



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



YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BOYA ENDÜSTRİSİ ATIKSUYUNUN
KOAGÜLASYON İLE ÖN ARITIMI**

Ömer Yasin BALIK

Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Çevre Mühendisliği Programı

Danışman

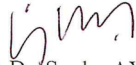
Yrd. Doç. Dr. Serdar AYDIN

Ekim, 2013

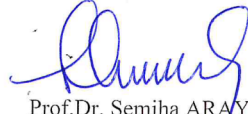
İSTANBUL

Bu çalışma 31/10/2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Çevre Mühendisliği programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

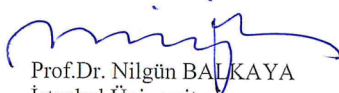
Tez Jürisi



Yrd.Doç.Dr. Serdar AYDIN (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



Prof.Dr. Semiha ARAYICI
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



Prof.Dr. Nilgün BALKAYA
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



Prof.Dr. İsmail İNCİ
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



Prof.Dr. Hüseyin SELÇUK
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

ÖNSÖZ

Çalışmalarım boyunca anlayış ve rehberliği ile tavsiye ve yorumlarını benden esirgemeyen, tecrübeleri ve her konudaki desteğiyle bana yol gösteren tez danışmanım ve değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Serdar AYDIN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarım sırasında ve sonrasında önemli katkıları olan Çevre Laboratuvarı üst yönetimi ve çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan, hiçbir zaman maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen, bana olan inanç ve güvenleriyle hep yanımda bulunan eşime, anneme, babama ve kardeşime teşekkür ederim.

Ekim, 2013

Ömer Yasin BALIK

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ.....	ix
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	xi
ÖZET.....	xii
SUMMARY.....	xiv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR.....	2
2.1. BOYA ENDÜSTRİSİ TANITIMI.....	2
2.1.1. Boya Endüstrisinin Genel Özellikleri.....	2
2.1.2. Boya Bileşenleri	3
2.1.2.1. Bağlayıcılar.....	3
2.1.2.2. Pigmentler	5
2.1.2.3. Çözücüler	6
2.1.2.4. Katkı maddeleri	6
2.1.3. Boyaların Sınıflandırılması.....	7
2.1.3.1. Su bazlı boyalar	10
2.1.3.2. Solvent bazlı boyalar.....	11
2.1.3.3. Toz boyalar	12
2.1.4. Boya Üretimi	12
2.1.4.1. İlk Karıştırma Prosesi.....	13
2.1.4.2. Dispersiyon.....	14
2.1.4.3. Alt İlave Prosesi.....	16
2.1.4.4. Üretim Ekipmanları	17
2.1.5. Türkiye’de Boya Üretimi.....	17
2.1.6. Boya Endüstrisi Atıklarının Özellikleri	18

2.1.7. Su Bazlı Boya Üretimi.....	21
2.1.7.1. Su Bazlı Boya Bileşimleri.....	23
2.1.7.2. Su Bazlı Boya Atıksularının Miktar ve Özellikleri.....	24
2.1.7.3. Su Bazlı Boya Atıksuyu İçin Seçilen Kirletici Parametreler ve Özellikleri .	25
2.1.8. Boya Endüstrisi Atıksularının Deşarj standartları.....	27
2.1.9. Su Bazlı Boya Atıksularının Arıtımında Kullanılan Yöntemler	28
2.1.9.1. Kimyasal arıtma prosesleri	28
2.1.9.2 Su Bazlı Boya Üretiminde Yapıldığı Bir Fabrikada Atıksuya Uygulanan Arıtım Yöntemi.....	29
2.2. ATIKSULARIN KİMYASAL ÖN ARITIM YÖNTEMLERİ	30
2.2.1. Endüstriyel Sıvı Atıkların Genel Karakterizasyonu ve Arıtımı	32
2.2.2. Nötralizasyon	33
2.2.3. Koagülasyon.....	33
2.2.4. Flokülasyon.....	33
2.2.5. Oksidasyon.....	34
2.2.6. Adsorpsiyon	34
2.2.7. Kimyasal Çöktürme	34
2.2.8. Dezenfeksiyon.....	34
2.3. KOAGÜLASYON – FLOKÜLASYON PROSESİ.....	34
2.4. BU KONUDA YAPILAN ÇALIŞMALAR	36
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	46
3.1. DENEY ÇALIŞMALARİ	46
3.1.1. Jar Test.....	46
3.1.2. Askıda Katı Madde.....	46
3.1.3. Kimyasal Oksijen İhtiyacı.....	46
3.1.4. Bulanıklık.....	47
3.1.5. pH	47
3.1.6. Renk.....	47
3.1.7. Çökebilir Katı Madde	47
3.2. KULLANILAN ALET VE MALZEMELER.....	48
3.3. DENEY NUMUNESİ	50
3.4. KULLANILAN KİMYASALLAR.....	50
3.4.1. Koagülantlar	50
3.4.2. pH ayarlayıcılar	50
3.4.3. Polielektrolitler	50

3.5. HAZIRLANAN ÇÖZELTİLER	51
3.5.1. Koagülantlar	51
3.5.2. Polielektrolitler	52
3.5.3. 6N Sodyum Hidroksit	52
3.5.4. Derişik Sülfürik Asit	52
3.6. ARITILABİLİRLİK ÇALIŞMALARI	52
3.6.1. Hamsudaki pH Değişiminin Sonuçlara Etkisinin Araştırılması	52
3.6.2. Koagülasyon-Flokülasyon Çalışmaları	52
3.6.3. Polielektrolit Denemeleri	53
3.6.4. Çift Koagülant Uygulaması	53
3.6.5. Asit ve Baz Dozlaması	54
4. BULGULAR.....	55
4.1. ATIKSULARIN KARAKTERİZASYONU	55
4.2. HAMSUDAKİ PH DEĞİŞİMİNİN SONUÇLARA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI	55
4.3. KOAGÜLASYON-FLOKÜLASYON ÇALIŞMALARI	56
4.3.1. B1 Kodlu Atıksu Numunesi İçin Yapılan Çalışmalar	56
4.3.2. B2 KODLU ATIKSU NUMUNESİ İÇİN YAPILAN ÇALIŞMALAR	60
4.4. B2 KODLU ATIKSU İÇİN POLİELEKTROLİT DENEMELERİ	66
4.5. B2 KODLU ATIKSU NUMUNESİ İÇİN ÇİFT KOAGÜLANT UYGULAMASI	68
4.6. ÇAMUR OLUŞUMUNUN İNCELENMESİ	70
4.7. ASİT VE BAZ DOZLAMASI	73
4.8. ÖZET TABLOLAR	76
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	78
5.1. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ	78
5.1.1. Atıksuların Karakterizasyonu ve pH Değişimlerinin Arıtmaya Etkisi	78
5.1.2. Koagülasyon-Flokülasyon Çalışmaları	78
5.1.2.1. B1 Kodlu Atıksu Numunesi İçin Yapılan Çalışmalar	78
5.1.2.2. B2 Kodlu Atıksu Numunesi İçin Yapılan Çalışmalar	79
5.2. EKONOMİK ANALİZ	81
5.3. GENEL DEĞERLENDİRME	86
KAYNAKLAR.....	89
ÖZGEÇMİŞ	95

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: Organik Bazlı Boyayla Su Bazlı Boyanın Karşılaştırılması[3].....	8
Şekil 2.2: Boya üretim tesisinin şematik gösterimi [1].	13
Şekil 2.3: Ülkemizde boyaların üretim oranları[3].	13
Şekil 2.4: Karıştırıcı[3].	14
Şekil 2.5: Dispersiyon makinesi[3].....	15
Şekil 2.6: Üretim tankı[3].	17
Şekil 2.7: Boya üretim prosesi ve atık oluşumu[2].....	22
Şekil 2.8: Su bazlı boya üretimi akım şeması.....	23
Şekil 2.9: Bir petrol endüstrisi atıksuyunda farklı koagülantların Bulanıklık giderimine etkisi.	38
Şekil 2.10: Yellow River olarak bilinen bölgede Polialüminyum Klorür ve Alüminyum Sülfat kullanılarak yapılan arıtılabilirlik çalışmasındaki Bulanıklık, Renk ve Çözünmüş Organik Karbon giderim verimleri.	40
Şekil 2.11: Yellow River olarak bilinen bölgede Polialüminyum Klorür ve Alüminyum Sülfat kullanılarak yapılan arıtılabilirlik çalışmasında arıtma sonrası suda kalan toplam ve çözünmüş alüminyum.	41
Şekil 2.12: Organik madde kaynağı humik asit olan bir sentetik suda çeşitli alüminyum bileşikleri kullanılarak yapılan arıtılabilirlik çalışmasına sertliğin etkisi.	42
Şekil 2.13: Seramik endüstrisine ait bir atıksuyun arıtımında PAC'ın etkisi.	43
Şekil 2.14: Su bazlı boya/verniği üreten işletmelerin büyüklükleri.....	44
Şekil 2.15: İşletmelerin reçineyi nasıl elde ettiklerine ilişkin sonuçlar.....	44
Şekil 2.16: Su bazlı boya/vernüklerin tüketiminde hangi sektörlerin bulunduğu.....	44
Şekil 2.17: Su bazlı boya/verniği kullanan işletmelerin büyüklükleri.	45
Şekil 3.1: Jar test düzeneği.....	48
Şekil 3.2: Süzme seti.....	48
Şekil 3.3: Isıtma Ünitesi.....	48

Şekil 3.4: Türbidimetre.....	49
Şekil 3.5: pH metre.....	49
Şekil 3.6: Spektrofotometre.....	49
Şekil 3.7: İmhoff hunisi.....	49
Şekil 3.8: Etüv.....	50
Şekil 4.1: B1 kodlu atıksu numunesinin kirlilik parametrelerinin değerlerinin pH ile değişimi.....	56
Şekil 4.2: B2 kodlu atıksu numunesinin kirlilik parametrelerinin değerlerinin pH ile değişimi.....	56
Şekil 4.3: Farklı dozlarda Demir Klorür için B1 kodlu atıksuyun bakiye AKM, KOİ ve Renk değerleri.....	57
Şekil 4.4: Farklı dozlarda PAC için B1 kodlu atıksuyun bakiye AKM, KOİ ve Renk değerleri.....	58
Şekil 4.5: Farklı dozlarda Alum için B1 kodlu atıksuyun bakiye AKM, KOİ ve Renk değerleri.....	58
Şekil 4.6: 4000 mg/l sabit konsantrasyonda farklı koagülantların B1 kodlu atıksuyun AKM giderim oranına etkisi.....	59
Şekil 4.7: 4000 mg/l sabit konsantrasyonda farklı koagülantların B1 kodlu atıksuyun KOİ giderim oranına etkisi.....	59
Şekil 4.8: 4000 mg/l sabit konsantrasyonda farklı koagülantların B1 kodlu atıksuyun Renk giderim oranına etkisi.....	59
Şekil 4.9: Farklı dozlarda Alum için B2 kodlu atıksuyun bakiye AKM ve KOİ konsantrasyonları.....	61
Şekil 4.10: Farklı dozlarda Alum için B2 kodlu atıksuyun bakiye Renk ve Bulanıklık değerleri.....	61
Şekil 4.11: Farklı dozlarda Demir Sülfat için B2 kodlu atıksuyun bakiye AKM ve KOİ konsantrasyonları.....	62
Şekil 4.12: Farklı dozlarda Demir Sülfat için B2 kodlu atıksuyun bakiye Renk ve Bulanıklık değerleri.....	62
Şekil 4.13: Farklı dozlarda PAC için B2 kodlu atıksuyun bakiye AKM ve KOİ konsantrasyonları.....	63
Şekil 4.14: Farklı dozlarda PAC için B2 kodlu atıksuyun bakiye Renk ve Bulanıklık değerleri.....	63
Şekil 4.15: Farklı dozlarda Demir Klorür için B2 kodlu atıksuyun bakiye AKM ve KOİ konsantrasyonları.....	64

Şekil 4.16: Farklı dozlarda Demir Klorür için B2 kodlu atıksuyun bakiye Renk ve Bulanıklık değerleri.....	64
Şekil 4.17: 250 mg/l sabit konsantrasyonda farklı koagülantların B2 kodlu atıksuyun AKM giderim oranına etkisi.....	65
Şekil 4.18: 250 mg/l sabit konsantrasyonda farklı koagülantların B2 kodlu atıksuyun KOİ giderim oranına etkisi.....	65
Şekil 4.19: 250 mg/l sabit konsantrasyonda farklı koagülantların B2 kodlu atıksuyun Renk giderim oranına etkisi.....	66
Şekil 4.20: 250 mg/l sabit konsantrasyonda farklı koagülantların B2 kodlu atıksuyun Bulanıklık giderim oranına etkisi.....	66
Şekil 4.21: 250 mg/l sabit Alum dozlamasında farklı dozda anyonik polielektrolitin B2 kodlu atıksuyun bakiye AKM konsantrasyonuna etkisi.....	67
Şekil 4.22: 250 mg/l sabit Alum dozlamasında farklı dozda anyonik polielektrolitin B2 kodlu atıksuyun bakiye KOİ konsantrasyonuna etkisi.....	67
Şekil 4.23: 250 mg/l sabit Alum dozlamasında farklı dozda anyonik polielektrolitin B2 kodlu atıksuyun bakiye Renk değerine etkisi.....	67
Şekil 4.24: 250 mg/l sabit Alum dozlamasında farklı dozda anyonik polielektrolitin B2 kodlu atıksuyun bakiye Bulanıklık değerine etkisi.....	68
Şekil 4.25: 250 mg/l sabit Alum dozlamasında farklı dozda anyonik polielektrolitin B2 kodlu atıksudaki oluşan çamur hacmine etkisi.....	68
Şekil 4.26: Beraber kullanılan alum ve demir klorür koagülantının giderim veriminin ayrı ayrı kullanımlarına göre değişimi.....	69
Şekil 4.27: Beraber kullanılan alum ve demir klorür koagülantının çamur oluşumuna etkisinin ayrı ayrı kullanımlarına göre değişimi.....	69
Şekil 4.28: 500 mg/l sabit koagülant dozajında B1 kodlu atıksu numunesi için farklı koagülantların çamur oluşum miktarları.....	70
Şekil 4.29: 1000 mg/l sabit koagülant dozajında B1 kodlu atıksu numunesi için farklı koagülantların çamur oluşum miktarları.....	70
Şekil 4.30: 2000 mg/l sabit koagülant dozajında B1 kodlu atıksu numunesi için farklı koagülantların çamur oluşum miktarları.....	71
Şekil 4.31: 500 mg/l sabit koagülant dozajında B1 kodlu atıksu numunesi için farklı koagülantların çamur oluşum miktarları.....	71
Şekil 4.32: 50 mg/l sabit koagülant dozajında B2 kodlu atıksu numunesi için farklı koagülantların çamur oluşum miktarları.....	71
Şekil 4.33: 100 mg/l sabit koagülant dozajında B2 kodlu atıksu numunesi için farklı koagülantların çamur oluşum miktarları.....	72

Şekil 4.34: 250 mg/l sabit koagülant dozajında B2 kodlu atıksu numunesi için farklı koagülantların çamur oluşum miktarları.....	72
Şekil 4.35: 500 mg/l sabit koagülant dozajında B2 kodlu atıksu numunesi için farklı koagülantların çamur oluşum miktarları.....	72
Şekil 4.36: 750 mg/l sabit koagülant dozajında B2 kodlu atıksu numunesi için farklı koagülantların çamur oluşum miktarları.....	73
Şekil 4.37: 1000 mg/l sabit koagülant dozajında B2 kodlu atıksu numunesi için farklı koagülantların çamur oluşum miktarları.....	73
Şekil 4.38: 500 mg/l sabit koagülant dozajında B1 kodlu atıksu numunesinin pH'nın arıtma için uygun değere getirilmesinde ihtiyaç duyulan baz miktarı.	74
Şekil 4.39: 1000 mg/l sabit koagülant dozajında B1 kodlu atıksu numunesinin pH'nın arıtma için uygun değere getirilmesinde ihtiyaç duyulan baz miktarı.....	74
Şekil 4.40: 2000 mg/l sabit koagülant dozajında B1 kodlu atıksu numunesinin pH'nın arıtma için uygun değere getirilmesinde ihtiyaç duyulan baz miktarı.....	74
Şekil 4.41: 4000 mg/l sabit koagülant dozajında B1 kodlu atıksu numunesinin pH'nın arıtma için uygun değere getirilmesinde ihtiyaç duyulan baz miktarı.....	75
Şekil 5.1: B1 kodlu atıksu için maliyet ve oluşan çamur grafiği.....	84
Şekil 5.2: B2 kodlu atıksu için maliyet ve oluşan çamur grafiği.....	84
Şekil 5.3: B2 kodlu atıksuda Demir Sülfat için 500 mg/l'lik dozlamamanın değerlendirmeye alındığı maliyet ve oluşan çamur grafiği.	85

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 2.1: Bazı boya üretim basamakları için kullanılan ekipmanlar[3].....	13
Tablo 2.2: Boya Sanayi Atık Sularında Elde Edilen Maksimum, Minimum ve Ortalama Kirlilik Parametre Miktarları[1].....	20
Tablo 2.3: Boya Üretim Tesislerinde Oluşan Tipik Atıklar[23].....	21
Tablo 2.4: Su bazlı boya bileşimlerine ait örneklemeler[2].....	23
Tablo 2.5 Sentetik endüstriyel su bazlı bir boya atıksuyunun niteliği.....	25
Tablo 2.6: Kimya Sanayi (Boya Üretimi ve Benzerleri).....	27
Tablo 2.7: Kimya Sanayi (Boya, Boya Hammadde ve Yardımcı Madde Üretimi ve Benzerleri).....	28
Tablo 2.8: Farklı koagülantların avantaj ve dezavantajları[2].....	29
Tablo 2.9: Renk Giderimi İçin Bazı Arıtma Teknolojilerinin Karşılaştırılması[30].....	31
Tablo 2.10: Ham Evsel Atıksuyun Tipik Özelliği[32].....	31
Tablo 2.11: Kimyasal arıtma teknolojileri[33].....	32
Tablo 4.1: Su bazlı boya üretim tesisi tank yıkamasından kaynaklanan iki farklı atıksuyun karakterizasyonu.....	55
Tablo 4.2: B1 ve B2 kodlu atıksuların üst fazlarından alınan örneklemenin sonuçları.....	55
Tablo 4.3: B1 Kodlu atıksu numunesinde farklı koagülantlar için AKM, KOİ ve Renk giderim yüzdesi.....	56
Tablo 4.4: B2 Kodlu atıksu numunesinde farklı koagülantlar için AKM, KOİ, Renk ve Bulanıklık giderim yüzdesi.....	60
Tablo 4.5: Alum ve Demir Klorür koagülantlarının beraber kullanılması sonucu elde edilen bakiye konsantrasyonlar.....	68
Tablo 4.6: B2 kodlu atıksu numunesinin arıtılabilirlik çalışmaları sırasında farklı koşullar için pH ayarlamasında gerekli olan baz miktarı.....	75
Tablo 4.7: B1 kodlu ham atıksuya ait veriler.....	76
Tablo 4.8: B2 kodlu ham atıksuya ait veriler.....	76

Tablo 4.9: B1 kodlu atıksuyun arıtılabilirlik çalışmasının özet tablosu.	76
Tablo 4.10: B2 kodlu atıksuyun arıtılabilirlik çalışmasının özet tablosu.....	77
Tablo 5.1: Maliyet hesaplarında kullanılan değerler tablosu.	83
Tablo 5.2: Kimyasalların piyasa değerleri.	83
Tablo 5.3: B1 kodlu atıksu için maliyet ve oluşan çamur değerleri.	84
Tablo 5.4: B2 kodlu atıksu için maliyet ve oluşan çamur değerleri.	85

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler Açıklama

Al	: Alüminyum
g	: Gram
kg	: Kilogram
L	: Litre
mg	: Miligram

Kısaltmalar Açıklama

AB	: Avrupa Birliği
AKM	: Askıda Katı Madde
ALUM	: 18 Hidratlı Alüminyum Sülfat ($AlSO_4 \cdot 18H_2O$)
APE	: Anyonik polielektrolit
B1	: Birinci boya endüstrisi atıksuyu
B2	: İkinci boya endüstrisi atıksuyu
B1Ü	: Birinci atıksuyun üst fazı
B2Ü	: İkinci atıksuyun üst fazı
BOİ	: Biyolojik Oksijen İhtiyacı
BOİ5	: 5 günlük Biyolojik Oksijen İhtiyacı
ÇOK	: Çözünmüş Organik Karbon
ÇKM	: Çökebilir Katı Madde
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
N	: Normal, normalite
NaOH	: Sodyum Hidroksit
PAC	: Poli Alüminyum Klorür
TKN	: Toplam Kjeldahl Azotu
TL	: Türk lirası
TOK	: Toplam Organik Karbon
UV254	: Suyun 254 nm'deki absorbanı
VOC	: Uçucu organik karbon

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BOYA ENDÜSTRİSİ ATIKSUYUNUN KOAGÜLASYON İLE ÖN ARITIMI

Ömer Yasin BALIK

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Serdar AYDIN

Dünyada ve Türkiye’ de boya ve boyar madde üretimi yapan tesislerin sayısı oldukça fazladır. Bu tesislerin sanayi faaliyetlerinden kaynaklanan katı ve sıvı atıklar da dolayısıyla çevreye etkisi bakımından önemli bir yer tutmaktadır. Bu çevresel etkinin azaltılması için üretimde alınması gereken önlemlerin yanı sıra, üretim sonrasında oluşan atıkların çeşitli arıtma yöntemleriyle iyileştirilmesi de hem insani bir sorumluluk hem de yönetmeliklerle sınırlanması nedeniyle bir mecburiyettir.

Yapılan çalışmada su bazlı boya üretimi yapan iki tesisin tank yıkamasından kaynaklı atıksularının koagülasyon ve flokülasyon yöntemi ile arıtılması amaçlanmıştır. Bu arıtım için ALUM, demir klorür, demir sülfat ve PAC koagülant olarak seçilmiş ve farklı konsantrasyonlarda uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Polielektrolit olarak da anyonik ve katyonik polielektrolitlerden faydalanılmıştır. Askıda Katı Madde, Kimyasal Oksijen İhtiyacı, Renk ve Bulanıklık giderim oranları da etkinlik değerlendirmesinde kullanılmıştır. Koagülant seçimi yapılırken mümkün oldukça çok koagülantın birbiriyle mukayese edilmesi amacı temel alınmış ve ilk olarak arıtılması üzerine çalışılan atıksu için yaygın olarak kullanılan alum, demir klorür ve kullanımı üzerine çalışmaların nispeten daha yeni olduğu PAC tercih edilmiştir. İkinci atıksu için demir sülfat denemesi de çalışmaya ilave edilmiştir. Ayrıca ikinci atıksu için uygun koşullarda en iyi performans verdiği yorumlanan alum ve demir klorürün beraber kullanıldığında atıksuyun verdiği tepki de uygulamaya ilave edilmiştir. Etkinlik değerlendirmesi için seçilen parametreler de Su

Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre seçilmiş ve temel kirlilik göstergeleri oldukları için tercih edilmiştir.

Çalışması yapılan birinci atıksu için optimum koagülant dozu olarak belirlenen 4000 mg/l de AKM giderim verimleri neredeyse her koagülant için aynıdır. KOİ için PAC ve alum için en iyi arıtım verimi gözlemlenmiş olup verimler aynıdır. En iyi renk gideriminde ve oluşan en fazla çamur miktarında ise açık ara göze çarpan koagülant PAC olarak dikkat çekmektedir. En az çamur oluşumu ise açık ara alumadır. Optimum doz için harcanan en yüksek sodyum hidroksit miktarı ise 14 ml/l ile diğerlerine göre neredeyse 2-3 katı daha fazla olan demir klorüre aittir. Bu değerlendirmede en düşük sarfiyata ise alum ile ulaşılmıştır.

İkinci atıksuda elde edilen değerlere bakılacak olursa da optimum doz olarak değerlendirilen 250 mg/l için AKM ve Renk bütün koagülantlarda çok yüksek verimde arıtılmıştır. KOİ giderimi için demir klorür ön plana çıkmış olup çift koagülant uygulaması da ciddi oranda giderime katkı sağlamıştır. En az çamur oluşumu demir sülfat ile sağlanmıştır. Ancak KOİ giderim veriminin çok düşük olması sebebiyle bu koagülant için optimum doz 500 mg/l olarak alındığında bu konudaki üstünlük el değiştirmektedir. Bu şartlarda en az çamur oluşumu alumaya ait olup onu çift koagülant uygulaması takip etmektedir. pH ayarlaması için gerekli olan sodyum hidroksit sarfiyatı ise tüm koagülantlar için çok yakın değerlere sahiptir.

Arıtım sonucunda oluşan çamur miktarları Çökebilir Katı Madde analiziyle ml/l (litre başına oluşan çamur) olarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede her iki atıksu için optimum dozlarda alumun en az çamur oluşumuna neden olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmanın en sonunda ekonomik analiz de incelenmiştir. Yapılan değerlendirmede en az maliyetle çalışan arıtma sisteminin de birçok yönden değerlendirmesi yapılmış ve maliyeti etkileyen faktörler ayrı ayrı ele alınmıştır.

Ekim, 2013, 110 sayfa

Anahtar kelimeler: Jar Test, Koagülasyon, Boya Endüstrisi, KOİ, Çamur

SUMMARY

M.SC. THESIS

PRETREATMENT OF DYE INDUSTRY WASTEWATER BY COAGULATION

Ömer Yasin BALIK

İstanbul University

Graduate School of Science and Engineering

Department of Environmental Engineering

Supervisor : Asst. Prof. Dr., Serdar AYDIN

The number of facilities producing dye and colorant in Turkey and in the world is quite great. Due to solid wastes and effluents resulting from industrial activities, these facilities are of quite importance in terms of their impact on the environment. As well as the precautions to be taken in production in order to minimize this environmental impact, improving the wastes emanating during post-production by means of various treatment methods is both a humanitarian responsibility and an obligation as it is restricted by regulations.

This study is intended for depurating, through coagulation and flocculation methods, the wastewaters caused by the tank demolition of two facilities producing water-based paint. For this treatment, ALUM, Iron(III) chloride hexahydrate, Iron (II) Sulphate Heptahydrate and PAC were selected as coagulants, and the applications at different concentrations were performed. Also, anionic and cationic polyelectrolytes were utilized as polyelectrolyte. Suspended Solids, Chemical Oxygen Demand, Colour and the rates of crispening (the elimination of muddiness) were used in efficiency rating. While selecting the coagulants, the target of comparing as many coagulants with each other as possible were grounded on. The PAC, on which the studies are only relatively new was preferred to the commonly used alum, iron chloride and their use for the wastewater which is studied to be treated in the first place. Ferrous

sulphate assay is added to the second working, too. When alum and iron chloride that are interpreted to show the best performance under suitable conditions for the second wastewater are utilized together, the reaction from the wastewater was also included in the application.

The parameters selected for the efficiency rating were also picked out according to the Water Pollution Control Regulations and were preferred as they were basic pollution indicators.

The TSS elimination efficiency in 4000 mg/l determined as the optimum coagulant dose for the first wastewater studied is almost the same for each coagulant. PAC for COD and the best treatment efficiency for alum were observed and the efficiencies are the same. In the best chemical stripping (decolorization) and in the amount of the most of the mud emanated, on the other hand, the noticeable coagulant by far draws the attention as PAC. The least mud emanation belongs to alum by far. The amount of the highest sodium hydroxide - with 14 ml/l - spent for the optimum dosage belongs to the iron chloride which is almost 2-3 times as much as the others. In this evaluation, the lowest wastage was achieved by alum.

As far as the values obtained in the second wastewater are concerned, the TSS and colour were depurated at a very high efficiency in all the coagulants for 250 mg/l assessed as the optimum dose. The iron chloride became prominent for COD removal and the double coagulant application also made a serious contribution to the elimination / removal. The least mud emanation was done by iron sulphate. However, when the optimum dose is taken as 500 mg/l for this coagulant due to the fact that COD removal efficiency is too low, the superiority for the matter involved changes hands. Under such conditions, the least mud emanation belongs to alum and this is followed by double coagulant application. The sodium hydroxide wastage necessary for PH adjustment, on the other hand, is of very close values for all the coagulants.

The amount of mud formed /emanated as the result of the treatment was evaluated as ml/l (the mud formed per litre) through Settleable Solids Analysis. In this evaluation, the alum at optimum doses is determined to cause the least mud emanation for both wastewaters.

The economical analysis was also examined at the end of the study. During the evaluation made, the treatment system operating at minimum costs was also evaluated in many ways and the factors affecting the cost / expenses were separately dealt with.

October, 2013, 110 pages.

Keywords: Jar Test, Coagulation, Dye Industriy, COD, Sludge

1. GİRİŞ

Ülkemiz sanayisinde öncelik maliyet, üretim ve ürün kalitesinde olduğundan, çevresel önlemler ikinci planda kalmıştır. Hala gelişmekte olan çevreye duyarlılık, çevreyi ön plana alan mevzuatlar ve en önemlisi uluslararası ticarete çevresel duyarlılığın ön planda tutulmasının önemi, atıkların gelişigüzel doğaya salınmasının önüne geçmeye başlamıştır.

Boya üreten fabrikalardaki atıksuyun nedeni; reçine ve pigment üretiminin yapıldığı kısımlardan gelen atıklar, iyi hazırlanamayan boyanın fabrika atıksularına verilmesi, zemindeki döküntülerin temizlenmesi, tank ve teçhizat temizleme işleminden çıkan sulardır. Bu atıksular birçok zararlı bileşik içermektedir. Sadece çevreye renk salınımı bile başlı başına ciddi bir problemdir. Alıcı ortamın rengini arttırması ekolojik istenmeyen bazı faaliyetlere sebep olabilir. Boya sanayi atıksuları ile boyarmadde içeren atıksuların arıtılmasında fiziksel, biyolojik ve kimyasal yöntemler kullanılmaktadır.

Bu çalışmada su bazlı boya üretimi yapılan iki farklı fabrikanın tank yıkama sularından temin edilen atıksuların arıtım işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu atıksular arıtılırken koagülasyon ve flokülasyon yöntemi ile Alum, demir klorür, demir sülfat ve PAC koagülant olarak kullanılmıştır. Farklı koagülant dozlarında çalışmalar yapılarak Askıda Katı Madde, Kimyasal Oksijen İhtiyacı, Renk ve Bulanıklık tayinleriyle optimum koşullar tayin edilmiştir. Ayrıca çıkan çamurun miktarı Çökebilin Katı Madde analiz yöntemiyle tayin edilmiştir.

Tez kapsamında boya endüstrisi ve özelde su bazlı boya endüstrisi hakkında bilgiler verilecek olup, atıksularının arıtımında kullanılan kimyasallar ve arıtım yöntemleri de içerikte yer alacaktır. Ayrıca tezin son kısmında uygulanan koagülantlar için ekonomik analize de yer verilecektir.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. BOYA ENDÜSTRİSİ TANITIMI

2.1.1. Boya Endüstrisinin Genel Özellikleri

Boyamak kelimesi cisimlerin renklendirilmesi olarak ifade edilmektedir. Cisimlerin yüzeyinin dış tesirlerden korunması ya da güzel bir görünüm elde edilmesi için renkli hale getirilmesinde kullanılan maddelere de “boya” denir. Çoğu kez boya ve boyarmadde kelimelerini birbirini yerine kullanırız. Bu iki sözcük aynı şeyi ifade etmez. Boyalar bağlayıcı ile karışmış fakat çözünmemiş karışımlardır. Boya bir yüzeye kuruyan yağ ile birlikte fırça veya boyama tabancaları ile uygulanır. Boyanan yüzey, yağın kurumasıyla oldukça kalın yeni bir tabaka ile kaplanır. Bu işlem aslında bir kaplamadır. Boya kelimesinden ressam, badanacı vb. faydalanır. Genelde boya anorganik yapıdadır. Ancak istisnai olarak organik yapıda olabilirler. Uygulandıkları yüzeyde değişiklik yapmazlar. Kazıyarak parçalar halinde uzaklaşabilirler.[1]

Boyalar, pigment veya pigment karışımının bir kısım bağlayıcı ile karıştırılıp iyi bir dispersiyon ve ezilme elde ettikten sonra bağlayıcının geri kalan kısmının, ilave maddelerin ve çözücülerin eklenmesiyle yapılacak renk ve viskozite ayarından sonra süzülüp ambalajlanması ile elde edilir.[2]

Cisimleri (elyaf vb.) renkli hale getirmekte kullanılan maddeler ise “boyarmadde” lerdir. Buna rağmen her renk veren veya renkli olan madde de boyarmadde değildir. Boyarmadde ile yapılan renklendirme boyalarla yapılandan farklıdır. Genellikle çözeltiler halinde çeşitli boyama yöntemleriyle tatbik edilir. Boyarmaddeler organik bileşiklerdir. Boyanacak cisimler boyarmadde ile devamlı ve dayanıklı bir şekilde birleşerek yapı bakımından değiştirirler. Bu değişim yüzey ile kimyasal veya fizikokimyasal bir ilişkiye girerek olur. Boyanın yüzeyi fiziksel işlemlerle başlangıçtaki renksiz durumunu almaz.[1]

2.1.2. Boya Bileşenleri

Genel olarak bakacak olursak boyaların yapısında bağlayıcılar, pigmentler, çözücüler, katkı ve dolgu maddeleri bulunmaktadır.

2.1.2.1. Bağlayıcılar

Tüm boyalar uygulandıkları yüzey üzerinde yapışan bir film oluştururlar ve tümünün formülünde bir film yapıcı yer alır. Film yapıcılar, bağlayıcılar olarak da telafuz edilebilir. Bağlayıcılar, boyaların tümünün iskeletini oluşturur, pigment parçalarını düzgün boya filmi oluşturmak üzere bağlar ve boyanın yüzeye yapışmasını sağlar. Boyaya yapışma, sertlik, sağlamlık, dış etkenlere karşı dayanıklılık özelliklerini verir.

Bağlayıcı olarak yaygın olarak önceden polimerleştirilmiş organik moleküllerden faydalanılır. Bunlar çok büyük moleküller ise içinde buldukları çözücü ya da su buharlaştığında sert ve sağlam bir film halinde yüzeyde kalırlar. Bunun dışında yine önceden polimerleştirilmiş olmakla birlikte görece olarak daha küçük moleküller de olabilir. Bu durumda yüzeyde sert bir film oluşturacak kadar büyümeleri için yüzeye uygulandıktan sonra büyümeye devam etmeleri amacıyla kimyasal tepkimeye sokulurlar. Bir de polimerik olmayan bağlayıcılar vardır. Bunlar monomer veya oligomer yapıları bağlayıcılar olarak adlandırılır. Diğer bileşenlerle karıştırılırlar ve UV ışınlarının etkisi altında polimerleştirilirler. Böylece yeterli molekül büyüklüğüne erişmeleri sağlanır.[2]

Bağlayıcıların Kullanım Alanlarına Göre Sınıflandırılması

Bağlayıcıların kullanım alanına göre sınıflandırılması aşağıda yapılmıştır[1];

a) Kuru, Dahili Ortamlar

Ham keten yağı

Uzun yağlı alkid reçinesi

Kaynatılmış keten yağı

b) Hava Şartlarına Açık, Ancak Genelde Kuru Olan Ortamlar

Kısa yağlı alkid reçinesi

Orta yağlı alkid reçinesi

Ham keten yağı

c) Nem Oranının Yüksek Olduğu Ortamlar

Fenolikler
Epoksi eter
Kısa yağlı alkid reçinesi
Orta yağlı alkid reçinesi

d) Sürekli olarak nemli olan ortamlar, tatlı ve tuzlu su ile temas edecek yüzeyler

Fenolikler
Vinil reçineleri
Epoksi-Polyamid
Kömür katranı-Epoksi
Klor kauçuk
Siklize kauçuk

e) Yer Altı Şartları

Bitümlü boyalar
Kömür katranı-Epoksi

f) Aşınmaya Karşı Dayanıklı Boyalar

Poliüretan
Kömür katranı-Epoksi
Fenolikler
Klor kauçuk
Siklize kauçuk

g) Korozyon Ortamları

Fenolikler
Klor kauçuk
Vinil reçineleri
Kömür katranı
İki komponentli epoksiler
Kömür katranı-Epoksi

h) Yüksek Sıcaklıktaki Yüzeyler

Silikon alkid
Silikon
Siklize kauçuk
Çinkoca zengin boyalar

i) Galvanizlenmiş Yüzeyle

Wash primer

Çinkoca zengin boyalar

2.1.2.2. Pigmentler

Pigmentler boyaların renklendirilmesi ve pas önleme işlevini elde etmesi amacıyla kullanılan hammadde grubudur. Prensi olarak boyalarda faydalanılan çözücülerde çözünmezler. Boya çözücü ve bağlayıcılarının oluşturduğu sıvı ortamda kararlı bir şekilde yayılmış mikron mertebesinde katı asıtlılar şeklinde bulunurlar. Pigmentlerin çözücü-bağlayıcı ortamında kararlı asıtlılar şeklinde homojen olarak yayılması boya üretiminin en kritik adımıdır.

