

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ATIKSU ARITMA TESİSLERİNDE
VERİMLİLİK KONTROLÜ ve İŞLETME SORUNLARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Müh. Ayşe ÖZ

Anabilim Dalı: Çevre Mühendisliği

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mustafa KAVAKLI

KOCAELİ, 2009


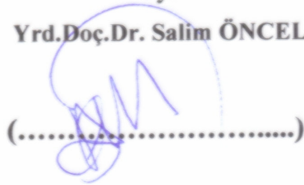
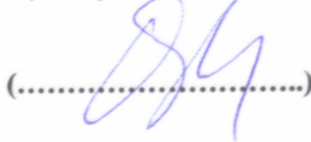
KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ATIKSU ARITMA TESİSLERİNDE
VERİMLİLİK KONTROLÜ ve İŞLETME SORUNLARI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Çevre Müh. Ayşe ÖZ**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 13.05.2009

Tezin Savunulduğu Tarih: 03.12.2009

Tez Danışmanı	Üye	Üye
Yrd.Doç.Dr. Mustafa KAVAKLI	Yrd.Doç.Dr. Salim ÖNCEL	Doç.Dr.Aykan KARADEMİR
		

KOCAELİ, 2009

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Gelişen teknoloji ve artan ihtiyaçlar çevrede ciddi farklılaşmalara neden olmakta ve ciddi çevre sorunları oluşturmaktadır. Çevre sorunlarının çözümü için pek çok seçenekler ortaya konmuştur. Bu seçeneklerden bir tanesi de atıksu arıtma tesisleridir. Kuruluşların atıksu arıtma tesislerini kurması ve bunların işletilmelerinin gerekliliği ve kuruluşların yönetimlerinin de bu konuda duyarlı olmaları ekosisteme ve ekonomiye katkı sağlayacaktır.

Tez çalışmamı değerli görüş ve düşünceleri ile yöneten ve yönlendiren Yrd. Doç. Dr. Mustafa KAVAKLI'ya, çalışmalarımın bütün safhalarında bilgi birikimini ve yardımını esirgemeyen araştırma görevlisi İsmail ÖZBAY'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dekanı, Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Savaş AYBERK'e teşekkür ederim.

Bu çalışmanın tamamlanmasında tecrübesini ve yardımlarını esirgemeyen Akzo Nobel-Marshall Boya İş Güvenliği ve Çevre Şefi Meriç ÖZTÜRK'e, Çevre Mühendisi Eymen DAYMEN'e, Kimya Mühendisi Gözdem PAKLAR'a ve arıtma tesisi operatörü Ekrem TAŞDEMİR'e teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
TABLolar DİZİNİ.....	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ÖZET.....	xi
İNGİZCE ÖZET.....	xii
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2. MARSHALL BOYA ENDÜSTRİYEL ATIKSU ARITMA TESİSİ.....	2
2.1. Endüstriyel Nitelikli Atıksular.....	2
2.2. Boya Endüstrisi ve Atıksularının Karakterizasyonu.....	3
2.3. MARSHALL Boya ve Vernik Sanayi A.Ş.....	10
2.3.1 İşletmenin tanımı.....	10
2.3.2. İşletmede gerçekleşen üretim ve atıksu ilişkisi.....	10
2.3.3 Atıksu kaynakları.....	14
2.3.3.1 Proses atıksu kaynakları.....	14
2.3.3.1.1 Plastik boya üretimi.....	15
2.3.3.1.2. Polivinil asetat üretimi.....	16
2.3.3.1.3. Ester Ünitesinde alkid üretimi	19
2.3.3.2. Diğer atıksu kaynakları.....	22
2.3.4. Endüstriyel atıksu arıtma tesisi.....	22
2.3.4.1. Atıksu arıtma tesisi arıtma kademeleri.....	24
2.3.4.1.1. Ön arıtma birimi	26
2.3.4.1.2. Fiziksel arıtma birimi	27
2.3.4.1.3. Kimyasal arıtma birimi	28
2.3.4.1.4. Biyolojik arıtma birimi	29
2.3.4.1.5. Çamur susuzlaştırma birimi	31
BÖLÜM 3: FİZİKO-KİMYASAL VE BİYOLOJİK ARITMA SİSTEMİ	33
3.1. Fiziksel Arıtma.....	33
3.1.1. Atıksu terfi üniteleri.....	33
3.1.2. Yağ tutma.....	33
3.1.3. Dengeleme tankları.....	35
3.2 Kimyasal Arıtma.....	36
3.2.1. Koagülasyon, flokülasyon	40
3.2.2 Kimyasal çöktürmeye etki eden faktörler.....	44
3.2.2.1. Karıştırma.....	44
3.2.2.2. pH.....	45
3.2.2.3. Kimyasal dozlama.....	45
3.2.2.4. Atıksu karakteristiği.....	45
3.3 Biyolojik Arıtma.....	45
3.3.1 Aktif çamur sistemi.....	47

3.3.1.1 Aktif çamur biyolojisi.....	49
3.3.1.2 Aktif çamur prosesine etki eden faktörler.....	51
3.3.1.2.1 Toksik ve inhibe edici atıklar.....	51
3.3.1.2.3. Nutrientlerin eksikliği.....	51
3.3.1.2.4. Organik yük ve debi salınımları.....	52
3.3.1.2.5. Çamur hacim indeksi (ÇHİ)	52
3.3.1.2.6. Fazla çamur miktarı.....	53
3.3.3. Aktif çamur işleminde çevre şartlarının etkisi.....	53
3.3.3.1. Sıcaklık	53
3.3.3.2. pH	54
3.3.3.3. Çözünmüş oksijen.....	55
BÖLÜM 4. ATIKSU ARITMA TESİSLERİNDE KARŞILAŞILAN	
İŞLETME SORUNLARI.....	57
4.1. Fiziksel Arıtmada Karşılaşılan İşletme Sorunları.....	57
4.1.1. Aşırı yük kayıplarının oluşması.....	57
4.1.2. Fare ve sinekler.....	57
4.1.3. Kanallarda Kabarma veya Yüzeysel Sulara Su Taşması.....	58
4.1.4. Katı madde kaçması ve organik madde çökmesi	58
4.1.5. Anormal şartların oluşması.....	59
4.1.6. Su sıcaklığının azalması	59
4.1.7. Kısa devrelerin oluşması.....	59
4.1.8. İşletimsel problemler.....	60
4.2. Kimyasal Arıtmada Karşılaşılan İşletme Sorunları.....	60
4.2.1. Yumakların oluşmaması.....	60
4.2.2. Koagülasyon-flokülasyon işlemleri sonunda oluşan flokların küçük olması ve iyi çökelememesi.....	61
4.2.3. Çamur oluşumunda ki sorunlar.....	61
4.2.4. Çöktürme süresinin sonunda atıksu yüzeyinde çökelemeyen bir flok tabakasının oluşması.....	62
4.3. Aktif Çamur Prosesinde Karşılaşılan İşletme Sorunları.....	62
4.3.1. Çamur kabarması	62
4.3.2. Köpük Oluşumu.....	64
4.3.3. Çamur Yükselmesi.....	65
4.3.4. Septik Çamur.....	66
4.3.5. Toksik Maddeler.....	67
4.3.6. Çökme Sorunları.....	68
BÖLÜM 5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	69
5.1. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅).....	69
5.2. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ).....	70
5.3. Askıda Katı Madde (AKM).....	72
5.4. Uçucu Askıda Katı Madde (UAKM).....	73
5.5. Çökelebilen Katı Madde (ÇKM).....	74
5.6. Çamur Hacim İndeksi (ÇHİ).....	74
5.7. pH.....	75
5.8. Balık Biyodenyi (ZSF).....	75
5.9. Metal Analizi.....	76
5.9.1. Krom (Cr ⁶⁺).....	78
5.9.2. Kadmiyum (Cd).....	78
5.9.3. Çinko (Zn).....	79

5.9.4. Toplam krom (T.Cr).....	80
5.9.5. Kurşun (Pb).....	81
5.9.6. Demir (Fe).....	82
5.9.7. Toplam siyanür (CN).....	83
BÖLÜM 6. DENEYSEL SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER.....	85
6.1 Fiziksel Parametreler.....	87
6.1.1. Askıda katı madde (AKM).....	87
6.1.2. Uçucu askıda katı madde (UAKM).....	90
6.1.3. Çökebilir katı madde (ÇKM) ve çamur hacim indeksi (ÇHİ).....	92
6.2. Kimyasal Parametreler.....	93
6.2.1. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ ₅).....	93
6.2.2. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ).....	95
6.2.3. pH.....	98
6.2.4. Metaller.....	99
6.3. Biyolojik Parametreler.....	103
6.3.1. Balık biyodenyi (ZSF).....	103
6.4. MARSHALL Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisinde İşletme Sorunları.....	103
6.4.1. Fiziksel arıtma birimi.....	103
6.4.1.1. Aşırı yük kayıplarının oluşması.....	104
6.4.1.2. Organik madde çökmesi.....	106
6.4.1.3. Katı madde kaçaklar.....	106
6.4.1.4. İşletimsel sorunlar.....	106
6.4.1.5. Koku.....	107
6.4.2. Kimyasal arıtma birimi.....	107
6.4.2.1. Koagülasyon –flokülasyon işlemi sonunda oluşan flokların küçük olması ve iyi çökelememesi.....	108
6.4.2.2. Flokların geç oluşması.....	108
6.4.2.3. Çöktürme süresinin sonunda atıksu yüzeyinde çökelemeyen bir flok tabakasının oluşması.....	108
6.4.2.4. pH.....	108
6.4.3. Biyolojik arıtma birimi.....	109
6.4.3.1. Köpük oluşumu.....	109
6.4.3.2. Çamur yükselmesi.....	110
6.4.3.3. Prosesten gelen atıksu karakteri.....	110
6.4.3.4. Çökme sorunları.....	110
SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	112
KAYNAKLAR.....	116
ÖZGEÇMİŞ.....	119

