, pH=3.0-8.0 aralığında 2 g/100ml kaolin ilave edilerek çalışılmıştır. 5 dakika 200 devir/dakika'da hızlı karıştırma, 30 dakika 10 devir/dakika yavaş karıştırma yapılarak 1 saat çökelme sonucunda üstte kalan duru fazdan alınan su 10 dakika santrifüjlenerek renk giderimine bakılmıştır. En uygun Ph miktarı 3 olarak belirlenmiş ve dozaj belirlenirken numunelerin pH'ları 3 olarak ayarlanmıştır.

Deneylerde 10mm'lik küvetler kullanılmıştır. Renk ölçümü ile ilgili Avrupa normu EN ISO 7887 esas alınarak renklilik sayısı (RES) adındaki parametrenin birimi m^{-1} olarak verilmektedir. Bu standartlarla karşılaştırma yapabilmek amacıyla absorbands olarak ölçülen değerler m^{-1} birimine çevrilmiştir. Elde edilen değerleri m^{-1} birimine çevirmek için aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$\alpha = \frac{A}{d} \times f$$

$\alpha = m^{-1}$ cinsinden fark

A = Spektrofotometrede ölçülen değer

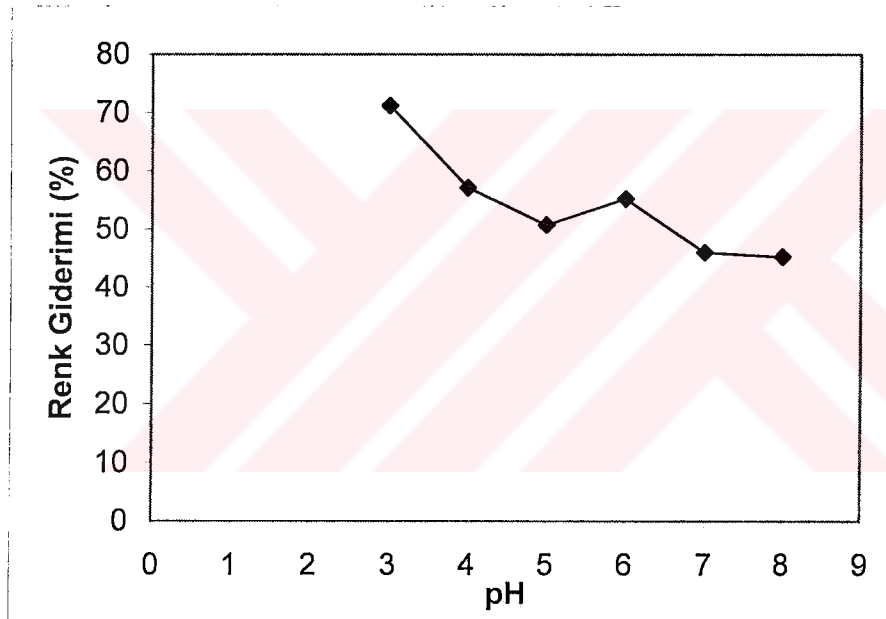
d = Küvet genişliği (10mm)

f = Faktör (1000)

Giriş Rengi = 1.864 = 186.4 m^{-1} , 309 nm'de ölçüm yapıldı.

Tablo 6.17. Tekstil Atıksuyunun Kaolin İle Adsorbsiyonu ve pH

pH	Giriş rengi (m ⁻¹)	Çıkış rengi (m ⁻¹)	Renk Giderimi (%)
3	186.4	53.5	71.2
4	186.4	79.8	57.1
5	186.4	91.7	50.8
6	186.4	83.3	55.3
7	186.4	100.4	46.1
8	186.4	101.9	45.3