Pigmentlerin renk özelliklerini, öncelikle pigment molekülünün kimyasal yapısında yer alan renk verici gruplar ve yardımcı renk grupları belirler. Ayrıca aynı kimyasal moleküllerden oluşan bir pigmentin tanecik büyüklüğünün farklı olması birçok pigment özelliğini değiştirir.

Pigmentler gibi renk verme özelliğinde olan diğer hammadde grubu da boyarmaddelerdir. Boyarmaddelerin pigmentlerden farkları, boya çözücüleri içinde çözünmeleridir. Boyarmaddeler pigmentlere kıyasla daha düşük dış dayanıma ve ısı kararlılığa sahiptirler.[2]

Pigmentleri beş grupta toplayabiliriz[1];

a) Beyazlar

Anorganik esastır ve genellikle bütün boyalarda biraz vardır.

b) Renkliler

Organik ve anorganik olmak üzere iki çeşittir. Anorganik olanlar ısıya, ultraviyole ışınlar, kimyasal etkenlere ve çözücülere daha dayanıklıdır. Organikler ise daha canlı, temiz ve çekici renklere sahiptir.

c) Siyahlar

Anorganik esastır olup, büyük bir kısmı karbon siyahıdır.

d) Metalik Pigmentler

En yaygın olarak kullanılanlar alüminyum, bronz, bakır ve çinkodur.

e) Dolgu Maddeleri

Genelde açık renkli, düşük yoğunluklu ve ucuz olup, örtme güçleri düşüktür. Maliyeti azaltıp, katı madde miktarını arttırmak ve bazı özelliklere katkıda bulunmak için kullanılırlar.

2.1.2.3. Çözücüler

Boyaların üretimi sırasında ve uygulamaları aşamasında akışkanlıklarının ayarlanması gerekir. Bu amaçla bağlayıcıları inceltebilecek özelliklere sahip sıvılar kullanılır.

Çözücülerin ilk görevi boyaya sürülebilir veya püskürtülebilir bir kıvam sağlamak ve boyanın uygulanmasından sonra uçup giderek boyanın yüzeye ince bir tabaka halinde yapışmasını sağlamaktır. Bunun dışında boyayı oluşturan değişik organik bileşenlerin birbirleri içinde çözünmelerini, boyanın düzlenmesini, kuruma zamanını ve yüzeye yapışma kuvvetini etki eder. Ayrıca kuruma sonunda oluşan patlaklar, renk bozulmaları gibi sorunlar da çözücü kaynaklanır.[2]

2.1.2.4. Katkı maddeleri

Genellikle %2'den fazla olmayacak miktarlarda yer alan, ancak boya teknik özellikleri üzerinde önemli değişikliklere yol açan girdilerdir.

Dispersiyonun daha kısa zamanda ve daha az enerji ile gerçekleştirilmesi, yüzey kusurlarının önlenmesi, akma davranışının ayarlanması, köpüklerin giderilmesi, bakteri ve mantar oluşumunun engellenmesi, sert ve dayanıklı kuru filmler oluşturulması, mor ötesi ışınlarla karşı kararlılığın sağlanması ve boya filminde istenen düzeyde matlaştırılmış ve ipeksi dokuya sahip görünümün sağlanması açısından çok önemli maddelerdir.[2]

En yaygın kullanılan katkıları aşağıda verilmiştir[2]:

- a) Islatıcılar ve dispersiyon katkıları
- b) Yüzey katkıları
- c) Reoloji düzenleyici katkıları
- d) Köpük gidericiler, köpük kesiciler
- e) Biyositler
- f) Katalizörler ve inhibitörler
- g) Mor ötesi (UV) stabilizörleri

h) Matlaştırıcı katkılar

2.1.2.5. Dolgu maddeleri

İçinde bulunduğu ortamda çözünmeyen taneciklerden oluşan, boya maliyetini düşürmek amacıyla kullanılan, boyanın bazı teknik özelliklerinin de iyileşmesine yol açabilecek katı malzemelerdir. Çoğunluğu doğal, belli bir bölümü sentetik olarak elde edilir. 1 mikrometre ile 100 mikrometre arasında ortalama tanecik boyutuna sahiptirler.

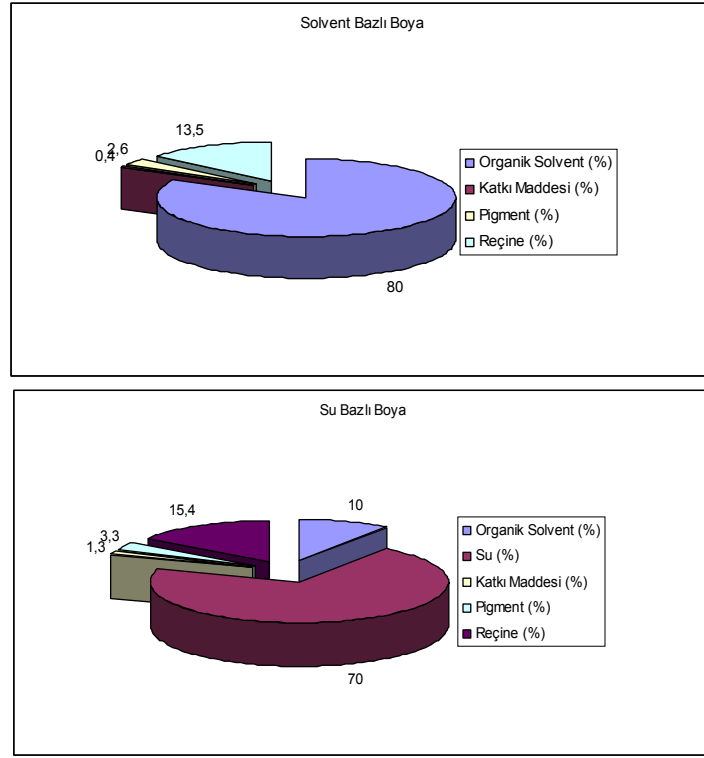
Dolguları renk pigmentlerinden ayıran özellik renk ve örtücülük özelliğidir. Dolguların renksiz olmaları ve film içinde saydam davranmaları beklenir. Örtücülükleri çok daha azdır ve fiyatları daha düşüktür, dolayısıyla gereksiz pigment kullanımının önler, boyanın özelliklerini etkiler, fiyat düşürücü bir rol oynar. Özellikle renk, kırma indisi, tane iriliği, yoğunluk, yüzey alanı veya yağ absorpsiyonu, disperse edilebilirlik, diğer boya girdileriyle ve boyanın sonradan maruz kalacağı kimyasallarla tepkime yatkınlığı ve sertlik özellikleri önemlidir.[2]

En yaygın kullanılan dolgular aşağıda verilmiştir[2];

- a) Barit (doğal baryum sülfat)
- b) Blanc Fixe (sentetik baryum sülfat)
- c) Doğal ve sentetik kalsit
- d) Tebeşir tozu
- e) Dolomit
- f) Talk
- g) Kaolin
- h) Mika
- i) Silika dolgular

2.1.3. Boyaların Sınıflandırılması

Bileşenlerin tipi ve oranı boyanın özelliğini belirler. Aynı zamanda boyanın potansiyel çevre tehlikesi ile atık yönetim seçeneklerini de bileşenlerin karakteri belirlemektedir. En temelde içerdikleri çözücü bakımından boyalar su bazlı, organik çözücü bazlı (solvent bazlı) ve toz boyalar (kuru, çözücü içermeyen) olarak sınıflandırılabilir.[2]



Şekil 2.1: Organik Bazlı Boyayla Su Bazlı Boyanın Karşılaştırılması[3].

Türkiye’de boya üretiminde çözücü olarak genelde solventler tercih edilmektedir. Birçok Avrupa ülkesinde çevre koruma ve insan sağlığına verilen önem arttıkça solvent kullanımı azaltılmaya yönelik çalışmalar başlatılmış ve bu konudaki yaptırımlar fazlaştırılmıştır. Çözümeye yardımcı olmak üzere yapılan hukuki düzenlemeler su çözücülü polimerlerin kullanımını yaygınlaştırmıştır.[4,5] Sadece ağaç işleri endüstrisinde kullanılan kadarı ile, solvent bazlı boyaların kullanımından kaynaklanarak atmosfere yayılan organik esaslı uçucu bileşiklerin yüksek seviyelerde olduğu göz önüne alınırsa, su bazlı sistemlerin önemi kendiliğinden ortaya çıkmaktadır. Konu ile ilgili olarak, 1970 yılında ABD’de imzalanmış olan temiz hava yasası ile başlayan süreçle boya uygulamalarında ortaya çıkan uçucu organik bileşiklerin azaltılması ve öngörülen limit değerlerinin düşük tutulması gibi nedenlere bağlı olarak su bazlı boyaların önemi artmıştır.[4,6-11] Bunun yanı sıra Avrupa’da boya üreticileri, kullanıcıları ve çevre korumacılar 1979 yılında su bazlı sistemlere en kısa zamanda ve kesin geçilmesi konusunda fikir birliğine varmışlardır.[12] Almanya’da 1990’lı yılların başından beri çıkartılan kanunlar ile getirilen sınırlamalardan sonra çevre dostu ürünlerin tercih edilmesinde hızlı bir artış olmuştur. 1990-1994 yıllarında yapılan bir araştırmada solvent bazlı boya tüketim miktarının %40’tan %31’e gerilediği tespit

edilmiştir.[13] 1995 sonrasındaki 10 yıla bakıldığında da otomotiv sektöründe su bazlı boya ile boyanan araç sayısı Batı Avrupa için %40'lardan neredeyse %100'e; Amerika için %15'lerden %40'lara ve Japonya için neredeyse hiç kullanılmama durumundan %20 seviyelerine yükselmiştir.[14] Bunun yanı sıra yollarda kullanılan boyalarda dahi su bazlı boyalara geçiş görülmektedir. Bu boyaların sürücülerin gece görüşünü kolaylaştırıcı özelliği de bulunmaktadır.[15]

Su bazlı boya üretim, tüketim ve kullanımlarının son yıllarda hızlı artış göstermesi, hukuki zorunluluklar yanında su bazlı sistemlerin formüle edilmesine olanak sağlayan bağlayıcı reçinelerin ilerlemesinden de kaynaklanmaktadır.[7,16,17] Aslında su çözücülü sistemler uzun zamandan beri bilinmekte ve kullanılmaktadır. Akrilik lateksler olarak bilinen bu boyalar genelde inşaat sistemlerinde kullanılmak üzere hazırlanmıştır. Buna karşın benzer sistemler suyun ağaç ve metal malzemeler ile uyumlu kullanılmayacağı kaygısını doğurmuştur. Bunun sonucunda su çözücülü sistemlerin metal ve ağaç işleri sektörlerine girişi ve gelişmesi çok yavaş olmuştur. Sistemin ağaç işleri sektöründe kullanılmasını güçleştiren nedenler, ilk zamanlarda kullanılan örneklerinin ağaç malzemedeki lif ve doku kabarmasına sebep olması, tamir bakım imkanının sınırlı oluşu ve mobilya fabrikalarının cila hatlarındaki kurutma kabinlerinin metal kısımlarının su buharı etkisiyle paslanabileceği kaygısından kaynaklanmıştır.[4]

Su bazlı plastik boyalar, tüm yüzeylere kusursuz bir yapışma gösterir. Çatlama, dökülme yapmaz. Kusursuz beyazlığa ve örtücülüğe sahiptir. Su ile silinme ve yıkanmaya karşı dayanıklıdır. Teneffüs edebilme özelliği ile duvardaki rutubetin dışarı atılmasını da destekler. Kullanımı kolaydır. Kuruması çabuk gerçekleşir ve renkleri solmaz.[3]

Boyalar yapısındaki bağlayıcı türüne ve tüketim alanlarına göre ise iki şekilde sınıflandırılabilir[1];

a) Yapısındaki bağlayıcı tipine göre sınıflandırma

Yağlı boyalar

Sentetik boyalar

Selülozik boyalar

Emülsiyon boyalar

b) Tüketim alanlarına göre sınıflandırma:

İnşaat boyları:

Plastik boylar

Yağlı boylar

Akrilik boylar

Sentetik boylar

Sanayi boyları:

Sentetik boyları

Selülozik boyla

Fırın boyları

2.1.3.1. Su bazlı boylar

Su bazlı sistemlerde çözücü olarak belirli ölçüde sudan faydalanılır. Bu grupta sulu emülsiyonlar, koloidal dispersiyonlar ve suyla inceltile kaplamalar yer almaktadır.

Emülsiyonlar suda sentezlenen ve yüzey aktif madde içerikli polimerlerden üretilmektedir. Emülsiyon boyları sıvı monomerin su içinde küçük damlacıklar halinde polimerleşmesi ile emülsiyon polimerizasyonu ile elde edilir.

Emülsiyon boyları değişik polimerik reçineler kullanılarak üretilir. Emülsiyon reçinelerinde boya taşıyıcıları olarak stiren-bütadien kopolimerleri, polivinil asetat, akrilikler, alkidler ve polistiren kullanılır.

Suyla inceltile kaplamalarda suyla karışan organik çözücülerde sentezlenen kopolimerler kullanılır. Bu polimerlerin yanında karboksilik asit içeren az oranda monomer kullanılmaktadır. Bu asit grupları suda çözünebilir ürün oluşturmak için amonyak veya diğer aminler gibi bazlarla nötr hale getirilir. Suyla inceltile kaplamalar belirli miktarda organik çözücü de içermektedir. Su, boya filminden uzaklaştıktan sonra polimerin birleşmesine yardımcı olan yüksek kaynama noktalı, suyla karışabilen bir organik çözücünün kullanılması gerekmektedir. Birleştirici çözücü su buharlaştıktan sonra birikmiş boya filminin akışkanlık kazanarak pürüzsüz kurmasına yardımcı olur. Suyla inceltile kaplamaların kuruması sırasında su, organik çözücü ve bazlar buharlaşır ve geriye suda çözünmeyen malzeme kalır. Kaplama kururken polimerin çapraz bağlanmasına neden olan kimyasallar dayanıklılığın artması için ilave edilebilir.

Uçucu organik kimyasal emisyonunu azalttığı; temizlemede ve inceltmede kullanılan organik çözücülere gereksinim duyulmadığı için su bazlı boyalar daha avantajlıdır. İçinde bulunan organik çözücülerin miktarının çok az olması nedeniyle atıksu toksik organik madde açısından daha temizdir. Bunlara karşın boyanın yüzeye iyi tutunabilmesi için yüzeyin yağdan tamamen temizlenmiş olması gerekmektedir. Ayrıca bu tip boyalar daha uzun sürede kurumaktadır.[2]

Su bazlı boyalar, parlaklık derecelerine göre mat, yarı mat ve parlak olarak sınıflandırılabilir.

Mat Boyalar (Plastik Boya)

Su bazlı mat boyalara halk arasında “plastik boya” denir. Plastik boyalar kaygan bir yapıya sahip değildir ve tam silinebilme özellikleri yoktur. Bu yüzden, plastik boya ile boyanmış duvarların çok sık ve ıslak bezle silinmesi boyanın renk kaybına uğramasına ya da lekelerin boya üzerinde iz bırakmasına neden olabilir. Tavanlar için, özel üretilmiş su bazlı mat boyaların kullanılması tavsiye edilir. Kapatma gücü yüksek olan ve teneffüs etme özelliğine sahip su bazlı plastik tavan boyalarıdır.

Yarı Mat Boyalar (Saten Boya)

Yarı mat boyalara halk arasında “saten boya” denir. Saten boyalar, yüzey hatalarını gizleme özelliklerinden dolayı macun ya da alçı ile düzeltilmiş yüzeylerde dekoratif amaçlı uygulanır. Kaygan bir yapıda olan saten boyalar, tam silinebilme özelliğine sahiptir. Su itme ve buhar geçirgenliği özellikleri sayesinde suyun boya tarafından emilmesine ve lekelerin silinirken boyaya bulaşmasına izin vermezler.[3]

2.1.3.2. Solvent bazlı boyalar

Organik solvent bazlı boyalar yüksek miktarda uçucu organik kimyasal içermektedir. Bunu azaltabilmek için yüksek katı madde içerikli kaplamalar geliştirilmektedir. Yüksek katı madde içeriği kaplamanın daha az çözücüye gereksinim duymasını sağlarken, boyanın spreyci olarak uygulanması sırasındaki yüksek viskozitesinden dolayı ekipmanların modifikasyonu şarttır.

Solvent bazlı boyaların atıkları çoğunlukla tehlikeli ve yanıcıdır. Bununla beraber çözücü bazlı atıkların çözücü geri döngüsü kolaylığı ve yüksek ısı içeriği ile atık geri döngüsü, yeniden kullanım veya yönetim gibi uygun alanlarda değerlendirilmesi de mümkündür.[2]

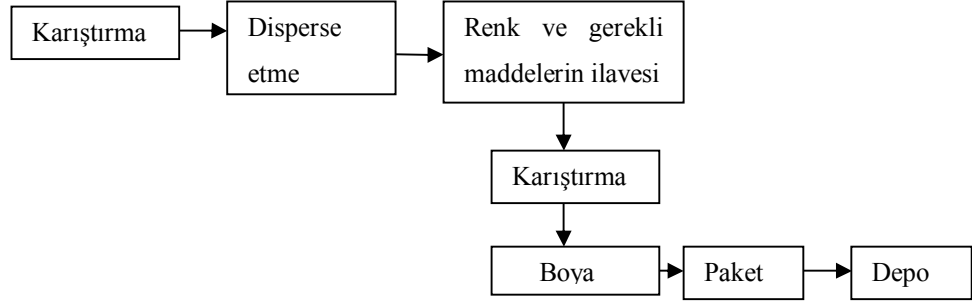
2.1.3.3. Toz boyalar

Toz boyalar çözücü içermez; reçine, pigment, kuruma ajanları, katalizörler, güçlendirici dolgu maddeleri, akış kontrol ajanları ve az miktarda diğer katkı maddeleri esaslı bir karışımdır. Elektrostatik püskürtme ve akışkan yatak teknikleri kullanılarak kuru şekilde uygulanır. Toz sürekli film oluşturacak şekilde ısı uygulanıp eritilerek maddenin yüzeyine tutunur.

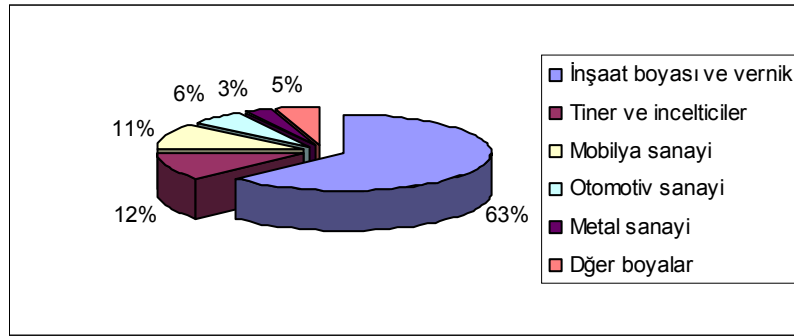
İçeriğinde organik çözücü bulunmadığından çevresel yönden avantajlıdır. Yüksek aktarım verimi nedeniyle de çok az atık üretir. En büyük dezavantajı uygulama zorluğudur. Büyük ve ağır parçaların sık sık ısıtılması gerekmektedir.[2]

2.1.4. Boya Üretimi

Boya üretimi, uygun oranlarda karıştırılmış pigmentlerin karıştırılması, dispersiyon ve renk verilmesi işlemlerini kapsar. İlk adım pigment-alkid-çözücü üçlününün karıştırılması ve ıslatma denilen işlemin gerçekleştirilmesidir. Sonraki adım ıslanmış pigmentin boya filminde düzgün bir dağılım gösterebilmesi için disperse edilmesidir. Bu işlem için makineler kullanılır. Bir sonraki aşamada boya renk kısmına gelir. Son işlemlerden de geçen boya son olarak ambalajlama kısmına gönderilir. Kısaca bir boya fabrikasında ilk karıştırma dairesi, makine dairesi, renk dairesi ve ambalaj dairesi mevcuttur.[1]



Şekil 2.2: Boya üretim tesisinin şematik gösterimi [1].



Şekil 2.3: Ülkemizde boya üretimi oranları [3].

Boyanın istenilen niteliğe uygun ve istenilen renkte üretimi için önceden hazırlanmış, belirlenmiş kodları olan maddelerin ve miktarlarının yazılı olduğu üretim kartları mevcuttur. Bu kartlar; kullanılacak malzemenin stoktan alınması, üretim işlemlerinin yapılması ve ambalajlanabilir duruma gelinceye kadar boyanın takip edilmesi amacıyla hazırlanmıştır.[3]

Tablo 2.1: Bazı boya üretim basamakları için kullanılan ekipmanlar [3].

Boya Üretim Basamakları		
No	Proses adımı	Üretim Ekipmanı
1	İlk Karıştırma	Yüksek devirli karıştırıcı
2	Dispersiyon	Bead mill
3	Alt ilave	Karıştırma tankı

2.1.4.1. İlk Karıştırma Prosesi

a) Bağımsız makine değişkenleri [3]

Dev / dak

Karıştırma çapı

Karıştırıcı dipten uzaklığı

Süre

b) Bağımlı makine değişkenler

Tüketilen güç

Sıcaklık



Şekil 2.4: Karıştırıcı[3].

2.1.4.2. Dispersiyon

Dispersiyon ile ilgili kullanılan bazı terimler aşağıda belirtilmiştir[3];

Aglemerat: Orijinal büyüklükteki pigment taneciklerinin köşe ve kenarlarından tutarak bir araya getirdiği pigment topluluğudur. Yapısı dolayısıyla içindeki boşluklara bağlayıcı dolabildiğinden kolay parçalanabilirler.

Agregat: Pigment taneciklerinin yüzeylerinden birleşerek meydana getirdiği topluluğa verilen addır. Parçalanıp dağılmaları çok zordur.

Flokülasyon: Bir sıvı içinde dağılmış pigment tanecikleri dispersiyon kuvvetlerinin yetersiz olduğu durumda bir araya gelip büyük gruplar oluşturur. Bu gruplara flokül denir. Bunları bir arada tutan kuvvetler aglemeratlardan daha zayıf kuvvetlerdir.

Binder: Taşıyıcının uçucu olmayan kısmına verilen addır.

Taşıyıcı: Pigmentin içine dispers edildiği sıvı faza verilen addır.

Rezin: Binderi oluşturan herbir polimerdir.

Dispersiyon: Pigment partiküllerinin bağlayıcı içerisinde homojen bir şekilde dağılmasıdır.

Pigment partiküllerinin bağlayıcılar tarafından ıslanması pigment dispersiyonunda büyük öneme sahiptir. Bu işlem hem pigment partikül yüzeyinin yapısına hem de ıslatıcı sıvının yapısına bağlıdır. Islatıcı özelliği düşük olan bağlayıcıların kullanıldığı üretimlerde pigment partiküllerinin bağlayıcı tarafından ıslatılması, organik sıvılar tarafından gerçekleştirilir.[3]

Tane iriliklerine göre dispersiyonlar şu şekilde sınıflandırılabilir[3]:

- a) Kaba dispersiyon: 1–3 mikron
- b) Orta dispersiyon: 0,3–1 mikron
- c) İnce dispersiyon: 0,2 mikron
- d) Karışık dispersiyon: İnce tane iriliğinden, kaba tane iriliğine kadar olan farklı tanecikleri içerir.



Şekil 2.5: Dispersiyon makinesi[3].

Genelde dispersiyonda primer parçacıklara kadar ezilme amaçlanır. Ancak bazı durumlarda eldeki şartlar bunu mümkün kılmaz ve dispersiyonda agregatlardan öteye gidilemez. Bu gibi durumlarda dispersiyon istenilen şartları yerine getiriyorsa agregatla yetinilir. Eğer yerine getirmiyorsa uygun dispersiyon makinesi ve viskozite seçimi, uygun katkı maddelerinin ilavesi sağlanır. Bazı durumlarda da pigment dispersiyonu çok şiddetli olur ve pigment primer parçacıkları da öğütür. Bu durum kesinlikle istenmeyen bir durumdur. Örtücülük, renk şiddeti, ışık haslığı vb. gibi tüm optik özellikler ve kimyasal dayanıklılık bu durumda değişir. Genelde bir pigment dispersiyonunda primer tanecikler bir arada bulunmaktadır. Pigment primer parçacıklarının ıslanmasını o pigmentle, verilen bağlayıcı çözeltisi arasında oluşan

yüzeý gerilim belirler ve büyük çoğunlukla bu yüzeý gerilimi düşürmek için ıslatıcı ajanlardan faydalanılır. Agregat ve aglomeratların parçalanarak primer parçacıklara kadar bölünmeleri, ıslanmanın yanında öğütücü cihazların etkinliğine, dispersiyon süresinin uzunluğuna ve uygulanan dispers formülasyonuna göre belirlenen bir durumdur.

Boya üretimindeki dispersiyon işlemini üç ayrı safhada inceleyebiliriz[3]:

Islanma: Pigment hava temas yüzeyinin pigment taşıyıcı iç yüzeyine değişimidir.

Parçalanma: Gerek duyulan dispersiyon derecesine ulaşılmaya kadar flokül, aglomeratların ve az da olsa agregatların parçalanması olarak bilinir.

Dispersiyon stabilizasyonu: Elde edilen ürünlerdeki pigmentlerin dispers hâlinin korunmasıdır. Stabilizasyonun sağlanması için katı taneciklerin birbirine çok fazla yaklaşması tavsiye edilmektedir

İyi bir boya imalatı için uygun bir ham madde, kaliteli bir ezme (dispersiyon) ve iyi bir formülasyon gerekir. Bu üç parametrenin optimumu sağlanabilirse iyi bir pigment dispersiyonunu yaratılabilir.[3]

Dispersiyonda kullanılan aparatlar[3]:

- a) Mikserler (karıştırıcılar)
- b) Yüksek devirli karıştırıcılar
- c) Boncuk değirmenleri
- d) Üçlü silindirler
- e) Bilyalı değirmenler

2.1.4.3. Alt İlave Prosesi

Pigmentlerin ve dolguların kararlı dispersiyonları olan pigment pastalarına gerekli ilavelerin yapılabildiği boyaların eldesi sürecidir. Alt ilave prosesi aslında homojenleştirme prosesidir. Renk eşleme, bir boyanın renginin referans bir renge yaklaştırılmasıdır. Referans renk, bazen boya uygulanmış bir panel, bazen bir yaş boya, bazen bir eşya parçası, bazen de bir standart renkten ibarettir. Renk eşleme esnasında, belli bir pigment bileşimine getirilen boya uygulanarak kuru film elde edilmekte ve rengi, referans rengiyle kıyaslanmaktadır.[3]

Alt ilave aşamalarında dikkat edilecek hususlar aşağıdadır[3];

- a) İlave edilen yarı ürün ve ham maddeler arasında viskozite ve sıcaklık farkı minimumda tutulmalıdır.
- b) Kuvvetli çözücüler bu aşamada girilmelidir.
- c) Yüksek viskoziteli yarı ürünlerin ilavesinden önce bu ürünler nihai formülde yer alan uygun çözücü veya bağlayıcı ile akışkan hâle getirilmelidir.
- d) Alt ilave işlemleri karıştırma sırasında gerçekleştirilmelidir.



Şekil 2.6: Üretim tankı[3].

2.1.4.4. Üretim Ekipmanları

- a) Stok tankları
- b) Üretim tankları
- c) Toz yükleme sistemi (reimelt)
- d) Dispensing sistem (füll)
- e) Scada otomasyon sistemi
- f) Dissolverler
- g) Karıştırıcılar
- h) Bead-mill'ler
- i) Dolum makineleri [3]

2.1.5. Türkiye'de Boya Üretimi

Ülkemiz toplam üretim miktarı bakımından Avrupa'nın 6. büyük üreticisi konumundadır. 800 bin ton / yıl üretim kapasitesine sahiptir. Bunun %55 ini su bazlı, %45 ini solvent bazlı boyalar oluşturmaktadır.

Ülkemizde 20 tane büyük ölçekli, 600 ye yakın da küçük ve orta ölçekli işletme faaliyet göstermektedir. Tamamı özel sektöre ait firmalardan oluşmaktadır. Yerli hammadde oranı yaklaşık %35 tir ve dışa bağımlılık söz konusudur. En fazla reaktif boyalar ithal edilmektedir.[18]

Türkiye boya pazarında satılan yabancı boya ürünlerinin önemli bir kısmı AB ülkelerinden gelmektedir. 2001 krizi Türkiye’de diğer sektörlerde olduğu gibi dışarıdan hammadde ithal eden ve vadeli satış yapan boya sanayini de olumsuz etkilemiş ve üretimi %40 oranında düşürmüştür. 2003 yılı ile beraber sektör toparlama sürecini yaşamış ve 2004 döneminden itibaren normalleşme aşamasına girmiştir. Boya sektörü ağırlıklı olarak iç pazar içinde üretim yapmakta, son dönemde ise ihracatı arttırmaya çalışmaktadır.

Genel sanayi alanında hizmet veren boya sektörü 1988 yılından itibaren ülkemizdeki inşaat sektöründeki canlılığa ve gelir düzeyine bağlı olarak her yıl yaklaşık %10 üzerinde bir artış göstermiştir. Bu gelişme 2001 krizi ile büyük darbe yemiş ve %25 oranında üretim gerilemiştir.[19]

2.1.6. Boya Endüstrisi Atıklarının Özellikleri

Boya endüstrisi suları genellikle yüksek renkli, yüksek pH lı, yüksek KOİ içeren ve düşük biyolojik bozunurluğu olan atıksulardır.[20]

Boya üreten fabrikalardan çıkan kullanılmış suların ana kaynağını tank ve teçhizatın yıkanması oluşturmaktadır. Hammaddeleri karıştırma, inceltme-ton ayarlama ve doldurma, paketleme şeklinde üç adımda yapılan boya üretimi sonunda üretilen boyanın cinsine bağlı olarak bu adımlarda kullanılan tank ve teçhizat su veya bir solvent ile yıkanır.[1]

Tipik bir boya fabrikasında tank ve teçhizat temizlemeden gelen kullanılmış sular dışında başka kirletici kaynaklar da bulunmaktadır[1];

- a)Reçine ve pigment üretiminin yapıldığı kısımlardan gelen atıklar
- b) Zemindeki döküntülerin temizlenmesi
- c) Yağmur suları

- d) İyi hazırlanamayan boyanın fabrika atık sularına verilmesi
- e) Sıhhi su kullanımı sonucu oluşan atık sular

Tank ve teçhizat temizleme işleminden çıkan sularda boyadan gelen toksik veya toksik olmayan organik ve anorganik birçok bileşik bulunur.[21]

Sıvı atıkların kaynakları; reaktör kondenser yan ürünleri, kostik ve diğer su esaslı yıkamalar ile solvent esaslı yıkamalar, solvent esaslı atık maddelerdir. Ayrıca ağır metalleri içeren yıkama suları da atık su olarak bertaraf edilir.

Boya sanayi atık sularını içerdikleri fiziksel, kimyasal ve biyolojik kirlilik parametreleri bakımından karakterize edebilmek oldukça güçtür. Üretilen ürünlerin sık sık değişmesi, yıkama atık suları ile boya ve boya ham maddelerinde kullanılan kimyasal maddelerin, pigmentlerin ve çözücülerin basit bir şekilde toplama kanallarına taşınması sonucu atık suların içeriği sürekli farklılık göstermektedir. Yapılan proses atık su karakterizasyon çalışmalarında ve literatür bilgilerinde görülebileceği üzere boya sanayi atık sularında çok yüksek organik kirlilik ve askıda katı madde bulunmaktadır.

Boya sanayi atık sularının bir diğer özelliği de çok çeşitli organik ve inorganik toksik maddeler içermesidir. Yapılan analizler toksik kirleticilerin bulunduğunu doğrulamaktadır.

Yapılan literatür ve uygulamalı alıştırmalar toksik maddelerin hammaddelerden ve üretim esnasında oluştuğunu göstermektedir. Hammaddelerinin içindeki toksik maddeleri ise dört ayrı grupta toplamak mümkündür; pigmentler ve boyar maddeler, özel kimyasal maddeler, reçineler ve çözücüler.

Boya sanayi atık sularında bulunabilecek toksik kirleticileri de altı grupta toplanabilir; pestisidler, klorlü bifenil bileşikleri, fenolik bileşikler, uçucu organik bileşikler, yarı uçucu organik bileşikler ve inorganik maddeler.

Boya sanayi atık sularının özelliklerinin belirlenmesiyle ilgili birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Bunların bazıları tek tek boya kuruluşlarında olduğu gibi, bazıları da

birçok boya kuruluşunu kapsayacak şekilde yapıldığı belirtilmektedir. Ülkemizde bu konuda oldukça yoğun çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmaların sonucunda hazırlanan boya sanayi atıksuyu karakterizasyonu Tablo 2.2. de sunulmuştur.[1]

Tablo 2.2: Boya Sanayi Atık Sularında Elde Edilen Maksimum, Minimum ve Ortalama Kirlilik Parametre Miktarları[1].

Parametre (mg/l)	En az	En çok	Ortalama
pH (Birimsiz)	3,4	13,2	8,8
BOI	60	1740	481
Toplam KOI	53	1000000	5428
Çözünmüş KOI	19	78000	4103
Toplam katı madde	-	-	6887
Çökebilir katı madde (ml/l)	0	2	1
Toplam askıda katı madde	38	8180	1039
Amonyak	0	1,7	0,5
TKN	0	189	6,4
Yağ ve	4	999	103
Toplam fosfor	0,3	26,4	14
Alüminyum	2,6	74,6	29,5
Antimon	1,1	1,1	1,1
Baryum	0,77	5,7	2,8
Kobalt	0,05	0,23	0,14
Bakır	0,11	0,22	0,17
Demir	3,8	37,3	15,2
Kurşun	1,14	9,99	4,99
Manganez	0,06	9,99	3,5
Nikel	0,02	0,07	0,03
Gümüş	0	0	0
Kalay	0	0,07	0,02
Çinko	0,31	9,3	3,8
Fenoller	0	0,1	0
Yüzey aktif maddeler	0,2	7,5	2,8

Boya sanayi kaynaklı atıklar sadece sıvı olarak karşımıza çıkmaz. Atıksular olduğu kadar çeşitli proseslerde oluşan farklı nitelikte tehlikeli atıklar da söz konusudur. Bunların detayı Tablo 2.3. te verilmiştir. Bu kısımda ayrıca atık başlığına bir parantez açıp tanımını yapmak gerekirse;

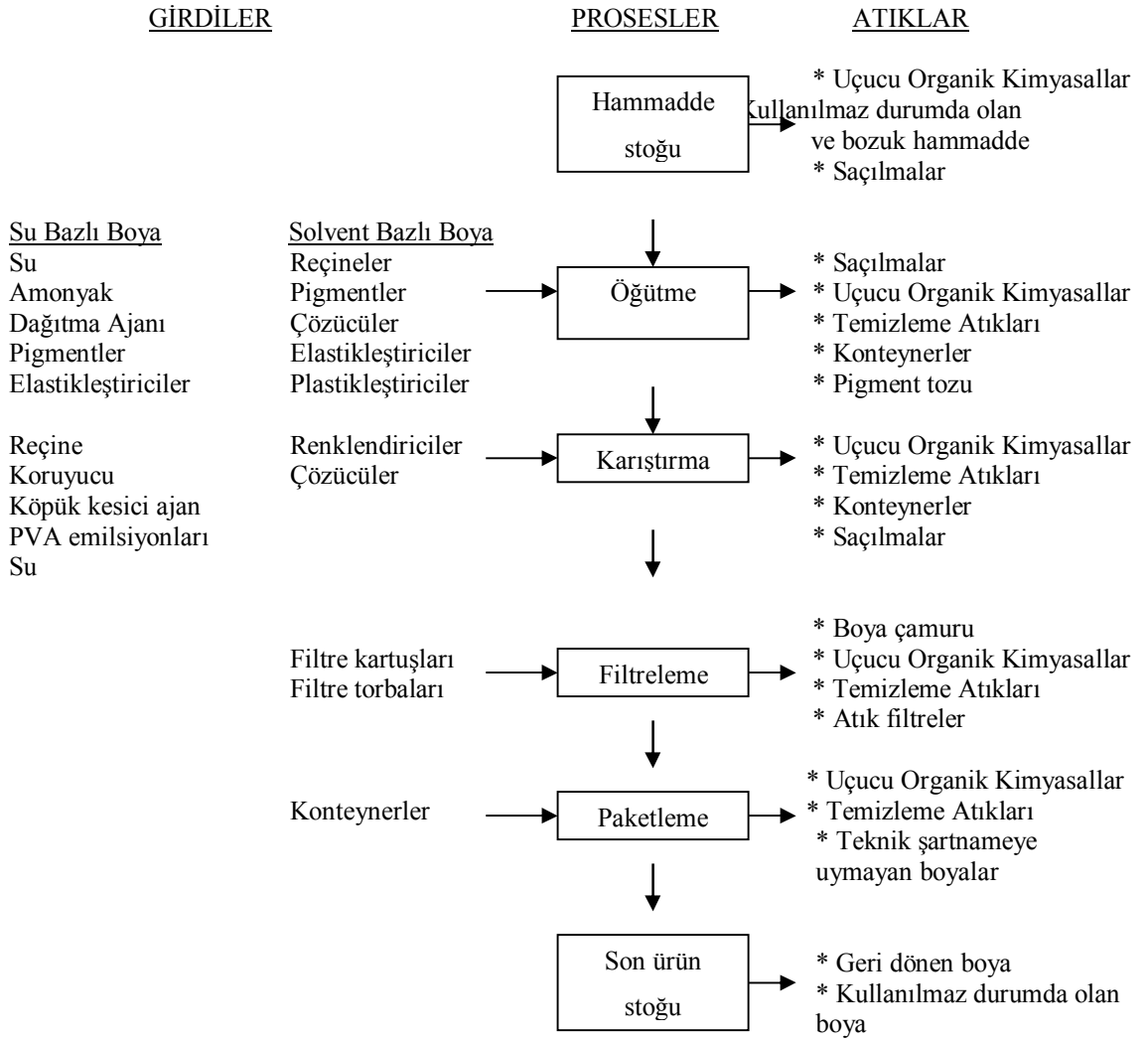
Atık; direk ya da dolaylı olarak, fabrika kaynaklı olduğu kadar evsel aktiviteler sonucu da oluşabilen, faydasız yan ürünler olarak ortaya çıkan, yeniden kullanılabilir ürünler, istenmeyen herşey ve taşınamayan evsel ya da endüstriyel katı maddeler için kullanılan geniş kapsamlı bir terimdir.[22]

Tablo 2.3: Boya Üretim Tesislerinde Oluşan Tipik Atıklar[23].