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1: Boya üretimi akım şeması.....	13
Şekil 2.2: Plastik boya üretim akış şeması.....	15
Şekil 2.3: Plastik boya üretimi sırasında oluşan atıksu miktarları.....	16
Şekil 2.4: PVA üretim akış şemasının genel şematik görünümü	18
Şekil 2.5: PVA üretiminde suyun kullanıldığı bölümler.....	19
Şekil 2.6: Marshall endüstriyel atıksu arıtma tesisi görünümü.....	23
Şekil 2.7: Marshall endüstriyel atıksu arıtma tesisin proses akım şeması.....	25
Şekil 2.8: Fiziksel arıtma biriminin şematik görünümü.....	27
Şekil 2.9: Kimyasal arıtma biriminin şematik görünümü.....	28
Şekil 2.10: Biyolojik arıtma biriminin şematik görünümümü.....	30
Şekil 2.11: Filtrepres sisteminin şematik görünümü.....	31
Şekil 2.12: Filtrepres sisteminde oluşan katı kek.....	32
Şekil 3.1: Ters akışlı lamelalı yağ tutucu.....	34
Şekil 3.2: Bazı Bakiye Metal Hidroksitlerin pH ile değişimleri.....	38
Şekil 3.3: Klasik aktif çamur sistemi akım şeması.....	49
Şekil 6.1: Giriş çıkış noktalarından alınan örneklerde AKM deney sonuçları ve arıtım verimlilikleri.....	88
Şekil 6.2: Tesis çıkışından alınan örneklerde aylara göre AKM deney sonuçları.....	89
Şekil 6.3: Havalandırma havuzundan alınan örneklerde aylara göre AKM deney sonuçları.....	90
Şekil 6.4: Havalandırma havuzundan alınan örneklerde aylara göre UAKM deney sonuçları.....	91
Şekil 6.5: Havalandırma havuzu örneklerinde AKM ve UAKM ilişkisi	92
Şekil 6.6: Havalandırma havuzundan alınan örneklerde aylara göre ÇKM ve ÇHİ deney sonuçları.....	93
Şekil 6.7: Giriş çıkış noktalarından alınan örneklerde BOİ ₅ deney sonuçları ve arıtım verimlilikleri.....	94
Şekil 6.8: Tesis çıkışından alınan örneklerde aylara göre BOİ ₅ deney Sonuçları.....	95
Şekil 6.9: Giriş çıkış noktalarından alınan örneklerde KOİ deney sonuçları ve arıtım verimlilikleri.....	96
Şekil 6.10: Tesis çıkışından alınan örneklerde aylara göre KOİ deney Sonuçları.....	97
Şekil 6.11: Tesis çıkış numunelerinde BOİ ile KOİ arasındaki ilişki.....	97
Şekil 6.12: Tesis çıkış pH sonuçlarının aylara göre değişimlerinin şematik Görünümü.....	99
Şekil 6.13: Giriş çıkış noktalarından alınan atıksu örneklerinde toplam krom (Cr) deney sonuçları.....	100
Şekil 6.14: Giriş çıkış noktalarından alınan atıksu örneklerinde kurşun (Pb) deney sonuçları.....	101

Şekil 6.15: Giriş çıkış noktalarından alınan atıksu örneklerinde toplam demir (Fe) deney sonuçları.....	101
Şekil 6.16: Tesis çıkışı atıksu örneklerinde belirlenen metal konsantrasyonlarının aylara göre ölçüm sonuçları.....	102
Şekil 6.17: Dikdörtgen tabanlı yağ tutucu görünümü.....	105
Şekil 6.18: Yağ tutucuda organik madde çökmesi.....	105
Şekil 6.19: Konik tabanlı yağ tutucu görünümü-1.....	105
Şekil 6.20: Konik tabanlı yağ tutucu görünümü-2.....	105
Şekil 6.21: Tesis giriş-çıkışı pH değişimi.....	106

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1: Boya endüstrisinde en çok kullanılan hammaddeler.....	4
Tablo 2.2: Boya kuruluşlarında su kullanım dağılımı	5
Tablo 2.3: Önemli boya sanayi kuruluşları ham proses atıksularının özellikleri ve debileri	6
Tablo 2.4: Boya endüstrisi atıksu karakterizasyonu.....	7
Tablo 2.5: Binalood Boya endüstrisinin atıksu karakterizasyonu.....	9
Tablo 2.6: Marshall Boya bünyesinde üretilen ürünler ve yaklaşık yıllık üretim miktarları	11
Tablo 2.7: Marshall Boya ve vernik sanayinde kullanılan hammadde ve kimyasalların yaklaşık olarak yıllık kullanım miktarları.....	11
Tablo 2.8: Plastik boya üretiminde kullanılan hammadde ve miktarları.....	15
Tablo 2.9: PVA üretiminde kullanılan hammadde ve miktarları.....	17
Tablo 2.10: Marshall atıksu arıtma tesisi tasarım parametreleri.....	22
Tablo 2.11: Atıksu arıtma tesisine gelen atıksu miktarlarının aylara göre dağılımı.....	23
Tablo 3.1: Çok kullanılan koagülantların özellikleri.....	41
Tablo 5.1: Kadmiyum analizinde girişime neden olan iyonlar ve konsantrasyonları.....	78
Tablo 5.2: Çinko analizinde girişim yapan iyonlar ve konsantrasyonları.....	79
Tablo 5.3: Krom analizinde girişim yapan iyonlar ve konsantrasyonlar.....	80
Tablo 5.4: Kurşun analizinde girişim yapan iyonlar ve konsantrasyonlar.....	81
Tablo 5.5: Demir analizinde girişim yapan iyonlar ve konsantrasyonlar.....	82
Tablo 6.1: Marshall Boya endüstriyel atıksu arıtma tesisi Ocak 2009 tarihli örnekleme verimlilik analiz sonuçları ve SKKY;Tablo 14.4 kimya sanayi (boya üretimi ve benzerleri), Tablo 14.5 kimya sanayi (boya ham ve yardımcı madde üretimi ve benzerleri), Tablo 21.1 evsel nitelikli atıksuların alıcı ortama deşarj standartları, su ürünleri yönetmeliği ek/6	86
Tablo 6.2: Giriş çıkış noktalarından alınan örneklerde AKM deney sonuçları ve arıtım verimlilikleri.....	87
Tablo 6.3: Tesis çıkışından alınan örneklerde aylara göre AKM deney sonuçları.....	88
Tablo 6.4: Havalandırma havuzundan alınan örneklerde aylara göre AKM deney sonuçları.....	89
Tablo 6.5: Havalandırma havuzundan alınan örneklerde aylara göre UAKM deney sonuçları.....	91
Tablo 6.6: Havalandırma havuzundan alınan örneklerde aylara göre ÇKM ve ÇHİ deney sonuçları.....	92
Tablo 6.7: Giriş çıkış noktalarından alınan örneklerde BOİ ₅ deney sonuçları ve arıtım verimlilikler.....	93
Tablo 6.8: Endüstriyel arıtma tesisi deşarj noktasından alınan atıksu örneklerinde aylara göre BOİ ₅ deney sonuçları.....	94

Tablo 6.9: Giriş çıkış noktalarından alınan örneklerde KOİ deney sonuçları ve arıtım verimlilikleri.....	95
Tablo 6.10: Tesis deşarj noktasından alınan atıksu örneklerinde aylara göre KOİ deney sonuçları.....	96
Tablo 6.11: Tesis giriş-çıkış pH değişimleri.....	98
Tablo 6.12: Tesis çıkış pH sonuçlarının aylara göre değişimleri.....	100
Tablo 6.13. Tesis giriş-çıkış metal konsantrasyonu ve arıtım verimlilikleri...	102
Tablo 6.14: Tesis çıkışı metal ve toplam siyanür konsantrasyonlarının aylara göre ölçüm sonuçları.....	103
Tablo 6.15: Tesis çıkış atıksusu örneklerinde ZSF deney sonuçlarının aylara göre değişimleri.....	101

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

AKM	: Askıda Katı Madde
atm	: Atmosfer
A.Ş	: Anonim Şirketi
BOI ₅	: Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
°C	: Santigrat Derece
Cm	: Santimetre
ÇHİ	: Çamur Hacim İndeksi
ÇKM	: Çökebilir Katı Madde
ÇO	: Çözünmüş Oksijen
dev	: Devir
Dk	: Dakika
DCP	: Data Collection Portfolio
DİE	: Devlet İstatistik Enstitüsü
EPA	: Environmental Protection Agency
F:M	: Besin/mikroorganizma
G	: Gram
İZAYDAŞ	: İzmit Atık Yakma ve Depolama Anonim Şirketi
K	: Katı
Kç	: Çözünürlük çarpımı
KAS	: Katı Alıkonma Süresi
Kg	: Kilogram
KOI	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
L	: Litre
LCW	: Lange Pipet testi
Km	: Kilometre
M	: Metre
Mak	: Maksimum
MAM	: Marmara Araştırma Merkezi
mg	: Miligram
min	: Minimum
ml	: Mililitre
MLSS	: Mixed Liquor Suspended Solids
MLVSS	: Mixed Liquor Volatile Suspended Solids
µg	: Mikrogram
PLC	: Programlanabilir Logic Kontrol
ppm	: Parts per million
PVA	: Polivinil Asetat
SIC	: Standard Industrial Classification
SKKY	: Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
Sn	: Saniye
Std	: Standart
TAKM	: Toplam Askıda Katı Madde

TÇKM	: Toplam Çözünmüş Katı Madde
TSP	: Tri Sodyum Fosfat
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel Teknik Araştırmalar Kurumu
UAKM	: Uçucu Askıda Katı Madde
USEPA	: United States Environmental Protection Agency
VAM	: Vinil Asetat Monomeri
y.y.	: Yüzyıl
ZSF	: Zehirlilik Seyrelme Faktörü

ATIKSU ARITMA TESİSLERİNDE VERİMLİLİK KONTROLÜ ve İŞLETME SORUNLARI

Ayşe ÖZ

Anahtar kelimeler: Atıksu, Atıksu Arıtma Tesisi, Verimlilik Kontrolü, İşletme Sorunları, Boya Endüstrisi ve Atıksuları, Aktif Çamur, Kimyasal Arıtma, Biyolojik Arıtma.

Özet: Bu çalışmada Marshall endüstriyel atıksu arıtma tesisi giriş ve çıkışından, havalandırma havuzundan 2 saatlik kompozit örnekler alınarak pH, AKM, BOİ₅, KOİ, ÇKM, UAKM, Cr⁺⁶, toplam Cr, Cd, Pb, toplam Fe, Zn, toplam CN⁻, ZSF analizleri yapılmıştır. AKM, BOİ₅, KOİ, toplam Cr, Pb, toplam Fe arıtma verimleri araştırılmıştır. Arıtma tesisinin toplam verimi AKM için %99-95, BOİ için %98-96, KOİ için %99-97, toplam Cr için %90-87, Pb için %97-47, toplam Fe için %99-57 olarak bulunmuştur. ÇKM'nin 110-900 ml/l, ÇHI'nin 27-50 ml/g, pH'ın 7,1-8,0 aralığında değiştiği görülmüştür.