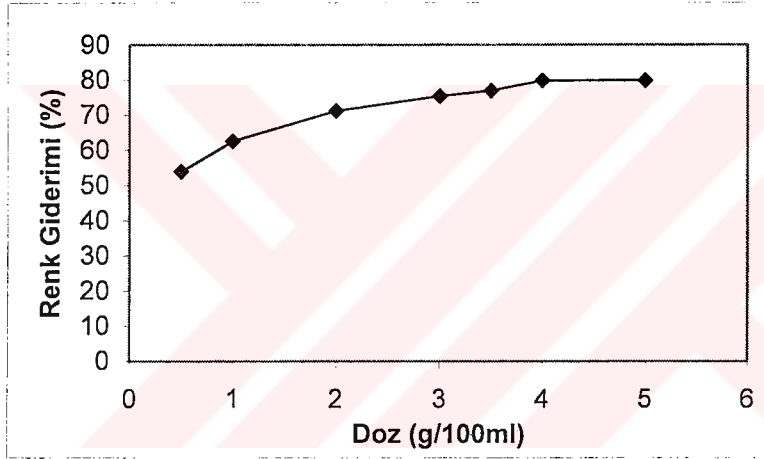


Şekil 6. 20. Tekstil Atıksuyunun Kaolin İle Adsorbsiyonu ve pH

Optimum dozaj belirlenmesi çalışmalarında pH=3.0'da sabit tutularak, kaolin dozajı 0.5-5 g/100ml aralığında değiştirilmiştir. Optimum dozaj denemeleri Tablo 6.18'de verilmiştir.

Tablo 6. 18. Tekstil Atıksuyunun Kaolin İle Adsorbsiyonu ve Doz Miktarı

Doz (g/100ml)	Giriş rengi (m ⁻¹)	Çıkış rengi (m ⁻¹)	Renk Giderimi (%)
0.5	186.4	85.9	53.9
1	186.4	69.8	62.5
2	186.4	53.5	71.2
3	186.4	45.8	75.4
3.5	186.4	42.8	77
4	186.4	37.5	79.8
5	186.4	37.5	79.8



Şekil 6.21. Tekstil Atıksuyunun Kaolin İle Adsorbsiyonu ve Doz Miktarı

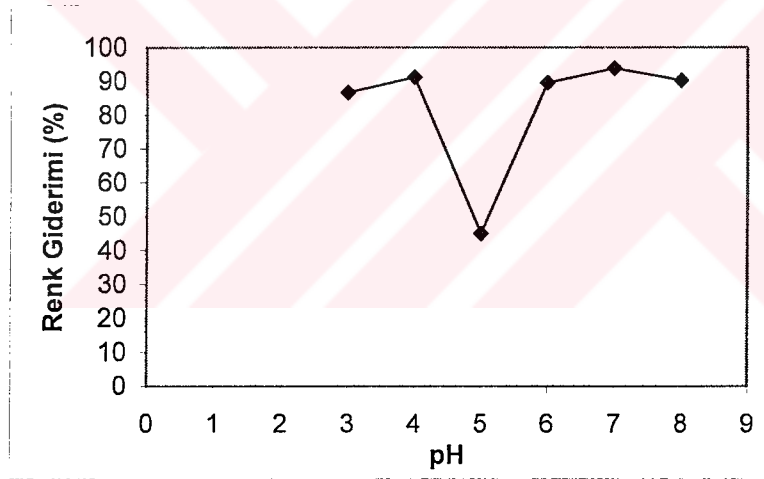
6.4.2. Tekstil atıksuyunun kireç ile adsorbsiyonu

Kireç ile yapılan çalışmalarda, 100 ml tekstil atıksuyuna 1 g/100ml kireç ilave edilerek optimum pH, ardından da değişik dozajlarda kaolin ilavesiyle optimum dozaj çalışmaları yapılmıştır.