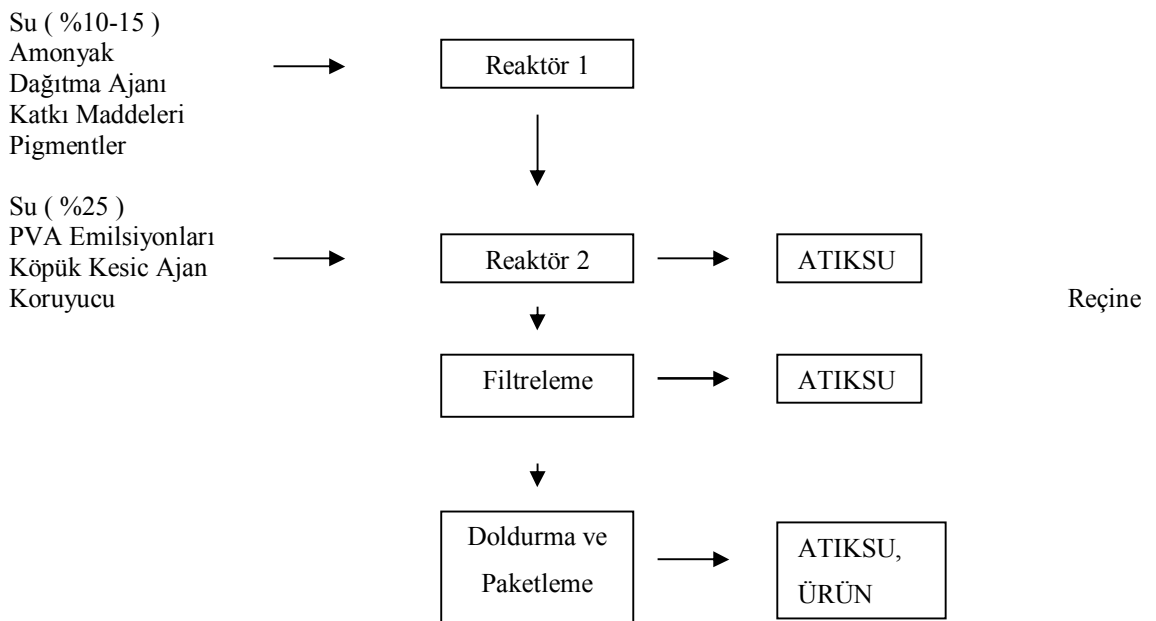
5 01 10	Tehlikeli maddelerin kalıntılarını içeren ya da tehlikeli maddelerle kontamine olmuş ambalajlar
15 02 02	Tehlikeli maddelerle kirlenmiş emiciler, filtre malzemeleri (başka şekilde tanımlanmamış ise yağ filtreleri), temizleme bezleri, koruyucu giysiler
08 01 17	Organik çözücüler ya da diğer tehlikeli maddeler içeren boya ve verniğin sökülmesinden kaynaklanan atıklar
08 01 18	08 01 17 dışındaki boya ve vernik sökülmesinden kaynaklanan atıklar
08 01 11	Organik çözücüler ya da diğer tehlikeli maddeler içeren atık boya ve vernikler
08 01 12	08 01 11 dışındaki atık boya ve vernikler
08 02 01	Atık kaplama tozları
07 02 07	Halojenli dip tortusu ve reaksiyon kalıntıları
07 02 08	Diğer dip tortusu ve reaksiyon kalıntıları
08 01 13	Organik çözücüler ya da diğer tehlikeli maddeler içeren boya ve vernik çamurları
08 01 14	08 01 13 dışındaki boya ve vernik çamurları
08 01 15	Organik çözücüler ya da diğer tehlikeli maddeler içeren boya ve vernikli sulu çamurlar
08 01 16	08 01 15 dışındaki boya ve vernik içeren sulu çamurlar
07 03 04	Diğer organik çözücüler, yıkama sıvıları ve ana çözeltiler
14 06 03	Diğer çözücüler ve çözücü karışımları
07 03 08	Diğer dip tortusu ve reaksiyon kalıntıları
14 06 05	Diğer çözücülerini içeren çamurlar veya katı atıklar
07 02 99	Başka bir şekilde tanımlanmamış atıklar
08 02 01	Atık kaplama tozları

2.1.7. Su Bazlı Boya Üretimi

Su bazlı boya üretiminin birinci aşaması beyaz renkli boya pastasının hazırlanmasıdır. Bu amaçla su, amonyak, dağıtma ajanı, pigmentler ve katkı maddeleri birinci reaktörde yarım saat boyunca karıştırıldıktan sonra yoğunluk kontrolü yapılır. Kontrolden olumlu sonuç geldikten sonra reaktörün içindeki bileşenler renk ayarlamalarının ve inceltme işlemlerinin yapıldığı ikinci reaktöre geçirilir. Bu reaktöre su, PVA emülsiyonu, köpük kesici ajan, koruyucu ve reçine eklenir. İstenen ürün kalitesi sağlanırsa filtrasyon gerçekleştirilir ve doldurma paketleme birimine aktarılır. Su bazlı boya üretimi akım şeması Şekil 2.7’de gösterilmiştir.[2]



Şekil 2.7: Boya üretim prosesi ve atık oluşumu[2]



Şekil 2.8: Su bazlı boya üretimi akım şeması.

2.1.7.1. Su Bazlı Boya Bileşimleri

Su bazlı boya bileşimlerine ait örneklemeler Tablo 2.4'te verilmiştir.

Tablo 2.4: Su bazlı boya bileşimlerine ait örneklemeler[2].

Bileşen	%		
	Su bazlı dış cephe boyasının bileşimi (akrilik bağlayıcı)	Su bazlı dış cephe boyasının bileşimi (polivinil asetat bağlayıcı)	Su bazlı iç cephe boyasının bileşimi (akrilik veya polivinil asetat bağlayıcı)
Su	7-14	19-24	15-27
Kıvamlaştırıcı	4-10	1-17	10-15
Öğütme kolaylaştırıcı	0,-0,6		0,9-1,5
Islatıcı	1,2-1,4	0,9-1	0,2-0,3
Titanyum dioksit (rutil)	15-20	17-18	
Titanyum dioksit (anataz)	0-4	2-3	
Çinko oksit	0-4	8-9	
Sodyum potasyum alüminyum silikat ya da magnezyum silikat, talk	0-6		
Akrilik emülsiyon	35-50		
Etilen glikol	0-2	0-1,5	
Soruşturucu	0,6-0,8	0-0,2	0,1-0,2
Köpük önleyici	0,1-0,2	0-0,1	
Bakteri ve mantar önleyici	0-0,3		0,05-0,1
Potasyum tripolifosfat		0-0,1	
Mika		0-2	
Vinil asetat kopolimeri		38-40	
Glikol eter		0,5-1	
Plastikleyci			2-4
Alüminyum silikat			5-15
Kalsiyum karbonat			5-15
Akrilik veya polivinil asetat emülsiyonu			15-35
Amonyum Hidroksit	0-0,2		0-0,4
Silikatlar		0-5	
Talk		0-4	
Titanyum dioksit			8-25

Su bazlı dış cephe boyasının bileşiminde pigmentlerin hacimsel oranı % 35 kadardır. Boyanın pH'ı 8-8.5 arasında olmalıdır. Bunu sağlamak için amonyum hidroksit kullanılır.

Çinko oksit genellikle metal yüzeyi boyalarında korozyon önleyici olarak kullanılır. Duvar boyasında kullanılmasına gerek yoktur. Mika elektrik, ısı, ışık ve kimyasallara karşı direnç sağlar. Pulsu yapısı nedeniyle nem ve gazın aşağıya geçmesini önler, basıncı kolay dağıtır.

Su bazlı iç cephe boyasının bileşimi için üretilecek boyada pigmentin hacimsel oranı % 45 civarında, pH değeri ise 9-9.5 arasındadır. Mal oluş fiyatını düşürmek için genellikle boyaya titanyum dioksit yerine kalsit konur. Fakat kalsiyum karbonatın kırınım indisi çok düşük olduğu için titanyum dioksitten yağılacak boyanın örtme gücünü çok azaltır.[2]

2.1.7.2. Su Bazlı Boya Atıksularının Miktar ve Özellikleri

Yapılan bir çalışmada sentetik endüstriyel su bazlı boya atıksuyu kullanılmış olup bu atıksu içeriğinde %3-5 (ağırlık/ağırlık) katı madde içerecek şekilde bir boya fabrikasından temin edilen akrilik kopolimer bazlı beyaz boyanın farklı marka bir su bazlı renklendirici pigment ile renklendirilerek inceltilmesi ile laboratuvarında sentetik olarak hazırlanmış ve niteliği belirlenmiştir.

Endüstriyel su bazlı boya atıksuyunun niteliği kimyasal oksijen ihtiyacı, bulanıklık, pH, katı madde miktarı (askıda, çözülmüş, uçucu ve uçucu olmayan) analizleri yapılarak belirlenmiş ve bu çalışmaya ait sonuçlar Tablo 2.5'te verilmiştir.[24]

Tablo 2.5 Sentetik endüstriyel su bazlı bir boya atıksuyunun niteliği.

Parametre	Değer
Kimyasal Oksijen İhtiyacı, mg/l	7496
Bulanıklık, NTU	3378
pH	9,12
Çözülmüş Oksijen, mg/l	6,16
Toplam Katı Madde, mg/l	43370
Toplam Askıda Katı Madde, mg/l	2770
Çözülmüş Katı Madde, mg/l	40600
Toplam Uçucu Katı Madde, mg/l	4460
Uçucu Olmayan Katı Madde, mg/l	38910

2.1.7.3. Su Bazlı Boya Atıksuyu İçin Seçilen Kirletici Parametreler ve Özellikleri

Su bazlı boya atıksuyu arıtımında kontrole esas oluşturmak üzere seçilen parametreler, bu parametrelerin özellikleri ve etkileri aşağıda özetlenmiştir.

Kimyasal oksijen ihtiyacı

Bir su örneğindeki organik ve oksitlenebilir inorganik bileşikleri yükseltgemek için gerekli oksijen miktarını ölçen, suyun kalitesiyle ilgili bir göstergedir.[25]

Organik maddenin biyokimyasal reaksiyonlara değil redoks reaksiyonlarıyla oksitlenmesi esasına dayanır. Kimyasal oksidasyonda maddenin biyolojik olarak ayrışıp ayrışmadığına ve ayrışma hızına bakılmaksızın bütün organik maddeler oksitlenir. Bu parametre ile atıksuların bünyesindeki organik maddeler, kimyasal oksidasyonları için gerekli oksijen miktarı cinsinden belirlenir.[2]

pH

pH bir çözeltinin asit veya baz olma özelliğinin derecesini gösteren bir terim olup çözeltide bulunan H⁺ iyonu konsantrasyonunu ve daha kesin bir ifade ile hidrojen iyonunu aktivitesini göstermektedir. Suyun pH değeri yumaklaştırma prosesi için çok önemlidir. Dezenfeksiyon işleminde ise çok düşük ya da çok yüksek pH değerleri mikroorganizmaları doğrudan öldürebildiği gibi pH dezenfeksiyon kapasiteleri farklı bileşiklerin oluşmasına ya da azalmasına neden olabilmektedir.[2]

Bulanıklık

Suda ve havada asılı bulunan maddelerin neden olduğu, güneş ışınlarının ortama girme ve bitkilerin büyüme düzeylerini denetleyen, içme suyu kalitesi açısından zararlı ortam koşullarını belirtir.[25]

Suların bulanık oluşu; içinden geçen ışığı askıda maddelerin engellemesinden kaynaklanır. Bulanıklığın nedeniyse askıda bulunan kil, silis, organik maddeler, mikroskobik organizmalar, çökebilir haldeki kalsiyum karbonat, alüminyum hidroksit, demir hidroksit veya benzer maddelerden ileri gelebilir. Bunların tanecik büyüklükleri çok farklı olabilir. [2]

Katı maddeler

Sudaki ve atıksudaki askıda veya çözünmüş haldeki maddeler katı maddeler olarak isimlendirilir. Yüksek konsantrasyonlarda katı madde içeren kirlenmiş sular endüstri kuruluşlarının çıkış suyu kalitesine ve alıcı suya olumsuz yönde etki eder. Endüstriyel atıksuların arıtılmasında ön çökeltme tanklarının gerekli olup olmadığına karar verirken ve bunların boyutlandırılmasında katı madde miktarının ölçülmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Kimyasal madde kullanımı ve oluşabilecek çamur miktarını etkiler. Alıcı su ortamlarında çökelmelere ve fazla miktarda dip çamuru oluşmasına sebebiyet verirler. Taban birikintilerinde anaerobik ayrışma başlayabilir. Ayrıca alıcı ortamlarda bulanıklık yaparak ışık geçirgenliğini azaltması da çevreye zararlıdır.[2]

Renk

Renk, bir cismin veya ışık kaynağının gözümüzde sebep olduğu etkidir. Ancak bu tanım oldukça sınırlıdır ve fiziksel ve psikolojik olaylarla etkileşim içindedir. Örneğin beyaz bir cismin rengi aydınlıkta da, gece mum ışığında da beyaz görünür. Fakat gerçekte fiziksel ölçümlerle kıyaslandığında mum ışığındaki cismin rengi beyaz değil, mum alevinin sarımsı rengini taşımaktadır. Bu bakımdan renk kavramı bu değişik kavramlar altında değerlendirilecektir.

a) Psikolojik Renk: Beynimizde uyandırılan bir duygudur. Gözleri ve beyinleri normal iki insan aynı cins ışık tarafından uyandırılan duygularını aynı sözcükle ifade eder. Örneğin bir cismin rengini mavi sözcüğü ile belirtirler. Ancak bu insanların mavi sözcüğü ile tanımladıkları duygular acaba birbirinin aynısı mıdır? Duyguların eşitliği hakkında bilimsel kesin bir açıklama yapılamamaktadır.

b) Fizyolojik Renk: Farklı ışık türlerinin gözümüzün retinasında ve görme sinirlerinde oluşturduğu fizyolojik olaylar topluluğudur. Örneğin odada bulunan bir cismin renge bakıldığında gerçekte güneş ışığında veya floresans bir lamba altında biraz değişik gözükür. Bir cismin güneş ışığındaki rengine subjektif olarak değişmez gözüyle bakılır. Beyin mümkünse gerekli düzeltmeyi yapar.

c) Fiziksel Renk: Belli bir ışığın fiziksel boyutlarının ölçü ve rakamlarla kesin olarak tanımlanmasıdır. Söz konusu olan ışık spektroskopik yöntemlerle analiz edilerek saptanır.

Karanlıkta her cisim siyahtır; herhangi bir renk söz konusu değildir. Buna karşın kırmızı bir elmaya mavi bir ışık altında bakarsak hemen siyah görürüz. Gün ışığında yeşil olarak görünen yaprak, kırmızı veya turuncu ışık altında siyaha yakın renkte gözükmetedir. Böyle bir gözlemden şu sonuç çıkabilir ki renk, cismin kendisini aydınlatan ışığa bağlı olan bir özelliktir ve ışığın bir fonksiyonu olarak tanımlanır.[1]

2.1.8. Boya Endüstrisi Atıksularının Deşarj standartları

Su kirliliği kontrol standartları; belirli bir amaçla kullanımı planlanan su kütlelerinin mevcut su kalite kriterleri uyarınca kalite denetimine tabi tutulabilmesi ve daha fazla kalite kaybının önlenmesi için konulmuş sınır değerlerini ifade eder. Bu sınır değerlerinden atıksu boşaltımı dolayısıyla alıcı ortam sayılan su kütlelerinin kalite özelliklerini bozmasını engellemek üzere konulmuş olanları alıcı ortam standartlarını, aynı amaçla boşaltılan atıksuların kalite özelliklerini kısıtlayanları ise deşarj standartlarını ifade eder.

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre boya endüstrisi atıksuları alıcı ortam deşarj değerleri aşağıdaki tablolarda verilmiştir.[26]

Tablo 2.6: Kimya Sanayi (Boya Üretimi ve Benzerleri).

PARAMETRE	KOMPOZİT NUMUNE 2 SAATLİK	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
KİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI (KOİ), (mg/l)	200	150
ASKIDA KATI MADDE (AKM), (mg/l)	60	40
BALIK BİYODENEYİ (ZSF)	3	-
pH	6-9	6-9
Renk, (Pt-Co)	280	260

Tablo 2.7: Kimya Sanayi (Boya, Boya Hammadde ve Yardımcı Madde Üretimi ve Benzerleri).

PARAMETRE	KOMPOZİT NUMUNE 2 SAATLİK	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
KİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI (KOİ), (mg/l)	200	150
KROM (Cr ⁺⁶), (mg/l)	0.5	0.3
KADMİYUM (Cd), (mg/l)	-	0.2
ÇİNKO (Zn), (mg/l)	4	3
TOPLAM KROM, (mg/l)	2	1
KURŞUN (Pb), (mg/l)	2	1
DEMİR (Fe), (mg/l)	30	
TOPLAM SİYANÜR (CN ⁻), (mg/l)	2	1
BALIK BİYODENEYİ (ZSF)	6	3
pH	6-9	6-9
Renk, (Pt-Co)	280	260

2.1.9. Su Bazlı Boya Atıksularının Arıtımında Kullanılan Yöntemler

Su bazlı boya endüstrisinden kaynaklanan atıksular yüksek oranda askıda katı madde, yüksek kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), yüksek biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) ve diğer çözünmüş maddeleri içerir. Bu parametreler fiziksel, kimyasal ya da biyolojik yöntemlerle arıtılabilirler. Okidasyon, çöktürme, koagülasyon ve flokleştirme kullanılan kimyasal yöntemlerdendir. Adsorpsiyon ve membran filtrasyonu ise en sık kullanılan fiziksel yöntemler arasındadır.[2] Adsorpsiyon moleküllerin katı yüzeylere tutunması olarak tanımlanmaktadır.[25]

2.1.9.1. Kimyasal arıtma prosesleri

Sulara koagülant olarak anılan bazı kimyasal maddeler ilave edilerek çökelme özellikleri iyi olmayan çok ince askıda katı madde veya kolloidlerin çökebilen parçacıklar haline dönüştürülmesine pıhtılaştırma-yumaklaştırma (koagülasyon-flokleştirme) denir. Yüzeysel sularda su temini çalışmalarında, evsel ve endüstriyel atıksuların arıtılmasında sık kullanılan bir yöntemdir. Bu işlem sonunda bulanıklık, renk, zararlı bakteri ve patojenler, alg ve diğer planktonlar, koku yaratan ve tat bozan maddeler, alg çoğalmasına neden olan fosfat sudan uzaklaştırılmış olur.

Dezavantajlı yanı fazla miktarda çamur oluşması ve oluşan çamurun bertaraf maliyetinin yüksekliğidir.

Tablo 2.8: Farklı koagülantların avantaj ve dezavantajları[2].

Koagülant	Avantajı	Dezavantajı
Alüminyum Sülfat (Alum) / $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	Temini ve uygulaması kolay, en çok kullanılan koagülant, kireçten daha az çamur üretir, pH 6.5-7.5 arasında etkilidir.	Suya çözülmüş katı bırakır, belli bir pH aralığında etkilidir.
Sodyum Alüminat / $Na_2Al_2O_4$	Sert sularda etkilidir, genellikle düşük miktarlarda kullanılır.	Çoğunlukla alumla birlikte kullanılır, yüksek maliyetlidir, yumuşak sularda etkili değildir.
Polialüminyum Klorür (PACl) / $Al_13(OH)_{20}(SO_4)_2Cl_{15}$	Bazı uygulamalarda flok oluşumu alumina göre daha yoğundur ve alümandan çabuk çöker.	Sık kullanılmaz, kullanımı ile ilgili fazla bilgi yoktur.
Demir (III) Sülfat $Fe_2(SO_4)_3$	Etkili olduğu pH aralığı 4-6 ve 8.8-9.2'dir.	Suya çözülmüş katı bırakır, ilave alkalinite ihtiyacı vardır.
Demir (II) Sülfat / $FeSO_4 \cdot 7H_2O$	pH'a kireç kadar hassas değildir.	Suda çözülmüş katı oluşumuna neden olur, ilave alkalinite ihtiyacı vardır.
Demir Klorür / $FeCl_3 \cdot 6H_2O$	Etkili olduğu pH aralığı 4-11'dir.	Suda çözülmüş katı oluşumuna neden olur, alumun iki katı alkalinite oluşturur.
Kireç / $Ca(OH)_2$	Sıklıkla kullanılır, çok etkilidir, atığa çözülmüş katı bırakmaz.	pH'a çok bağlıdır, çok miktarda çamur oluşturur, yüksek miktarları kötü atıksu kalitesi ile sonuçlanır.

Alum ve demir tuzları koagülant madde olarak daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra flokleştirmeye yardımcı olması için düşük dozlarda polimer de ilave edilmektedir.[2]

2.1.9.2 Su Bazlı Boya Üretiminin Yapıldığı Bir Fabrikada Atıksuya Uygulanan Arıtım Yöntemi

Su bazlı boya üretiminin yapıldığı bir fabrikada oluşan atıksuların arıtım işlemi incelenmiştir. Arıtma işlemi için kimyasal arıtma yöntemi seçilmiştir.

Arıtma tesisi su bazlı duvar boyası imalatı yapmakta olup 3 m³/gün endüstriyel atıksu kapasitesine sahiptir. Yapılan kimyasal arıtılabilirlik çalışmaları sonucunda en iyi sonucun alum ile elde edildiği görülmüştür. Ham atıksuyun Kimyasal Oksijen İhtiyacı değeri 19667 mg/l iken arıtılmış suyun değeri 4567 mg/l ye kadar düşmüştür.

Arıtım gerçekleştirilirken pH ayarlaması ve koagülant ilavesi hızlı karıştırma adımında gerçekleştirilmektedir. Polielektrolit ise yavaş karıştırma sırasında ilave edilmektedir.

Faz oluştuğu gözle görüldüğünde karıştırıcı durdurulmakta, arıtılmış atıksu çöktürülmektedir.

Hızlı karıştırma ünitesinde zayıf bir yapıda olan floklar yavaş karıştırma ünitesinde büyür ve bu üniteye su-çamur fazı net olarak ortaya çıkar.[2]

Arıtım ünitesini oluşturan ekipmanlar aşağıda belirtilmiştir[2];

- a) Dengeleme ve Terfi Havuzu: Atıksular direk hızlı karıştırma tankına verilmeden önce dengeleme havuzunda toplanır. Atıksu üniform hale geldikten sonra pompa ile hızlı karıştırma tankına alınır.
- b) Hızlı Karıştırma Tankı: Reaksiyon için gerekli olan koagülant ve pH ayarlayıcı maddeler bu tankta ilave edilir.
- c) Yavaş Karıştırma Tankı: Atıksuya yardımcı pıhtılaştırıcı maddenin (polielektrolit) ilave edildiği tanktır. Büyük flokların oluşturulduğu arıtma ünitesidir.
- d) Kimyasal Çökeltme Tankı: Atıksu arıtımında oluşan çamurun kendi ağırlığı ile tabana çökmesi beklenir. Durulan su üstten alınarak nötralizasyon havuzuna gönderilir. Biriken çamur, pompa vasıtasıyla çamur yoğunlaştırma havuzuna iletilir.
- e) Nötralizasyon Tankı: Sistemden çıkan atıksuların pH ayarının yapıldığı bölümdür.
- f) Çamur Kurutma Tankı: Uzaklaştırılması gereken çamur kurutma yatağına verilerek ve çökmüş olan çamur kurutma yatağında süzdürülerek üstte kalan çamur uzaklaştırılır.

2.2. ATIKSULARIN KİMYASAL ÖN ARITIM YÖNTEMLERİ

Su problemi neredeyse geri dönüşü olmayan evrensel bir problem halini almıştır. İnsan popülasyonunun %40 ı sağlıklı bir şekilde suya erişememekte ve su sebepli bazı hastalıklar nedeniyle birçok ölüm olayı gerçekleşmektedir.[27] Ayrıca günümüzde yaklaşık %20 lik bir kitle de - ki bu yaklaşık 1 milyar insana tekabül etmektedir - güvenli ve taze su temin edememektedir. [28]

İlk bakışta yeryüzündeki suyun, bütün insanlığın ihtiyacını karşılayacak kadar çok olduğu ve tükenmez bir kaynak olduğu akla gelebilir. Buna karşın dünyadaki su kaynaklarının sadece %3'ü içme ve kullanma suyu teminine elverişlidir. Ancak kaynakların hızla kirlendiği veya fazlasıyla tüketildiği de bilinen bir gerçektir.

Sıvı atık sorunu dediğimizde karşımıza, lağım suları, evsel sıvı atıklar ve endüstriyel sıvı atıklar çıkmaktadır. Bunların yanı sıra yağmur suları ile süzüntü-akıntı suları da atık sular sınıfına alınabilir. Süzüntü, yüzey sularının sızarak kanalizasyona girmesiyle oluşur. Akıntı suları ise yağmur ve kar sularının çatılardan yerlere ve buradan da kanalizasyon sistemine ulaşmasıdır.[29]

Tablo 2.9: Renk Giderimi İçin Bazı Arıtma Teknolojilerinin Karşılaştırılması[30].

Metot	Avantajı	Dezavantajı
Adsorpsiyon	Birçok ürün için yüksek giderim verimi	Adsorbentin sık sık yenilenmeye veya değiştirilmeye ihtiyaç duyması, pahalı olması, uzun sürede sonuçlanması, düşük adsorpsiyon kapasitesi
Membran Teknolojileri	Bütün ürün tipleri için giderim sağlaması	Pahalı olması ve konsantre olmuş çamur üretmesi
Geliştirilmiş Oksidasyon / Fotodegradasyon	Hızlı bir proses	Yüksek enerji maliyeti, istenmeyen yan ürün eldesi
Koagülasyon / Flokülasyon	Ekonomik bir uygulama	Yüksek çamur üretimi
Mikrobiyal biyodegradasyon	Pahalı değil ve nispeten çevre dostu. Birçok ürün için yüksek giderim verimi. BOİ ve KOİ gideriminde etkili.	Uzun süreli bir proses, nütriente ihtiyaç duyabilir, büyük hacimli tank ve geniş alan ihtiyacı, birçok toksik bileşenin giderilememesi, değişken renk giderim verimi
Elektroliz	Tamamen mineralize olmaması	Yüksek güç kaynağı ihtiyacı

Tablo 2.10: Ham Evsel Atıksuyun Tipik Özelliği[32].

Kirleticiler (mg/l)	Konsantrasyon		
	Zayıf	Orta	Kuvvetli
Toplam Katı Madde	350	720	1200
Toplam Çözülmüş Katı Madde	250	500	850
Askıda Katı Madde	100	220	350
Çökebilir Katı Madde, (ml/l)	5	10	20
BOİ	110	220	400
TOK	80	160	290
KOİ,	250	500	1000
Toplam Azot	20	40	85
Toplam Fosfor	4	8	15
Klorür	30	50	100
Sülfat	20	30	50
Alkalinite, (mg CaCO ₃ /l)	50	100	200
Yağ Gres	50	100	150

2.2.1. Endüstriyel Sıvı Atıkların Genel Karakterizasyonu ve Arıtımı

Bu atıklar kaynak özelliklerine bağlı olarak çok farklılık gösterir. Üretim işlemleri atıkları, iş yeri ve çalışanların temizliği ve sıhhi kullanımıyla ilgili atıklar, proses ve işlemlerden kaynaklanan atık sular, soğutma suları, alet ve teçhizat yıkama suları, buhar kazanlarının suları, endüstrilerin evsel atık suları (tuvalet, yemekhane vb.) ve yağmur suları saha drenajı endüstriyel sıvı atık kapsamına girmektedir.

Endüstriyel sıvı atıklarda kirlilik parametreleri ise; organik madde miktarı, çözülmüş tuzlar, zehirli maddeler, renk, bulanıklık, askıda kalan katı maddeler, sıcaklık, pH, nutrient maddeler, yağ ve gres, radyoaktif maddeler, bakteriyolojik kirleticiler, fenol ve fenol türevleri, tat ve koku yaratan bileşikler, tarım ilaçları, asit ve bazlar, petrol ve petrol türevleri, kalıcı atıklar olarak sıralanabilir.

Endüstriyel arıtma tesislerinde fiziksel, kimyasal, biyolojik ve ileri arıtma uygulamaları ayrı ayrı ya da bir arada uygulanabilir. Arıtılmış suyun kullanılabileceği alanlar; bahçe sulaması ve ziraat, tuvaletlerin temizliği, söndürme işlemleri, soğutma işlemleri, suni göllerin yaratılması, kazan besleme vb. işleme suyu, iyi bir arıtma ile içme suyu olarak sayılabilir. Tekrar kullanılmayan atıksular, doğadaki ortama zarar vermeden deşarj edilmelidir.[29]

Atıksulardaki organik maddelerin mikroorganizmalar kullanılarak enerji kaynağı olarak değerlendirilmesi de üzerinde durulması gereken bir konudur. Bu şekilde atıksuların sadece atık olmaktan kurtulması sağlanabilir.[31]

Tablo 2.11: Kimyasal arıtma teknolojileri[33].

Arıtma Metodu	Atık Tipi	İşletme Şekli	Arıtım Derecesi	Yorum
İyon Değişimi	Kaplama, nükleer	Reçine rejenerasyonlu sürekli filtrasyon	Demineralize su ve ürün geri kazanımı	Rejenerantta nötralizasyon ve katı madde giderimi
İndirgeme ve Çöktürme	Kaplama, ağır metal	Kesikli veya sürekli arıtım	Askıda kolloidal maddelerin tam giderimi	Kesikli arıtma için 1 günlük kapasite,; Sürekli arıtma için 3 saat kalma zamanı; Çamur uzaklaştırma veya susuzlaştırma gerekebilir
Koagülasyon	Karton, rafineri, kauçuk, boya, tekstil	Kesikli veya sürekli arıtım	Askıda kolloidal maddelerin tam giderimi	Flokülasyon ve çöktürme tankı veya çamur yatağı, pH kontrolü gerekebilir.
Adsorpsiyon	Toksik ve organikler, zor ayrışan bileşikler	Toz karbonlu granüle kolon	Birçok organikte tam arıtım	Toz karbon aktif çamur prosesinde kullanılır.
Kimyasal Oksidasyon	Toksik ve zor ayrışan bileşikler	Kesikli veya sürekli ozon veya katalizlenmiş hidrojen peroksit	Kısmi veya tam oksidasyon	Organiklerin daha çok biyolojik parçalanabilir olması için kısmi oksidasyon

2.2.2. Nötralizasyon

Atıksuyun pH değerinin ayarlanması; atık suyun alıcı ortama deşarj standartının sağlanması, biyolojik arıtma öncesinde (bakteriyel faaliyetler belirli pH değerinde gerçekleştiğinden) uygun pH değerinin sağlanması açısından önemli bir prosestir. Ayrıca kimyasal çöktürme işleminde reaksiyonların gerçekleşeceği uygun pH değerinin sağlanmasında da bu proses önemli bir rol oynar.[29]

2.2.3. Koagülasyon

Atıksuya koagulant ilavesiyle hızlı bir şekilde atık suya karıştırılmaları ve atıksudaki kolloidal ve askıda katı maddelerle birleşerek flok oluşumunun gerçekleştirildiği prosestir. [29]

2.2.4. Flokülasyon

Flokülasyon atıksuya yavaş karıştırma uygulanarak küçük tane ve pıhtıların büyümesi, birbirleriyle birleşmesi, yumaklaşması ve büyük flokların oluşması işlemidir. [29]

2.2.5. Oksidasyon

Zararlı bileşiklerin zararsız hale dönüştürülmesi ve daha sonraki arıtma işlemleri için uygun hale getirilmesidir. Demir ve mangan giderilmesi, dezenfeksiyon, organik bileşiklerin giderilmesi, alg kontrolü, renk, tat ve koku giderilmesi, siyanür, kükürt, amonyak giderilmesi, krom indirgenmesi, korozyon kontrolü başlıca kullanım alanlarıdır.[29]

2.2.6. Adsorpsiyon

Kirlenmiş sular, içindeki çözünmüş tuzların fazlalığından dolayı elektrik akımını iletirler. Kirlenmiş suyun içerisinde elektrik akımı geçirildiğinde de bir çöküntü oluşur. Oluşan çöküntü, kolloid maddeleri adsorbe ederek sürükler. Bu yöntemde elektrik akımı kimyasal maddenin yerine kullanılmaktadır. Suyu daldırılan elektrotlar, levha veya tel örgü şeklindedir. Anot ve katot arasından akım geçirilerek işlem gerçekleştirilir.[29]

2.2.7. Kimyasal Çöktürme

Askıda katı maddelerin kimyasal maddeler ile atıksudan yumaklaştırılarak çöktürülmesi işlemidir. [29]

2.2.8. Dezenfeksiyon

Patojen organizmaların yok edilmesi veya etkisiz hâle getirilmesi prosesidir. Bu amaç için kullanılan maddelere de dezenfektan denir. Bunlar klor ve klor bileşikleri, brom, iyot, ozon, fenoller, boya maddeleri, sabunlar ve sentetik deterjanlar, hidrojen peroksit, potasyum permanganattır.[29]

2.3. KOAGÜLASYON – FLOKÜLASYON PROSESİ

Bu prosesin temel olarak kullanılmasının sebebi; kolay uygulanması, yüksek giderim verimi elde edilmesi, ekonomik verimliliği ve aynı zamanda alternatif teknolojilere göre daha az enerji gereksinimi olarak sayılabilir.[34-36]

Koagülasyonun bilinen klasik koagülasyon yöntemi dışında bilinen farklı bir uygulama şekli daha mevcuttur. Bu da elektrokoagülasyondur. Literatüre göre elektrokoagülasyon

ve klasik koagülasyon arasındaki seçimi belirleyen en önemli unsur da pH ve metal konsantrasyonudur.[37-39] Zira uygulanan koagülant dozlarının maliyeti her iki yöntemde de birbirine yakındır.[40]

Klasik koagülasyon sistemi büyük ölçekte kurulmadan önce küçük ölçekli bazı çalışmalar yapılmalıdır. Bu çalışmalar da Jar Test olarak bilinmektedir. Birçok labortuar çalışmasında da verimi değerlendirmek için baz alınan değerlerden biri de bulanıklıktır.[41-43] Koagülasyon prosesi tasarlanırken eğer alüminyumlu koagülant kullanılıyorsa minimum bakiye Alüminyum da değerlendirmeye alınabilir.[44]

Alüminyum Sülfat bilinen koagülantlar içinde en yaygın olarak kullanılan koagülanttır. Bunun sebebi maliyetinin daha düşük olmasıdır.[45] Buna karşılık pH açısından dar bir aralıkta çalışması gerektiğinden bazı sakıncaları da vardır. Bu nedenle daha geniş pH aralıklarında işlevini gören Polialüminyum klorür de son zamanlarda çalışmalarda yerini almaya başlamıştır.[46-52] Polialüminyum Klorür ün diğer alüminyum tuzlarına göre bir diğer avantajı da daha az çamur üretmesi olarak belirtilebilir.[53]

Prosesi tarif ederken yardımcı olarak kullanılan polielektrolitlerin varlığından bahsetmek gerekmektedir. Bunlardan tez çalışması içerisinde kullanılan toz polielektrolitlere de özellikle değinilmelidir. Toz polielektrolitler, tanecik boyutu azami iki mm ebatında olan, fiziksel formları toz şeker görünümünde olan polielektrolitlerdir. Toz polielektrolitler taşıdıkları yük karakterlerine göre anyonik, katyonik ve nonyonik olmak üzere üç kategoriye ayrılırlar. Toz polielektrolitler, temin edildikleri formlarda kullanılmayıp, su ile çözeltileri oluşturulduktan sonra uygun noktadan dozlanırlar.