Fiziko-kimyasal biyolojik arıtma tesisinde karşılaşılan işletme sorunları tanımlanmış, seçenekli çözüm önerileri sunulmuştur. İşletme sorunlarının çözümünde atıksu karakterizasyonunun bilinmesi ve uygun işletim parametrelerinin seçilmesinin önemli rol oynadığı belirlenmiştir. Deneysel sonuçlar değerlendirilerek grafiklerle sistemin verimi incelenmiştir. Sonuç olarak, dereye deşarj edilebilir nitelikte bir arıtmanın yapıldığı belirlenmiştir.

THE PRODUCTIVITY CONTROL IN THE WASTEWATER TREATMENT PLANTS AND OPERATIONAL PROBLEMS

Ayşe ÖZ

Keywords: Wastewater, Wastewater Treatment Plants, Productivity Control, Operational Problems, Paint Industry and Wastewaters, Activated Sludge, Chemical Treatment, Biological Treatment.

Abstract: In this study, pH, MLSS, BOD₅, COD, ÇKM, MLVSS, Cr⁺⁶, total Cr, Cd, Pb, total Fe, Zn, total CN⁻, TDF analyses have been made with mixed samples for 2 hours taken from the influent, effluent and aeration tank at Marshall industrial wastewater treatment plant. The removal efficiencies of MLSS, BOD₅, COD, total Cr, Pb and total Fe have been investigated. Total efficiency of treatment plant has been found %99-95 for MLSS, %98-96 for BOD₅, %99-97 for COD, %90-87 for total Cr, %97-47 for Pb, %99-57 for total Fe. It has been seen that SS varied in the range of 110-900 ml/l, SVI varied in the range of 27-50 ml/g, pH varied in the range of 7,1-8,0.

Operational problems at physical-chemical wastewater treatment plants have been identified, solution proposals have been given. It has been observed that discerning wastewater characterization and choosing appropriate operational parameters are very important in solution of operational problems. As a result of the experimental findings, the productivity of the plant has been investigated. As a conclusion, it has been determined that the purified wastewater has a quality that is dischargeable into the stream.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Kullanım ve üretim sonucu oluşan evsel ve endüstriyel atıksular; su kaynaklarının içeriğini olumsuz etkileyebilecek organik, metal ve ağır metal içeriği kazanmaları önemli bir sorunu oluşturmaktadır. Bu nitelikteki atıksuların arıtılması alıcı ortamın korunması açısından önem kazanmaktadır.

Ülkemizde boya kültürünün oluşması ve gelişmesiyle boya tüketimi de her geçen gün artış göstermektedir. Türkiye’de yıllık boya üretimi 800.000 tona ulaşmıştır (http://www.emlakkulisi.com/14665_boya_sektorunun_dunya_capindaki_temsilcileri_istanbul_da_bulusacak). Türk boya sektöründe 20’ye yaklaşan büyük ölçekli ve 400’e yakın küçük ve orta ölçekli işletme faaliyet göstermektedir (<http://www.bosad.org/Default.aspx?bolum=54>).

Değişik üretim proseslerinden kaynaklanan ham atıksularının alıcı ortama deşarjlarından önce yürürlükteki SKKY’deki sektör bazında verilen deşarj standartlarına göre arıtılmaları gerekmektedir. TÜBİTAK tarafından yapılan araştırmalarda; ülkemizde boya sektörü atıksuları genellikle fiziko-kimyasal ve biyolojik yöntemlerle arıtıldıkları belirlenmiştir (Kavaklı ve Civan, 1997).

Atıksu arıtma tesislerinde; arıtılmakta olan kullanılmış sulardaki debi salınımları, ekonomik koşullar ve endüstriyel gelişmelerle değişen özellikler çeşitli sorunlara neden olmaktadır. Bunların giderilmesi için tasarım kriterleri yeniden gözden geçirilerek karşılaşılan sorunlar için proses değişimleri araştırılmaktadır.

Bu çalışmada; Akzo Nobel Marshall endüstriyel atıksu arıtma tesisinin giriş çıkış noktalarından ve havalandırma havuzundan kompozit örnekler alınarak BOİ₅, KOİ, AKM, ÇKM, UAKM, Cr⁺⁶, toplam Cr, Cd, Pb, toplam Fe, Zn, Toplam CN⁻, ZSF ve pH, analizleri yapılmıştır. Sistemin arıtım verimi incelenerek tesiste karşılaşılan işletme sorunları incelenmiştir. Uygulamaya yönelik çözüm önerileri sunulmuştur.

BÖLÜM 2. MARSHALL BOYA ENDÜSTRİYEL ATIKSU ARITMA TESİSİ

2.1. Endüstriyel Nitelikli Atıksular

Endüstriyel tesisler, birçok tehlikeli maddenin önemli miktarlarda kullanıldığı, ürün ve atık olarak üretildiği alanlardır. Bu atıklar faaliyet alanlarına bağlı olarak değişiklik gösterir (Girgin ve diğ., 2008). Endüstriyel faaliyetlerin oluşturduğu önemli atıklardan birisi proses atıksularıdır.

Endüstriyel nitelikli atıksular, sanayi tesislerinin, organize sanayi bölgelerinin üretim proseslerinden çıkan çok farklı debi ve kirlilik yüklerine sahip atıksular olarak tanımlanmaktadır. Bu suların kanalizasyon sistemlerine, alıcı ortama herhangi bir işlem yapılmadan deşarjı, su kaynaklarının kirlenmesine neden olmaktadır. Kirlenen su kaynaklarının eski durumlarına getirilmesi çok fazla mali harcamaya neden olmaktadır. Bazı durumlarda bozulan tabii dengenin düzeltilmesi imkânsız olmaktadır (Çınar, 2008).

Endüstriyel atıksular; üretim esnasında kullanım sonucu, prosesteki soğutma işlemleri sonucu oluşmaktadır. Bunun dışında evsel atıksular, yağmur ve temizlik suları da endüstrilerden kaynaklanabilmektedir (Kök, 1998). Çeşitli endüstriyel proses işlemleri sonucunda ortaya çıkan ve kirlenmeye neden olan atıksular inorganik ya da organik kökenli maddeler içermektedir (Özyonar ve Karagözoğlu, 2008).

Endüstriyel atıksular toksik etkili ağır metalleri de içerebilmektedir. Ağır metal içerikli sular, genellikle BOI_5 değeri düşük ve asidik sulardır (Malkoç ve Nuhoğlu, 2008).

Ağır metaller canlı yaşam için tehdit oluştururken, insanlar için de tehlike oluşturmaktadır. Örneğin; kadmiyum insan vücudunda yüksek kan basıncına, böbrek

rahatsızlıklarına, kan hücrelerinde tahribata, kurşun ise böbreklerin, üreme sisteminin, karaciğerin, beynin, merkezi sinir sisteminde işlevsel bozukluğa ve ölüme neden olabilmektedir (Manahan, 2001). Bu kirleticileri bertaraf etmek için fiziksel, kimyasal, biyolojik ve ileri arıtma yöntemleri kullanılmaktadır.

2.2. Boya Endüstrisi ve Atıksularının Karakterizasyonu

Boya, kullanıldığı yüzeyi renklendiren, estetik kazandıran ve koruyucu bir tabaka oluşturan nesne olarak tanımlanmaktadır. Cisimlerin büyük çoğunluğunun boyalı olması bu sektörün ne kadar önemli olduğunu göstermektedir (Kavaklı ve Ayberk, 1999).

Günümüzde Dünya genelinde yılda 25 milyon ton civarında boya üretilmektedir. Türkiye boya üretimi, dünya üretimini %1,5 civarındadır. Ülkelerin refah düzeyinin bir göstergesi olan boya tüketimi ülkemizde kişi başına yılda 4 kg'dır.

Boya endüstrisi, Pb, Cr ve Cd gibi zehirli maddeler ile toprak ve su kaynaklarının kirlenmesine katkıda bulunan ana endüstrilerden biridir. Boya endüstrisi farklı çeşitlerde ve özellikle boya üretimi için 300 kadar farklı tipte hammadde kullanmaktadır. Bu endüstride kullanılan hammaddelerin %15 kadarı petrol türevidir (Gondal ve Hussain, 2006).

Boya endüstrisi; su bazlı boyalar ve vernikler, solvent bazlı boyalar, sanayi ve oto grubu boyaları, vernikler, reçineler, pigment ve dolgular, mürekkepler, ayakkabı boyaları ve cilaları üretimini yapmaktadır. Boya endüstrisi SIC'da "352- Diğer Kimyasal Ürünler Sanayi (Boya, İlaç, Sabun, Deterjan, Diğer Kimyasal Maddeler)" şeklinde yer almaktadır. DİE İmalat Sanayi Faaliyet Sınıflandırması'nda ise "521- Boya, Vernik ve Lak Üretimi" şeklinde yer almaktadır. Bu sanayi kolu içinde yer alan reçine üretimi ise DİE İmalat Sanayi Faaliyet Sınıflandırması'nda "513- Sentetik Reçineler, Plastikler, Suni ve Sentetik Lifler Üretimi (cam lifleri hariç)" olarak geçmektedir (Gönüllü, 2004).

Kimya sanayi içinde boya sektörü, ülkemizin önemli sektörlerinden birini oluşturmaktadır. Böylesine önemli bir sanayi sektörü olan boya üretimi, ülke ekonomisine küçümsenmeyecek seviyede katkı sağlamaktadır. Tüm bu güzelliklerin yanı sıra boya ve boya çeşitlerinin üretiminde kullanılan bağlayıcılar, pigment, dolgu maddeleri, solventler ve diğer ilave hammaddelerin değişik üretim reaksiyonlarından kaynaklanan çevre sorunları da mevcuttur. Boya sektörünün neden olduğu çevre kirliliklerinin başında atıksu ve arıtma çamurları gelmektedir (Kavaklı ve Ayberk, 1999).

Boyalar içinde en çok kullanılan hammaddeler Tablo 2.1’de verilmektedir (Gönüllü, 2004).