Tablo 6.19. Tekstil Atıksuyunun Kireç İle Adsorbsiyonu ve pH

PH	Giriş rengi (m ⁻¹)	Çıkış rengi (m ⁻¹)	Renk Giderimi (%)
3	186.4	24.5	86.8
4	186.4	16.3	91.2
5	186.4	102.4	45
6	186.4	19.3	89.6
7	186.4	11.3	93.9
8	186.4	18	90.3

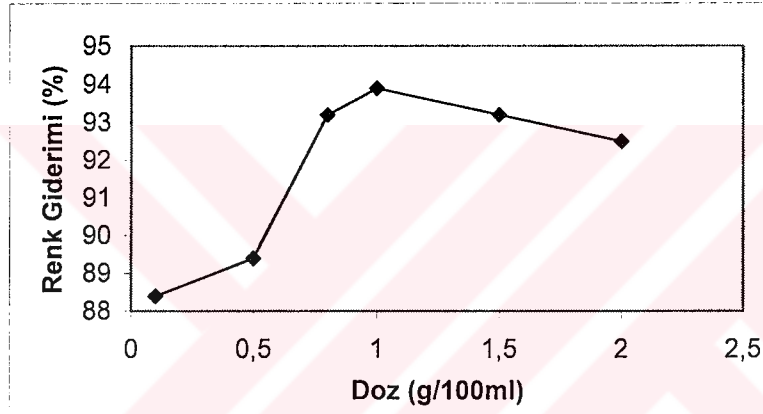
Optimum dozaj belirlenmesi çalışmalarında pH=7.0'de sabit tutularak, kireç dozajı 0.1-2 g/100ml aralığında değiştirilmiştir. Optimum dozaj denemeleri Tablo 6.20'de verilmiştir.



Şekil 6.22. Tekstil Atıksuyunun Kireç İle Adsorbsiyonu ve pH

Tablo 6.20. Tekstil Atıksuyunun Kireç İle Adsorbsiyonu ve Doz Miktarı

Doz (g/100ml)	Giriş rengi (m ⁻¹)	Çıkış rengi (m ⁻¹)	Renk Giderimi (%)
0.1	186.4	21.6	88.4
0.5	186.4	19.6	89.4
0.8	186.4	12.6	93.2
1	186.4	11.3	93.9
1.5	186.4	12.5	93.2
2	186.4	13.9	92.5



Şekil 6.23. Tekstil Atıksuyunun Kireç İle Adsorbsiyonu ve Doz Miktarı

BÖLÜM 7. SONUÇLAR

Tekstil endüstrisinden alınan 3 farklı boyarmadde ve tekstil atık suyu ile yapılan kimyasal çöktürme ile renk giderim verimleri tespit edilmiştir.

Kimyasal çöktürme işlemleri Jar Testi düzeneğinde yapılmıştır. Deneylerde koagülant olarak kaolin ve kireç kullanılmıştır. Boyarmadde olarak; direk boya, reaktif boya ve asit boya ile denemeler yapılmıştır. Hazırlanan sentetik numuneler üzerinde koagülantlarla çalışılmış, en uygun pH ve doz miktarları saptanmıştır. pH ayarlayıcı olarak H_2SO_4 ve NaOH kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları aşağıda verilmiştir.

- Direk grey boyarmaddesinden öncelikle 100 ppm'lik stok çözelti hazırlanmıştır. Stok çözeltilerden hazırlanan 30 ppm'lik çözelti çalışma numunesi olarak kabul edilmiştir. Kaolin ile yapılan denemelerde pH = 3'de 3 g/100ml kaolin ile % 96'luk verim elde edilmiştir. pH = 3'de yapılan doz çalışmalarında ise; 6 g/100ml kaolin ile % 100'lük renk giderme verimi elde edilmiştir.
- 30 ppm'lik direk grey boya çözeltisinde kireç ile yapılan denemeler sonucunda pH = 4'de 0,03 g/100ml kireç ile % 69,6'luk verim elde edilmiştir. pH = 4'de yapılan doz çalışmalarında ise; en uygun doz 0,1 g/100ml olup % 96,4'lük renk giderme verimi elde edilmiştir.
- Reaktif red boyarmaddesinden hazırlanan stok çözeltisinden 30 ppm'lik çözelti, çalışma numunesi olarak kabul edilmiştir. Kaolin ile yapılan denemelerde pH = 3'de 2 g/100ml kaolin ile % 20,3'lük verim elde edilmiştir. pH = 3'de yapılan doz çalışmalarında ise; 6 g/100ml kaolin ile % 47,3'lük renk giderme verimi sağlanmıştır.