Katyonik polielektrolitler (flokülantlar), çoğunlukla evsel ve endüstriyel nitelikli atıksu arıtma tesislerinde oluşan fazla çamurun (Biyolojik veya Kimyasal) santifrüj dekantör, belt filtre pres veya diğer çamur susuzlaştırılma ekipmanları vasıtası ile susuzlaştırılması sırasında katı madde ile su fazını birbirinden tamamen ayırmak suretiyle, bu ekipmanların maximum verimde çalışmalarına yardımcı olur.

Anyonik polielektrolitler ise genel olarak kimyasal arıtma ve madencilik faaliyetlerinden kaynaklanan su arıtma proseslerinde KOI, AKM, ağır metal ve kolloidlerin arıtımında ve cevher geri kazanımında flokülant olarak kullanılan

polielektrolit türevidirler. Çok nadirde olsa bazı istisna proseslerde çamur susuzlaştırma işleminde kullanıldıklarını da görmek mümkündür. [54]

Proses işletilirken koagülant dozunun optimum olduğu nokta iyi tespit edilmelidir. Gereğinden fazla verilecek koagülant miktarlarının arıtmaya ekstra bir katkısı olmayacağı gibi sisteme bazı zararlar da verebilir. Bunlara en iyi örnek içme suyunda Alüminyumun suda fazla bulunması halinde Alzheimer hastalığına neden olması olarak gösterilebilir. [55-57]

Alkalinite de arıtma verimini etkileyen önemli parametrelerden biridir. Yüksek alkaliniteye sahip sular pH ayarlanması gerekiyorsa daha fazla kimyasal sarfiyatına neden olmaktadır. Bu nedenle koagülant seçimini dahi etkileyebilir. Yapılan bazı çalışmalarda iyi arıtma verimleri için pH ın 6 dan daha düşük olması gerektiği görülmüştür.[58] Bu tip durumlarda alkalinite konsantrasyonu özellikle hesaba katılmalıdır.

2.4. BU KONUDA YAPILAN ÇALIŞMALAR

Dovletoglou ve diğ. [59], yaptıkları çalışmada boya endüstrisi atıksuyunun koagülasyon yöntemi ile arıtımını incelemiştir. Koagülant miktarı ve etkin pH değerinin arıtılmış atıksuyun kalitesine etkileri araştırılmıştır. $FeSO_4$, $Al_2(SO_4)_3$ ve PAC koagülant olarak kullanılmıştır. $FeSO_4$ için en uygun pH 9.7 dir. Koagülant miktarı 2000 mg/l, KOİ ve bulanıklık giderimi % 30-80 ve % 70-99'dur. $Al_2(SO_4)_3$ ile yapılan çalışmalarda pH ayarlaması yapılmasına gerek kalmamıştır. Koagülant miktarı 2500 mg/l, proses verimleri KOİ için % 70-95, bulanıklık için % 90-99 bulunmuştur. PAC kullanımında optimum pH 7 olup 4000 mg/l dozlamayla elde edilen KOİ ve bulanıklık giderim verimleri her ikisi için de % 98'dir. $Al_2(SO_4)_3$ ve PAC'nin farklı polielektrolitlerle beraber denemesi sonucunda farklı polielektrolitlerin giderim veriminde yol açtığı fark %10 oranında gözlemlenmiştir.

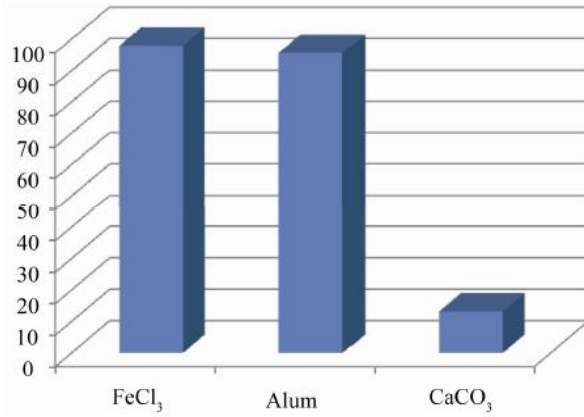
Dey ve diğ. [60], çalışmalarında su bazlı boya üretiminin çeşitli basamaklarında geri kullanım için su üretmek için atığın kimyasal koagülasyon ve çapraz akım mikrofiltrasyon ile arıtımını incelemiştir. Optimizasyon parametreleri koagülant

miktarı, bulanıklık ve zeta potansiyelidir. Koagülant alum, polielektrolit ise anyonik poliakrilamiddir. Değişik pH'larda alum ile muamele edilen atıksuyun zeta potansiyeli ölçümleri arıtılmış koloidal dispersiyonun pH 4.0-5.0'te kararlı olduğunu doğrulamıştır. pH 7.0-7.5'te zeta potansiyeli sıfıra ulaşırken koloidal dispersiyon kararsızlaşmıştır. Verim pH'tan kuvvetli şekilde etkilenmektedir. pH 4.0-4.5 aralığında flok oluşumu minimum seviyededir. pH 7.0-7.5 aralığına çıkarıldığında floklar kolayca oluşmuştur. Çalışmalar arıtım için optimum pH'ın 7.5 olduğunu ortaya koymuştur. En yüksek KOİ arıtımı yüzdesi % 74 ve bulanıklık giderimi % 99.6'dır. pH 7.5'te optimum alum miktarı 700 mg/l olarak tespit edilmiştir. Polielektrolitin optimum miktarı ise 6 mg/l olarak bulunmuştur.

Kutluay ve diğ. [61], de su bazlı boya endüstrisi atıksularını kimyasal arıtılabilirliklerine göre incelemiştir. Koagülasyon-floklaştırma yöntemi kullanılmıştır. Koagülant sodyum bentonittir. Sonuçlar KOİ giderim verimi ve çamur özellikleri açısından tatmin edicidir. KOİ ve renk giderim verimleri, çamur giderim ve kimyasal maliyetleri değerlendirildiğinde atığın kendi pH değerinde 500 mg/l koagülant uygulanması optimum arıtım alternatifidir.

Aboulhassan ve diğ. [62], boya endüstrisi atıksuyundan koagülasyon-floklaştırma prosesi kullanarak organik ve renge neden olan maddelerin giderimi üzerine çalışmıştır. Elde edilen çamur miktarı da incelemede yer almaktadır. Koagülant $FeCl_3$, floklaştırıcılar da Polysep 3000, Superfloc A-1820 ve Praestol 2515 TR dir. Koagülant ve floklaştırıcıların birlikte kullanılması tek başına kullanılan koagülanta göre daha yüksek verime ve daha az çamur hacmine sebebiyet vermiştir. Koagülant ve iki floklaştırıcının ardışık ilavesi de koagülant ve bir floklaştırıcının ardışık eklenmesiyle karşılaştırılacak olursa daha fazla bulanıklık ve KOİ giderme verimi sağlanmıştır. Polysep 3000 (katyonik floklaştırıcı) $FeCl_3$ ile kullanılmıştır. KOİ ve renk giderim değeri yüksektir. Anyonik polielektrolit 2515 TR çamur suyunun giderilmesinde etkilidir. $FeCl_3$, Polysep 3000 (katyonik floklaştırıcı) ve Praestol 2515 TR'nin (anyonik floklaştırıcı) ardışık ilavesi boya atıksuyunun arıtımında en uygun kombinasyon olarak görülmüştür.

Eremektar ve diğ. [63], yaptıkları çalışmada koagülasyon-floklaştırma ve aktif çamur yöntemleri ile su bazlı boya atıksularının arıtılabilirliğini değerlendirmişlerdir. Arıtmada sodyum bentonit, alum, FeCl_3 ve FeSO_4 koagülantları kullanılmıştır. Hamsu KOİ değeri 2300 mg/l' den fazladır. Deşarj standartlarına inilmesi için yaklaşık %92 lik bir arıtma verimi gerekebilir. İyi çamur özellikleri elde edilmesine rağmen KOİ giderim verimleri atık standartlarına ulaşmak için istenen değerlerde değildir. Tüm koagülantlar içinde en uygun sonuçlara atığın kendi pH değerinde 50 mg/l FeCl_3 kullanıldığında ulaşılmıştır. Hossam Altaher ve diğ. [64], yaptıkları çalışmada petrol endüstrisi atıksuyunda farklı koagülantların bulanıklık giderim verimine etkisini incelemiş ve Demir Klorür, Alum ve Kalsiyum Karbonat arasında yapılan kıyaslamada en iyi bulanıklık giderim veriminin az farkla da olsa Demir Klorür ile elde edildiği görülmüştür. Kalsiyum Karbonatın bulanıklık giderim veriminin çok düşük olduğu söylenebilir. Aşağıdaki grafikte giderim veriminin yüzdesel olarak farklı koagülantlardaki değerleri belirtilmiştir.



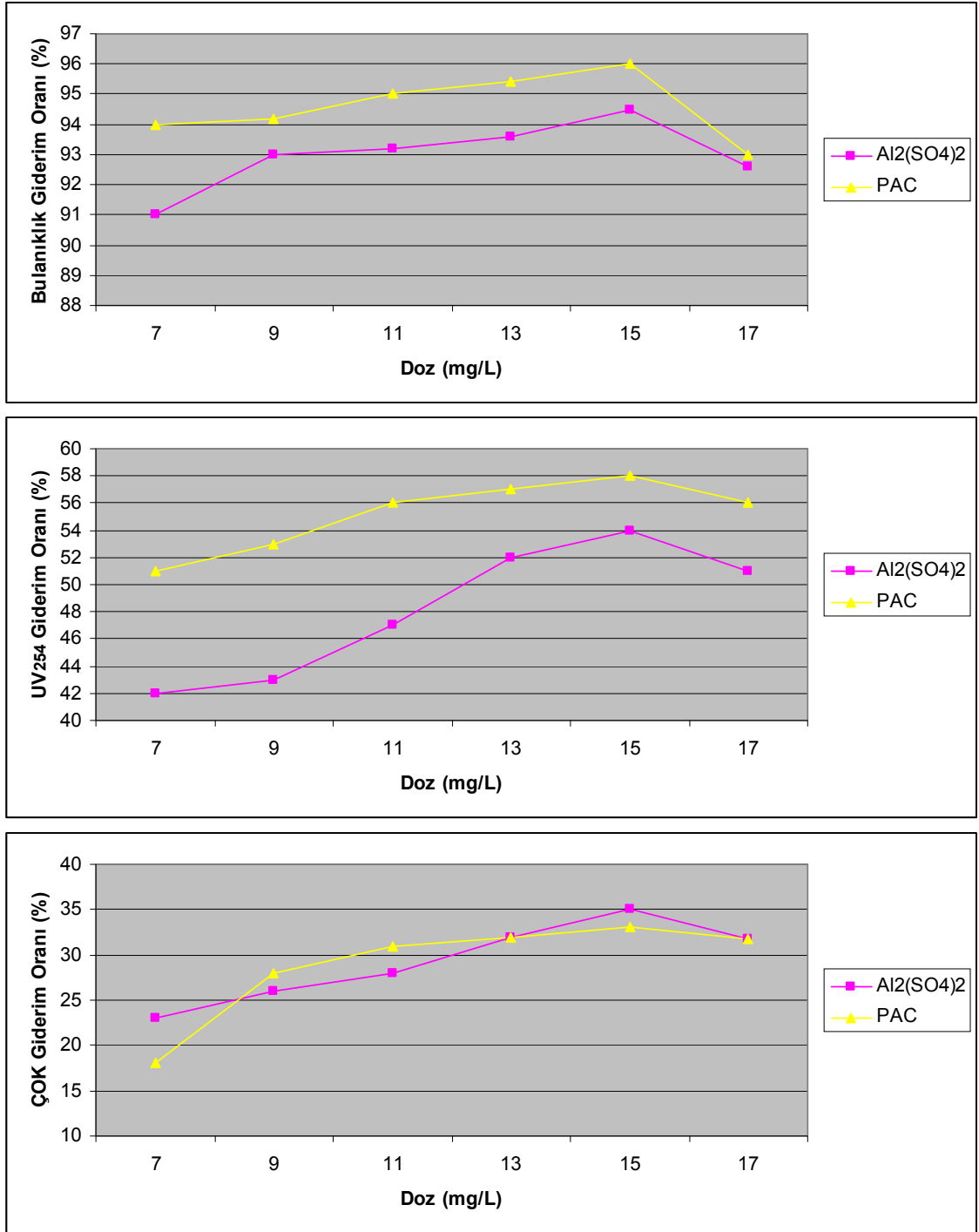
Şekil 2.9: Bir petrol endüstrisi atıksuyunda farklı koagülantların Bulanıklık giderimine etkisi.

Özyonar ve Karagözoğlu [65], yaptıkları çalışmada, mezbaha endüstrisi atıksularının ön arıtımında kimyasal koagülasyon ve flokülasyon prosesinin kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Bu amaçla, Sivas'ta faaliyet gösteren bir mezbahane endüstrisinden atıksu numuneleri alınmış ve 3 farklı türde koagülant maddenin ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) kullanıldığı koagülasyon deneylerinde başlangıç pH'nın ve koagülant madde dozajının; KOİ, yağ-gres ve bulanıklık giderim verimi üzerine etkisi araştırılmıştır. Koagülasyon prosesinin optimum işletme koşulları belirlenmiştir. Bu koşullar; hem $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ hem de $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ için pH 7 ve koagülant dozu $200 \text{ mgMe}^{+3}/\text{l}$ olarak bulunmuştur. $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ için ise optimum işletme koşulları pH 6 ve koagülant dozu $100 \text{ mgMe}^{+3}/\text{l}$ dir. Bu işletme koşullarında,

alüminyum sülfat ve demir sülfat koagülant maddelerinin kullanıldığı koagülasyon deneylerinde, KOI, yağ-gres ve bulanıklık giderme verimleri, sırasıyla Alüminyum sülfat için %36,4, %93,6 ve %89,8 ve demir sülfat için %27,6, %88,6 ve %85,9'dur. En yüksek KOI giderme verimi %37,4 ile demir klorür koagülant maddesiyle elde edilmiştir. Bu koagülant için yağ-gres ve bulanıklık giderme verimleri ise sırasıyla, %89,9 ve %75,6 olarak bulunmuştur. Çamur oluşumu ve maliyet açısından da inceleme yapılmıştır. En yüksek çamur oluşumu demir sülfat ilavesiyle çalıştırılan prostedir. En yüksek işletme maliyeti de alüminyum sülfatın kullanıldığı prosese aittir.

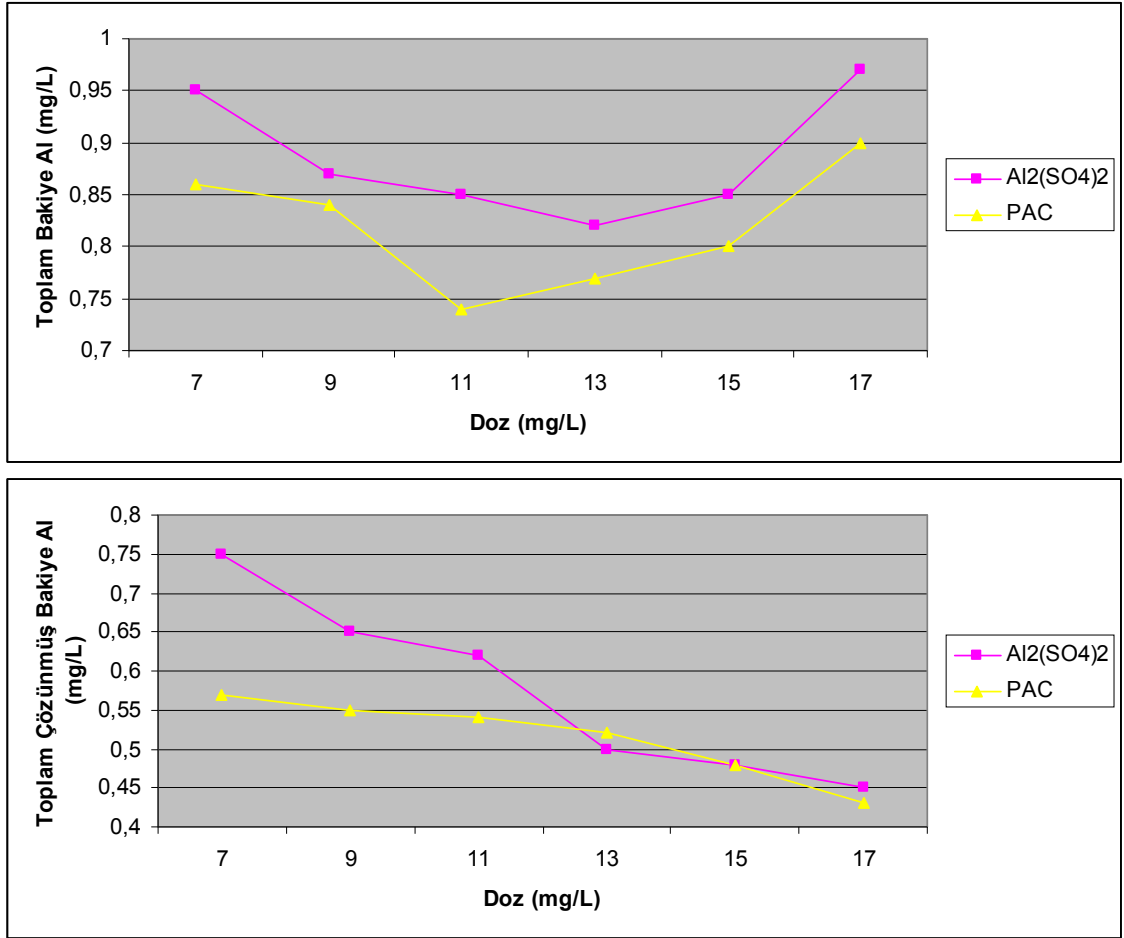
Sonuçlara bakıldığında kimyasal koagülasyon prosesi bu nitelikteki bir mezbahane atıksuyu için KOI giderimi açısından uygun değildir. Yağ-gres ve bulanıklık giderimi açısından yüksek verim elde edildiği için de başka bir arıtım modeliyle birlikte kullanılması düşünülebilir.

Yang ve diğ. [66], ise Yellow River olarak bilinen bölgede su arıtımı için Alüminyum Sülfat ve Polialüminyum Klorür kullanmış ve etkilerini değerlendirmiştir. Arıtım verimleri ve suya bıraktıkları Alüminyum miktarları aşağıdaki grafiklerde özetlenmiştir. Ayrıca her iki koagülant için de en ideal pH değerinin 6 olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 2.10: Yellow River olarak bilinen bölgede Polialüminyum Klorür ve Alüminyum Sülfat kullanılarak yapılan arıtılabilirlik çalışmasındaki Bulanıklık, Renk ve Çözünmüş Organik Karbon giderim verimleri.

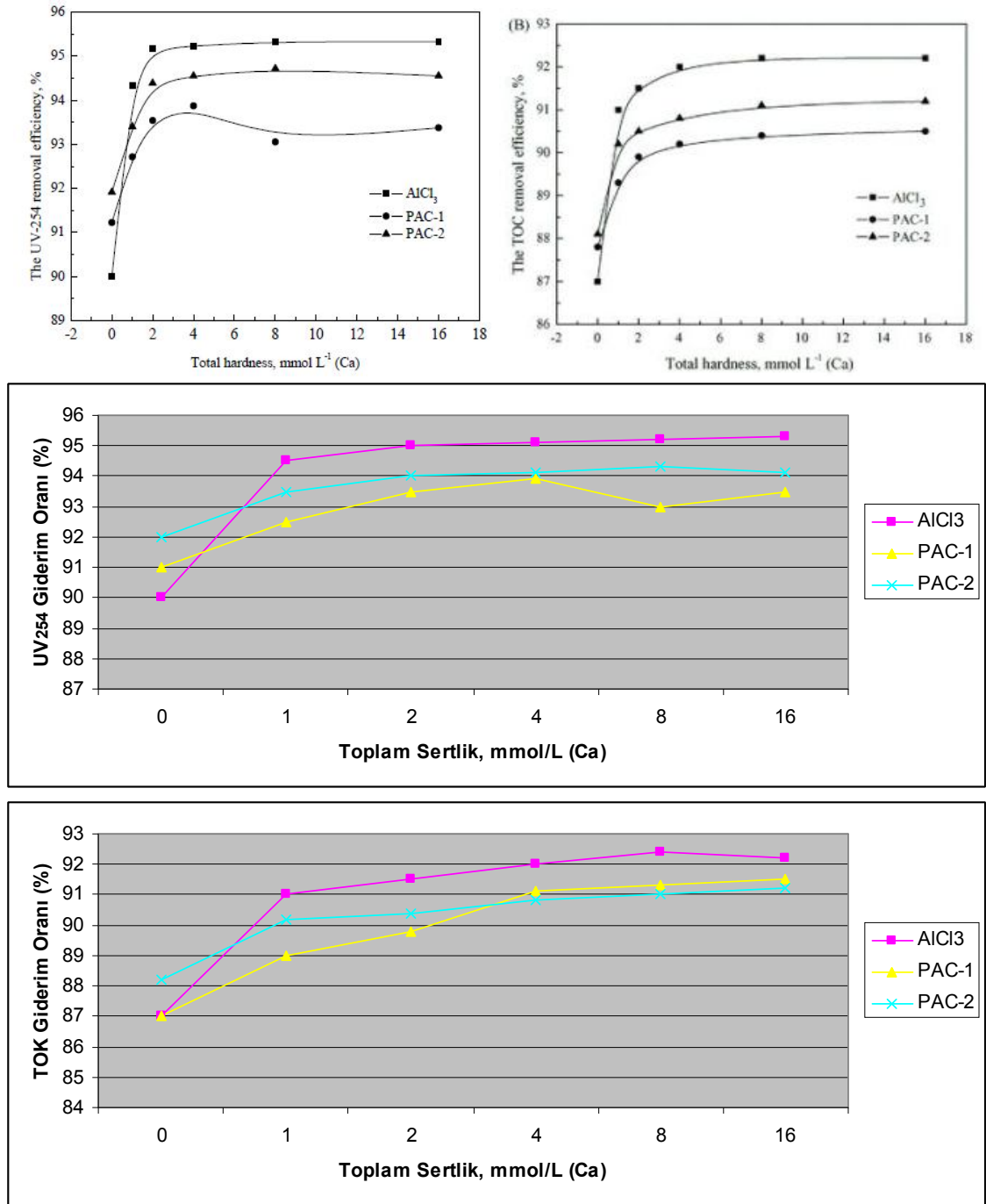
Çalışma sonuçlarına bakılacak olursa; optimum dozlarda Bulanıklık ve Renk gideriminin Polialüminyum klorür için daha iyi olduğu, Çözünmüş organik karbon giderim veriminin de çok az bir farkla Alüminyum sülfat kullanıldığında daha iyi olduğu söylenebilir.



Şekil 2.11: Yellow River olarak bilinen bölgede Polialüminyum Klorür ve Alüminyum Sülfat kullanılarak yapılan arıtılabilirlik çalışmasında arıtma sonrası suda kalan toplam ve çözünmüş alüminyum.

Bakiye alüminyum miktarları açısından karşılaştırma yapılacak olursa da Alüminyum sülfatın suda daha çok alüminyum bıraktığı gözlemlenmiştir.

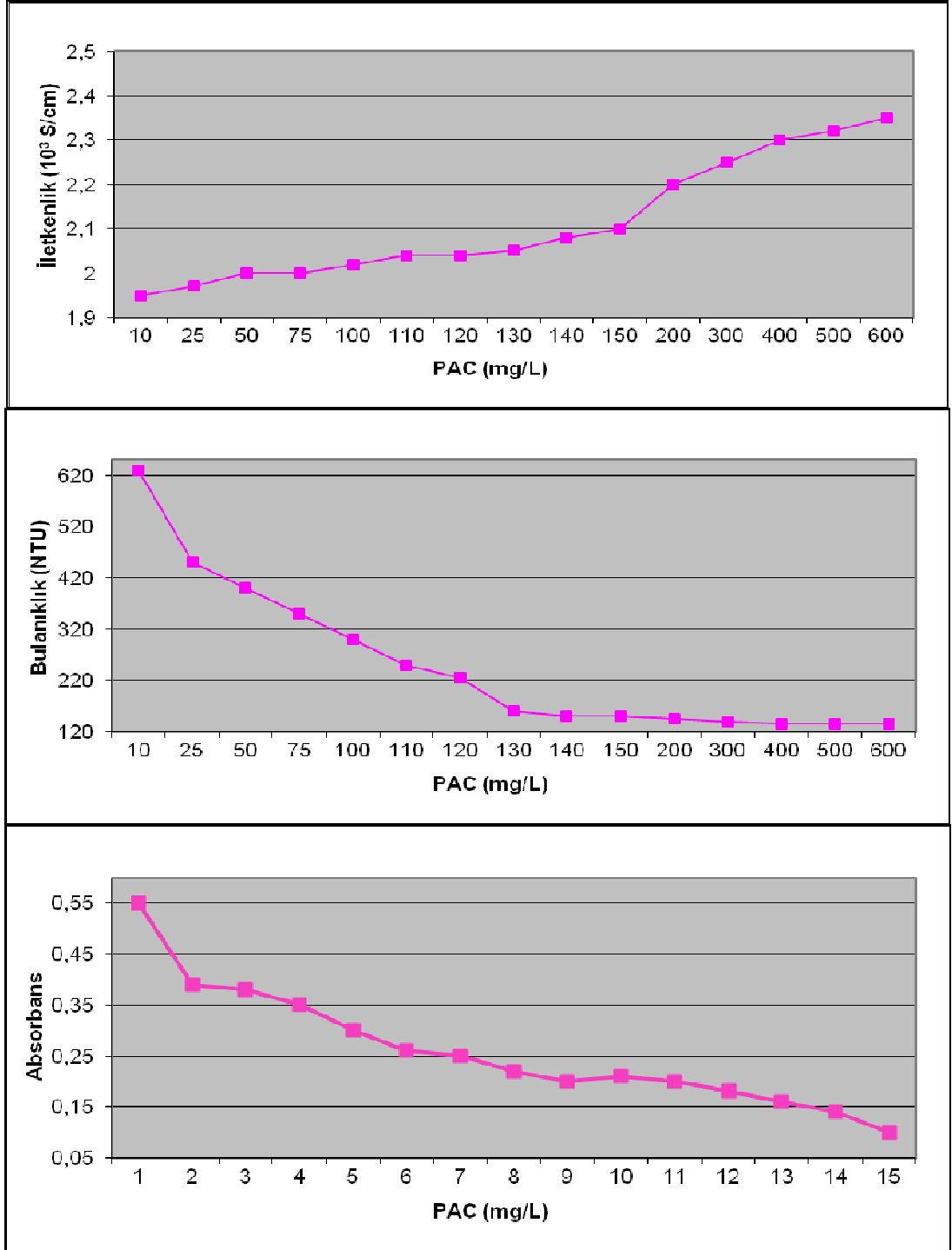
Wang ve diğ. [67], $AlCl_3$, PAC ve saflaştırılmış PAC kullanılarak yaptıkları arıtılabilirlik denemelerinde sentetik sudaki organik madde kaynağını humik asit olarak seçmiş ve farklı sertlik değerlerinde arıtma verimini gözlemlemişlerdir. Sonuçlar aşağıdaki grafiklerdeki gibidir;



Şekil 2.12: Organik madde kaynağı humik asit olan bir sentetik suda çeşitli alüminyum bileşikleri kullanılarak arıtılabilirlik çalışmasına sertliğin etkisi.

Burada Sertliğin etkisini tespit etmek amacıyla koagülant dozları sabit tutulmuş olup AlCl₃, PAC-1 ve PAC-2 (saflaştırılmış PAC) için 7, 13, 8 mg/l dir. Sonuçlar değerlendirildiğinde sertlik artışının Toplam Organik Karbon ve renk giderim verimine belirli bir noktaya kadar olumlu etki yaptığı, optimum doza ulaşıldığında ise daha fazla

sertlik ilavesinin arıtma verimine bir etkisi olmadığı gözlemlenmiştir. Bu çalışma için en iyi arıtma verimi de Toplam Organik Karbon ve renk için $AlCl_3$ ile elde edilmiştir. Yong-li ve diğ. [68], seramik boyama endüstrisi atıksularıyla yaptıkları çalışmada PAC kullanmış ve arıtım değerleri aşağıdaki tabloda özetlenmiştir. Çalışmaya göre renk ve bulanıklık giderim oranı %90 ın üstündedir.



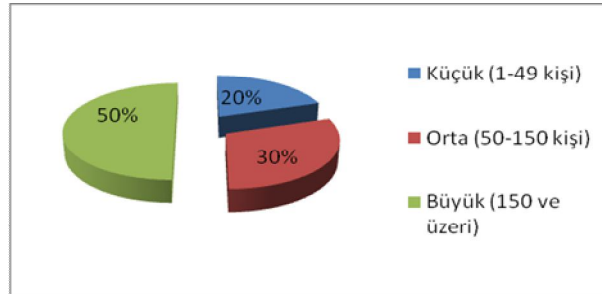
Şekil 2.13: Seramik endüstrisine ait bir atıksuyun arıtımında PAC'in etkisi.

Ayrıca karıştırma süresinin arıtmaya etkisi incelendiğinde 20 dakikaya kadar artan bir giderim oranı görülmüş ancak daha uzun süreli gerçekleştirilen karışırtmalarda giderim veriminin tekrar düştüğü görülmüştür. Bu çalışma yapılırken 140 mg/l PAC, ortalama karıştırma hızı ve pH 6,6 değerleri kullanılmıştır.

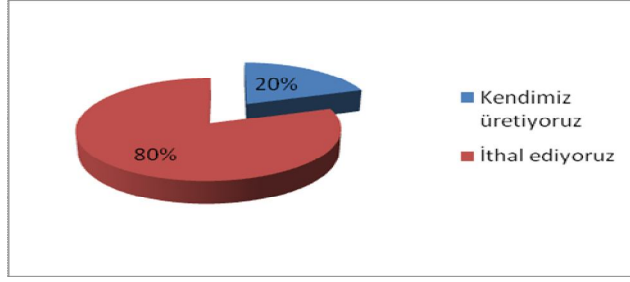
Aynı kıyaslama karıştırma hızları için de gözlemlenmiştir. Karışım hızının artmasının bulanıklık ve renk giderimine olumlu yansıdığı görülmüştür. Ortalama hız ile maksimum hız arasında gözle görülür bir fark tespit edilmediğinden ideal hızın ortalama hız olduğu söylenebilir. Bu çalışma yapılırken 140 mg/l PAC, 15 dakika karıştırma süresi ve pH 6,6 değerleri kullanılmıştır.

pH değişiminin verime etkisi incelendiğinde ise 4 ve 9 a kadar 5 farklı pH değerinde yapılan çalışmalarda bulanıklık ve renk gideriminin benzer bir dalgalanma gösterdiği ve ideal pH değerlerinin 5 ve 7 olduğu görülmüştür. Bu çalışma yapılırken 140 mg/l PAC, 15 dakika karıştırma süresi ve ortalama karıştırma hızı kullanılmıştır.

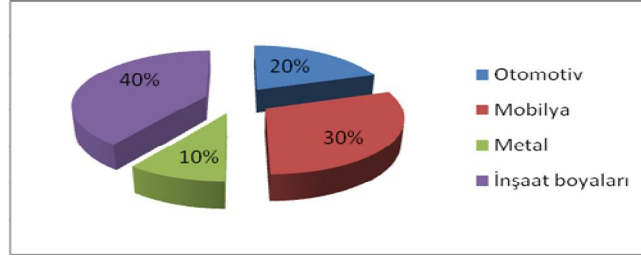
Budakçı ve diğ. [69], su bazlı boyanın kullanımını mercek altına almak üzere bir anket düzenlemiştir. Araştırma evrenini İstanbul, Düzce, Ankara, Kayseri ve İnegöl'de faaliyet gösteren su bazlı boya/vernük üretici ve kullanıcı işletmeler, araştırma örneklemini ise bu illerde bulunan 20 üretici 100 kullanıcı işletme oluşturmuştur. Uygulanacak anket ve röportajlardan önce belirlenen belli işletmeler yerinde incelenerek, ön araştırma yapılmış ve daha sonra anket soruları hazırlanmıştır. Yapılan araştırmanın güvenilirliğini artırmak için örneklem sayısı; 27 üretici, 180 kullanıcı işletme ele alınmıştır. Göze çarpan bazı sonuçlar aşağıda sunulmuştur;



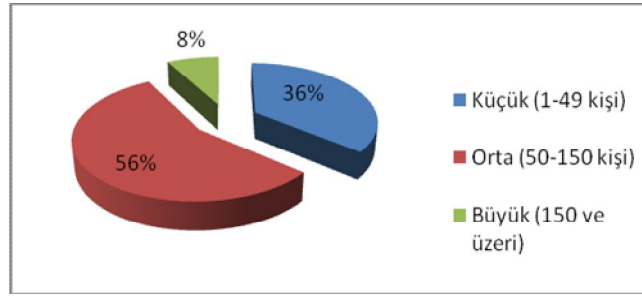
Şekil 2.14: Su bazlı boya/vernük üreten işletmelerin büyüklükleri.



Şekil 2.15: İşletmelerin reçineyi nasıl elde ettiklerine ilişkin sonuçlar.



Şekil 2.16: Su bazlı boya/vernüklerin tüketiminde hangi sektörlerin bulunduğu.



Şekil 2.17: Su bazlı boya/verniği kullanan işletmelerin büyüklükleri.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. DENEY ÇALIŞMALARI

3.1.1. Jar Test

Jar test çalışmaları için FLOC TESTER marka test düzeneği kullanılmıştır. Çalışmalarda hızlı karıştırma 100 devir/dakika da 5 dakika, yavaş karıştırma 20 devir/dakika da 30 dakika boyunca sürdürülmüştür. Koagülant ilavesi hızlı karıştırma sırasında gerçekleştirilmiş olup hemen akabinde pH ayarlaması gerçekleştirilmiştir. Polielektrolit ilavesi ise yavaş karıştırma sırasında uygulanmıştır.

3.1.2. Askıda Katı Madde

İyi karışmış bir örnek tartılmış bir standart fiber cam filtre aracılığıyla filtre edilir ve filtre üzerinde kalan tortu 103-105 ° C' de sabit bir ağırlığa kadar kurutulur. Filtrenin ağırlığındaki artış, toplam askıda katı maddeyi ifade eder.[70]

Askıda katı madde analizi için kullanılan filtre Sartorius FT-3-01147-047 kodlu cam elyaf filtredir. Kurutma işlemi ise BINDER FED 115 markalı etüvde gerçekleştirilmiştir.

3.1.3. Kimyasal Oksijen İhtiyacı

Örnek potasyum dikromat ve sülfürik asitten oluşan bir karışım ile kaynatılarak oksitlenir. Örnekteki organik madde potasyum dikromat ile bağlanır ve bağlanmadan kalan potasyum dikromatın fazlası geri titrasyona tabi tutulur. Bu titrasyon için de demir amonyum sülfat çözeltisi kullanılır ve okside olan madde oksijen eşdeğeri cinsinden hesaplanır.[71]

Tez çalışmasındaki Kimyasal Oksijen İhtiyacı analizleri için ısıtma işlemi Teknosem TBT-20 kodlu ısıtma ünitesinde gerçekleştirilmiştir.

3.1.4. Bulanıklık

Bu yöntem, aynı koşullar altında, standart referans süspansiyonunun saçtığı ışığın yoğunluğu ile tanımlanmış koşullar altında, örneğin saçtığı ışığın yoğunluğu arasında bir karşılaştırmayı esas almaktadır. Formazin polimeri standart referans süspansiyon olarak kullanılır.[72]

Bu çalışmada yapılan bulanıklık analizleri için Hach-Lange nin 2100N model cihazı kullanılmıştır.