Tablo 2.1: Boya endüstrisinde en çok kullanılan hammaddeler (Gönüllü,2004)

HAMMADELER
Bağlayıcılar (Reçineler)
Alkid, Akrilik, Vinil
İncelticiler (Solventler)
Aromatik, Alifatik, Ketonlar, Alkoller
Boyar Maddeler (Pigmentler)
Titan Dioksit, İnorganik pigmentler (%60’ı demiroksit, çinkooksit, çinko tozu ve alüm pastası, %27’si Pb ve Cr bileşikleri %13’ü diğer bileşikler şeklinde harcanır.), Organik Pigmentler
Dolgu Maddeleri
Kalsit, Talk, Kaolen, Yağlar, Plastizerler

Ülkemizde solvent olarak kullanılan maddeler; toluen, ksilen, nafta, gliserin, sentetik tiner, butil asetat, metil-etil keton, white sprite, aseton, n-butanol, izo- bütanol, n-propanol, izo-propanol, etanol ve metanoldur. Boya sektöründe en çok kullanılan reçineler; alkidler, emülsiyonlar, selülozikler (nitro selüloz v.b.), epoksiler fenolikler ve polivinil asetatıdır. Renk verici mikronize toz halindeki boyar maddeler (pigmentler) organik ve inorganik esaslıdır. Organik pigmentler; azo pigmentler, ftalosiyanın, quiacridone, diazazine ve benzeri şeklindedir. İnorganik pigmentler ise titandioksit, demir(2) oksit, demir(3) oksit, krom sarısı, litopan, baryum sülfat (blanş fiks) ve çinko kromat sayılmaktadır. Boya üretimi su ve solvent bazlı olmak üzere olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Su bazlı boyalarda kullanılan katkı maddeleri; ıslatıcılar, dispersantlar, köpük önleyiciler, antibiyotikler, vizikozite arttırıcılar ve

antifrizler şeklindedirler. Solvent bazlı boya katkı maddeleri ise dispersantlar, köpük önleyiciler, reolize/vizikozite düzenleyiciler, kabuk oluşumunu önleyiciler, sikatifler (kurumayı kolaylaştırıcı) v.b. şeklindedirler.

Genelde solvent esaslı boya hazırlama birimlerinde atıksu oluşumu söz konusu olmamaktadır. Su esaslı boya hazırlama birimlerinden üretilen boyanın litresine bağlı olarak 0-2 litre atıksu oluştuğu USEPA (United States Environmental Protection Agency) (1979) tarafından bildirilmektedir. Bir boya fabrikası yılda yaklaşık 17 bin 500 ton civarında su esaslı boya üreten kısımdan üretilen boyanın kilogramı başına 0,2 L atıksu oluşurken ayda 650 ton civarında su esaslı boya üreten kısımdan kg başına 0,5 L, 1000 ton/yıl su bazlı üretim yapan başka bir fabrika ise kg başına 0,4 L atıksu oluşmuştur (Gönüllü, 2004).

Boya sanayi kuruluşlarında kullanılan üretim tanklarının hacmine göre çıkan yıkama atıksu miktarları da değişmektedir. Genellikle 3800 litrelik tank için 230 litre, 3800-5700 litrelik tank için 230 litreden fazla ve 9500-23000 litrelik tank için ise 260-270 birinci yıkama suyu kullanıldığı “Development Document For Paint Formulating EPA 440/1-79/049/1979” adlı kaynakta belirtilmektedir. Boya sanayi kuruluşlarında çalışan sayısına ve buna bağlı olarak üretim kapasitesine göre değerlendirildiğinde, bu kuruluşların özellikle üretim tank yıkama işlemlerinde %7-9 su kullanıldığı görülmektedir (Tablo 2.2). Bu sektör kuruluşlarında TÜBİTAK MAM tarafından yapılan debi ölçümlerinin sonuçları da su kullanım yüzdelerini doğrulamaktadır (Tablo 2.3) (Kavaklı ve Civan, 1997).

Tablo 2.2: Boya kuruluşlarında su kullanım dağılımı (Kavaklı ve Civan, 1997).

Su Kullanım Yeri	<20 Çalışanlı (848 kuruluş) %	20-100 Çalışanlı (306 kuruluş) %	>100 Çalışanlı (105 kuruluş) %	Tüm Kuruluşlar Ortalaması %
Mamulün İçinde	33	24	17	29
Soğutma Suyu	16	35	44	24
Kazan Besleme Suyu	6	7	9	7
Tank Temizleme	9	6	9	8
Evsel Kullanım	34	26	18	30
Hava Kirliliği Kontrolü	1	1	2	1
Diğer	1	1	1	1
Toplam	100	100	100	100

Boya endüstrisinde üretilen ürünlerin sürekli değişmesi, yıkama atıksularıyla boya ve boya hammaddelerinde kullanılan kimyasal maddelerin, pigmentlerin ve çözücülerin kolayca toplama kanallarına taşınması sonucu atıksuların karakterizasyonu sürekli değişmektedir (Kavaklı, 1995).

Boya sektörü atıksuları yüksek miktarda organik kirlilik (BOİ₅, KOİ), askıda katı madde ve ağır metal içermektedirler (Kavaklı ve Ayberk, 1999). Önemli, boya endüstrisi sanayi kuruluşlarının atıksularının özellikleri ve debileri Tablo 2.3’de gösterilmektedir (Kavaklı ve Civan, 1997).

Tablo 2.3: Önemli boya sanayi kuruluşları ham proses atıksularının özellikleri ve debileri (Kavaklı ve Civan, 1997).

Kuruluş Parametre	Birim	Marshall 1990-97	ÇBS 1990-97	Polisan 1990-97	Yasaş 1990-97	EPA	DCP Ort.
BOİ ₅	mg/L	250-3900	1000-4500	900-3000	500-2700	8100	1400
KOİ	mg/L	600-7500	1500-35000	500-7000	600-5000	42300	2330
AKM	mg/L	500-5500	1000-25000	200-4000	250-10180	16550	9400
Yağ Gres	mg/L	50-250	10-300	50-280	40-200	1300	150
Amonyum Azotu	mg/L	0,5-3,6	0,2-4,2	0,2-2,56	0,6 - 1,5	-	-
T. Azot	mg/L	0,5-6,2	0,3-8,0	0,4-3,6	1,8-3,5	-	-
T.Krom	mg/L	0,02-1,37	1,19-3,0	0,02-1,1	<0,02	6,35	-
Kadmiyum	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,001	0,32	<0,1
Bakır	mg/L	0,1-0,25	0,1-0,6	0,1-0,3	0,1-0,4	1,45	0,4
T. Demir	mg/L	0,5-27	2,3-10,6	0,2-20	0,25-6,5	185	70
Çinko	mg/L	0,1-9,0	0,1-10,0	0,1-7,5	0,5-43,3	162	40
Kurşun	mg/L	0,84-41	0,08-0,3	0,5-25	0,15-10	13	4,3
pH	pH birimi	2,512	6-12	4,5-11	6,8-8,5	8,5	1,1
Ham Proses Atıksu	m ³ /gün	Mak.160	70-110	70-100	50	-	-
Ham Evsel Atıksu	m ³ /gün	Mak.80	35	30-40	20	-	-

Boya endüstrisi atıksularının bir diğer özelliği de çok miktarda farklı organik ve inorganik toksik maddeler içerebilmeleridir. Yapılan literatür ve uygulamalı araştırmalar toksik maddelerin hem hammaddelerden, hem de üretim esnasında oluştuğunu göstermektedir. Boya hammaddelerinin içindeki toksik maddeleri dört ayrı grupta toplanmaktadır. Bunlar pigmentler ve boyar maddeler, özel kimyasal maddeler, reçineler ve çözücülerdir. Boya sanayi atıksularında bulunabilecek toksik kirleticiler de altı grupta toplanabilmektedir. Bunlar pestisidler, klorlu bifenil bileşikler, fenolik bileşikler, uçucu organik bileşikler ve inorganik maddelerdir (Kavaklı, 1995).

Boya endüstrisi atıksularının karakteristikleri üzerine USEPA’nın çalışma sonuçları ve Data Collection Portfolio (DCP)’nin verdiği değerler Tablo 2.4’de verilmiştir.

Çizelgedeki görünüş, boya endüstrisi atıksularında toksisite ve kanserojenik tehlikelerinin bulunduğunu ve dolayısıyla verdikleri ve buldukları ortamlardaki canlı hayata zararlı tesirlerde bulunacağını açık biçimde ifade etmektedir (Gönüllü, 2004).

Tablo 2.4: Boya endüstrisi atıksu karakterizasyonu (Gönüllü, 2004).

Parametre	Birim	DCP	EPA 1976	EPA 1977-78
pH	-	10,6	8,9	8,0
BOİ ₅	mg/L	1400	6300	9900
T.Süsp. Madde	mg/L	9400	12700	20400
Yağ ve Gres	mg/L	150	1500	1100
KOİ	mg/L	23300	28500	55000
T. Fenol	mg/L	1,8	0,9	0,3
T. Katı Madde	mg/L	13900	32200	28900
T. Çözülmüş Katı	mg/L	16100	16100	10600
T. Uçucu Madde	mg/L	-	13600	13000
Aliminyum, Al	mg/L	-	190	197
Baryum, Ba	mg/L	-	303	8,7
Kobalt, Co	mg/L	-	1,7	0,9
Demir, Fe	mg/L	70	103	271
Kalay, Sn	mg/L	-	3,7	1,1
Titanyum, Ti	mg/L	-	250	16,7
Kadmiyum, Cd	mg/L	0,1>	0,13	0,5
T. Krom, Cr	mg/L	-	9,6	3,1
Bakır, Cu	mg/L	0,4	0,4	2,5
Siyanür, CN	mg/L	0,1	-	0,08
Kurşun, Pb	mg/L	4,3	20	6,3
Civa, Hg	mg/L	2,5	2,9	5,1
Çinko, Zn	mg/L	40	260	75
Benzen	µg/L	-	-	1933
Karbontetraklorür	µg/L	-	-	3770
Klorbenzen	µg/L	-	-	1405
Kloroform	µg/L	-	-	186
Etilbenzen	µg/L	-	-	7482
Metilen Klorür	µg/L	-	-	31878
Naftalin	µg/L	-	-	2950
Pentaklorfenol	µg/L	-	-	6017
Toplam Fenol	µg/L	-	-	260
Di-n-butil ftalat	µg/L	-	-	5745
Dietil Ftalat	µg/L	-	-	233>
Tetraklor Etilen	µg/L	-	-	567
Toluen	µg/L	-	-	17966

Boya sektörü ham proses atıksularının içerdikleri kirleticilerden dolayı, boşaltıldıkları ve buldukları ortamda, canlı hayata zararlı etkileri olabileceği bilinmektedir.