- Reaktif red boyarmaddesinde kireç ile yapılan denemelerde pH = 6,5'da 0,1 g/100ml kireç ile % 90,6'lık verim sağlanmıştır. pH = 6,5'da yapılan doz çalışmalarında ise; 0,1 g/100ml kireç en uygun doz kabul edilmiştir.
- Asit boyarmaddesinden hazırlanan stok çözeltisinden 60 ppm'lik çözelti, çalışma numunesi olarak kabul edilmiştir. Kaolin ile yapılan denemelerde pH = 3'de 3 g/100ml kaolin ile % 89 verim elde edilmiştir. pH = 3'de yapılan doz çalışmalarında ise; 3 g/100ml kaolin ile en iyi adsorbsiyon sağlanmıştır.
- Asit boyarmaddesinden hazırlanan stok çözeltisinden 60 ppm'lik çözelti ile yapılan denemelerde pH = 5,5'da 0,03 g/100ml kireç ile % 40,8 verim elde edilmiştir. pH = 5,5'da yapılan doz çalışmalarında ise; 0,1 g/100ml kireç ile % 65.5 renk giderimi sağlanmıştır.
- 3 farklı boyarmaddede kireç ve kaolin ile yapılan kimyasal çöktürme işlemleri sonucunda en iyi renk giderme verimi sırasıyla;

Tablo 7.1. En İyi Renk Giderme Verimi

En İyi Renk Giderme Verimi	
Kaolin İle	Kireç İle
1- Direk Grey Boyarmadde	1- Direk Boyarmadde
2- Asit Yellow Boyarmadde	2- Reaktif Red Boyarmadde
3- Reaktif Red Boyarmadde	3- Asit Yellow Boyarmadde

Tekstil fabrikasından alınan atıksuda da kaolin ve kireç denenmiş ve sonuçları aşağıda belirtilmiştir.

- pH = 3'de 2 g/100ml kaolin ile % 71,2 renk giderimi sağlanmış, en uygun pH = 3'de yapılan doz çalışmalarında en uygun doz olarak 4 g/100ml kaolin ile % 79,8 verim elde edilmiştir.
- pH = 7'de 1 g/100ml kireç ile % 93,9 renk giderimi elde edilmiş ve bu değer en uygun doz içinde kabul edilmiştir.



BÖLÜM 8. TARTIŞMA ve ÖNERİLER

ABD ve Avrupa Birliği Ülkelerinde tekstil atıksularında renk giderimi ile ilgili bazı deşarj sınırlamalarının mevcut olmasına rağmen, Türkiye’de kabul edilen bir standart mevcut değildir. Bu nedenle, çalışmalarda elde edilen en yüksek verim renk giderimi için en uygun değer olarak kabul edilmektedir.

Boyar maddeler üzerinde yapılan denemelerde kaolin reaktif boyarmaddede çok az verim sağlarken kirecinde asit boyarmaddede sağladığı verim düşüktür. Yapılan çalışmada kaolin ve kireç kullanılmış ve her ikisinin de atıksuda sağladığı verimler karşılaştırılmıştır.