3.1.5. pH

Elektrometrik pH ölçümün temel ilkesi, bir standart hidrojen elektrodu ve bir referans elektrodu kullanılarak potansiyometrik ölçüm yöntemiyle hidrojen iyonlarının aktivitesini belirlenmesidir.[73]

Çalışmada pH ölçümü için kullanılan cihaz Thermo markalı Orion 4 Star modeli pH metredir.

3.1.6. Renk

Renk, referans olarak platin-kobalt çözeltileri kullanılarak, 450 ve 465 nm arasında dalga boyunda spektrofotometrik olarak belirlenir.[74] Gerçek rengin elde edilmesi için numuneler tortularından ve bulanıklıklarından uzaklaştırılmalıdır. Bunun için de her bir atıksu numunesi Sartotius marka Cellulose Nitrate Filter 11406-47-ACN kodlu 0,45 µm'lik membran filtreden süzülerek spektrofotometrede okutulmuştur.

Renk analizlerini yapmak için Thermo Evolution 160 model bir spektrofotometre kullanılmıştır.

3.1.7. Çökebilin Katı Madde

Evsel ya da endüstriyel atıksularda imhoff hunisi kullanılarak çöken katının hacminin ölçülmesi esasına dayanır.[75]

Analiz çalışmaları için 1 litre hacminde cam imhoff hunisinden faydalanılmıştır.

3.2. KULLANILAN ALET VE MALZEMELER

Kullanılan alet ve malzemelerin resimleri Şekil 3.1 ile Şekil 3.7 arasında aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.1: Jar test düzeneği.



Şekil 3.2: Süzme seti.



Şekil 3.3: Isıtma Ünitesi.



Şekil 3.4: Türbidimetre.



Şekil 3.5: pH metre.



Şekil 3.6: Spektrofotometre.



Şekil 3.7: İmhoff hunisi.



Şekil 3.8: Etiv.

3.3. DENEY NUMUNESİ

Arıtılabilirlik çalışmaları için 2 farklı su bazlı boya üretim tesisinin tank yıkamasından kaynaklanan atıksularından faydalanılmıştır. Bu atıksuların karakterizasyonu Tablo 4.1 de verilmiştir. Ayrıca boya endüstrisi tesisinin şematik gösterimi de Şekil 2.2' de mevcuttur.

3.4. KULLANILAN KİMYASALLAR

3.4.1. Koagülantlar

ALUM / $AlSO_4 \cdot 18H_2O$ (Cas No : 7784-31-8), Demir Klorür / $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ (Cas No : 10025-77-1), Demir Sülfat / $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ (Cas No : 7782-63-0), PAC / Polialüminyum Klorür (Cas No: 1327-41-9)

3.4.2. pH ayarlayıcılar

NaOH / Sodyum Hidroksit (Cas No: 1310-73-2), Sülfürik asit (Cas No: 7664-93-9)

3.4.3. Polielektrolitler

Toz anyonik polielektrolit (teknik kalite), toz katyonik polielektrolit (teknik kalite)

3.5. HAZIRLANAN ÇÖZELTİLER

3.5.1. Koagülantlar

3.4'te belirtilen koagülantların herbirinden ayrı ayrı 100'er gram alıp ultra saf suda çözülerek yine ultra saf su ile hacim 1000 ml'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan ana stok çözeltilerin konsantrasyonu 100 gram/litre (100000 mg/l) olup arıtılabilirlik çalışmalarında uygulanan dozlar bu çözeltilerden hesaplanmıştır. Bu hesaplama için (3.1) numaralı denklemden faydalanılmıştır. g/L ifadesi litre başına çözeltide bulunan kütleyi ifade etmektedir. Dolayısıyla ana stok çözeltiden atıksuya aktarılan hacimdeki koagülantın kütlesi oran orantı yoluyla kolaylıkla tespit edilebilir. Arıtma için kullanılan atıksuyun hacmi de kullanılarak son konsantrasyonu belirlemek için ikinci bir oran orantı kurulur. Burada alınan hacim ve son hacmin birimlerinin kendi içinde aynı mertebede olması önemlidir. Bunun dışında ana stok konsantrasyonunun birimi ne ise uygulanan koagülant konsantrasyonu da aynı birimde kalır.

Örneğin 100 g/L konsantrasyonundaki bir koagülant çözeltisinden 5 ml alınıp 1 litre atıksuya muamele edilmiş olsun. Burada önce birimleri eşitlemek gerekirse;

$$100 \text{ g/L} = 0,1 \text{ g/ml}$$

$$1 \text{ litre} = 1000 \text{ ml}$$

diyebiliriz. Dolayısıyla 1 ml'sinde 0,1 gram koagülant bulunan çözeltinin 5 ml'sinde 0,5 gram koagülant vardır denebilir ve bu koagülantın da 1000 ml atıksuya muamele edildiği düşünülecek olursa 1000 ml'sinde 0,5 gram koagülant bulunan atıksuya da 0,5 gram/1000 ml yani 0,5 gram/L koagülant dozlanmıştır denebilir. Bu işlemin formülize edilmiş hali aşağıdadır:

$$k = (C \times h) / V \quad (3.1)$$

Burada;

k: Arıtmada uygulanan koagülant dozu, g/L

C: Ana stok koagülant çözeltisinin konsantrasyonu, g/L

h: Ana stok koagülant çözeltisinden alınan hacim, ml

V: Koagülantın uygulandığı atıksuyun hacmi, ml

3.5.2. Polielektrolitler

3.4'te belirtilen polielektrolitlerin herbirinden ayrı ayrı 1'er gram alıp ultra saf suda çözülerek yine ultra saf su ile hacim 1000 ml'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan çözeltilerin konsantrasyonu 1 gram/litre olup arıtılabilirlik çalışmalarında uygulanan dozlar bu çözeltilerden hesaplanmıştır. Konsantrasyon hesapları 3.5.1'de anlatıldığı gibi yapılır.

3.5.3. 6N Sodyum Hidroksit

3.4'te belirtilen sodyum hidroksit kimyasalından 240 gram alıp ultra saf suda çözülerek yine ultra saf su ile hacim 1000 ml'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan çözeltinin konsantrasyonu 240 gram/litre olup eşdeğeri 6N sodyum hidroksite eşdeğerdir. Arıtılabilirlik çalışmalarında pH'ın yükseltilmesi için kullanılan çözeltilerdir.

3.5.4. Derişik Sülfürik Asit

3.4'te belirtilen konsantre sülfürik asit çözeltisinden 108,8 ml alıp ultra saf su ile hacim 1000 ml'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan çözeltinin eşdeğeri 2M sülfürik asite eşdeğerdir. Arıtılabilirlik çalışmalarında pH'ın düşürülmesi için kullanılan çözeltilerdir.

3.6. ARITILABİLİRLİK ÇALIŞMALARI

3.6.1. Hamsudaki pH Değişiminin Sonuçlara Etkisinin Araştırılması

Kendi pH değerleri 7 civarında olan atıksuların hiçbir koagülant ilavesi yapılmadan 2M sülfürik asit ve 6N NaOH ile pH ı ayrı ayrı 4,5 a ve 10 a getirilmiştir. Bu değişimin AKM, KOİ ve Renk giderimine etkisi analiz edilmiştir. Ayrıca yapılan analizler numuneler 1 saat bekletildikten sonra üst fazından yapılan örneklemeyle de tekrar edilmiş ve çökmeden sonraki AKM, KOİ ve Renk değerleri tespit edilmiştir. Üst fazdan alınarak yapılan çalışmalar hamsuların kendi pH değerlerinde de gerçekleştirilmiştir. Üst faz çalışmaları için numuneler iyice karıştırıldıktan sonra 1 saat bekleme süresi belirlenmiştir ve çöken katı maddeler alınmayacak şekilde üst fazdan örnekleme gerçekleştirilmiştir.

3.6.2. Koagülasyon-Flokülasyon Çalışmaları

B1 kodlu numune için alum, PAC ve demir klorür koagülant olarak kullanılmış olup bu koagülantlardan 500, 1000, 2000 ve 4000 mg/l konsantrasyonlarında atıksuya ilave

yapılmıştır. Alum için herhangi bir polielektrolit ihtiyacı yokken; PAC ve demir klorür için anyonik polielektrolitlerden 2 mg/l dozlama yapılmıştır. Alum ve PAC için pH 9,5 uygun değer olarak seçilmiştir. demir klorür için ise koagülasyon-flokülasyon uygulanan pH değeri 8 dir.

B2 kodlu atıksu için de Alum, PAC, demir klorür ve demir sülfat koagülant olarak belirlenmiştir. Koagülant dozları ise 50, 100, 250, 500, 750 ve 1000 mg/l dir. Alum ve demir sülfat için pH 8, PAC ve demir klorür için de pH 8,5 çalışmalar için belirlenen pH değeridir. Bütün koagülantlar için beraberinde kullanılan polielektrolit madde anyonik polielektrolittir ve 4 mg/l konsantrasyonunda atıksulara dozlama yapılmıştır.

Arıtılabilirlik çalışmalarının koagülasyon-flokülasyon kısmı jar test düzeneğinde yapılmıştır. 1 litrelik porsiyonlar halinde alınan atıksulara 3.1.1’de anlatılan işlemler uygulandıktan sonra oluşan yeni atıksularda imhoff hunisinden faydalanarak öncelikli olarak ÇKM analizi yapılmıştır. Bu analiz arıtılabilirlik çalışmaları sonucunda her bir çalışmanın ürettiği çamur miktarını ayrı ayrı tespit etmek için yapılmıştır. Analiz için bekleme süresi 1 saat olarak belirlenmiştir. Sonrasında üst fazdan alınan numunelerle AKM, KOİ, pH ve Renk analizleri yapılmıştır. Sadece B2 kodlu numuneye 50 mg/l olarak dozlanan alum numunesinde bu çalışmalar yapılamamıştır. Bunun sebebi atıksuda herhangi bir flok oluşmaması ve bir arıtım gerçekleşmemesidir. Bunun yanı sıra B2 kodlu numuneye uygulanan işlemler sonunda B1 kodlu numunelerde bakılan analizlere ilaveten bulanıklık analizi de gerçekleştirilmiştir.

3.6.3. Polielektrolit Denemeleri

B2 numaralı örnek için optimum şartların sağlandığı 250 mg/l lik alum için 1,2,3,4 ve 5 mg/l lik farklı dozlarda anyonik polielektrolit ilavesiyle tekrar arıtılabilirlik çalışması gerçekleştirilmiştir. Oluşan arıtılmış sularda da 3.5.2’de belirtilen analizlerin tamamı çalışılmış olup çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir.

3.6.4. Çift Koagülant Uygulaması

B2 kodlu numune için ideal şartları sağlayan demir klorür ve Alum çözeltilerinden 250’şer mg/l alınarak 4 mg/l anyonik polielektrolit ile beraber arıtılabilirlik çalışması tekrarlanmıştır. Önce alum ilave edilmiş ve pH 8 e getirilerek 5 dakika boyunca hızlı

karıştırma uygulanmıştır. Sonrasında da demir klorür ilavesi gerçekleştirilmiş olup pH 8,5 a ayarlanarak 5 dakika daha hızlı karıştırma uygulanmıştır. Polielektrolit ilavesi ise diğer çalışmalarda olduğu gibi yavaş karıştırma esnasında yapılmıştır. Arıtılmış su için ÇKM, AKM, KOİ, Renk ve Bulanıklık analizleri yapılmıştır.

3.6.5. Asit ve Baz Dozlaması

Yapılan tüm çalışmalar esnasında pH ayarlamak için kullanılan asit ve bazlar ayrıca not edilmiş olup değerler ekonomik analizde kullanılacaktır.

4. BULGULAR

4.1. ATIKSULARIN KARAKTERİZASYONU

İki farklı boya endüstrisi atıksuyu için - ki bu bölümde B1 ve B2 olarak anılacaktır - numunenin kendisinden ve 1 saat bekletildikten sonra üst fazından örnekleme yapılarak çalışılan analiz sonuçları Tablo 4.1 ve Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.1: Su bazlı boya üretim tesisi tank yıkamasından kaynaklanan iki farklı atıksuyun karakterizasyonu.

	AKM (mg/l)	KOİ (mg/l)	pH	RENK (Pt-Co)	ÇKM (ml/l)
B1	220	664	7,15	443	6
B2	2375	2955	7,05	2719	800 / 6 ¹

¹Burada B2 için iki tane ÇKM sonucu yazılmasının sebebi iki farklı faz ayrımı oluşmasındandır.

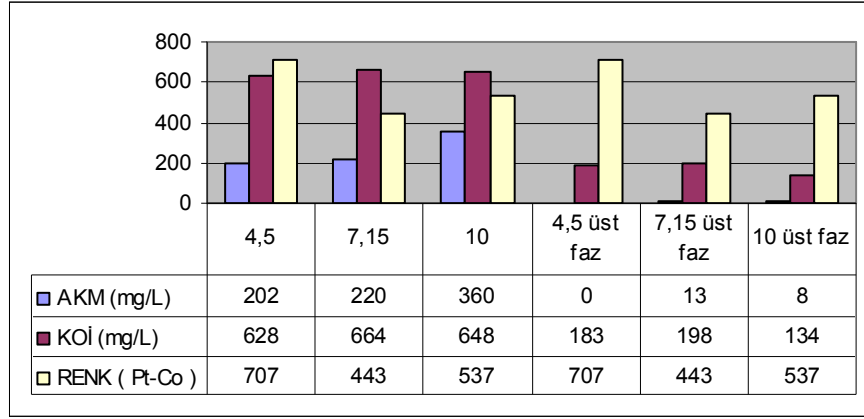
Ayrıca bu ölçümlerin dışında B2 kodlu numune için Bulanıklık ölçümü de yapılmış olup sonucu 5000 NTU’dan büyük bulunmuştur. Hesaplamalarda kullanılabilmesi için bu değer 5000 olarak alınmış ve bundan dolayı arıtım verimleri de ‘> arıtım yüzdesi’ olarak verilmiştir.

Tablo 4.2: B1 ve B2 kodlu atıksuların üst fazlarından alınan örnekleminin sonuçları.

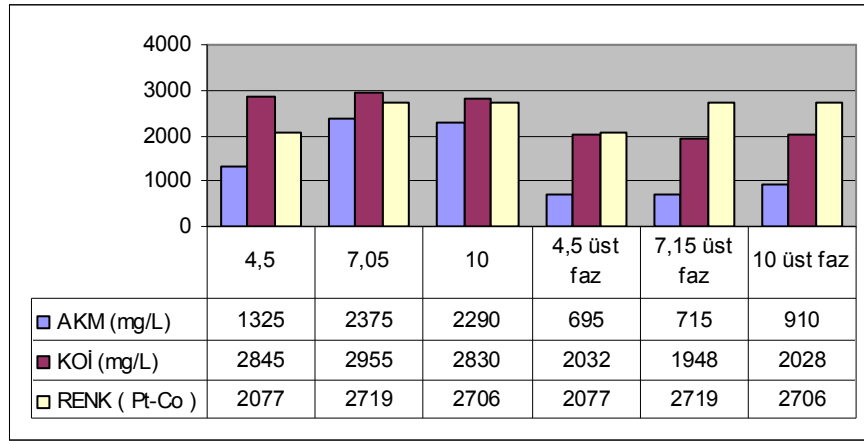
	AKM (mg/l)	KOİ (mg/l)	pH	RENK (Pt-Co)	ÇKM (ml/l)
B1 Üst faz	13	198	7,15	443	0
B2 Üst faz	715	1948	7,05	2719	0

4.2. HAMSUDAKİ PH DEĞİŞİMİNİN SONUÇLARA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

B1 ve B2 kodlu numuneler için kendi pH değerlerindeki sonuçları da içerecek şekilde hazırlanan grafikler Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de sunulmuştur. B1 kodlu numunenin pH ı 7.15, B2 kodlu numunenin pH’ı ise 7.05 olarak ölçülmüştür. Suyun pH’ını 10’a getirmek için 6N NaOH’ten B1 kodlu numuneye litre başına 2 ml ilave edilmiş olup, B2 kodlu numune için bu sarfiyat 0,3 ml’dir. Suyun pH’ını 4,5’a ayarlamak içinse 2M sülfürik asit çözeltisinden B1 kodlu numunenin litresine 3,5 ml verilmiş olup, B2 kodlu numune için bu değer 4,35 ml olarak gözlemlenmiştir.



Şekil 4.1: B1 kodlu atıksu numunesinin kirlilik parametrelerinin değerlerinin pH ile değişimi.



Şekil 4.2: B2 kodlu atıksu numunesinin kirlilik parametrelerinin değerlerinin pH ile değişimi.

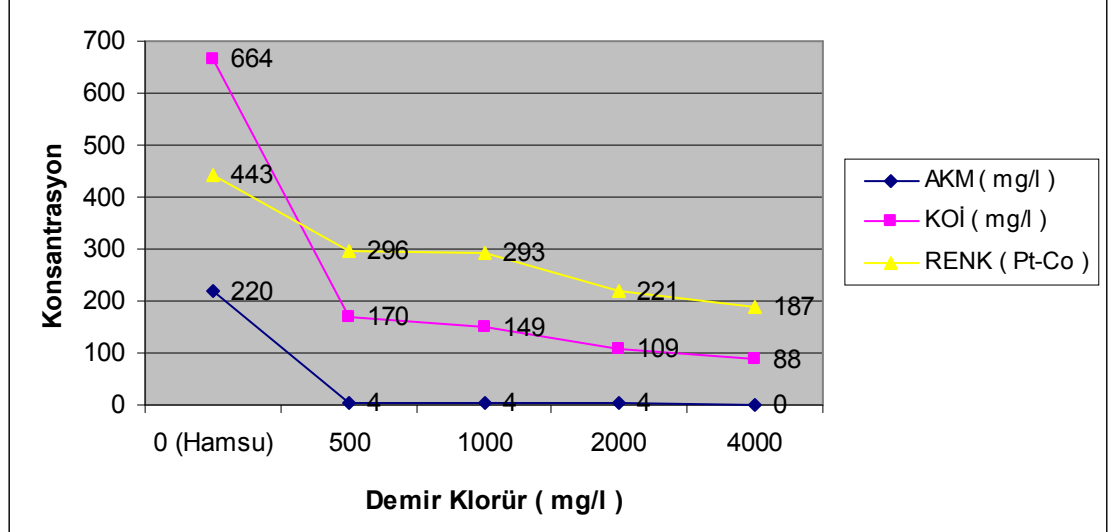
4.3. KOAGÜLASYON-FLOKÜLASYON ÇALIŞMALARI

4.3.1. B1 Kodlu Atıksu Numunesi İçin Yapılan Çalışmalar

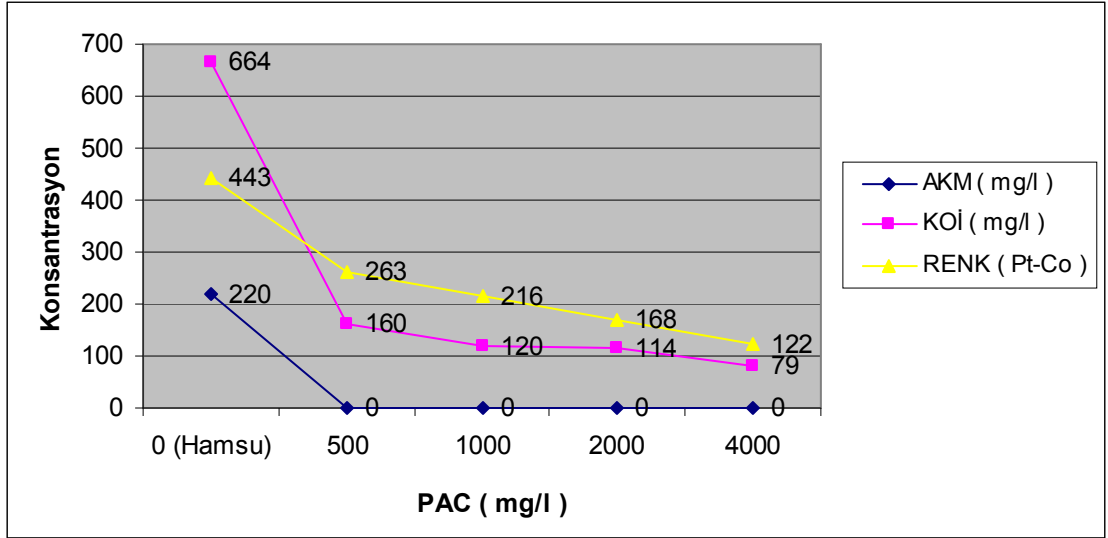
B1 kodlu atıksu numunesi ile yapılan arıtılabilirlik çalışmaları sonrası elde edilen bakiye konsantrasyonlar aşağıda grafikler halinde verilmiştir. Bunun yanı sıra elde edilen giderim oranları da toplu bir şekilde Tablo 4.3'te sunulmuştur.

Tablo 4.3: B1 Kodlu atıksu numunesinde farklı koagülantlar için AKM, KOİ ve Renk giderim yüzdesi.

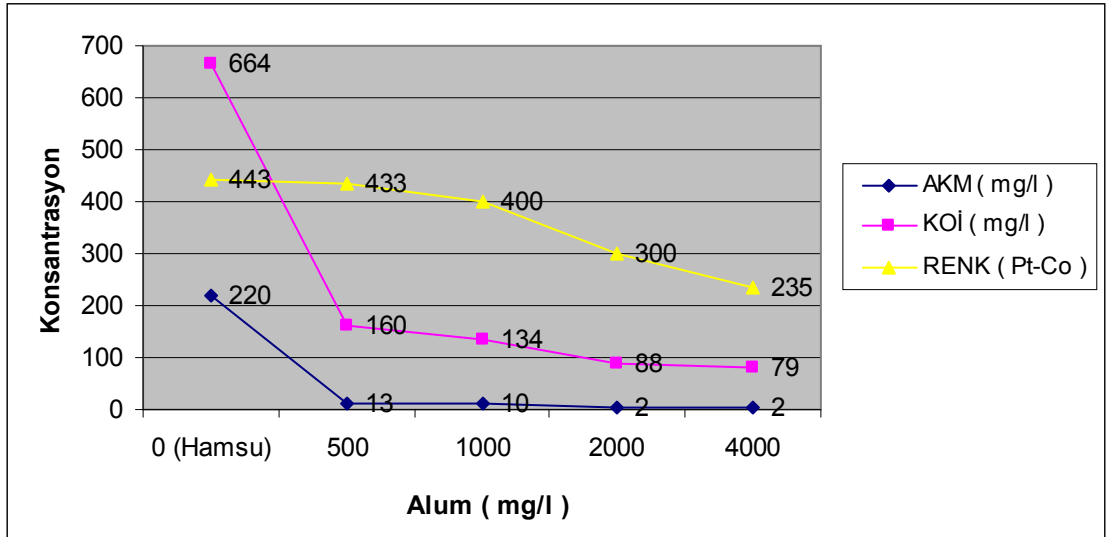
Koagülant	AKM Giderim Oranı (%)	KOİ Giderim Oranı (%)	RENK Giderim Oranı (%)
ALUM (mg/l)			
500	94	76	2
1000	95	80	10
2000	99	87	32
4000	99	88	47
PAC (mg/l)			
500	100	76	41
1000	100	82	51
2000	100	83	62
4000	100	88	72
Demir klorür (mg/l)			
500	98	74	33
1000	98	78	34
2000	98	84	50
4000	100	87	58



Şekil 4.3: Farklı dozlarda Demir Klorür için B1 kodlu atıksuyun bakiye AKM, KOİ ve Renk değerleri.

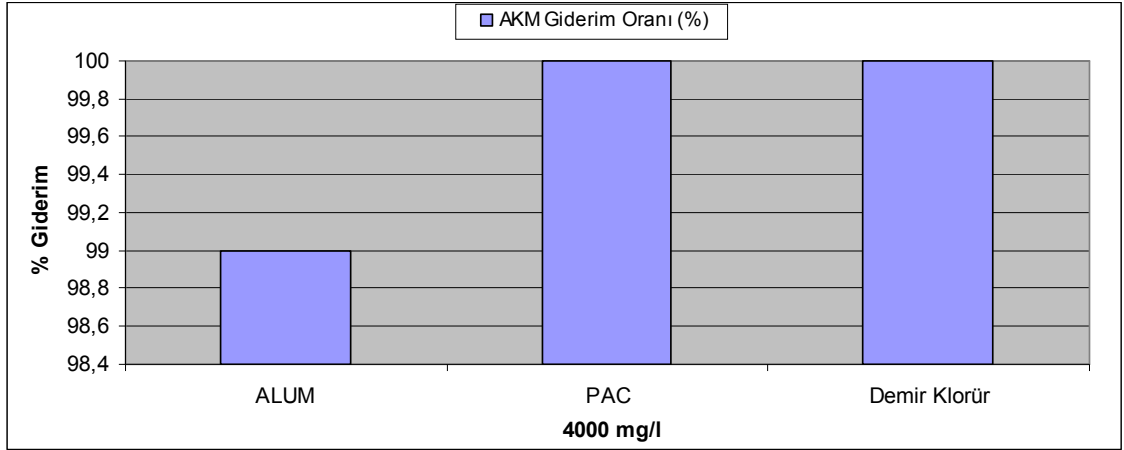


Şekil 4.4: Farklı dozlarda PAC için B1 kodlu atıksuyun bakiye AKM, KOİ ve Renk değerleri.

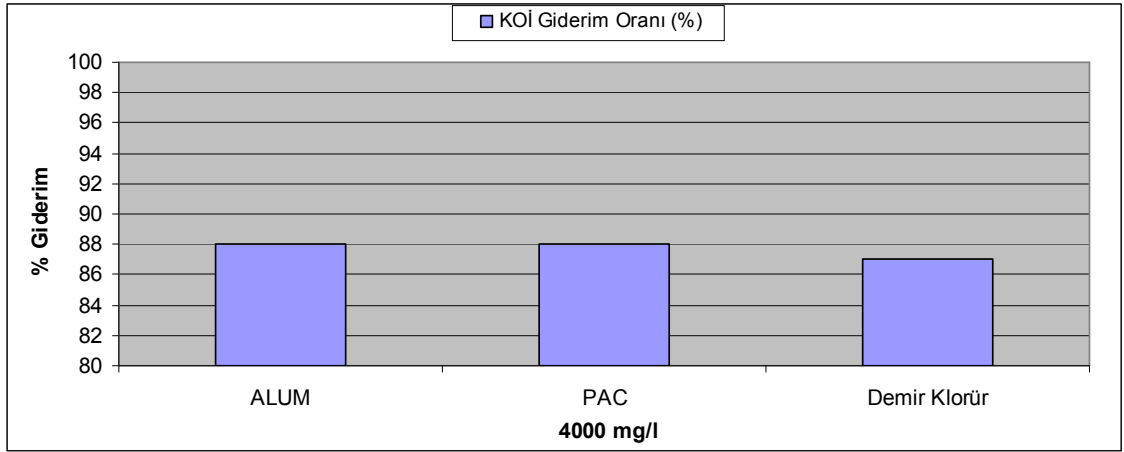


Şekil 4.5: Farklı dozlarda Alum için B1 kodlu atıksuyun bakiye AKM, KOİ ve Renk değerleri.

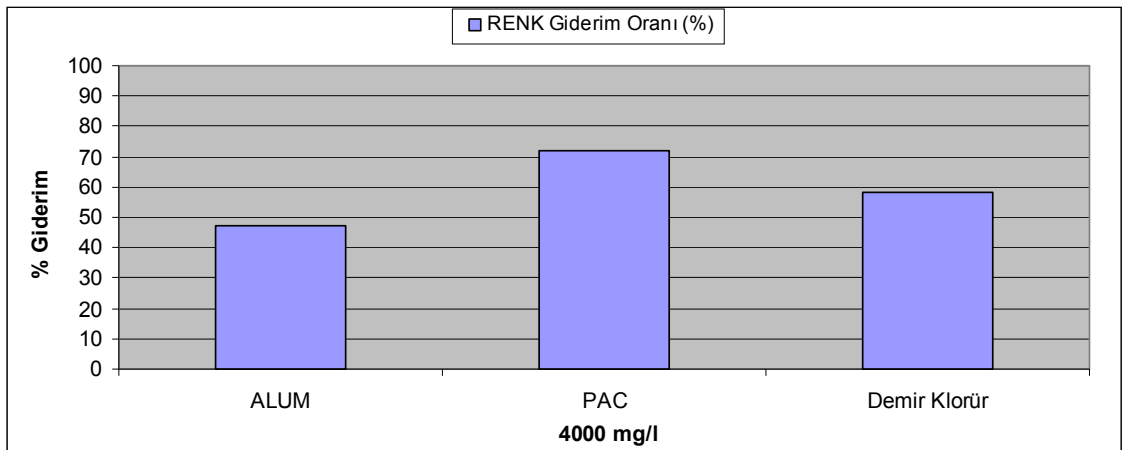
Çamur miktarının ve koagülant dozunun artması sebebiyle 4000 mg/l lik koagülant dozlamaları optimum şart olarak kabul edilmiş ve farklı koagülantların giderim verimleri bu dozda mukayese edilmiştir. Sonuçlar Şekil 4.6, 4.7 ve 4.8’de grafikler halinde sunulmuştur.



Şekil 4.6: 4000 mg/l sabit konsantrasyonda farklı koagülantların B1 kodlu atıksuyun AKM giderim oranına etkisi.



Şekil 4.7: 4000 mg/l sabit konsantrasyonda farklı koagülantların B1 kodlu atıksuyun KOİ giderim oranına etkisi.



Şekil 4.8: 4000 mg/l sabit konsantrasyonda farklı koagülantların B1 kodlu atıksuyun Renk giderim oranına etkisi.

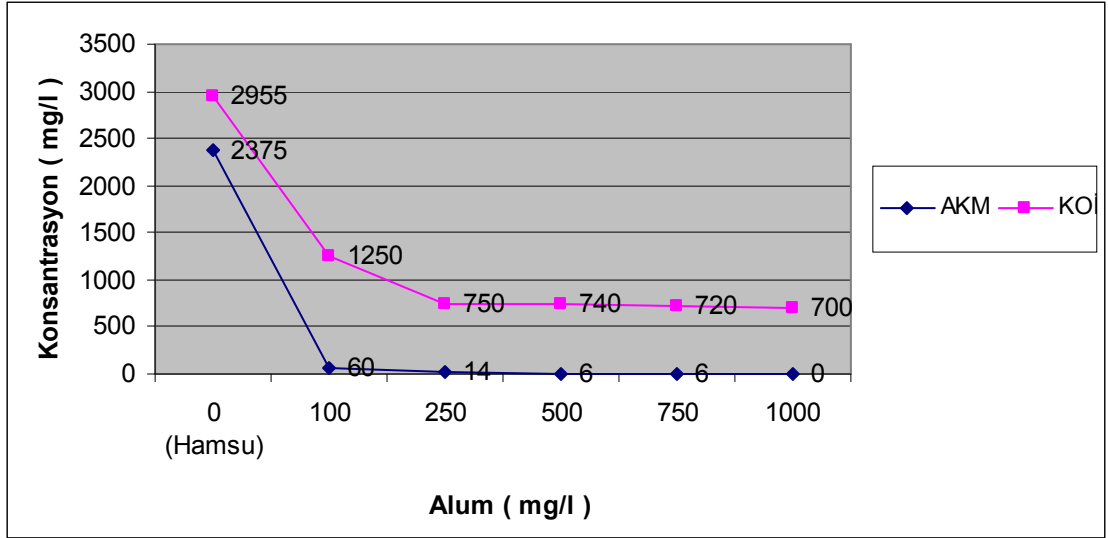
4.3.2. B2 Kodlu Atıksu Numunesi İçin Yapılan Çalışmalar

B2 kodlu atıksu numunesi ile yapılan arıtılabilirlik çalışmaları sonrası elde edilen bakiye konsantrasyonlar aşağıda grafikler halinde verilmiştir. Bunun yanı sıra elde edilen giderim oranları da toplu bir şekilde Tablo 4.4' te sunulmuştur.

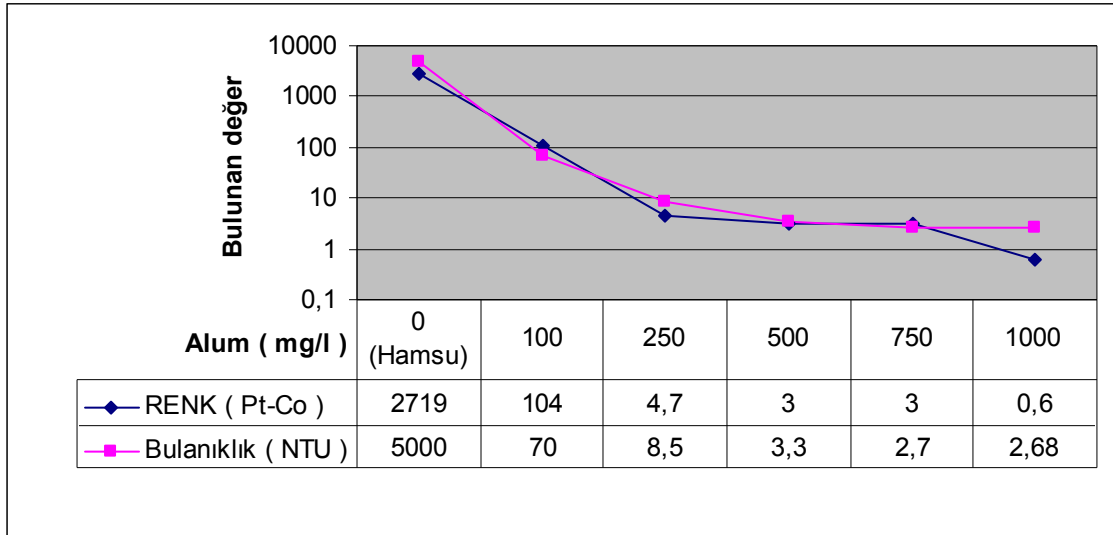
Tablo 4.4: B2 Kodlu atıksu numunesinde farklı koagülanlar için AKM, KOİ, Renk ve Bulanıklık giderim yüzdesi.

Koagülant	AKM Giderim Oranı (%)	KOİ Giderim Oranı (%)	RENK Giderim Oranı (%)	Bulanıklık ² Giderim Oranı (%)
ALUM (mg/l)				
50	100	100	100	>100
100	97	58	96	>99
250	99	75	100	>100
500	100	75	100	>100
750	100	76	100	>100
1000	100	76	100	>100
Demir Sülfat (mg/l)				
50	95	53	92	>97
100	97	63	96	>98
250	98	70	100	>99
500	100	76	100	>100
750	100	77	100	>100
1000	100	78	100	>100
PAC (mg/l)				
50	98	56	96	>99
100	98	70	97	>99
250	99	74	98	>99
500	99	76	100	>100
750	100	76	100	>100
1000	100	76	100	>100
Demir Klorür (mg/l)				
50	96	59	86	>98
100	98	68	91	>99
250	100	76	100	>100
500	100	76	100	>100
750	100	76	100	>100
1000	100	77	100	>100

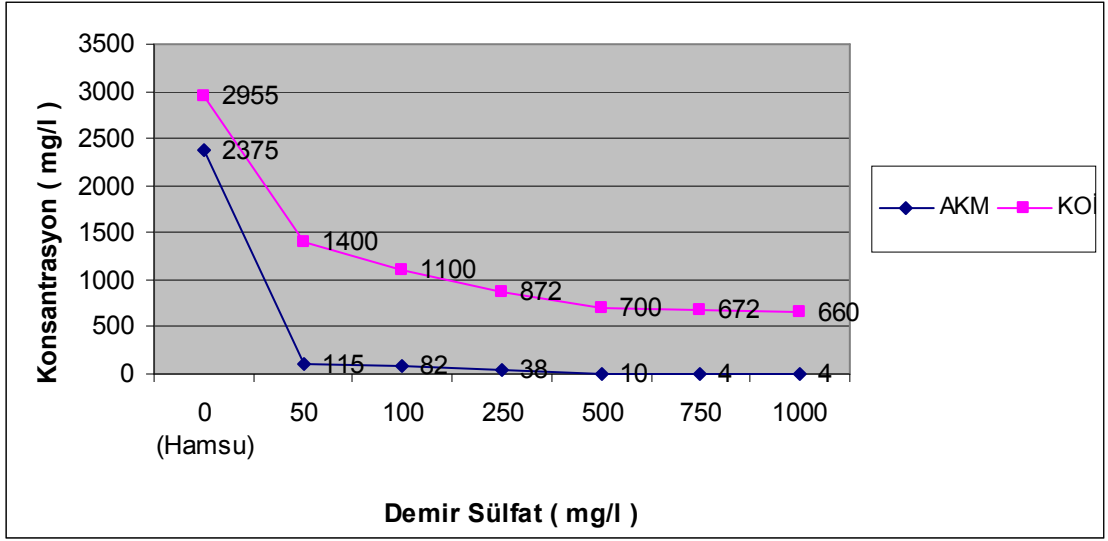
²Bulanıklık için > ifadesinin kullanılması hamsuda ölçülen bulanıklık değerinin >5000 NTU olmasından kaynaklanmaktadır.