Atıksu arıtımı fiziksel kimyasal ve biyolojik olarak sınıflandırılabilir. Fiziksel birimler; ayırma, karıştırma, flokülasyon, sedimentasyon, flotasyon, filtrasyon, gaz transferi, kimyasal birimler; presipitasyon, adsorpsiyon, dezenfeksiyon, biyolojik birimler ise aktif çamur sistemleri, damlatmalı filtreler, stabilizasyon havuzları olabilmektedir. Bu sistemlerle atıksudan ayrılan kirleticiler; askıda katı, geri dönüşümlü organikler, uçucu organikler, patojenler, nitriüentler, dayanıklı organik, ağır metaller, çözülmüş organik katılar olarak sıralanabilir (Grigg, 2003).

Boya ve boyar madde üretimi yapan veya atıksularında boyar madde içeren sektörlerin atıksularının arıtımında uygulanabilecek ileri arıtım yöntemleri ve fiziksel, kimyasal, biyolojik yöntemler olmaktadır (Çankaya, 2008).

Fiziksel yöntemler adsorbsiyon, membran filtrasyon, ve iyon değişimidir. Adsorbsiyonda en çok kullanılan yöntem aktif karbon adsorbsiyonudur. Kullanılan karbonun tipine ve atıksuyun karakteristiğine bağlı olarak performans değişmektedir. Aktif karbonun pahalı olması bu yöntemin dezavantajıdır. Diğer bir fiziksel yöntem membran filtrasyon yöntemidir. Bu yöntemin üstünlükleri; sistemlerin sıcaklığa, beklenmedik bir kimyasal çevreye ve mikrobiyal aktiviteye karşı dirençli olmalarıdır. Ancak bu teknolojiler ayırmadan sonra kalan konsantre atığın bertaraf sorunları, sermaye giderlerinin yüksek olması, membranın tıkanma olasılığı ve yenilenme gibi dezavantajları bulunmaktadır. Bir diğer yöntemde iyon değişimidir. Çok yaygın olmayan bu yöntem, rejenerasyonla adsorban kaybının olmaması çözücünün kullanıldıktan sonra iyileştirilebilmesi ve çözünen boyaları etkin bir şekilde giderme avantajına sahiptir. Yöntemin maliyeti ve bazı boyalar için etkin olmaması dezavantajıdır.

Kimyasal yöntemler ise oksidasyon, kimyasal flokleştirme ve çöktürmedir. Renk gidermede kimyasal oksidasyonun yaygın olarak kullanılmasının nedeni

uygulamanın basit oluşudur. Fenton ayırıcı, ozon bu yöntemde kullanılabilirken fotokimyasal ve elektrokimyasal yöntemler de kullanılmaktadır.

Biyolojik sistemler ise aerobik, anaerobik ve biyosorpsiyon proseslerinden oluşmaktadır. Aerobik proses olarak yaygın olan konvansiyonel aktif çamur prosesi kullanılmaktadır. Aerobik sistemde giderilemeyen boyalar anaerobik sistemle giderilebilmektedir. Kimyasal maddelerin mikrobiyal kütle tarafından adsorpsiyonu veya kütlede birikimi biyosorpsiyon olarak ifade edilmektedir. Ölü bakteriler, maya ve mantarlar boyar madde içeren atıksuların renginin giderilmesinde kullanılabilir (Çankaya, 2008).

Malakootion ve diğerleri boya endüstrisi atıksularından Pb ve Co'ın ayrılmasında adsorpsiyon yöntemini kullanmışlardır. Çalışmalarında doğal adsorban olan, bulunuş kolaylığı ve düşük maliyeti nedeniyle odun külünü tercih etmişlerdir. Binalood Boya Endüstrisi atıksularını laboratuvar ortamında kesikli sistemle sabit pH ve odun külü konsantrasyonunun da temas süresine bağlı olarak Pb ve Co'tun giderimi incelenmişlerdir. Binalood Boya Endüstrisinin Atıksu Karakterizasyonu Tablo 2.5'de verilmektedir.

Tablo 2.5: Binalood boya endüstrisinin atıksu karakterizasyonu (Malakootion ve diğ., 2008).

Parametre	Birim	Ortalama	Standart Sapma
pH	pH birimi	5,5	1,5
BOİ	mg/L	252,5	20,9
KOİ	mg/L	610	32,47
TAKM	mg/L	102,5	13,9
TÇKM	mg/L	3325	491,05
İletkenlik	µmhos/cm	1740	217,3
Pb	mg/L	5,4	1,3
Co	mg/L	1,15	0,26
Cd	mg/L	1,6	0,29

pH 2 de 100 g/l odun külü derişiminde en çok Pb ve Co giderimi 3 saat temas süresinde sağlanmaktadır. Bu noktada Pb giderimi % 96,1 iken Co giderimi %99 olmaktadır. Bu çalışmanın sonucunda odun külü konsantrasyonunun artışı adsorpsiyon derecesinde de artış olduğunu göstermektedir (Malakootion ve diğ., 2008).

Dünyanın genelinde ve ülkemizde de boya sektörü ham proses atıksuları fiziko-kimyasal ve biyolojik arıtmadan geçirildikten sonra alıcı ortama deşarjları edilmektedir. Bu çalışmada incelen Marshall Boya Endüstriyel Arıtma Tesisinde fiziko- kimyasal ve biyolojik yöntem kullanılmaktadır.

2.3. Akzo Nobel – Marshall Boya ve Vernik Sanayi A.Ş.

2.3.1. İşletmenin tanımı

Marshall Boya; İstanbul'un 65 km doğusunda, Gebze Tavşancıl Köyü Eynarca mevkiinde bulunmaktadır. İşletmede boya, vernik ve bağlayıcı çeşitleri üretilmektedir. Endüstriyel arıtma tesisi; Dupont ve Eminiş Ambalaj, Marshall ve bünyesinde faaliyet gösteren taşeronlara ait atıksuları arıtmaktadır.

İşletmede; çalışan personel sayısı zaman zaman artmakla birlikte yaklaşık olarak mart - haziran ayları arasında 850, kasım-aralık ayları arasında 750 kişidir. İşletmede üretim hacmine göre vardiya sistemi uygulanmaktadır. Personelin bir bölümü 1 vardiya ile bir bölümü 2 vardiya ile bir bölümü ise 3 vardiya ile çalışmaktadır.

2.3.2. İşletmede gerçekleşen üretim ve atıksu ilişkisi

Marshall Boya bünyesinde iç ve dış cephe boyları, vernik, türevleri üretilmektedir. Üretim % 100 kapasiteyle ve kesikli olarak gerçekleşir. Bu ürünlerin adları ve yaklaşık olarak yıllık üretim miktarları Tablo 2.6'da verilmiştir.

Tablo 2.6: Marshall Boya bünyesinde üretilen ürünler ve yaklaşık yıllık üretim miktarları

ÜRETİLEN MADDELERİN ADI	MİKTAR	BİRİM
Selülozik Vernik	3.600	Ton/ Yıl
Polyester Reçinesi	7.238	Ton/ Yıl
Parke Cam Cila ve Yat Verniği	2.765	Ton/ Yıl
Sentetik Tiner	3.840	Ton/ Yıl
Plastik Emülsiyon Boyaları	32.052	Ton/ Yıl
Su Bazlı Dış Cephe Boyaları	10.843	Ton/ Yıl
Solvent Bazlı Dış Cephe Boyaları	4.156	Ton/ Yıl
PVA Homopolimer, Kopolimer ve Türevleri	6.287	Ton/ Yıl
Solvent Bazlı İnşaat Boyaları	25.364	Ton/ Yıl
Alkid Reçineleri	7.200	Ton/ Yıl

Marshall Boya ve Vernik Sanayi A.Ş. de kullanılmakta olan hammadde ve kimyasallar ve yaklaşık olarak yıllık kullanım miktarları Tablo 2.7’de verilmiştir.

Tablo 2.7: Marshall boya ve vernik sanayinde kullanılan hammadde ve kimyasalların yaklaşık olarak yıllık kullanım miktarları

Kullanılan Hammadde ve Kimyasallar	Birim	Miktar
Akrilik monomer	Ton	1.195
Aktif karbon	Ton	12
Alkoller (sanayi alkolü hariç) (Metil alkol, metil izopropil, butil, İzobutil alkoller,metil izobutil karbinol, Metaksi butanol vb.)	Ton	325
Balmumu, parafin mumu ve hidrojene hint yağı	Ton	72
Çinko stearat	Ton	36
Diğer kimyasal maddeler	Ton	579
Dolgu maddeleri	Ton	8.099
Esterler (metil asetat, etil asetat, İzopropil asetat, butil asetat, amil asetat, metil amin asetat, etil laktat, etilen glikol, monoetil eter asetat, metoksi butanol, metil sikloheksil asetat, izopropil oksitol asetat vb)	Ton	540
Ftalik anhidrit	Ton	9.231

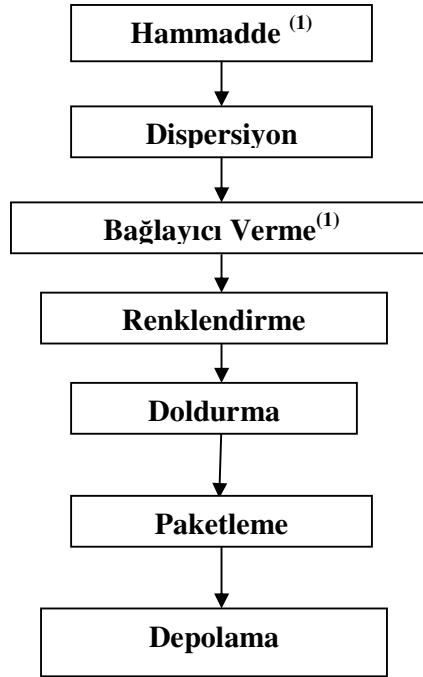
Tablo 2.7 (Devam): Marshall Boya ve vernik sanayinde kullanılan hammadde ve kimyasalların yaklaşık olarak yıllık kullanım miktarları