Aydın Örme Tekstil Endüstrisinin debisi $1400 \text{ m}^3/\text{gün}$ ’dür. Bu doğal bileşikleri maliyet açısından değerlendirdiğimizde tekstil atıksuyunda kaolin ile yapılan çalışmada en uygun doz verime bağlı olarak % 79.8’lik bir verimle 4 gr/100 ml kaolin kabul edilmiştir. Bu miktar tekstil atıksuyunda değerlendirildiğinde günlük 56 ton çamur oluşumuna neden olmaktadır. Kireç de ise, en uygun doz % 93.9’lik verimle 1 gr/100 ml olarak kabul edilmiştir ve günlük 14 ton çamur oluşumuna neden olmaktadır.

Bu sonuçların değerlendirilmesi ile; kaolin kirece göre yaklaşık 5 kat daha fazla kullanılmakta ve oluşan çamur miktarı da buna bağlı olarak artmaktadır. Dezavantaj olarak endüstriyel atık olarak kabul edilen bu çamurun çok farklı şekilde değerlendirilebilmesi mümkündür. Günümüzde yapılan bazı çalışmalarda çamur ile tutulan boyanın birlikte tekstil endüstrisinde kullanımı, boya ve çamurun birbirinden ayrılarak tekrar değerlendirilmesi sağlanmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Akgün, T., Adsorbsiyon Teknikleriyle Tekstil Atıksularının Renklerinin Giderilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, 1999
- [2] Atıksu Arıtma Tesislerinin İşletilmesi Semineri, Himmetoğlu, T., Çevre Teknoloji Uygulayıcıları Dergisi, syf:138, 1996
- [3] Taner, F. ve Börüban,A., AFZ Tekstil Fabrikası Atıksuyu Arıtımı ve Proseste Tekrar Kullanımı, Ulusal Sanayi ve Çevre Sempozyumu ve Sergisi, syf: 94, 2001
- [4] Aktan, S., Şeker, S., Başak, B., İleri, R., Tekstil Atıksularındaki Renk Sorununun İleri Aktif Çamur (İLAÇ) Metodu İle Giderilebilirliği, Ulusal Sanayi ve Çevre Sempozyumu ve Sergisi, syf: 78, 2001
- [5] Şeker, S., İleri, R., Öztürk,M., Tekstil Endüstrisi Atıksularındaki Renk Sorununun Biyoteknolojik Metod İle Giderilebilmesi, 2000 GAP- Çevre Kongresi,2. Cilt, syf:656, 2000
- [6] Tünay, O., Endüstriyel Kirlenme Kontrolü, İstanbul Teknik Üniversitesi, 1996
- [7] Şengül, F., Endüstriyel Atıksuların Özellikleri ve arıtılması, D.E.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir, 1991
- [8] Germirli, F., Orhon, D., Tünay, O., Tekstil Endüstrisinde Atıksu Özelliklerini Etkileyen Faktörler- Örnek Tesislere Uygulanması, İTÜ 2. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu, 1990

- [9] Su Kirliliği Yönetmeliği, 1988.TC. Çevre Bakanlığı
- [10] EPA, 1996. Manual, Best Mnagement Practices for Pollution Prevention in the Textile Industry, US Environmental Protection Agency, Office of Research and Deve-
lopment, EPA/625/R-96/004, Washington
- [11] Yapraklı, B., Tekstil Endüstrisi Boyama Atıksularının Karakterizasyonu ve Biyolojik Arıtılabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 1997
- [12] Sevimli, M.F., Tekstil Endüstrisi Atıksularından Ozonlama İle Renk Giderimi ve Ozonlamanın Biyolojik Arıtılabilirliğe Etkisi, 2000
- [13] EPA Textile Industry Catalogue, 1978
- [14] Kural, E., Tekstil Boyahane Atıksularının Nanofiltrasyon Membranları İle Geri Kazanımı ve Renk Giderimi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2000
- [15] Güneş, Y., Ozonla Oksidasyonun Tekstil Endüstrisi Atıksularının Arıtılabilirliğine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 1999
- [16] Doğruel, S., Bir Pamuklu Son İşlemleri Endüstrisinde Ozonlamanın KOİ Bileşenleri Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2000
- [17] Başbüyük, M., Yüceer, A., Yılmaz, T., Tekstil Atıksularında Renk Giderilmesinde Kullanılan İleri Teknolojiler, Kayseri I. Atıksu Sempozyumu, 1998
- [18] Ölmez, T., Tekstil Endüstrisinde Reaktif Boya Banyolarında Ozon İle Renk Giderimi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 1999
- [19] Pala, A., Tekstil Atıksularının İstatiksel Karakterizasyonu ve Kaynakta Renk Giderim Çalışmaları, İTÜ 6. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu, 1998