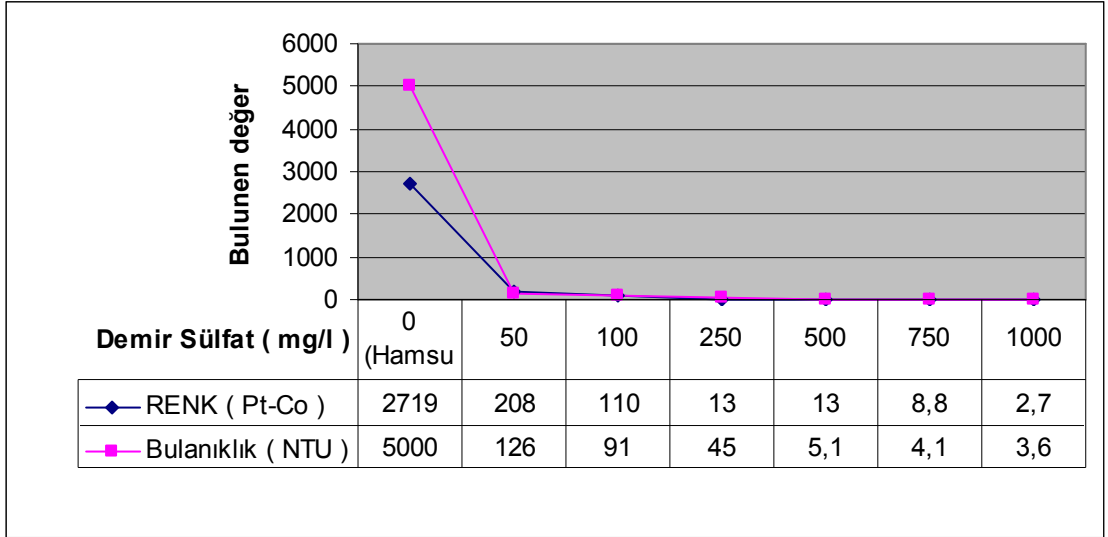
Şekil 4.9: Farklı dozlarda Alum için B2 kodlu atıksuyun bakiye AKM ve KOİ konsantrasyonları.



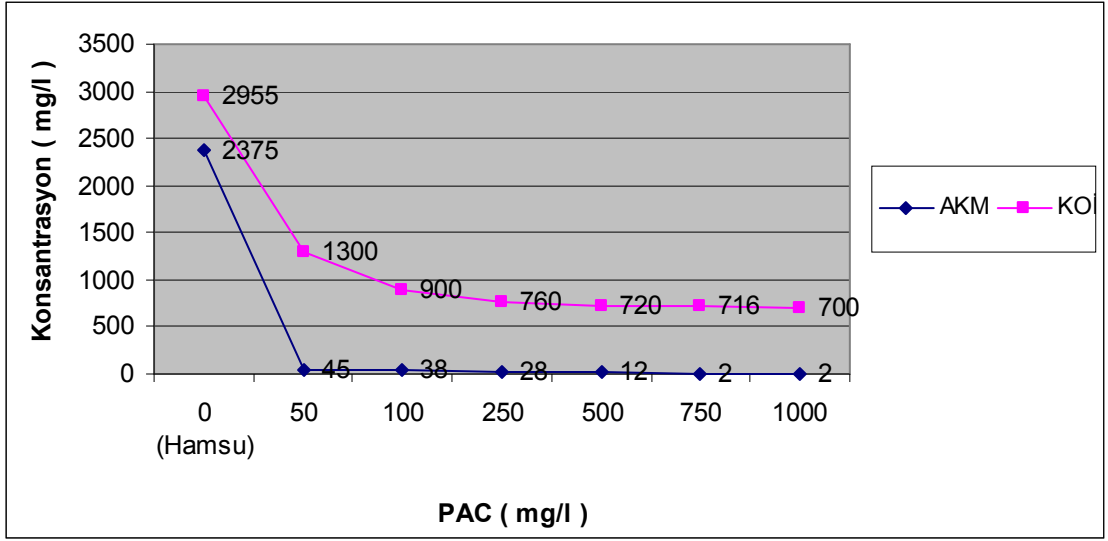
Şekil 4.10: Farklı dozlarda Alum için B2 kodlu atıksuyun bakiye Renk ve Bulanıklık değerleri.



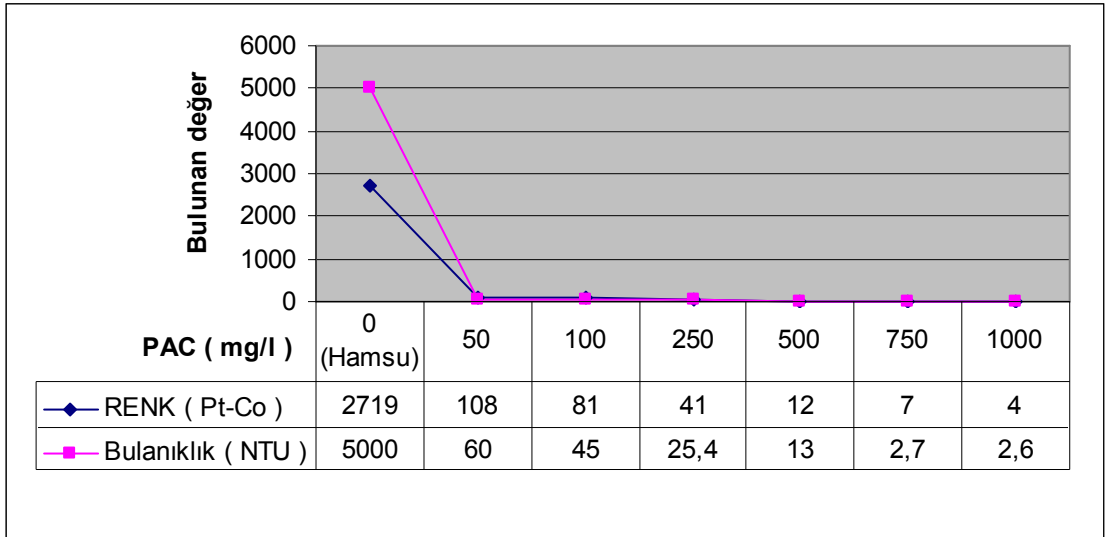
Şekil 4.11: Farklı dozlarda Demir Sülfat için B2 kodlu atıksuyun bakiye AKM ve KOİ konsantrasyonları.



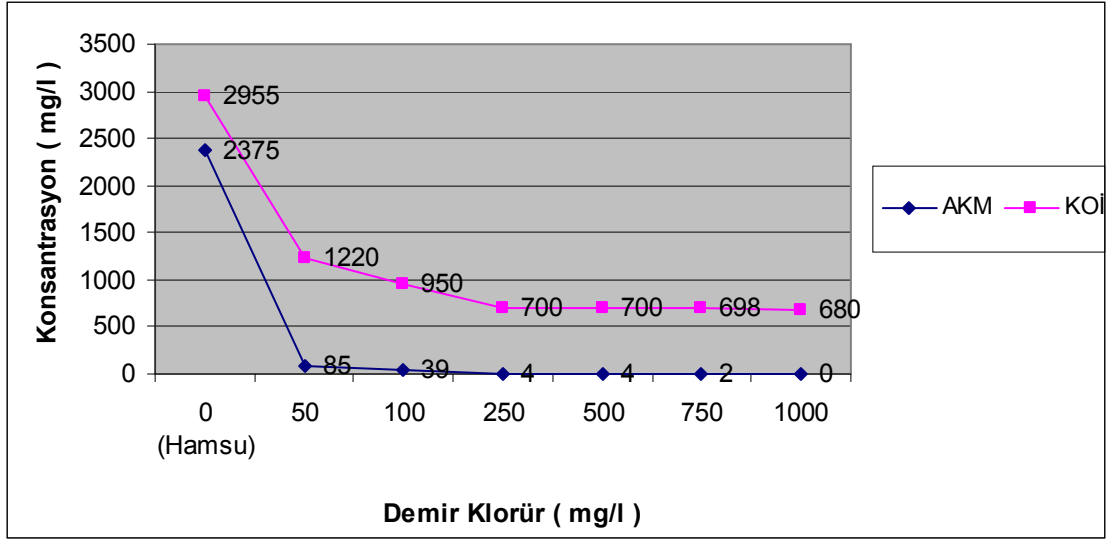
Şekil 4.12: Farklı dozlarda Demir Sülfat için B2 kodlu atıksuyun bakiye Renk ve Bulanıklık değerleri.



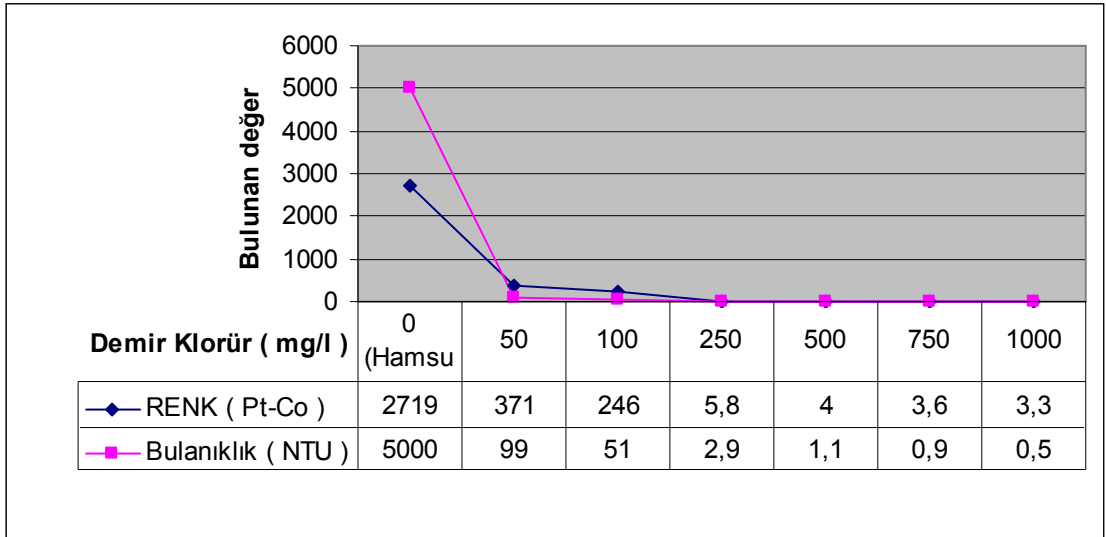
Şekil 4.13: Farklı dozlarda PAC için B2 kodlu atıksuyun bakiye AKM ve KOİ konsantrasyonları.



Şekil 4.14: Farklı dozlarda PAC için B2 kodlu atıksuyun bakiye Renk ve Bulanıklık değerleri.

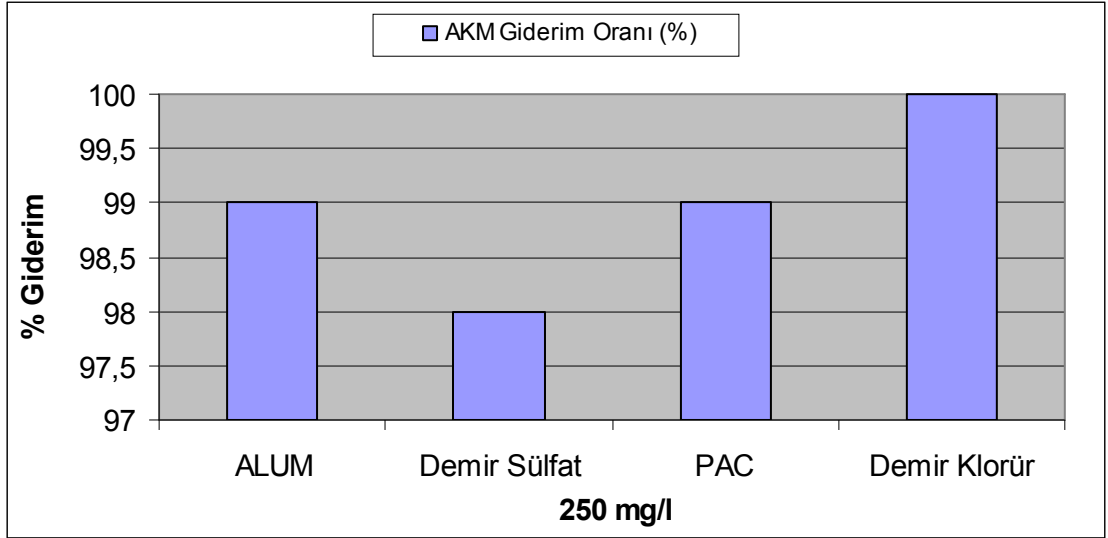


Şekil 4.15: Farklı dozlarda Demir Klorür için B2 kodlu atıksuyun bakiye AKM ve KOİ konsantrasyonları.

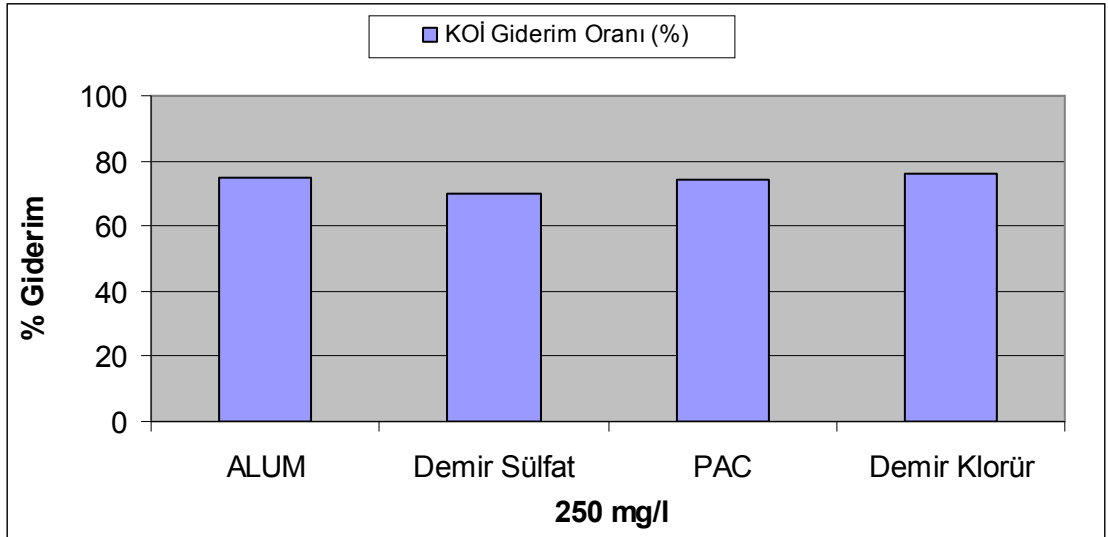


Şekil 4.16: Farklı dozlarda Demir Klorür için B2 kodlu atıksuyun bakiye Renk ve Bulanıklık değerleri.

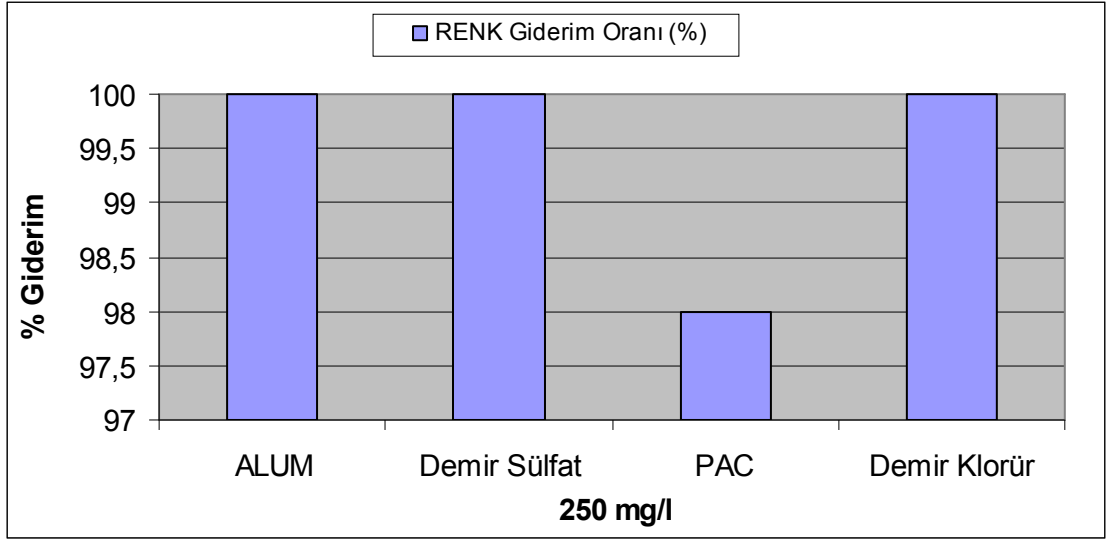
Arıtım grafiklerine bakıldığında optimum şartların sağlandığı dirsek oluşumunun 250 mg/l olduğu gözükmemektedir. Bu nedenle 250 mg/l lik koagülant dozlamaları optimum şart olarak kabul edilmiş ve farklı koagülantların giderim verimleri bu dozda mukayese edilmiştir. Sonuçlar Şekil 4.17, 4.18, 4.19 ve 4.20’de grafikler halinde sunulmuştur.



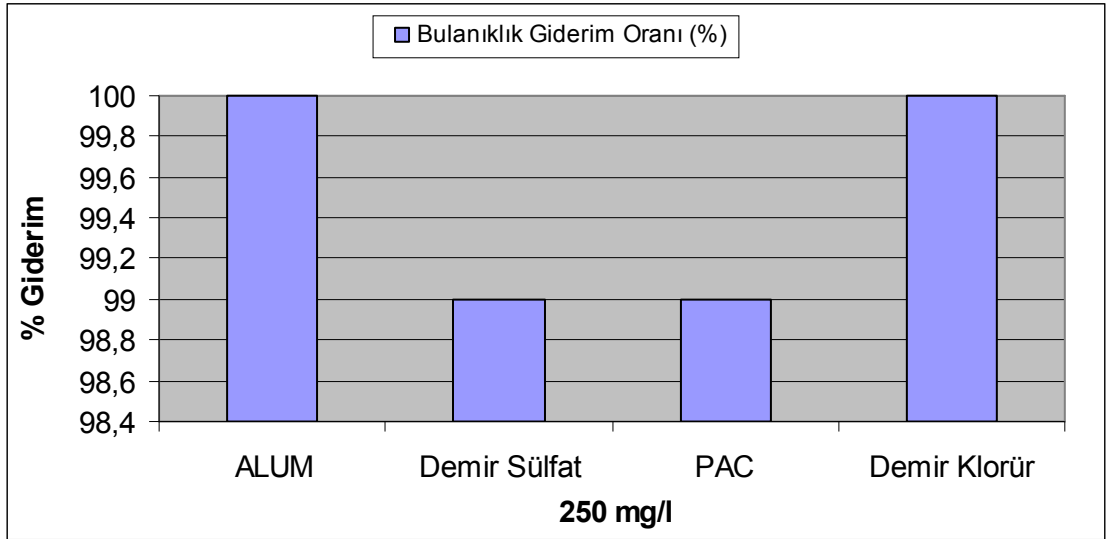
Şekil 4.17: 250 mg/l sabit konsantrasyonda farklı koagülantların B2 kodlu atıksuyun AKM giderim oranına etkisi.



Şekil 4.18: 250 mg/l sabit konsantrasyonda farklı koagülantların B2 kodlu atıksuyun KOİ giderim oranına etkisi.



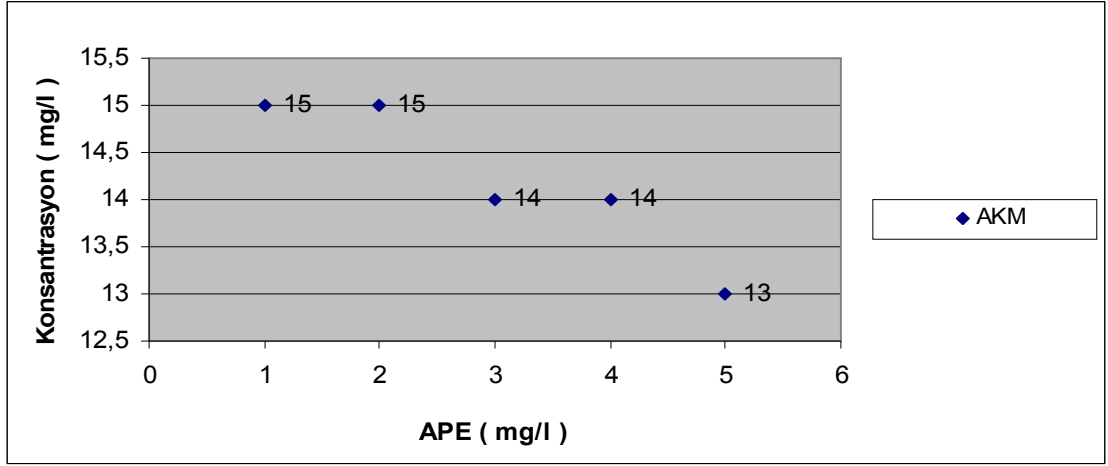
Şekil 4.19: 250 mg/l sabit konsantrasyonda farklı koagülantların B2 kodlu atıksuyun Renk giderim oranına etkisi.



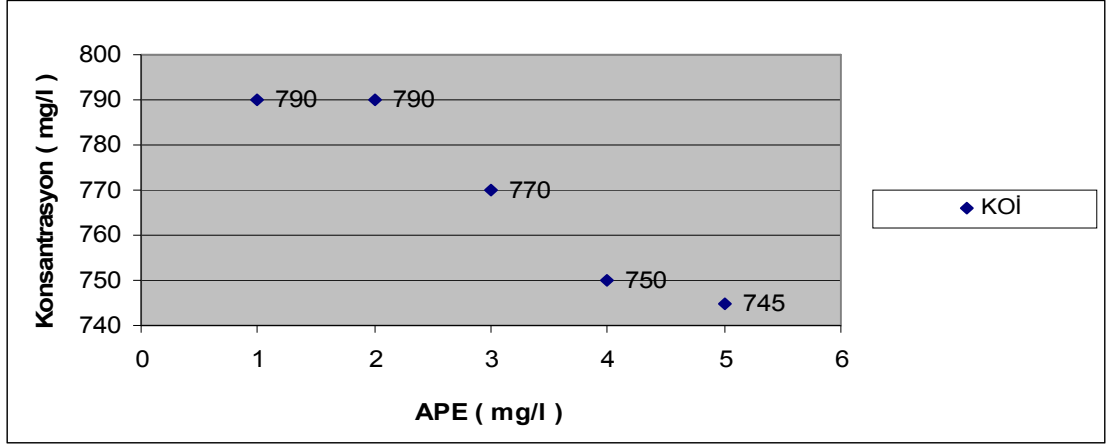
Şekil 4.20: 250 mg/l sabit konsantrasyonda farklı koagülantların B2 kodlu atıksuyun Bulanıklık giderim oranına etkisi.

4.4. B2 KODLU ATIKSU İÇİN POLİELEKTROLİT DENEMELERİ

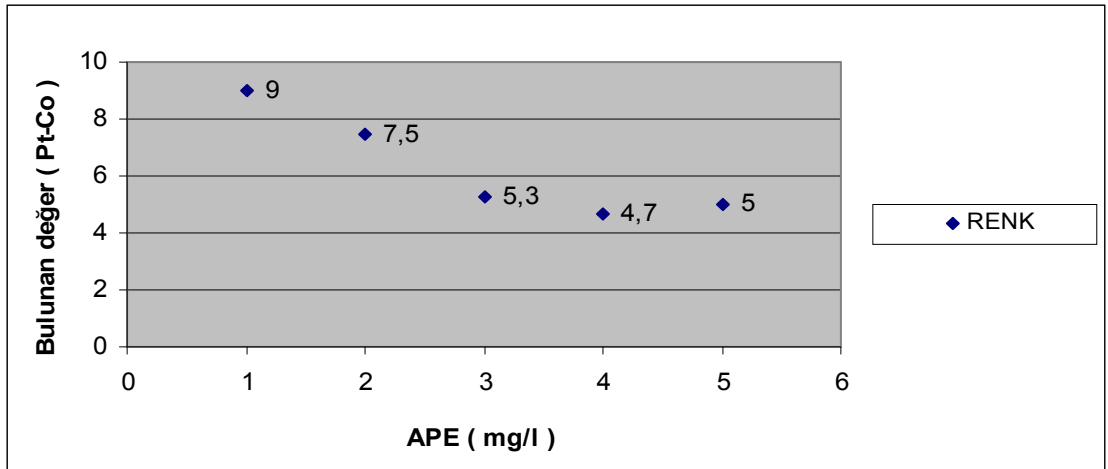
250 mg/l'lik optimum şartlarda en iyi arıtma verimine sahip koagülantlar demir klorür ve alum olarak gözlemlenmiştir. Ancak bu iki koagülant arasında mukayese yapıldığında arıtım verimlerinde çok az bir fark olduğu, buna karşın demir klorürün alum göre çok daha fazla çamur oluşturduğu görülmektedir. Bu nedenden dolayı polielektrolit denemesi için alum tercih edilmiştir. Koagülant dozu sabit tutularak yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar Şekil 4.21, 4.22, 4.23 ve 4.24 te sunulmuştur.



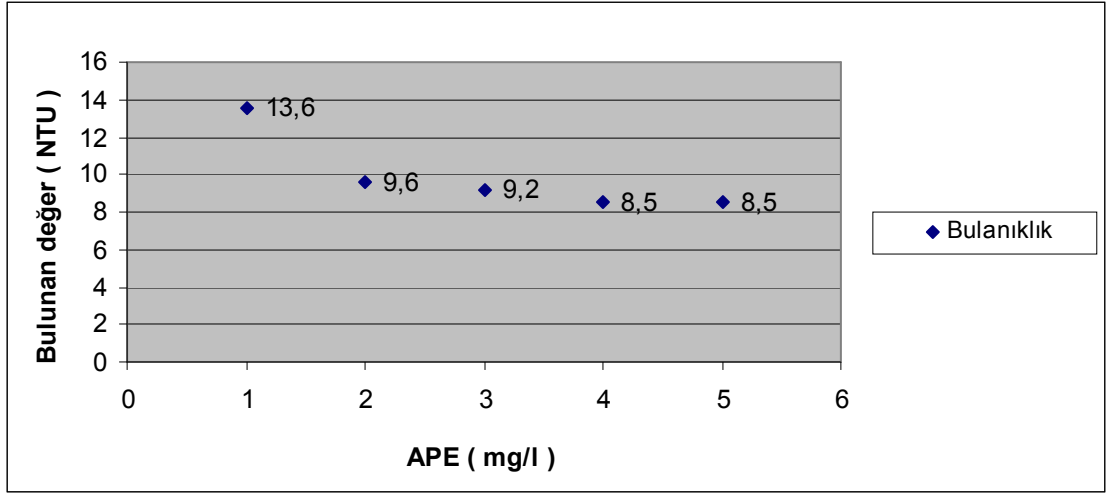
Şekil 4.21: 250 mg/l sabit Alum dozlamasında farklı dozda anyonik polielektrolitin B2 kodlu atıksuyun bakiye AKM konsantrasyonuna etkisi.



Şekil 4.22: 250 mg/l sabit Alum dozlamasında farklı dozda anyonik polielektrolitin B2 kodlu atıksuyun bakiye KOİ konsantrasyonuna etkisi.

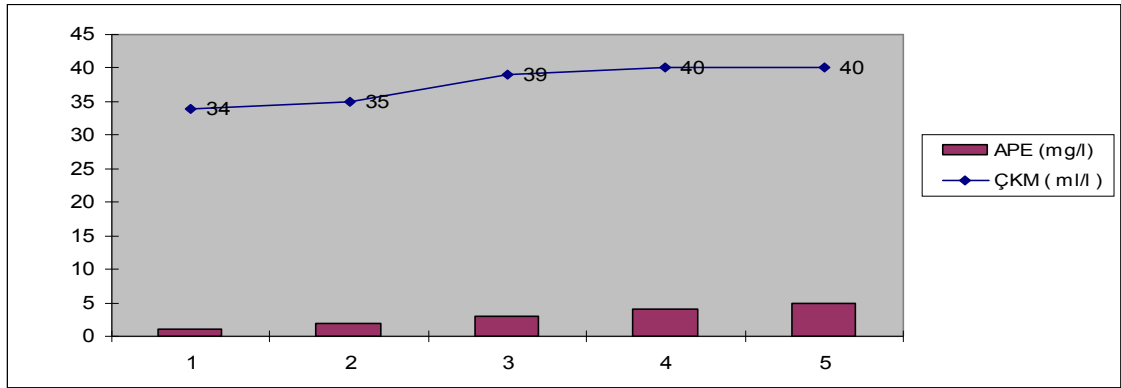


Şekil 4.23: 250 mg/l sabit Alum dozlamasında farklı dozda anyonik polielektrolitin B2 kodlu atıksuyun bakiye Renk değerine etkisi.



Şekil 4.24: 250 mg/l sabit Alüm dozlamasında farklı dozda anyonik polielektrolitin B2 kodlu atıksuyun bakiye Bulanıklık değerine etkisi.

Koagülant dozundaki değişimin çamur miktarına etkisi de Şekil 4.25 da sunulmuştur.



Şekil 4.25: 250 mg/l sabit Alüm dozlamasında farklı dozda anyonik polielektrolitin B2 kodlu atıksudaki oluşan çamur hacmine etkisi.

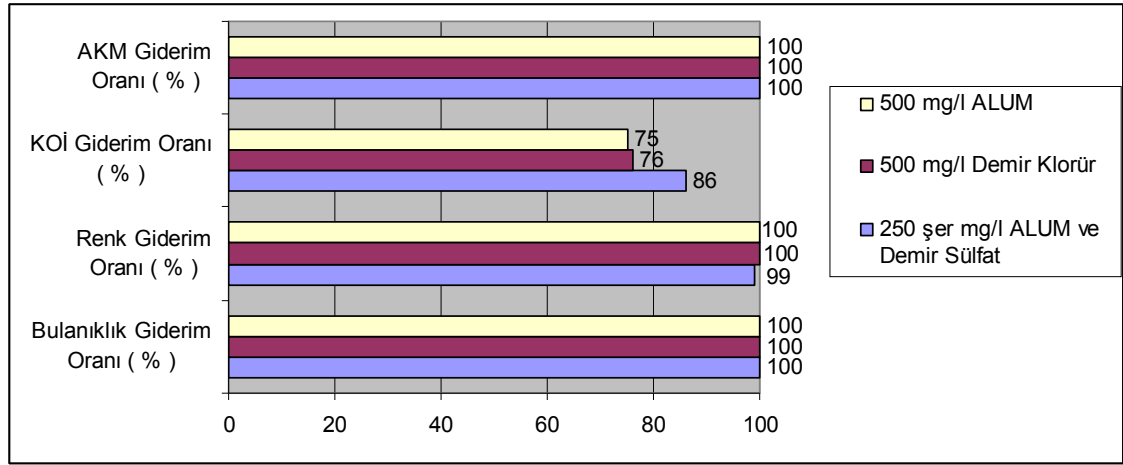
4.5. B2 KODLU ATIKSU NUMUNESİ İÇİN ÇİFT KOAGÜLANT UYGULAMASI

B2 kodlu numune için optimum doz olarak belirlenen 250 mg/l koagülant dozlamasında en iyi arıtma verimine sahip olduğu görülen alüm ve demir klorür koagülantlarından B2 atıksuyuna 250'şer mg/l daha dozlanarak elde edilen giderim değerleri Tablo 4.5'te sunulmuştur. Uygulama için 4 mg/l anyonik polielektrolit dozlaması uygun görülmüştür.

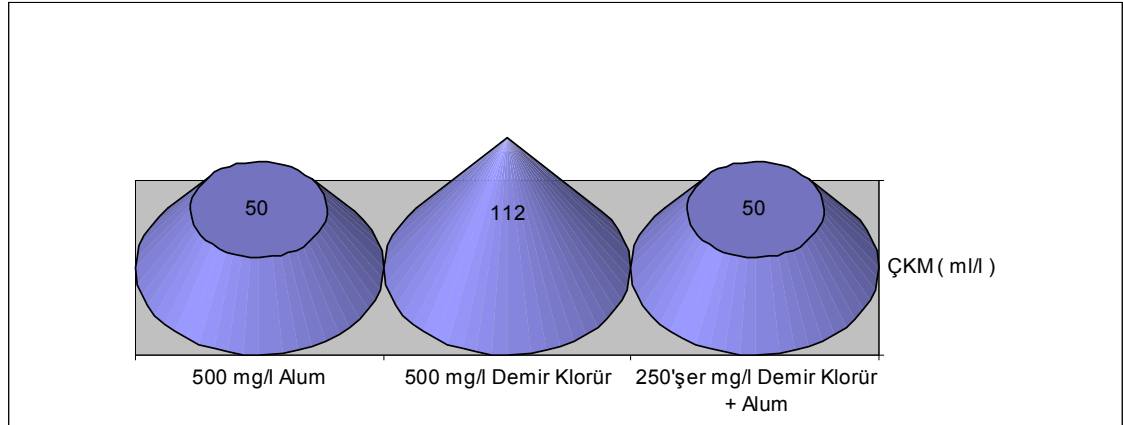
Tablo 4.5: Alüm ve Demir Klorür koagülantlarının beraber kullanılması sonucu elde edilen bakiye konsantrasyonlar.

	AKM (mg/l)	KOİ (mg/l)	RENK (Pt-Co)	Bulanıklık (NTU)
B2 kodlu hamsu	2375	2955	2719	>5000
250 mg/l Demir klorür + 250 mg/l Alüm	3	405	19	2,8

Bu çalışmanın sonuçlarının, demir klorür ve alümün tek başlarına kullanıldığı zaman ortaya çıkan sonuçlarla kıyaslanması da sağlanmıştır. Elde edilen sonuçlar giderim verimleri ve oluşan çamur miktarları bakımından Şekil 4.26 ve 4.27’de verilmiştir.



Şekil 4.26: Beraber kullanılan alüm ve demir klorür koagülantının giderim veriminin ayrı ayrı kullanımlarına göre değişimi.



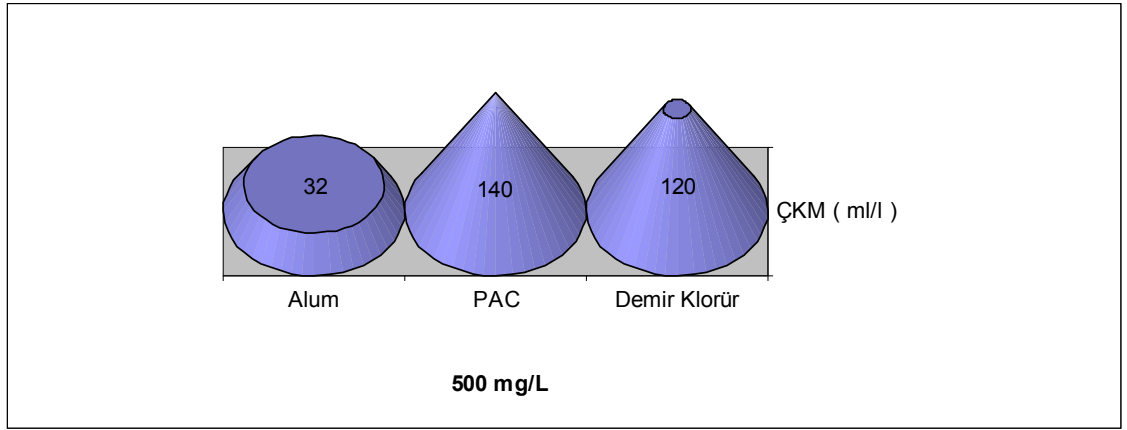
Şekil 4.27: Beraber kullanılan alüm ve demir klorür koagülantının çamur oluşumuna etkisinin ayrı ayrı kullanımlarına göre değişimi.