Glikol eterleri(etilen glikolin ve dietilen glikolin monometil, monobutil ve monofenil eterleri vb.)	Ton	180
Gliserin	Ton	3.051
Hekzan, heptan (solvent 60/70, Solvent 60/120)	Ton	59
İnorganik pigmentler	Ton	2.334
Karboksi metil selüloz	Ton	1.287
Karbon siyahı	Ton	429
Ksilol	Ton	4278
Ketonlar ve keton-alkoller (aseton, Metiletil keton, metil izobutil keton, Sikloheksanon, metil sikloheksanon,Diaseton alkol, izoforon, pentakzon)	Ton	504
Kimyasal katkıları(lesitin, dipenten, Çam yağı, fenol, krezon, guayakol, Oksimer, çinko rezinat ve naftanat, Metil metaakrilat, akrilonitril, hidro- kinon, p-tert-butil hidrokinon, metil hidrokinon, butil catecol, bakteri öldürücü kimyasal maddeler, morfolin alüminyum stearat, sodyum fenilfenat toluol hidrokinon, penta fenol sodyumtuzu, silikonlar vb.)	Ton	3.136
Metil selüloz, hidroksietil selüloz, Metil hidroksi propil selüloz	Ton	1.287
Monoasitler (yağ asitleri,tall oil yağ asitleri, sentetik yağ asitleri, pelargonik asit,2-Etil heksanoik asit, p-tert-benzoik asit vb.	Ton	849
Monomerler (butilakrilat,metil-metak- rilat,akrilonitril, vb.)	Ton	579
Nitroselüloz (kuru)	Ton	684
Organik peroksitler	Ton	290
Plastifiyanlar (dimetil, dietil, dioktil, dibutil, butil-benzil ve dibutil glikol, dimetil siklo heksanol, difenil, dimetilglikol, ftalatlar, tributil, trifenil, tritolil, trikrezil trikloretil fosfatlar,tributil sitrat, dibutil tartarat ve sebasat, dimetil sikloheksanol adipat,butil asetil resinoleat, butil stearat, metil abietat, triasetin, dimetilsikloheksanol okzalal, kafuru, klorlu parafinler, klorlu difeniller, hintyağı, triasetil gliseril monolaktat, asetil trietilnitrat, etilftalit etil glikolat vb)	Ton	2.009
Polialkoller (Pentaeritrit, dipentaeritrit, trimetilol propan,sorbitol,etilen glikol, dietilen glikol,butilen glikol,dipropilen glikol,neopentilen glykol vb)	Ton	5.369
Poliasitler (fitalik anh.,maleik anh.,izo- fitalik,, fumarik,azelaik,süksinik,adipik ve sabasik,okzalik ve klorendik asitler vb)	Ton	2.514
Polietilen mumu	Ton	18
Sanayi alkolü	Ton	108
Sentetik reçine emülsiyonları(PVA, Akrilik vbç) ve kauçuk lateksi	Ton	23.593

Tablo 2.7 (Devam): Marshall Boya ve vernik sanayinde kullanılan hammadde ve kimyasalların yaklaşık olarak yıllık kullanım miktarları

Sentetik reçineler (kondansasyon, polikonda-sasyon,poliadisyon müstahsalları,tabii reçinelerin ve asitlerinin esterleştirilmesi suretiyle elde edilen suni reçineler,tabii kauçuğun kimyasal türevleri, selüloz asetat,asetabutirat, etil selüloz vb)Sentetik reçine emülsiyonları (PVA, akrilik vb.)ve kauçuk lateksi Vernikler)	Ton	1.155
Sentetik Vernikler	Ton	1.476
Sınai ve yağ asitleri	Ton	2.347
Siyah pigmentler	Ton	590
Skatifler	Ton	590
Solvent nafta	Ton	590
Stiren	Ton	5.475
Tansiyooaktif maddeler	Ton	1.114
Titan dioksit	Ton	16.628
Toluol	Ton	648
Vinil alkol	Ton	896
Vinil asetat monomer	Ton	10.458
W.S. (solvent 140/210 ton)	Ton	15.358
Exxol D-60	Ton	130

Marshall Boya'da boya üretimi genel olarak Şekil 2.1 de verilen akım şemasında olduğu gibidir



Şekil 2.1: Boya üretimi akım şeması, (1) boya üretiminde kullanılan hammadde ve bağlayıcılar Tablo 2.7'de verilmiştir.

İşletmede boya prosesi, pigment, bağlayıcı, solventler, dolgu maddeleri ve katkı maddeleri ile üretim ünitesinde 3 aşamadan oluşmaktadır. Bu üç aşama; dispersiyon, renk ayarı ile dolun ve ambalajlamadır.

Dispersiyon; üretim kartlarına uygun olarak tanklarda ve konteynırlarda stoklanan sıvı hammaddeler otomatik olarak veya el ile dispers kazanlarına çekilir. Dispersiyon süresi hammaddeler bu tanklarda dispers edilir.

Tamamlama ve Renk Ayarlanması; hazırlanan boya pastasına diğer katkı maddelerinin ilave edilerek ayar pastası ile renklendirme işlemidir.

Boşatma Bölümü; diğer üretim kademelerinden geçen boyaların ambalajlanarak satışa sunulmasıdır.

2.3.3. Atıksu kaynakları

Hammaddeler mamul hale gelinceye kadar pek çok aşamadan geçmektedir. Tesiste işletilmekte olan atıksu arıtma tesisine giden sanayi atıksuyu su bazlı ürünlere (plastik emülsiyon boyaarı, su bazlı dış cephe boyaarı, PVA monopolimer, kopolimer ve türevleri) ait yıkama sularından oluşmaktadır. Bunların dışında arıtma tesisine işletmede oluşan evsel nitelikli atıksular da gönderilmektedir.

2.3.3.1. Proses atıksu kaynakları

Marshall Boyada kullanılmakta olan su, şebekeden ve tankerlerle sağlanmaktadır. Şebekeden karşılanan su yaklaşık olarak 315 m³/gün, tankerler ile sağlanan su miktarı ise yaklaşık olarak 25 m³/gün dür. Üretimde kullanılan proses su miktarı 10 m³/gün iken, evsel nitelikli atıksu miktarı yaklaşık olarak 70 m³/gün'dür. İşletmede kazan deşarjlarından yaklaşık olarak 15 m³/gün, soğutma suyu 20 m³/gün'dür. Kazan, konveyör v.b. yıkamalarda 60 m³/gün su kullanılmaktadır

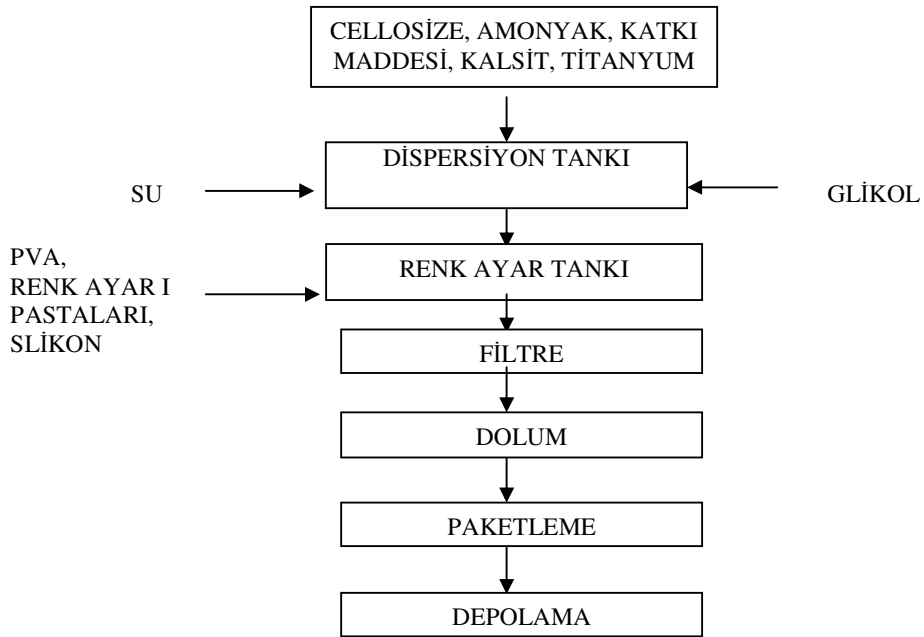
2.3.3.1.1. Plastik boya üretimi

10000 kg plastik boya üretiminde kullanılan hammadde miktarları Tablo 2.8’de verilmiştir.

Tablo 2.8: Plastik boya üretiminde kullanılan hammadde ve miktarları

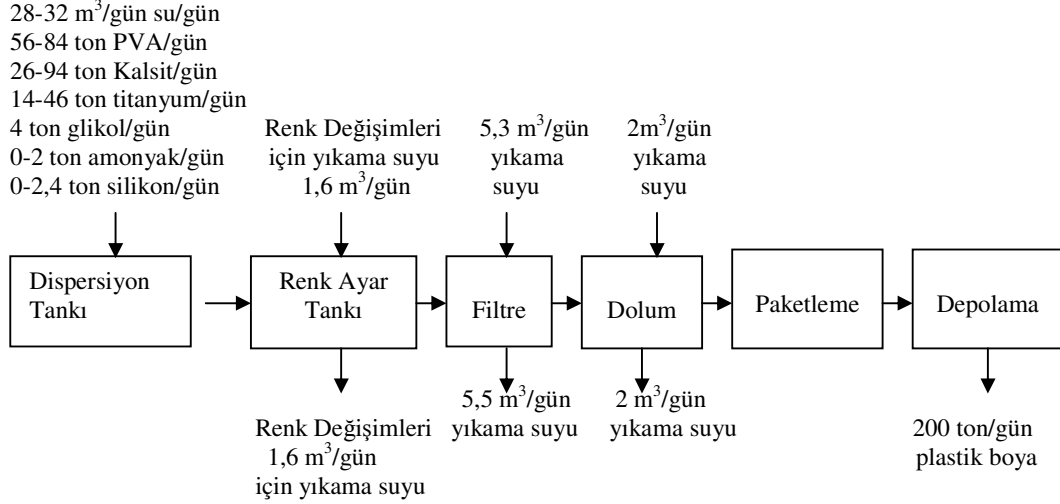
1000 Kg Ürün Başına Kullanılan Hammaddeler	%	Miktar (kg)
Plastik Boya Üretimi	100	1000
Su	14-16	140-160
Polivinil Asetat (PVA)	23-42	230-420
Kalsit	13-47	130-470
Titanyum	7-23	70-230
Glikoller	4	40
Amonyak	0,1	1
Silikon	0-1,2	0-12
Katkı Maddeleri	2,7-3,9	27-39

Plastik boya üretimi akım şeması Şekil 2.2’ de plastik boya üretiminde suyun kullanıldığı aşamalar Şekil 2.3’ de verilmiştir.