[20] Demircanlı, Ü., Renkli Tekstil Atıksularının Arıtılması Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, 1995

[21] Grau, P., Textile Industry Wastewaters Treatment, Water Science and Technologies, Vol.24, Number 97-103

[22] Meyer, V., Carlsson, F.H.H., Oellermann, R.A., Decolourization of Textile Effluent Using A Low Cost Natural Adsorbent Material, Water Science Technology, 26, 1205-1211

[23] Mehrotra, R., Prasad, S. And Srivastav, B. K., (1995). Removal Of Colour From Dye-House Effluents By Physico-Chemical Processes. Prep. 3rd Int. Conferance Appropriate Waste Management Technologies For Developing Countries, Pp 617-629, Nagpur, India.

[24] Tünay,O., Kabdaşlı, I., Eremektar, G., Orhon, D., Color Removal from Textile Wastewaters, Water Science & Technology, Volume 34, Number 11

[25] Lin, S.H., Chen, M.L., Combined Ozonation and Ion Exchange Treatments of Textile Wastewater Effluents, Journal of Environmental Science and Health A, 32(7), 1999-2010

[26] Sarıoğlu, M., Dean, C., Tekstil Atıksularından Renk Giderimi İçin UASB (Yukarı Akışlı Çamur Yatağı) Reaktörünün Kullanılması Örneği, İTÜ 6. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu, 1998

[27] Karapınar, İ., Kargı, F., Atıksulardan Boyarmaddelerin Adsorpsiyonla Giderimi, Çevre Bilimleri, Sayı 4, 01-07, 1996

[28] Gezerger Asma, S., Tekstil Sanayi Atıksularının Arıtılması Üzerine Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, 1998

[29] İnce, O., Endüstriyel Atıksuların Arıtma Verimini Arttıran Yeni Bir Teknoloji; Membran Crossflow Ultrafiltrasyon Tekniği, İTÜ 2. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu, S. 109-118, İstanbul, 1990.

[30] Arslan, İ., Balcıoğlu, I. A., Ozonlama Prosesinin Tekstil Endüstrisi Atık Sularının Ve Sentetik Reaktif Boya Banyolarının Arıtılabilirliklerine Etkisi, İTÜ 7. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu, 20-22 Eylül 2000

[31] Yavuz, S. K., Color Removal From Textile Industry Waste Water By Adsorption Process Using Natural Zeolite, Dokuz Eylül University, February 1998, İzmir

[32] Naumczyk, J., Szpyrkowicz, L., Zillio-Grandi, F., Elektrochemical Treatment Of Textile Wastewater, Water Science Technology, Vol.34, No:11, pp:17-24, 1996.

[33] Başer, İ., Yusuf, İ., Boyarmadde Kimyası, Marmara Üniversitesi, 1990

[34] Aydın Örme Tekstil Fabrikası

ÖZGEÇMİŞ

Berna KIRIL, 1978 yılında Kırklareli'nin Pınarhisar ilçesinde doğdu. 1995 yılında Kadıköy Kız Lisesinden mezun oldu. Aynı yıl girdiği Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünü 1999 yılında tamamladı. Mezuniyetinin hemen ardından 1999 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim dalında Yüksek Lisans eğitimine başladı. 2000 yılı Haziran ayında ise, Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı ve halen Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde görevini sürdürmektedir.