4.6. ÇAMUR OLUŞUMUNUN İNCELENMESİ

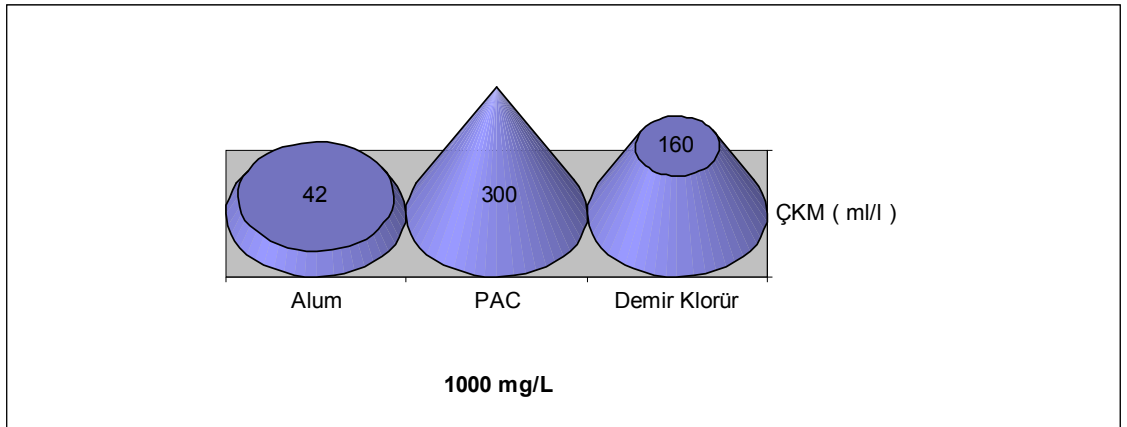
Farklı koagülantların farklı dozlarında elde edilen çamur miktarları B1 ve B2 kodlu numunelerde ayrı ayrı olmak suretiyle aşağıdaki grafiklerde sunulmuştur. Ayrıca çamur karakterlerinden de bahsetmek gerekirse:

B1 kodlu atıksu için alum, PAC ve demir klorür sırasına göre çamurların karakterizasyonu kırmızı renkli toz halde, gri renkli toprak halde ve gri renkli toprak haldedir.

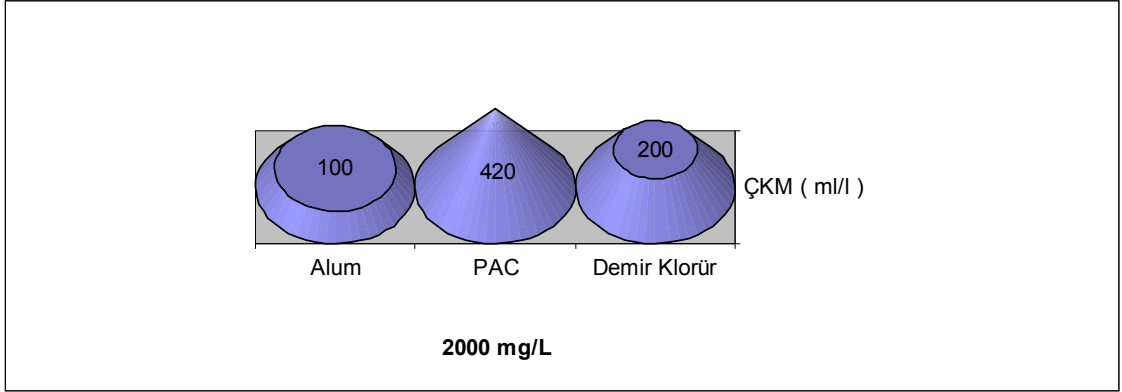
B2 kodlu atıksu için alum, demir sülfat, PAC ve demir klorür sırasına göre çamurların karakterizasyonu gri renkli, siyah renkli, kahverengi ve beyaz renkli haldedir.



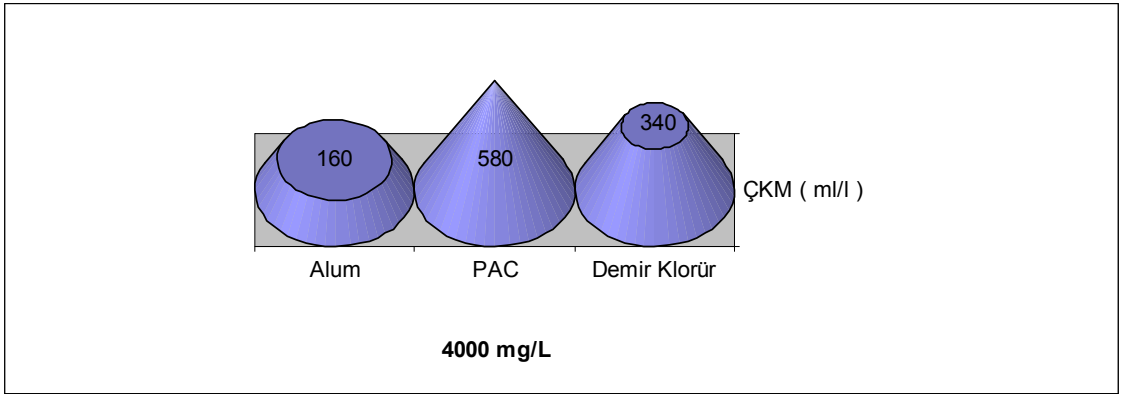
Şekil 4.28: 500 mg/l sabit koagülant dozajında B1 kodlu atıksu numunesi için farklı koagülantların çamur oluşum miktarları.



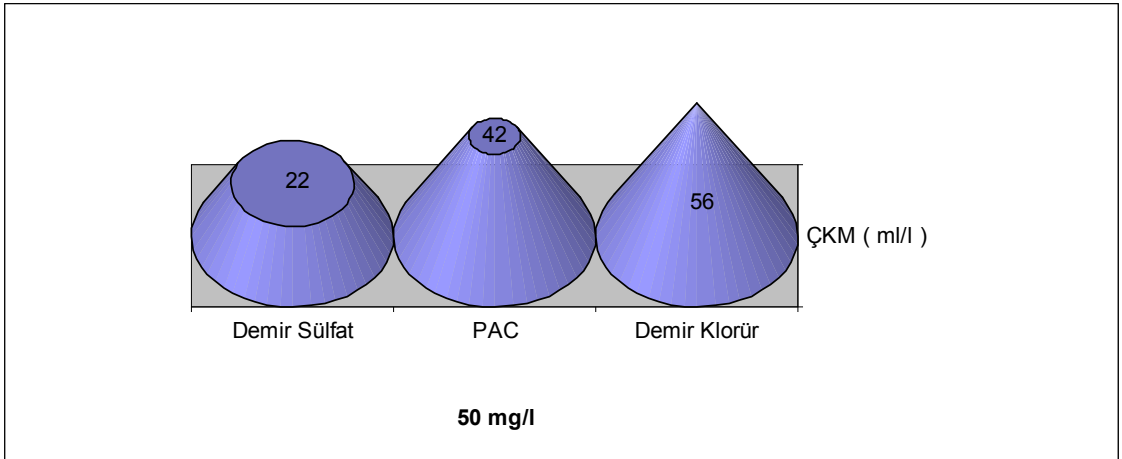
Şekil 4.29: 1000 mg/l sabit koagülant dozajında B1 kodlu atıksu numunesi için farklı koagülantların çamur oluşum miktarları.



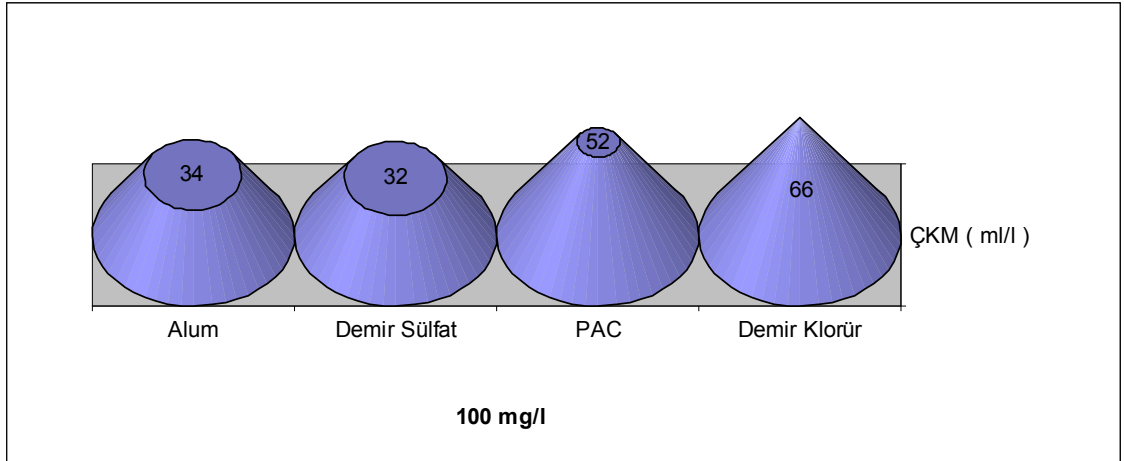
Şekil 4.30: 2000 mg/l sabit koagülant dozajında B1 kodlu atıksu numunesi için farklı koagülantların çamur oluşum miktarları.



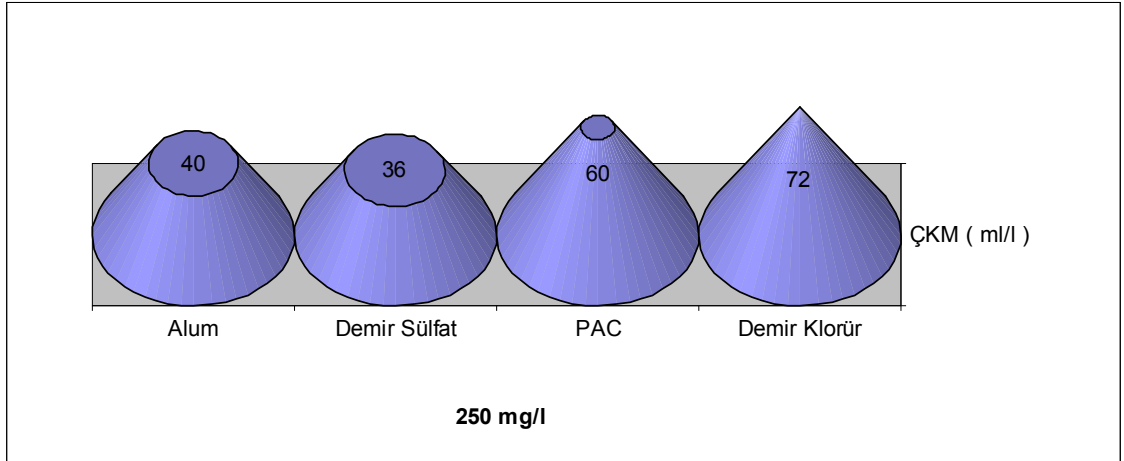
Şekil 4.31: 500 mg/l sabit koagülant dozajında B1 kodlu atıksu numunesi için farklı koagülantların çamur oluşum miktarları.



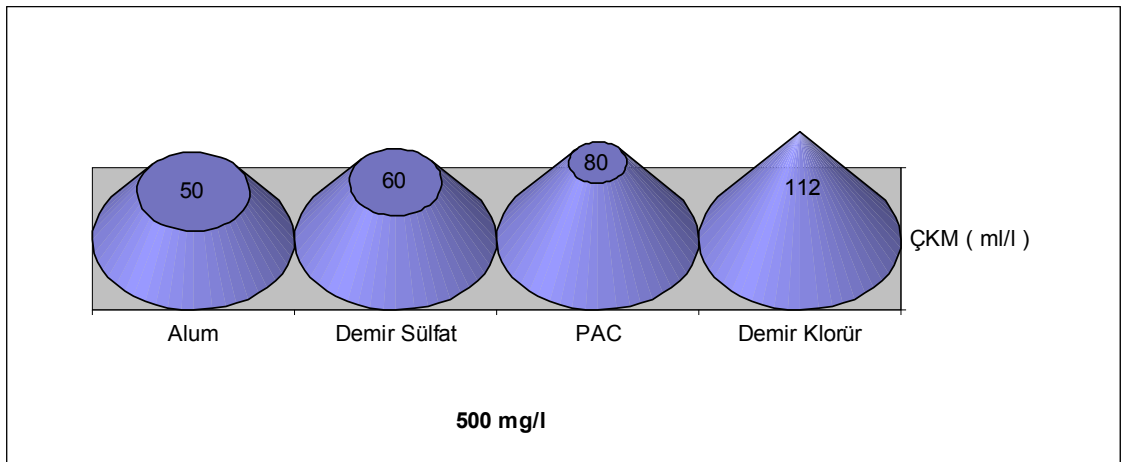
Şekil 4.32: 50 mg/l sabit koagülant dozajında B2 kodlu atıksu numunesi için farklı koagülantların çamur oluşum miktarları.



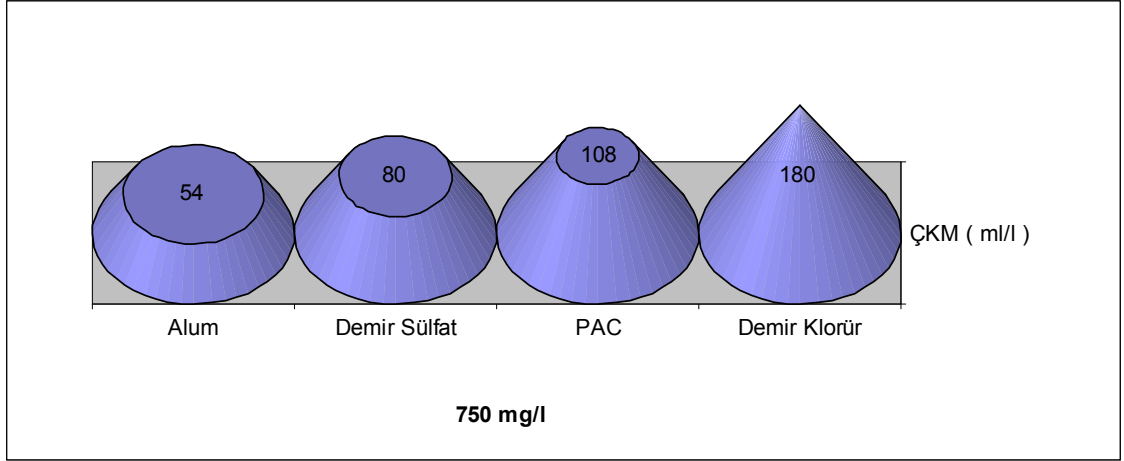
Şekil 4.33: 100 mg/l sabit koagülant dozajında B2 kodlu atıksu numunesi için farklı koagülantların çamur oluşum miktarları.



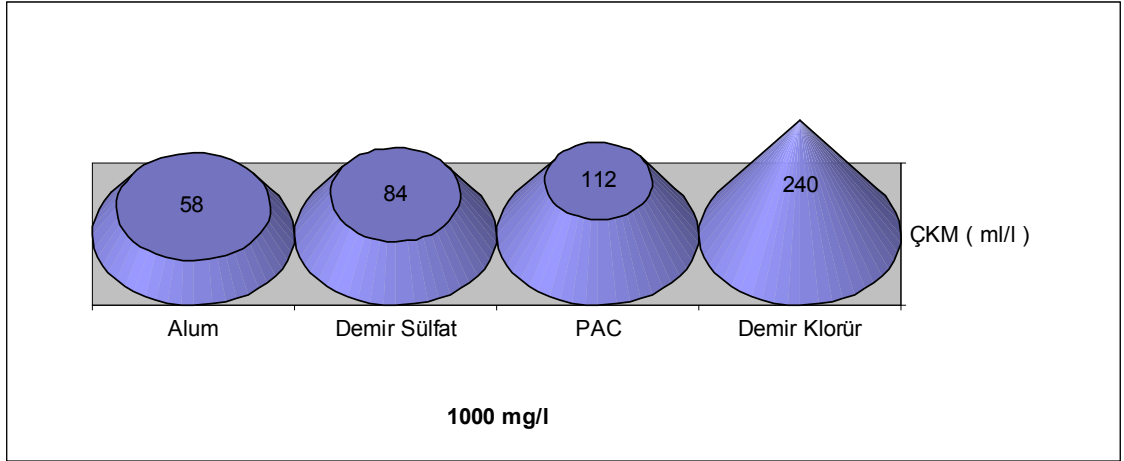
Şekil 4.34: 250 mg/l sabit koagülant dozajında B2 kodlu atıksu numunesi için farklı koagülantların çamur oluşum miktarları.



Şekil 4.35: 500 mg/l sabit koagülant dozajında B2 kodlu atıksu numunesi için farklı koagülantların çamur oluşum miktarları.



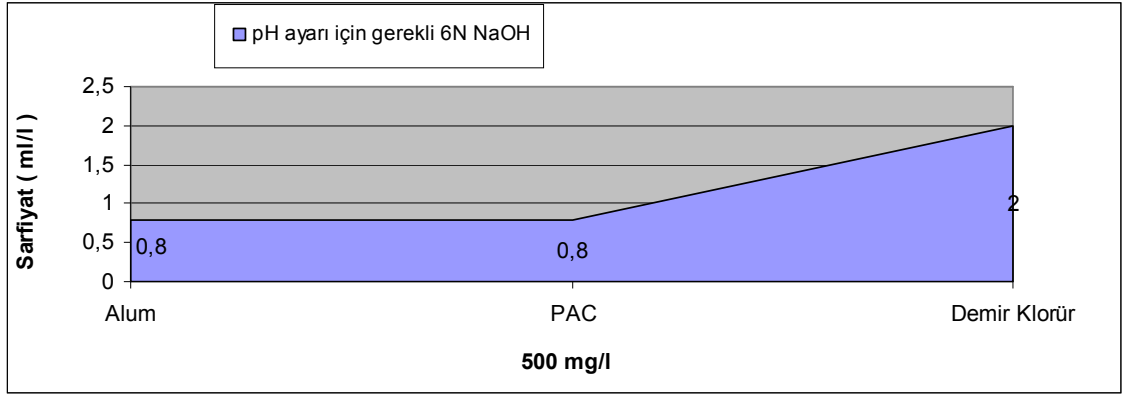
Şekil 4.36: 750 mg/l sabit koagülant dozajında B2 kodlu atıksu numunesi için farklı koagülantların çamur oluşum miktarları.



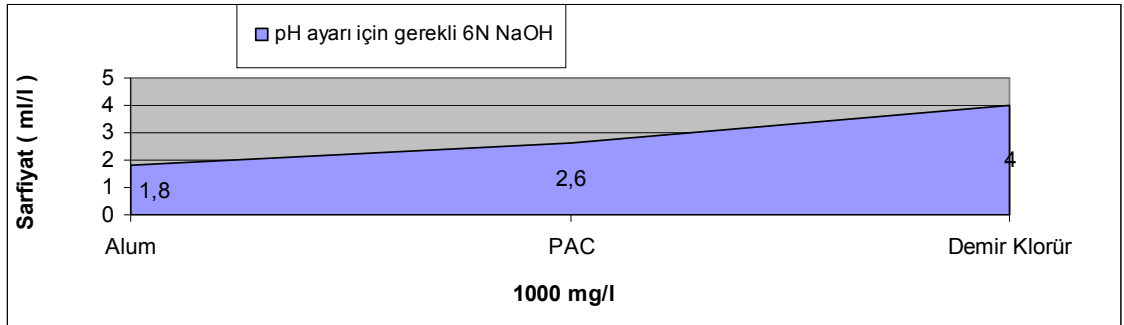
Şekil 4.37: 1000 mg/l sabit koagülant dozajında B2 kodlu atıksu numunesi için farklı koagülantların çamur oluşum miktarları.

4.7. ASİT VE BAZ DOZLAMASI

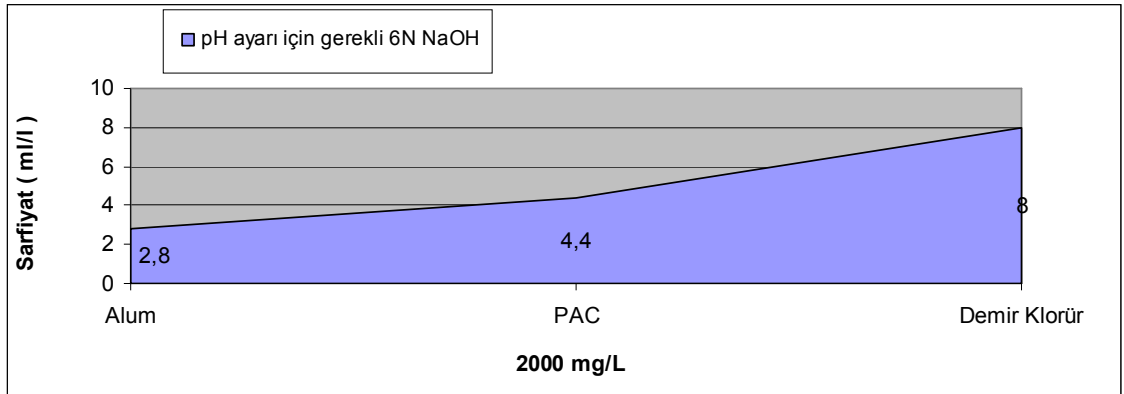
B1 kodlu atıksu numunesi için pH ayarlamasında litre numune başına kullanılan 6N sodyum hidroksit miktarları Şekil 4.38, 4.39, 4.40 ve 4.41'de grafiksel olarak sunulmuştur. B2 için ise sarfiyatlar çok düşük ve birbirine yakın olduğu için sadece tablo halinde Tablo 4.6'da belirtilmiştir.



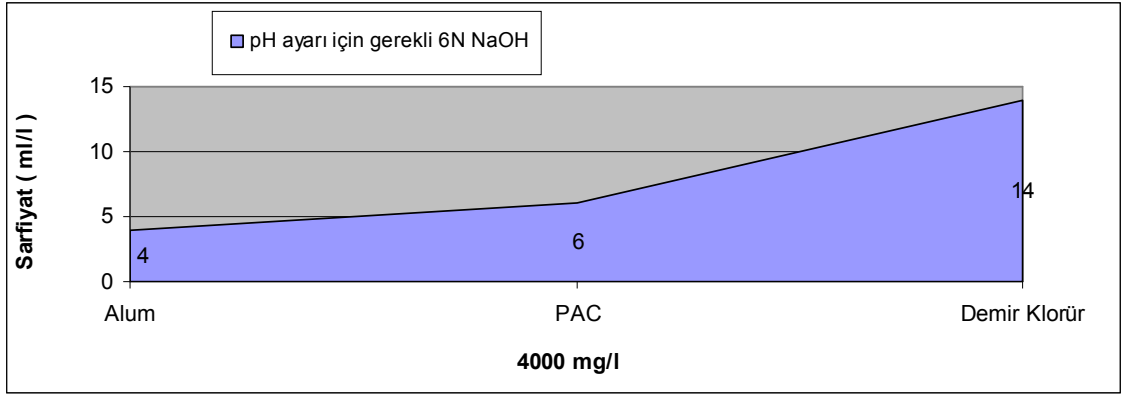
Şekil 4.38: 500 mg/l sabit koagülant dozajında B1 kodlu atıksu numunesinin pH'ının artırma için uygun değere getirilmesinde ihtiyaç duyulan baz miktarı.



Şekil 4.39: 1000 mg/l sabit koagülant dozajında B1 kodlu atıksu numunesinin pH'ının artırma için uygun değere getirilmesinde ihtiyaç duyulan baz miktarı.



Şekil 4.40: 2000 mg/l sabit koagülant dozajında B1 kodlu atıksu numunesinin pH'ının artırma için uygun değere getirilmesinde ihtiyaç duyulan baz miktarı.



Şekil 4.41: 4000 mg/l sabit koagülant dozajında B1 kodlu atıksu numunesinin pH'ının artırma için uygun değere getirilmesinde ihtiyaç duyulan baz miktarı.

Tablo 4.6: B2 kodlu atıksu numunesinin arıtılabilirlik çalışmaları sırasında farklı koşullar için pH ayarlamasında gerekli olan baz miktarı.

	pH ayarı için gerekli 6N NaOH (ml/l)
50 mg/l	
Demir sülfat	0,1
PAC	0,1
Demir klorür	0,1
100 mg/l	
Alum	0,1
Demir sülfat	0,1
PAC	0,1
Demir klorür	0,1
250 mg/l	
Alum	0,1
Demir sülfat	0,15
PAC	0,15
Demir klorür	0,1
500 mg/l	
Alum	0,2
Demir sülfat	0,25
PAC	0,2
Demir klorür	0,2
750 mg/l	
Alum	0,3
Demir sülfat	0,35
PAC	0,4
Demir klorür	0,35
1000 mg/l	
Alum	0,45
Demir sülfat	0,5
PAC	0,55
Demir klorür	0,45

4.8. ÖZET TABLOLAR

Her iki atıksu için de baştan sona yapılan arıtılabilirlik çalışmalarını içeren özet tablolar aşağıda sunulmuştur.

Tablo 4.7: B1 kodlu ham atıksuya ait veriler.

B1	AKM (mg/l)	ÇKM (ml/l)	KOİ (mg/l)	pH	RENK (Pt-Co)
Hamsu	220	6	664	7,1 5	443
Hamsu üst faz	13	0	198	7,1 5	443
Bazik hamsu	360	6,5	648	10	537
Bazik hamsu üst faz	8	0	134	10	537
Asidik hamsu	202	5,5	628	4,5	707
Asidik hamsu üst faz	0	0	183	4,5	707

Tablo 4.8: B2 kodlu ham atıksuya ait veriler.

B2	AKM (mg/l)	ÇKM (ml/l)	KOİ (mg/l)	pH	RENK (Pt-Co)	Bulanıklık (NTU)
Hamsu	2375	800/6	2955	7,05	2719	>5000
Hamsu üst faz	715	0	1948	7,05	2719	
Bazik hamsu	2290	800/5	2830	10	2706	
Bazik hamsu üst faz	910	0	2028	10	2706	
Asidik hamsu	1325	800/0	2845	4,5	2077	
Asidik hamsu üst faz	695	0	2032	4,5	2077	

Tablo 4.9: B1 kodlu atıksuyun arıtılabilirlik çalışmasının özet tablosu.

B1	Koagülant dozağı (mg/l)	AKM (mg/l)	KOİ (mg/l)	pH	RENK (Pt-Co)	ÇKM (ml/l)	pH ayarı için gerekli 6N NaOH (ml/l)	İlave edilen polielektrolit ve oluşan çamurun özellikleri
ALUM	500	13	160	9,5	433	32	0,8	Polielektrolit kullanılmamıştır, çamur kıvılcık bir toz halindedir
	1000	10	134	9,5	400	42	1,8	
	2000	2	88	9,5	300	100	2,8	
	4000	2	79	9,5	235	160	4	
PAC	500	0	160	9,5	263	140	0,8	2 mg/l anyonik polielektrolit kullanılmıştır, çamur gri renkli ve topak halindedir
	1000	0	120	9,5	216	300	2,6	
	2000	0	114	9,5	168	420	4,4	
	4000	0	79	9,5	122	580	6	
Demir klorür	500	4	170	8	296	120	2	2 mg/l anyonik polielektrolit kullanılmıştır, çamur gri renkli ve topak halindedir
	1000	4	149	8	293	160	4	
	2000	4	109	8	221	200	8	
	4000	0	88	8	187	350	14	

Tablo 4.10: B2 kodlu atıksuyun arıtılabilirlik çalışmasının özet tablosu.

B2	Koagülant dozajı (mg/l)	AKM (mg/l)	KOİ (mg/l)	pH	RENK (Pt-Co)	ÇKM (ml/l)	pH ayarı için gerekli 6N NaOH (ml/l)	Bulanıklık (NTU)	İlave edilen polielektrolit ve oluşan çamurun özellikleri
ALUM	50						0,1		Çökme olmamıştır
	100	60	1250	8	104	34	0,1	70	4 mg/l anyonik polielektrolit, Çamur gri
	250	14	750	8	4,7	40	0,1	8,5	
	500	6	740	8	3	50	0,2	3,3	
	750	6	720	8	3	54	0,3	2,7	
	1000	0	700	8	0,6	58	0,45	2,68	
	250	15	790	8	180	34	0,1	13,6	1 mg/l Polielektrolit, çamur gri
	250	15	790	8	152	35	0,1	9,6	2 mg/l Polielektrolit, çamur gri
	250	14	770	8	105	39	0,1	9,2	3 mg/l Polielektrolit, çamur gri
	250	13	745	8	99	40	0,1	8,5	5 mg/l Polielektrolit, çamur gri
Demir sülfat	50	115	1400	8	208	22	0,1	126	4 mg/l anyonik polielektrolit, Çamur gri balçık
	100	82	1100	8	110	32	0,1	91	4 mg/l anyonik polielektrolit kullanılmıştır. Çamur siyah.
	250	38	872	8	13	36	0,15	45	
	500	10	700	8	13	60	0,25	5,1	
	750	4	672	8	8,8	80	0,35	4,1	
	1000	4	660	8	2,7	84	0,5	3,6	
PAC	50	45	1300	8	108	42	0,1	60	4 mg/l anyonik polielektrolit, Çamur gri balçık
	100	38	900	8	81	52	0,1	45	4 mg/l anyonik polielektrolit kullanılmıştır. Çamur kahverengi.
	250	28	760	8,5	41	60	0,15	25,4	
	500	12	720	8,5	12	80	0,2	13	
	750	2	716	8,5	7	108	0,4	2,7	
	1000	2	700	8,5	4	112	0,55	2,6	
Demir Klorür	50	85	1220	8	371	56	0,1	99	4 mg/l anyonik polielektrolit, Çamur gri balçık
	100	39	950	8	246	66	0,1	51	4 mg/l anyonik polielektrolit kullanılmıştır. Çamur beyaz.
	250	4	700	8,5	5,8	72	0,1	2,9	
	500	4	700	8,5	4	112	0,2	1,1	
	750	2	698	8,5	3,6	180	0,35	0,9	
	1000	0	680	8,5	3,3	240	0,45	0,5	
Demir Klorür + Alum	250 şer	3	405	8,5	19	50	0,25	2,8	4 mg/l anyonik polielektrolit, Çamur gri.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

5.1. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

5.1.1. Atıksuların Karakterizasyonu ve pH Değişimlerinin Arıtmaya Etkisi

Her iki atıksu için de orjinal örnek homojen edilerek ve 1 saat beklenerek üst fazdan yapılan örnekleme sonucu çalışılan AKM ve KOİ analizleri mukayese edilecek olunursa, AKM ve KOİ düşüşünün paralel olarak gözlemlenmesi her iki atıksuda da askıda katı maddelerden gelen organik kirliliğin yüksek olduğunun bir işaretidir. Buna karşın kendi pH'ında numunenin çökmeye bırakılmasının renk giderimine bir katkısı yoktur. Bu durumun sebebi de Renk analizi yapılırken zaten Askıda Katı Maddelerin filtrelenmesidir.

Hamsudaki pH değişiminin sonuçlara etkisinin araştırılacak olursa da özellikle B1 kodlu numune için Renk parametresinde pH 4,5 ve pH 10 da artışların olduğu da görülmektedir. Sadece B2 kodlu numunenin pH 4,5 değerinde AKM'sinin ve Renginin numunenin kendi pH'ındaki hallerine göre düştüğü söylenebilir. B1 kodlu numunenin bazik halinin üst fazından yapılan çalışmanın KOİ değeri de az da olsa nötr halindeki KOİ değerinden düşüktür. Bunların dışında sadece pH değişiminin numunenin arıtımına ekstra bir katkısı yoktur.

5.1.2. Koagülasyon-Flokülasyon Çalışmaları

5.1.2.1. B1 Kodlu Atıksu Numunesi İçin Yapılan Çalışmalar

En yüksek doz olan 4000 mg/l deki giderim verimleri değerlendirilecek olursa, AKM giderim veriminin bütün koagülantlar için çok yüksek olduğunu, AKM'nin neredeyse sıfırlandığını ve KOİ giderim veriminin de %90 a yakın ve tüm koagülantlar için de eşit seviyelerde olduğu görülmektedir. Buna karşın en önemli belirleyici parametre Renk olmakla beraber bu parametre için en iyi giderim verimi de PAC ile sağlanmaktadır. 2000 mg/l PAC ilavesi ile elde edilen %62'lik renk giderimi bile diğer koagülantların 4000 mg/l dozlandığı denemelerdeki değerlerden daha yüksek bir giderime neden olmuştur. En iyi ikinci renk giderim verimi ise demir klorür ilavesiyle gerçekleşmiştir.

Çamur oluşumları göz önüne alındığında ise her koagülant için artan konsantrasyon ile paralel olarak çamur miktarının arttığı söylenebilir. En yüksek çamur oluşumu ise PAC ilavesiyle elde edilmiştir. Bunu demir klorür izlemektedir.

pH ayarlaması için harcanan baz miktarına bakılacak olursak da demir klorür, PAC ve alum sıralaması karşımıza çıkmaktadır. Diğer koagülantlar için miktarlar nispeten birbirine yakinken, demir klorür için gerekli olan baz miktarı göze çarpan bir oranda fazladır.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ndeki limitleri üzerinde yapılan değerlendirmede ise; demir klorürün 2000 mg/l, PAC'ın 1000 mg/l, alumun ise 4000 mg/l'de her 3 parametre için de limit değerinin altında kaldığını belirtmek gerekir.

5.1.2.2. B2 Kodlu Atıksu Numunesi İçin Yapılan Çalışmalar

B1 kodlu suda olduğu gibi bu numune için yapılan çalışmalarda da AKM giderim oranı çok yüksektir ve neredeyse AKM değeri sıfırlanmıştır. Buna karşın B1 kodlu numuneden farklı olarak Renk parametresi de yok denecek seviyeye kadar arıtılmıştır. Buna paralel olarak Bulanıklık arıtım verim de bu seviyelerdedir. Renk açısından değerlendirildiğinde her ne kadar %98 giderim oranı olsa da 41 Pt-Co değeri ile en yüksek bakiye renk değeri de PAC ilavesinde karşımıza çıkmaktadır. Bulanıklık bakımından ise yine yüksek arıtım verimine rağmen demir sülfat ve PAC için arıtılmış suda sırasıyla 45 ve 25 NTU gibi diğer koagülantlara kıyasla daha yüksek bir bulanıklık değeri görülmektedir. Bunun yanı sıra B1 kodlu suda %90'a yaklaşan KOİ giderim oranları bu numune için %75 seviyelerinde kalmıştır. Her ne kadar diğer numuneye göre düşük kalsa da bu giderim verimi de iyi bir değerdedir.

Optimum giderim oranları her koagülant için 250 mg/l olarak gözlemlenmekte olup sadece demir sülfat için %76'lık KOİ giderim yüzdesi 500 mg/l dozlama sonucunda elde edilmiştir.

Çamur oluşumu incelendiğinde ise artan koagülant dozunun çamur miktarını doğal olarak arttırdığı görülmektedir. En çok çamur oluşumu demir klorür ile elde edilmiş

olup bunu PAC takip etmektedir. Alum ise en az çamur oluşumuna sebep olan koagülant olmakla beraber bu iki koagülanta göre hacim olarak neredeyse yarı yarıya çamur üretmiştir.

pH ayarlaması için en yüksek sarfiyat demir klorür, PAC, demir sülfat ve alum sırasıyla gitse de B1 kodlu numunede olduğu gibi sarfiyatlar arasında çok fazla fark yoktur. Hatta litre başına bakıldığı zaman neredeyse eşit denecek kadar yakın miktarlar bu değerlendirme için elde edilmiştir.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ndeki limitlerin altına her koagülant için KOİ hariç 250 mg/l dozlamalarla inilmiştir. KOİ için ise en yüksek dozlamasının uygulandığı seviyelerde bile limitin altına inilememiştir. Bu nedenle bu numune için yapılan arıtma bir ön arıtma olarak kullanılabilir. Akabinde KOİ giderimi için farklı bir arıtma sistemine daha ihtiyaç vardır.

Polielektrolit dozu ile ilgili yapılan çalışmalarda da görülen en uygun koagülant dozunun 4 mg/l olduğunu belirlenmiştir. Özellikle KOİ giderim değerlerinde 1 ve 2 mg/l lik dozlamalar birbirini tekrarlayan sonuçlara neden olmuş ve 3 ve 4 mg/l olarak doz miktarları arttırıldıkça her mg/l artış için KOİ değeri yaklaşık 20 mg/l düşüş göstermiştir. 4 ve 5 mg/l seviyelerinde ise birbirini tekrarlayan değerlere tekrar rastlanmıştır. Buna karşın artan polielektrolit dozlamaları çamur miktarında da artışa neden olmuş ve optimum dozun seçimini zorlaştırmıştır.

Bu numune için en iyi KOİ giderim oranını sağlayan iki koagülantın da birlikte kullanımı irdelenmiştir. Bunun sonucunda özellikle koagülantların tek kullanımı sırasında elde edilen KOİ giderim oranı %76 seviyesinden %86 seviyelerine ulaşmıştır. Sadece Renk değeri koagülantların tek kullanıldığı çalışmalardaki değerlere göre biraz yüksek çıkmıştır. Oluşan çamur miktarı da tek başına demir klorür kullanıldığında oluşan çamur miktarının yarısı seviyelerindedir.