Şekil 2.2: Plastik boya üretim akış şemasının genel görünümü

Plastik boya üretiminde ton başına; 0,14-0,16 m³ su, 230-420 kg PVA, 130-470 kg kalsit, 70-230 kg titanyum, 20 kg glikol, 1 kg amonyak, 0-12 kg silikon kullanılmaktadır. Günde 28-32 m³ su, 56-84 ton PVA, 26-94 ton kalsit, 14-46 ton titanyum, 4 ton glikol, 0,2 ton amonyak, 0-2,4 ton silikon kullanılmaktadır.



Şekil 2.3: Plastik boya üretimi sırasında oluşan atıksu miktarları

Boya üretiminde oluşan atıksular filtrelerin yıkanmasından kaynaklanmaktadır. Oluşan atıksular arıtma tesisine gönderilmektedir. Solvent bazlı boya üretiminde kullanılan kazanlar solvent ile temizleme gerçekleşmekte ve bu üretim sırasında atıksu oluşmamaktadır. Su bazlı üretim sırasında oluşan atıksular ise arıtma tesisine aktarılmaktadır.

Plastik boya üretiminde etkin olan PVA üretimi Marshall üretim birimlerinde gerçekleşmektedir.

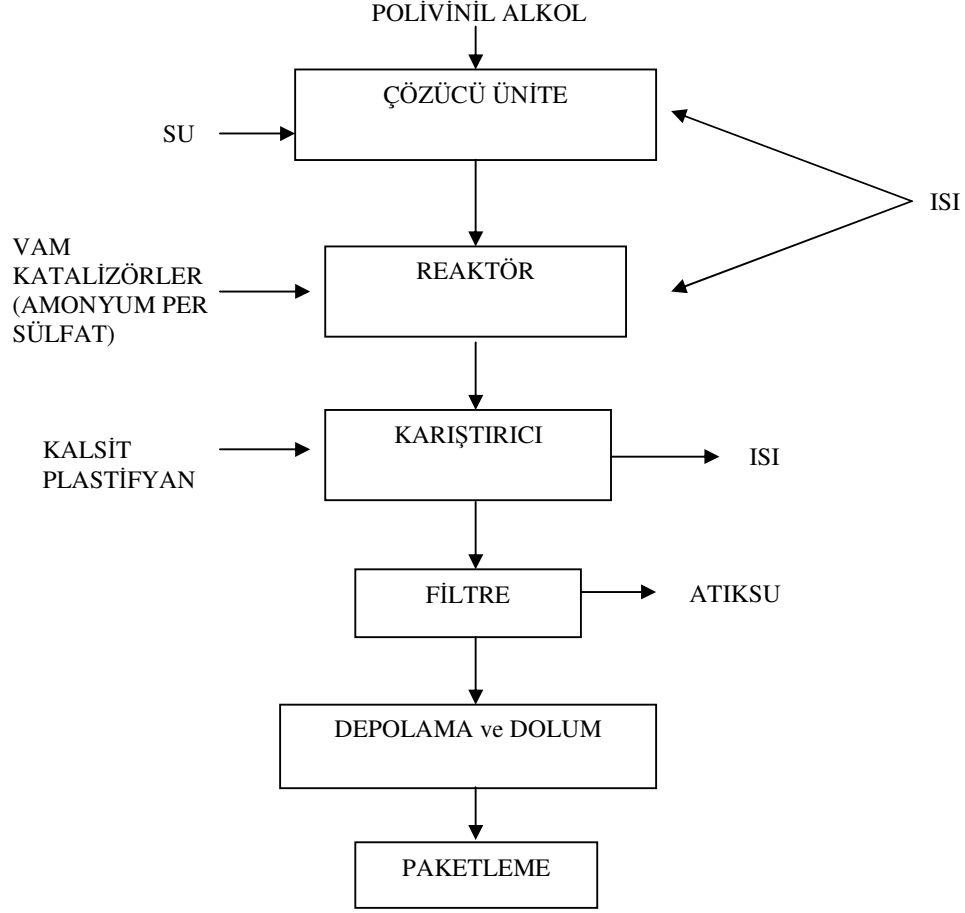
2.3.3.1.2. Polivinil asetat üretimi

PVA biriminde genel olarak boya biriminin iç ve dış cephede kullanıldığı plastik boyanın bağlayıcısı olan monopolimer ve kopolimerler üretilir. Bunların dışında tekstilde, halı ve deri sektöründe kullanılan emülsiyon bağlayıcıları ve çeşitli cins tutkallar üretilerek satışa sunulur (Kavaklı, 1999).

PVA üretiminde kullanılan maddeler ve miktarları Tablo 2.9 de verilmiştir. PVA üretim akım şeması ise Şekil 2.4’de görülmektedir.

Tablo 2.9: PVA üretiminde kullanılan hammadde ve miktarları

1000 Kg Ürün Başına Kullanılan Hammaddeler	%	Miktar (kg)
PVA Üretimi	100	1000
Su	40-50	400-500
Vini Asetat Monomeri	30-40	300-400
Kalsit	0-40	0-400
Plastifyan	3	30
Polivinil alkol	4	40
Katkı Maddeleri	1	10
Glikoller	2	20



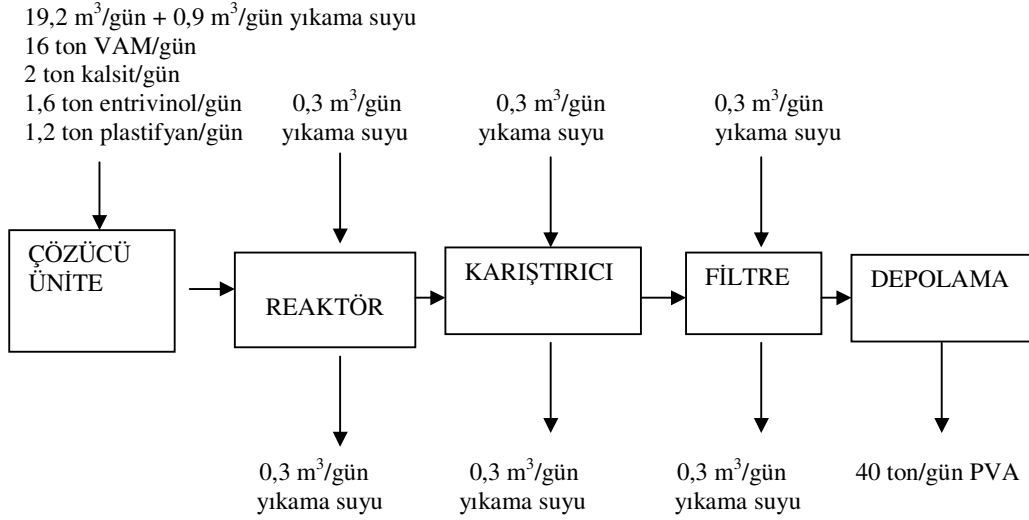
Şekil 2.4: PVA üretim akış şemasının genel şematik görünümü

Sistemde atıksu, filtre ve kazanların yıkanmasından oluşmaktadır. Mevcut olan otomatik ve el ile çalışan filtrelerin yıkanmasında tazyikli şebeke suyu kullanılmaktadır.

Üretimde kullanılan kazanların yıkanmasında kostikli su kullanılmaktadır. Kostikli su tankında muhafaza edilen kostikli sudan üretimin sonunda her tanka yaklaşık 7 ton civarında buradan gönderilmektedir. Kazanların kostikli su ile yıkama işlemi tamamlandıktan sonra kullanılan kostikli su tanka geri gönderilmektedir. Kostikli su bu şekilde geri dönerek bir sonraki yıkamaya kadar tankta bekletilmektedir. Kostikli su tankındaki bu su kirlilik derecesine göre tanktan boşaltılmaktadır. Kostikli su tanktan boşaltılması gereken kirliliğe ulaştığında; doğrudan atıksu kanalına verilmemektedir. Kirli kostikli su plastik konteynırlarda arıtma tesisine götürülmektedir.

Ton başına PVA üretiminde; 0,48 m³ su, 400 kg vinil asetat monomeri, 50 kg kalsit, 40 kg etrvinol 30 kg plastifyan kullanılmaktadır. Günde bu değerler; 19,2 m³ su üretim için, 0,9 m³ su da yıkama için kullanılmaktadır. 16 ton vinil asetat monomeri, 2 ton kalsit, 1,6 ton entrvinol, 1,2 ton plastifyan kullanılmaktadır.

PVA üretiminden suyun kullanıldığı bölümler Şekil 2.5 ayrıntılarıyla açıklanmıştır.



Şekil 2.5: PVA üretiminde suyun kullanıldığı bölümler

2.3.3.1.3. Ester ünitesinde alkid üretimi

Yağdan Alkid Üretimi; yağ doğrudan dibazik asitlerle reaksiyona giremediği için önce bir alkolle reaksiyona girer. Reaksiyonun gerçekleştiği alkolis testi ile kontrol edilir. Alkolis testi; bir kısım mono gliserit ve iki kısım metanol alınıp karıştırıldıktan sonra karışımda yağ fazı bulunmayışı reaksiyonun tamamlandığını göstermektedir. Bu reaksiyon oluşan mono gliseritler dibazik asitle reaksiyona girerek alkid üretimi gerçekleşmektedir (Kavaklı, 1999).

Reaksiyonun yürütülebilmesi için ortamdan suyun uzaklaştırılması gerekmektedir. Su ortamdan vakum veya azot gibi inert bir gazla uzaklaştırılır. Suyla azeotropik bir karışım oluşturulan ksilen veya toluen gibi solventlerle de uzaklaştırılabilir. Ksilen su ile beraber reaktörden ayrıldıktan sonra, refluks kabında yoğunluk farkından dolayı

ayrılmakta ve tekrar kullanılmak üzere reaktöre verilmektedir. Bu birimde her üç yöntemde kullanılmaktadır.

- 1000 tonluk üretim için yaklaşık 2000 litre atıksu çıkışı olmaktadır.

Ürün emülsiyon polimerizasyonu ile elde edilir. Polimer molekülü, monomer olarak adlandırılan küçük moleküllerin birbirlerine kovalent bağ ile bağlanarak oluşturduğu büyük bir moleküldür. Polimer molekülüne polimer zinciri de denir. Bir bileşiğin monomer olabilmesi için iki veya daha fazla işlevsel grup içermesi gerekir. Eğer bir polimer zincirinin, içerdiği monomer cinsi bir ise monopolimer, iki ise kopolimer olarak tanımlanır (Kavaklı, 1999).