5.2. EKONOMİK ANALİZ

Ekonomik analiz yapılırken iki atıksu için de optimum dozların değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Bunu yaparken kullanılan yöntem, eşdeğer hacimde suyu arıtmak için gerekli olan kimyasalların maliyetleri üzerinden değerlendirme yapma esasına dayandırılmıştır.

Hesaplamalar yapılırken öncelikli olarak Euro veya Dolar üzerinden fiyat alınan kimyasalların Türk lirası eşdeğerinden hesabı kur ‘‘1 Euro = 2,5 TL ve 1 Dolar = 1,9 TL’’ sabit değerleri üzerinden (5.1.1) ve (5.1.2) formüllerine göre hesaplanmıştır.

$$TL = E \times z \quad (5.1.1)$$

$$TL = D \times z \quad (5.1.2)$$

Burada;

TL: Kimyasalın Türk lirası olarak değeri

E: Kimyasalın Euro olarak değeri

D: Kimyasalın Dolar olarak değeri

z: Türk lirası ve Euro/Dolar arasındaki çevirim sabitidir.

İkinci olarak kimyasalların karşılaştırılmasının yapılabilmesi için hepsinin ambalajlarının eşdeğer ağırlık birimlerine çevirimi (5.2) formülündeki bağıntılar yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

$$G = \text{Ton} \times 10^6 = \text{KG} \times 10^3 = \text{MG} \times 10^3 \quad (5.2)$$

Burada;

G: Gram cinsinden kimyasalın ambalajının ağırlığı

Ton: Ton cinsinden kimyasalın ambalajının ağırlığı

KG: Kilogram cinsinden kimyasalın ambalajının ağırlığı

MG: Miligram cinsinden kimyasalın ambalajının ağırlığıdır.

Sonrasında eşdeğer birim ağırlığa çevrilen kimyasalların - ki bu kısımdaki hesaplamalar için gram olarak belirlenmiştir – birim ağırlıkları başına fiyatlarının belirlenmesi için (5.3) formülünden faydalanılmıştır.

$$TL_G = TL / G \quad (5.3)$$

Burada;

TL_G : 1 gram kimyasalın Türk lirası cinsinden piyasa değeridir.

Litre başına uygulanan koagülant maliyetinin (M_k) hesaplanması için son olarak, uygulanan konsantrasyon (k) ile 1 gram kimyasalın Türk lirası cinsinden piyasa değeri (TL_G) birbirleriyle çarpılmıştır.

$$M_k : k \times TL_G \quad (5.4)$$

Bu şekilde, uygulanan farklı koagülantların maliyetleri ayrı ayrı tespit edilmiş olur. Bunun dışında polielektrolit ve NaOH maliyetleri de hesaplanmalıdır. Burada polielektrolit için de koagülant için kullanılan hesap yöntemi kullanılabilir. Ancak NaOH için konsantrasyon değil Normalite işin içine girdiğinden hesaplama yöntemi biraz daha revize edilmiştir.

pH ayarlaması için kullanılan NaOH 6N olduğundan 240 gram NaOH tartılıp 1000 ml suda çözüldüğü daha önceden belirtilmişti. Buradan yola çıkacak olursak aslında NaOH konsantrasyonunun 240 g/L olduğu söylenebilir. Burada (5.1), (5.2) ve (5.3) formüllerinden faydalanılarak koagülantta olduğu gibi gram başına düşen NaOH maliyeti Türk lirası olarak hesaplanabilir. Bundan sonrasında da toplam NaOH maliyetinin hesabı için bulunan bu değer kütlesi olarak sarfiyatla çarpılması gerekir. Bunu hesaplamak için de gene basit bir oran orantı kurulabilir. Çözeltinin 1000 ml'sinde 240 gram NaOH varsa 1 ml'sinde kaç gram NaOH olduğu öncelikli olarak bulunmalıdır. Burada sonuç

$$(1 \text{ ml} \times 240 \text{ gram}) / (1000 \text{ ml}) = 0,24 \text{ gram}$$

olarak tespit edilir. Son olarak da bulunan bu değer, ml olarak sarfiyat ve TL/gram olarak gram başına Türk lirası olarak NaOH maliyetiyle çarpılarak litre başına NaOH maliyetinin toplamı bulunmuş olur.

Son olarak yapılacak işlem litre başına aynı ağırlık biriminde hesaplanmış olan bu maliyetlerin toplanmasıdır. Burada işlem;

Litre başına (koagülant maliyeti + polielektrolit maliyeti + NaOH maliyeti)'dir.

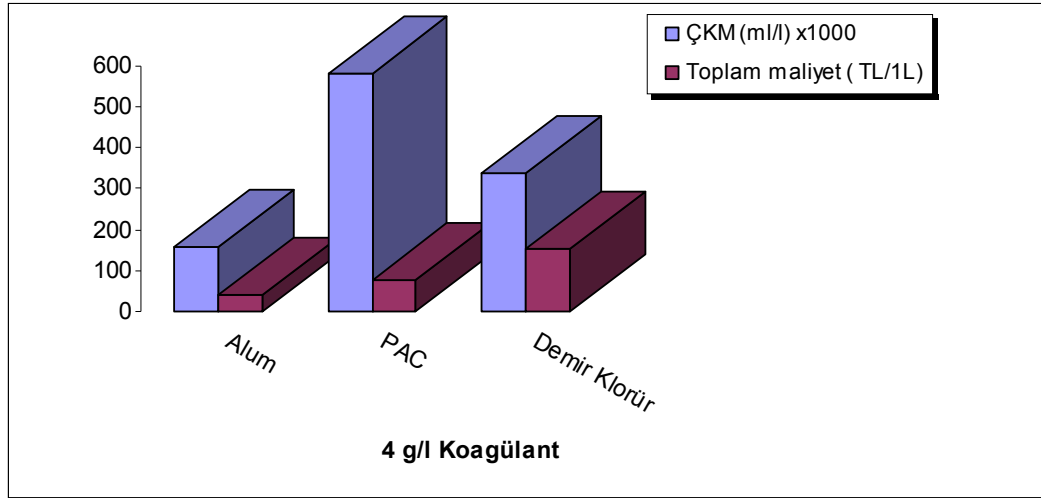
Tüm bu hesaplamalarda kullanılacak olan sarfiyat, dozajlar ve kimyasal fiyatları Tablo 5.1 ve 5.2'de verilmiş olup, optimum dozlardaki çamur miktarlarıyla da beraber değerlendirildiği grafikler Şekil 5.1 ve Şekil 5.2'de verilmiştir. Şekillerdeki oluşan çamur miktarları maliyet ve çamur oluşumunun aynı grafikte değerlendirilebilmesi için 1000 ile çarpılarak grafiğe işlenmiştir.

Tablo 5.1: Maliyet hesaplarında kullanılan değerler tablosu.

Atıksu kodu	Polielektrolit türü	Polielektrolit dozu (mg/l)	Koagülant dozu (g/l)	Koagülant türü	NaOH sarfiyatı (ml/l)	ÇKM (ml/l)
B1	Kullanılmamış	0	4	Alum	4	160
B1	Anyonik	2	4	PAC	6	580
B1	Anyonik	2	4	Demir klorür	14	340
B2	Anyonik	4	0,25	Alum	0,1	40
B2	Anyonik	4	0,25	Demir sülfat	0,15	36
B2	Anyonik	4	0,25	PAC	0,15	60
B2	Anyonik	4	0,25	Demir klorür	0,1	72
B2	Anyonik	4	0,25	Alum + Demir klorür	0,25	50

Tablo 5.2: Kimyasalların piyasa değerleri.

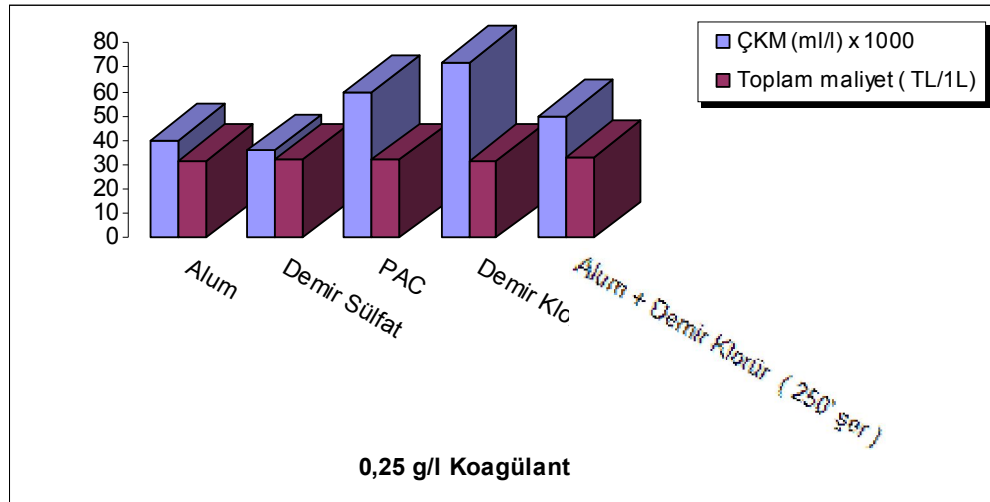
	Miktar (gram)	Fiyat (TL)	Birim fiyat (TL/gram)
NaOH	5000	95	0,019
Anyonik polielek.	1000	7,6	0,0076
Katyonik polielek.	1000	10	0,01
Demir klorür	1000	0,55	0,00055
ALUM	1000	0,5	0,0005
Demir sülfat	1000	0,55	0,00055
PAC	1000	1,25	0,00125



Şekil 5.1: B1 kodlu atıksu için maliyet ve oluşan çamur grafiği.

Tablo 5.3: B1 kodlu atıksu için maliyet ve oluşan çamur değerleri.

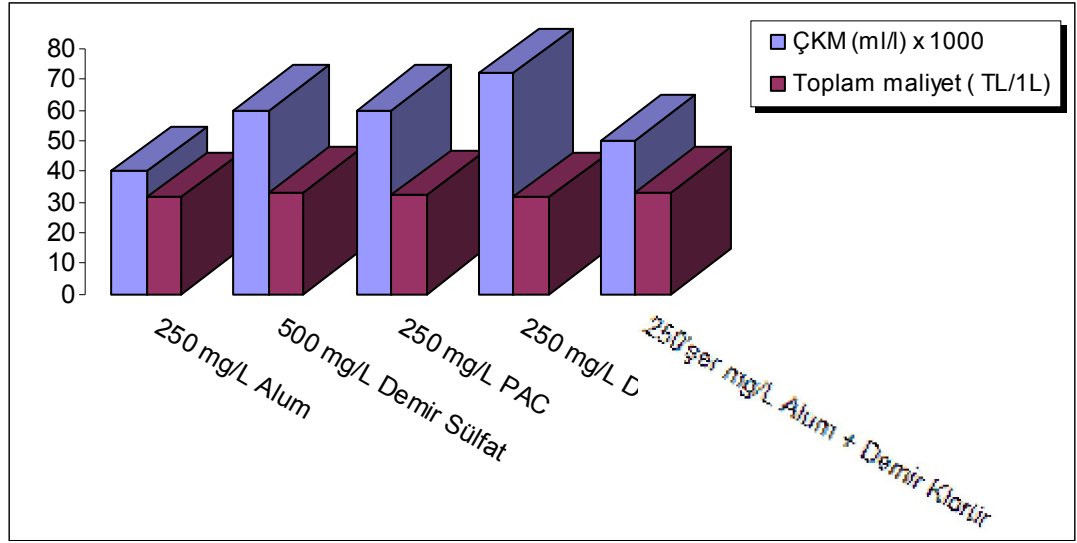
Koagülant türü	ÇKM (ml/l)	Toplam maliyet (TL/1L)
Alum	160	0,042
PAC	580	0,078
Demir Klorür	340	0,152



Şekil 5.2: B2 kodlu atıksu için maliyet ve oluşan çamur grafiği.

Optimum koşullar değerlendirmeye alındığı için eşdeğer olan koagülant dozları sebebiyle toplam maliyet hesabındaki farkın sodyum hidroksit miktarına bağlı olarak değiştiğini ayrıca belirtmek gerekir. Tercih edilecek koagülantın belirlenmesi açısından çamur miktarının da önemli bir unsur olduğu düşünülürse bu iki değer beraber değerlendirilmesi ve kurulacak arıtım sisteminin okunmasının bu grafiklerle beraber sağlanması çok önemlidir.

Sadece oluşan çamur ve toplam maliyet üzerinden yapılan değerlendirmede B1 kodlu numune için Şekil 1'den de okunacağı üzere hem en düşük maliyet hem de en düşük çamur oluşumu gözlemlendiği için alum en uygun koagülanttır yorumu rahatlıkla yapılabilir. B2 kodlu numunede ise net bir koagülant öne çıkmamakla beraber alum ve demir sülfat koagülantları biraz daha avantajlı kimyasallar gibi durmaktadır. Ancak demir klorür koagülantının ve iki koagülantın beraber kullanıldığı (alum + demir klorür)) artım denemesinin de KOİ artım verimlerinin demir sülfata göre %6 ve %16 daha fazla olduğu unutulmadan koagülant seçimi yapılmalıdır. Burada FeSO_4 'ın daha yüksek KOİ giderimine sahip olduğu 500 mg/l'lik dozlamasının da maliyeti ayrıca belirtilecek olursa Şekil 5.2'nin son hali aşağıda belirtilmiştir. Bu konsantrasyonda demir sülfatın KOİ giderim verimi %76 olup bu koagülant için optimum koagülant dozu diğerlerinden farklı olarak bu değerde gerçekleşmiştir denebilir.



Şekil 5.3: B2 kodlu atıksuda Demir Sülfat için 500 mg/l'lik dozlamasının değerlendirmeye alındığı maliyet ve oluşan çamur grafiği.

Tablo 5.4: B2 kodlu atıksu için maliyet ve oluşan çamur değerleri.

Koagülant türü	ÇKM (ml/l)	Toplam maliyet (TL/1L)
250 mg/l Alum	40	0,032
500 mg/l Demir Sülfat	60	0,033
250 mg/l PAC	60	0,032
250 mg/l Demir Klorür	72	0,031
250'şer mg/l Alum + Demir Klorür	50	0,033

Bu grafik tekrar değerlendirilecek olursa burada da B1 kodlu numunede olduğu gibi alum koagülantının öne çıktığı ve çift koagülant uygulamasının da arıtım veriminin yüksek olması nedeniyle alternatif olarak değerlendirilmesi gerektiği söylenebilir.

5.3. GENEL DEĞERLENDİRME

B1 ve B2 kodlu atıksu numunelerinin arıtılabilirlik çalışmalarına bakıldığı zaman ilk göze çarpan durum iyi bir arıtma için uygulanması gereken koagülant dozlarının farklılığı ve ham atıksuların AKM, KOİ ve Renk değerlerindeki farklılıktır. B1 kodlu numune için optimum dozlar 4000 mg/l iken B2 kodlu numune için bu değer 250 mg/l seviyesindedir. Tam tersi olarak kirlilik parametrelerinin konsantrasyonları da birbirlerinden oldukça farklıdır. Bu durum farklı karakterlerdeki boya atıksularının arıtılması için farklı miktarlarda koagülant dozlaması gerektiğinin ve bu miktarın suyun kirlilik miktarından bağımsız olduğunun bir göstergesidir. Dozlamaları tespit etmek, arıtma şekline ve değerlerine hakim olmak için jar test çalışmaları mutlaka büyük ölçekteki bir çalışmadan önce uygulanmalıdır. Bunun yanı sıra 4000 mg/l gibi yüksek dozdaki koagülant uygulamaları için farklı arıtma yöntemleri de mümkünse laboratuvar ölçüğünde denenmelidir. B2 kodlu numunede olduğu gibi direkt olarak mevzuattaki limitlere inilmediği durumlarda ekstra bir arıtma düzeneği de kimyasal arıtmaya ilave olarak uygulanmalıdır.

Sadece asit ve baz ilavesiyle de bazı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda AKM ve KOİ değerlerinin bazı durumlarda düştüğü gözlemlenmiştir; ancak renk giderimi bu şekilde mümkün gözükmemektedir. Normal olarak boya endüstrisi atıksuyunda renk konsantrasyonunun yüksek olması beklendiğinden sadece asit ve baz ilavesiyle kimyasal arıtmanın tamamlanması söz konusu olmamaktadır.

Optimum olarak belirlenen dozlarda arıtım verimleri incelendiğinde B1 kodlu numune için AKM ve KOİ giderim verimlerinin yakın olması sebebiyle ayırıcı parametre konumunda olan Renk parametresinde öne çıkan koagülant PAC olarak gözükmemektedir. Bunu demir klorür koagülantı izlemektedir. B2 kodlu numune içinse AKM ve Renk giderim verimlerinin yakın olması sebebiyle ayırıcı parametre konumunda olan KOİ parametresinde öne çıkan koagülant da demir klorür ve onun ardından da alum

koagülantıdır. Burada arıtma verimleri üzerinden bir değerlendirme yapacak olursak da ortak olarak demir klorürün her iki atıksuda da iyi bir arıtıma neden olduğu tespit edilmiştir. Genel sonuçlara bakacak olursak bunun aksine B2 kodlu numunenin arıtımı için kullanılan demir sülfat koagülantı tüm kirlilik parametreleri için en kötü arıtma verimine sahip koagülanttır.

B2 kodlu numunenin arıtma çalışmalarında denenen iki farklı koagülantın denemesi çalışmaları sonucunda da özellikle daha yüksek KOİ giderim verimi elde edilmesi bu tip karışım koagülantların da atıksu arıtımında önemli rol alabileceğini göstermektedir. Özellikle tek başına daha yüksek çamur oluşumuna neden olan demir klorür koagülantının alum ile beraber kullanılmasının çamur miktarında gösterdiği azalma üzerinde durulması gereken bir konudur. Burada oluşan çamur miktarı değerlendirmesinin hacim üzerinden yapıldığı unutulmamalıdır.

Optimum olarak belirlenen dozlarda her iki atıksuda da oluşan çamur miktarları hakkında genelleme yapmak oldukça güçtür. Sadece PAC için B1 kodlu numunede en çok çamur çıkaran, B2 kodlu numunede de en yüksek ikinci çamur oluşumuna sebebiyet veren koagülant olmasından dolayı boya endüstrisi atıksularında yüksek çamur oluşumuna sebep olduğu tespit edilmiştir.

pH'in arıtma için uygun seviyeye getirilmesi için gerekli olan baz sarfiyatları açısından da B1 kodlu numune için demir klorür en yüksek değerlere sahip olan koagülanttır. Bunun aksine en az sarfiyat gerektiren koagülant da alum olarak dikkat çekmektedir. B2 kodlu numunede sarfiyatlar birbirine çok yakın olduğu için iki suya ortak bir genelleme yapmak zor gözükmemektedir. Arıtılacak atıksuyun pH değeri buradaki avantaj ve dezavantajlı durumları belirleyen en büyük husustur.

Ekonomik analiz çerçevesinde değerlendirilecek olunursa en uygun koagülantın toplam maliyet açısından alum olduğu görülmektedir. İlk alım maliyeti açısından PAC şu an için daha az kullanılan bir koagülant olmasının da etkisiyle diğer koagülantlara göre biraz daha pahalıdır. pH değerini diğer koagülantlara göre daha fazla aşağı çektiği için arıtım pH değerine pH'ın ayarlanması için en çok sodyum hidroksit sarfiyatına neden olan koagülantı demir klorür olarak tespit edilmiştir. Bunların yanı sıra kimyasalların

temin edildiği fiyatlar, oluşan çamurun bertarafı için hacmi başına gerekli olan maliyet, pH ayarlaması için sodyum hidroksite ne kadar gerek kaldığı ve kimyasalların kullanım miktarına bağlı olarak çeşitli senaryolar amaçlanan arıtım verimine bağlı olarak ayrı ayrı değerlendirmeye alınmalıdır.

Sonuç olarak bazı noktalarda her iki atıksu için de ortak noktalar olsa da, bir boya endüstrisi atıksuyu veya herhangi bir atıksu için kesin doğru olan arıtma kriterlerini ortaya koymak için ön çalışmalar şarttır. Bu tezde anlatılan kısım ve hususlar yöntem belirlemek ve kıyaslamak için yapılacak olan ön çalışmalara ışık tutacaktır. Arıtma seçimi ve dizaynı için kesinlikle irdelenmesi gereken parametreler koagülant dozajının miktarı, gerekli olan pH ayarlama çözeltilerinin miktarı, birden fazla koagülant kullanımının uygulanabilirliği ve sonuçlara yansması, koagülant seçimi, oluşan çamur miktarı ve arıtmanın bir ön arıtma mı yoksa tek başına bir arıtma olarak mı tasarlanacağıdır.

KAYNAKLAR

- [1]. SIVASLIGİL, A., *Boya ve Boyar Madde Endüstrisi ve Arıtımı*, Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Erzurum
- [2]. CAMCIOĞLI, Ş., 2010, *Su bazlı boya üretim tesislerinin atıksularının arıtılmasında genelleştirilmiş minimum değişmeli (GMV) algoritma ile pH kontrolü*, Yüksek Lisans, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- [3]. T.C. MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI, 2009, *Boya Üretimi*, Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, Kimya Teknolojisi, Ankara
- [4]. SÖNMEZ, A. ve BUDAKÇI M., 2004, *Ağaç İşlerinde Üst Yüzey İşlemleri II, Koruyucu Katman ve Boya/Vernik Sistemleri*, Sevgi Ofset, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Ankara, 975-97281-0-9 (TK) 975-97281-1-7 (2.C.)
- [5]. T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Sanayi Araştırma ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, *Boya ve Sanayi Sektör Araştırması*, Ankara
- [6]. SÖNMEZ, A. ve BUDAKÇI M., ve YAKIN, M., 2004, Ağaç Malzemede Su Çözücülü Vernik Uygulamalarının Sertlik, Parlaklık ve Yüzeye Yapışma Direncine Etkileri, *Politeknik Dergisi*, 7, 229-235
- [7]. BUDAKÇI, M., UYSAL, B. ve ESEN, R., 2009, *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), Borik Asit Modifikasyonunun Su Bazlı Verniğin Sertlik Değerine Etkisi*, Karabük, 1160-1164
- [8]. STEINFELDT, M., PETSCHOW, U., HAUM, R., GLEICH, A., 2004, Ecological Efficiency of Nano-Varnish, *Nanotechnology and sustainability*, Discussion paper 65/04, Institute for Ecological Economy Research (IOEW), Berlin, Germany
- [9]. Directive 2004/42/CE Of The European Parliament And Of The Council, 2004, on the limitation of emissions of volatile organic compounds due to the use of organic solvents in certain paints and varnishes and vehicle refinishing products and amending Directive 1999/13/EC, *Official Journal of the European Union*, 143, 87-96
- [10]. BUDAKÇI, M., SÖNMEZ, A., 2010, Determining Adhesion Strength of Some Wood Varnishes on Different Wood Surfaces, *Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 25, 111 – 118
- [11]. TUNÇGENÇ, M., 2004, *Genel Boya Bilgileri*, Akzo Nobel Kemipol A.Ş.

- [12]. KEİLER A., 1996, 26th Industrial Paint Seminar, *Conventional Waterborne Paints, UV- Curing Water-borne Paints or UV*. Waterborne Paints, Rosenheim
- [13]. RICH J., 1997, Waterborne Coatings, *Journal of Coatings Technology*, 69, 864
- [14]. T.C. MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI, 2006, *Su Bazlı Boya I*, Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, Motorlu Taşıtlar Teknolojisi, Ankara
- [15]. *Yeşil bir çevre için su bazlı yol çizgi boyları* [online], <http://www.emlakwebtv.com/haber/3256/yesil-bir-cevre-icin-su-bazli-yol-cizgi-boylari->, (Ziyaret Tarihi: 21.07.2013)
- [16]. DESOR, U., STEPHAN, 1997, K., Waterborne acrylic dispersions for wood lacquers, *European Coatings Journal*, 920-923
- [17]. YILDIZ, E., *Su Bazlı Boya ve Kaplamalar Beklentiler ve Su Bazlı Poliüretan Bağlayıcı Sistemleri*, Tübitak, 1999
- [18]. DENZ, W., ve EMİNOĞLU, S., 2009, Türkiye’de Sanayiden Kaynaklanan Tehlikeli Atıkların Yönetiminin İyileştirilmesi, *Boya Üretimi, Rehber Doküman*, Mayıs 2009, Türkiye
- [19]. KİMYA SANAYİ ÖZEL İHTİSAS KOMİSYONU, 2006, 9. Kalkınma Planı (2007-2013), *Boya Çalışma Grubu Raporu*, Ankara
- [20]. WU, H., WANG, S., 2012, Impacts of operating parameters on oxidation-reduction potential and pretreatment efficacy in the pretreatment of printing and dyeing wastewater by Fenton process, *Journal of Hazardous Materials*, 243, 86-94
- [21]. GÖNÜLLÜ, M. T., GÖKNİL, H., TORÖZ, İ., 1983, Çevre 83 II. Ulusal Çevre Mühendisliği Sempozyumu, *Boya Endüstrisi Kullanılmış Sularının Tasfiyesi*, 1-5 Haziran 1983, İzmir
- [22]. BALLARD, E., ELSWORTH, D. J., EVERT, K., OQUINENA, I., SCHMERBER, J., STIPE, R. E., 2010, *Encyclopedic Dictionary of Landscape and Urban Planning*, Germany, 978-3-540-76455-7
- [23]. ATIK YÖNETİMİ GENEL ESASLARINA İLİŞKİN YÖNETMELİK, 05.07.2008, Resmi Gazete Sayısı: 26927
- [24]. KÖRBAHTI, K. B., 2003, *Boya Endüstrisi Su Bazlı Boya Atıksuyu ve Tekstil Endüstrisi Atıksuyunun Elektrokimyasal Olarak Arıtılması için Sistem Tasarlanması ve Proses Geliştirilmesi*, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- [25]. YILDIRIM, F. B., 1995, *Çevre Terimleri Sözlüğü*, Uluslararası Yerel Yönetimler Birliği Akdeniz ve Ortadoğu Bölge Teşkilatı (IULA-EMME)

- [26]. SU KİRLİLİĞİ KONTROLÜ YÖNETMELİĞİ, 31.12.2004, Resmi Gazete Sayısı: 25687
- [27]. WHO, UNICEF, 2009, *WHO Library Cataloguing in Publication Data*, Joint programme on water supply and sanitation, Geneva
- [28]. JURY, W. A., VAUX, H. Jr., 2005, The role of science in solving the world's emerging water problems, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102, 15715-20
- [29]. T.C. MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI, 2008, *Su Arıtma*, Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, Kimya Teknolojisi, Ankara
- [30]. MONDAL, P. K. ve CHAUHAN, B., 2012, Microbial Degradation of Dye-Containing Wastewater, *Environmental Science and Engineering*, 317-338
- [31]. HURTLEY, S., 2012, Waste Not, *This Week in Science*, 335, 1405
- [32]. Metcalf ve Eddy, 2000, *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*
- [33]. ECKENFELDER, W. Jr., 1989, *Industrial Water Pollution Control*, McGraw-Hill International Editions
- [34]. KHOUNİ, I., MARROT, B., MOULİN, P. ve AMAR, R. B., 2011, Decolourization of the Reconstituted Textile Effluent by Different Process Treatments: Enzymatic Catalysis, Coagulation/Flocculation and Nanofiltration Processes, *Desalination*, 268, 27-37
- [35]. ALMUBADDAL, F., ALRUMAİHİ, K. ve AJBAR, A., 2009, Performance Optimization of Coagulation/Flocculation in the Treatment of Wastewater from a Polyvinyl Chloride Plant, *Journal of Hazardous Materials*, 161, 431-438
- [36]. SZYGULA, A., GUİBAL, E., PALACİ'N, M. A., RUIZ, M., ve SASTRE, A. M., 2009, Removal of an Anionic Dye (Acid Blue 92) by Coagulation-Flocculation Using Chitosan, *Journal of Environmental Managemet*, 90, 2979-2986
- [37]. GREGORY, J., DUAN, J., 2001, Hydrolyzing metal salts as coagulants, *Pure and Applied Chemistry*, 73, 2017-2026
- [38]. DUAN, J., GREGORY, J., 2003, Coagulation by hydrolysing metal salts, *Advances in Colloid and Interface Science*, 100, 475-502
- [39]. CAÑİZARES, P., MARTÍNEZ, F., JİMÉNEZ, C., LOBATO, J., RODRİGO, M. A., 2006, Comparison of the aluminium speciation in chemical and electrochemical dosing processes, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 45, 8749-8756
- [40]. CAÑİZARES, P., JİMÉNEZ, C., MARTÍNEZ, F., RODRİGO, M. A., SÁEZ, C., 2009, The pH as a key parameter in the choice between coagulation and

- electrocoagulation for the treatment of wastewaters, *Journal of Hazardous Materials*, 163, 158-164
- [41]. GREGORY, J., NELSON D. W., 1986, Monitoring aggregates inflowing suspensions, *Colloids and surface*, 18, 175-188
- [42]. BOUEXIERES, I., ROQUES, M. A., 1992, Measurement of the stability of floc aggregates using an ultrasonic technic, *Recent Pro Genie Procedes*, 6, 387-395
- [43]. CHIHPIN, H., CHI, B. L., 1996, Automatic control for chemical dosing in laboratory scale coagulation process by using an optical monitor, *Water Research*, 30, 1924-9
- [44]. FRANCESCHI, A. G., CARRO-DÍAZ, A. M., MAURETTE, M. T. ve PEUCH-COSTES, E., 2002, Optimisation of the coagulation-flocculation process of raw water by optimal design method, *Water Research*, 36, 3561-3572
- [45]. EDZWALD, J. K., 1993, Coagulation in drinking water treatment: particles, organics and coagulants, *Water Science and Technology*, 27, 21-35
- [46]. MATSUI, Y., YUASA, A., FURUYA, Y., KAMEI, T., 1998, Dynamic analysis of coagulation with alum and PACl, *Journal of the American Water Works Association*, 90, 96-106
- [47]. TANG, H. X., STUMM, W., 1987, The coagulating behaviors of Fe(III) polymeric species : I. Preformed polymers in various concentrations, *Water Research*, 21, 115-121
- [48]. HSU, P. H., 1975, Precipitation of phosphate from solution using aluminum salt, *Water Research*, 9, 1155-1161
- [49]. THEBAULT, P., CASES, J. M., FIESSINGER, F., 1981, Mechanism underlying the removal of organic micropollutants during flocculation by an aluminum or iron salt, *Water Research*, 15, 183-189
- [50]. SOLOMENTSEVA, I. M., GERASIMENKO, N. G., BARANY, S., 1999, Surface properties and aggregation of basic aluminium chloride hydrolysis products, *Colloids and Surface A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 151, 113-126
- [51]. AWWA coagulation committee, 1989, *Committee report: Coagulation as Integrated Water Treatment Process*, 81, 72-78
- [52]. DENTEL, S. K., 1991, Coagulation control in water treatment, *CRC Critical Reviews in Environmental Control*, 21, 41-135
- [53]. WU, X. H., GE, X. P., WANG, D. S., TANG, H. X., 2007, Distinct coagulation mechanism and model between alum and high Al₁₃-PACl, *Colloids and Surface A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 305, 89-96

- [54]. *Toz Anyonik Polielektrolitler* [online], <http://www.flochem.com.tr/tr/urunler/toz-anyonik-polielektrolitler.html>, [Ziyaret Tarihi: 16 Temmuz 2013]
- [55]. SRİNİVASAN, P.T., VİRARAGHAVAN, T., SURBRAMANIAN, K. S., 1999, Aluminium in drinking water : an overview, *Water SA*, 25, 47–56
- [56]. BERTHON, G., 2002, Aluminum speciation in relation to aluminum bioavailability, metabolism and toxicity, *Coordination Chemistry Reviews*, 228, 319-341
- [57]. GAUTHIER, E., FORTIER, I., COURCHESNE, F., PEPIN, P. ve MORTIMER, J., 2000, Aluminum forms in drinking water and risk of Alzheimer's disease, *Environmental Research*, 84, 234–246
- [58]. YAN, M., WANG, D., YU, J., Nİ, J., EDWARDS, M. ve QU, J., 2008, Enhanced coagulation with polyaluminum chlorides: Role of pH/Alkalinity and speciation, *Chemosphere*, 71, 1665–1673
- [59]. DOVLETOGLOU, O., PHİLİPPOPOULOS, C. ve GRİGOROPOULOU, H., 2002, Coagulation For Treatment of Paint Industry Wastewater, *Journal of Environmental Science and Health*, A37, 1361-1377
- [60]. DEY, B. K., HASHİM, M.A., HASAN, S. ve SEN GUPTA, B., 2004, Microfiltration of Water-Based Paint Effluents, *Advances in Environmental Research*, 8, 455-466
- [61]. KUTLUAY, G., GERMİRLİ BABUNA, F., EREMEKTAR, G. ve ORHON, D., 2004, Treatability of Water-Based Paint Industry Effluents, *Fresenius Environmental Bulletin*, 13
- [62]. ABOULHASSAN, M.A., SOUABİ, S., YAACOUBİ, A. ve BAUDU, M., 2006, Improvement of Paint Effluents Coagulation Using Natural and Synthetic Coagulant Aids, *Journal of Hazardous Materials*, B138, 40-45
- [63]. EREMEKTAR, G., GÖKŞEN, S., GERMİRLİ BABUNA, F. ve DOGRUEL, S., 2006, Coagulation-Flocculation of Wastewaters From a Water-Based Paint and Allied Products Industry and Its Effect on Inert COD, *Journal of Environmental Science and Health*, Part A, 41, 1843-1852
- [64]. HOSSAM, A., EMAD, E., WAİD, O., 2011, Pretreatment of Wastewater Streams from Petroleum/Petrochemical Industries Using Coagulation, *Advances in Chemical Engineering and Science*, 1, 245-252
- [65]. ÖZYONAR, F., ve KARAGÖZOĞLU, B., 2011, *Mezbahane Atıksularından KOI, Yağ-Gres ve Bulanıklık Giderimi Üzerine Bir Çalışma: Kimyasal Koagülasyon Prosesiyle Ön Arıtımı*, Cumhuriyet Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Sivas

- [66]. YANG, Z., GAO, B. ve YUE, Q., 2010, Coagulation performance and residual aluminum speciation of $Al_2(SO_4)_3$ and polyaluminum chloride (PAC) in Yellow River water treatment, *Chemical Engineering Journal*, 165, 122-132
- [67]. WANG, Y., ZHOU, W., G, B., XU, X., XU, G., 2009, The effect of total hardness on the coagulation performance of aluminum salts with different Al species, *Separation and Purification Technology*, 66, 457-462
- [68]. ZHANG, Y. L., YU, X. B., WEI, C. H., SHANG, L. L. ve SHI, C., 2013, Optimization of Operating Conditions on Ceramic Printing Wastewater Treatment with Coagulation and Sedimentation Method, *Advanced Materials Research*, 664, 383-389
- [69]. BUDAKÇI, M., AKKUŞ, M. ve BUDAKÇI, A. A., 2011, 6. International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), *Su Bazlı Boya ve Verniklerin Türkiye'deki Üretimi ve Kullanımı*, 16-18.05.2011, Elazığ
- [70]. STANDARD METHODS, 2011, SM 2540 SOLIDS, D. Total Suspended Solids Dried at 103–105°C
- [71]. STANDARD METHODS, 2011, SM CHEMICAL OXYGEN DEMAND (COD), 5220 B. Open Reflux Method
- [72]. STANDARD METHODS, 2011, SM 2130 TURBIDITY, B. Nephelometric Method
- [73]. STANDARD METHODS, 2011, SM 4500-H - pH VALUE, B. Electrometric Method
- [74]. STANDARD METHODS, 2011, SM 2120 COLOR, C. Spectrophotometric—Single-Wavelength Method (PROPOSED)
- [75]. STANDARD METHODS, 2011, SM 2540 SOLIDS, F. Settleable Solids

ÖZGEÇMİŞ

Fotoğraf

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı	Ömer Yasin BALIK
Uyruğu	Türkiye Cumhuriyeti
Doğum tarihi, Yeri	26.10.1984 / İstanbul
Telefon	506 615 31 44
E-mail	omeryasinbalik@gmail.com
Web adres	tr.linkedin.com/pub/ömer-yasin-balik/41/103/765

Eğitim

Derece	Kurum/Anabilim Dalı/Programı	Yılı
Yüksek Lisans	İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü/ Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı/ Çevre Mühendisliği Programı	2013
Lisans	İ.Ü. Mühendislik Fakültesi / Çevre Mühendisliği Bölümü	2006
Lise	Şeyh Şamil Süper Lisesi	2002