** Emülsiyon polimerizasyonda kullanılan hammaddeler

- Monomer veya monomerler VAM (vinil asetat monomer), veova-10, dibutil maleate, akrilik asit, butil akrilat, styren,
- Başlatıcılar (suda çözünen peroksitler), amonyum veya potasyum peroksit,
- Sürfaktanlar (iyonik ve iyonik olmayanlar),
- Tampon görevi gören maddeler (pH ayarlayıcılar, sodyum bikarbonat),
- Kolloid koruyucular (cellosize, polivinil alkol),
- Plastifiyanlar (içsel ve fiziksel olarak ilave edilenler DBP, DİBP),
- Zincir transfer ajanları (merkaptanlar),
- Birleştirici solventler,
- Anti bakteriyel maddeler (preventol, acticide BX),
- Köpük kesiciler (Napco NXZ),
- Dolgu maddeleri (kalsit),
- Sudur.

** Kullanılan Diğer Hammaddeler; cellosize, monoetilen metanol, teksanol, bayferrox 130, bayferrox 600.

Amonyum veya potasyum peroksit gibi suda çözünen peroksitler polimerizasyonu başlatıcı görevi yapmaktadırlar. Başlatıcılar ısının yükselmesi ile suda hızlı bir şekilde dekompoze olarak serbest radikalleri oluşturmakta ve böylelikle

polimerizasyon başlamaktadır. Polimerizasyon hızının yavaşlaması, reaktöre katalist ilave edilerek reaksiyonun düzenli yürümesi sağlanmaktadır. Emülsiyon polimerizasyonunda partikül büyüklüğü kullanılan emülsiyon yapıcı (sürfaktan) maddenin miktarına, çeşidine, karıştırıcı hızına ve monomer veriliş hızına bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

- Üretim sonrası reaktörler ve blenderler yıkanmaktadır; 100 ton ürün için 700 litre su kullanılmaktadır.
- Bakım ve onarım için reaktörlerin yıkanmasında 6 ayda 30 m³ su sarf edilmektedir.

Yukarıda belirtilen noktalardan kaynaklanan atıksular ortak endüstriyel atıksu arıtma tesisine verilmektedir.

Alkit üretiminde reaksiyon iki aşamada gerçekleşmektedir. Birinci aşama alkolizis olarak ifade edilen Trigliserit yağın monogliseride dönüştürülmesidir. İkinci aşama esterifikasyon aşamasıdır. Burada monogliserit alkid reçinesine dönüştürülür. 30 ton alkid üretimini sonucu 600 kg atıksu oluşmaktadır. Üretim sırasında kullanılan solventler üretimde oluşan atıksuyun KOİ'sini yükseltmektedir. Alkolizis aşamasında oluşan 50 kg lık atıksuyun KOİ'si 100.000 civarındayken esterifikasyon aşamasında oluşan 550 kg lık atıksuyun KOİ'si 40.000-50.000 arasındadır. İki aşamada oluşan yüksek KOİ'li atıksular birbirinden yoğunluk farkından yararlanılarak ayrılmaktadır. Alkilizis aşaması sonucu oluşan atıksu İZAYDAŞ'a gönderilirken daha düşük KOİ sahip olan atıksu plastik konteynırlarla arıtma tesisine gönderilmektedir. Burada ön bir arıtmadan geçirilen esterifikasyon atıksuyu, KOİ'si düşürüldükten sonra arıtma kademelerine alınmaktadır.

Ester üretiminde diğer bir atıksu oluşumu da filtrelerin yıkanmasından kaynaklanmaktadır. Filtreler üretim alanında bulunan kostikli su havuzunda yıkanmaktadır. Havuzdan çıkarılan filtreler şebeke suyuyla yıkama işlemine tabi tutulmaktadır. Durulama sonucu oluşan atıksu arıtma tesisine gitmektedir. Kostik havuzunda bulunan atıksu 2-3 haftada değiştirilmektedir. Plastik konteynırlara alınan atıksu arıtma tesisine götürülmektedir.

2.3.3.2. Diğer atıksu kaynakları

2.3.3.1.' de bahsedilen atıksuların dışında arıtma tesisine giden atıksular pompa ve hortumların yıkanmasından oluşmaktadır. Diğer bir atıksu kaynağı da, hammadde tanklarının bulunduğu bölgelerdedir. Üretim için hammadde tanklarından besleme yapıldığı sırada oluşabilecek kimyasal kirliliğin temizlenmesinden sonra oluşmaktadır. Pompa ve hortum yıkanması, oluşabilecek kimyasal kirliliğin temizlenmesi sonucu oluşan atıksular bir havuza toplanmaktadır. Biriktirildikten sonra havuzdaki atıksu sanayi hattına bağlanarak arıtma tesisine gitmektedir. Fabrika içerisinde bulunan laboratuvarların lavabolarından atıksular sanayi hattıyla arıtma tesisine verilmektedir.

Fabrikadaki mutfak, W.C. ve banyolardan kaynaklanan personel kullanım atıksuları ayrı bir hatla arıtma tesisine verilmektedir.

2.3.4. Endüstriyel atıksu arıtma tesisi

İşletme birimlerinden çıkan endüstriyel ve evsel nitelikli atıksuları arıtacak tesis, fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtım birimlerinden oluşmakta olup; sistem 600 kg KOİ/gün organik yük ve 60 m³/gün proses ve 100 m³/gün evsel debiyi kaldırabilecek kapasitede tasarlanmıştır. Tasarım Parametreleri Tablo 2.10'da verilmektedir.

Tablo 2.10: Marshall atıksu arıtma tesisi tasarım parametreleri

Değerler	Evsel Atıksular	Diğer Proses Atıksuları
Atıksu miktarı	100 m ³ /gün	60 m ³ /gün
pH	7-9	---
AKM	< 100 mg/L	< 5.000 mg/L
KOİ	< 600 mg/L	< 18.000 mg/L
BOİ ₅	< 300 mg/L	< 7.000 mg/L

Şekil 2.6' da görülen atıksu arıtma tesisine bir yıl boyunca gelen atıksu debilerinin aylara göre dağılımı Tablo 2.11'de verilmektedir.



Şekil 2.6: Marshall endüstriyel atıksu arıtma tesisi görünümü

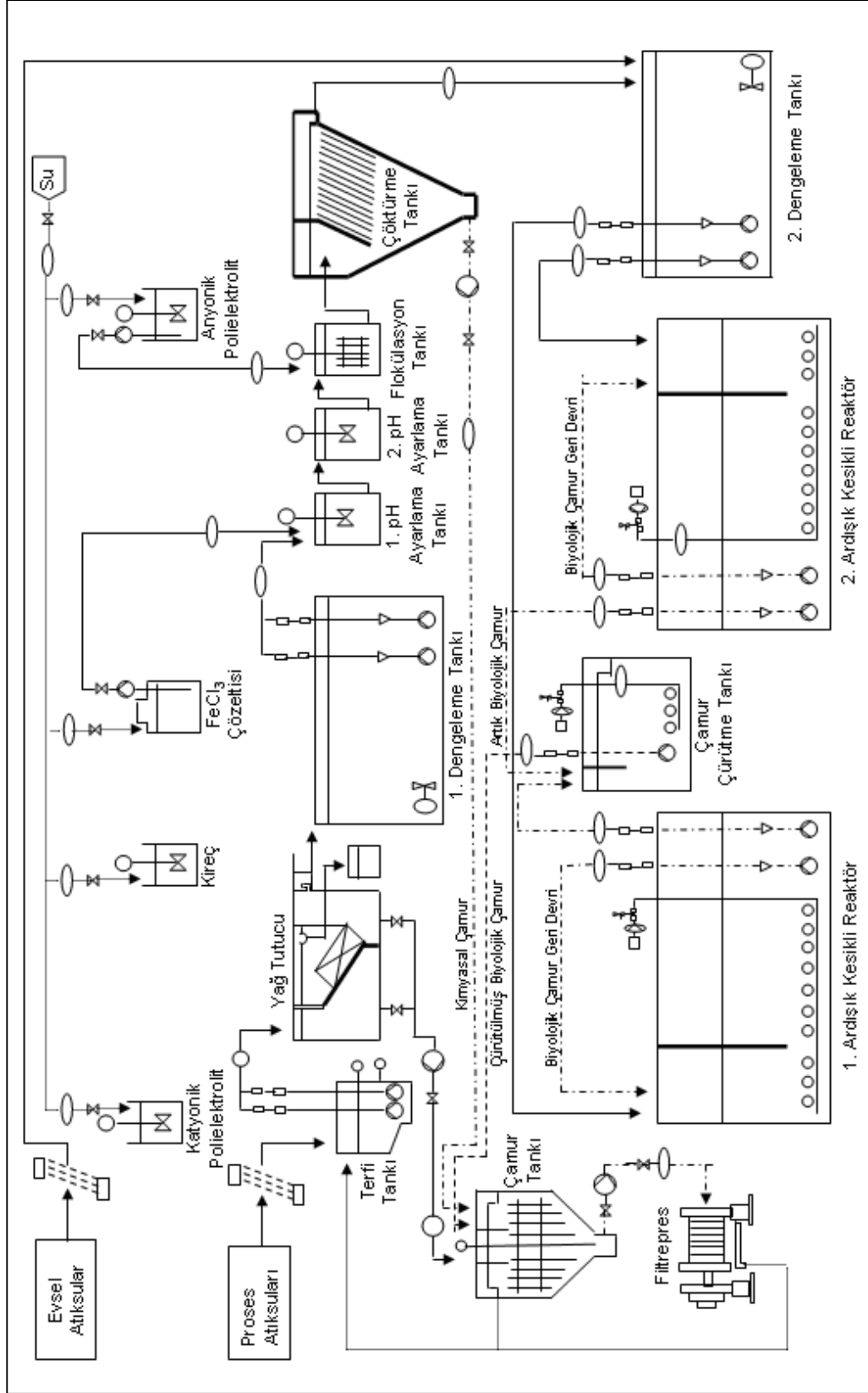
Tablo 2.11: Atıksu arıtma tesisine gelen atıksu miktarlarının aylara göre dağılımı

Aylar	Ölçüm yapılan gün sayısı	Endüstriyel Atıksu		Evsel Atıksu	
		Hacim (m ³)	Debi (m ³ /gün)	Hacim (m ³)	Debi (m ³ /gün)
Ocak 2008	22	570	25,9	1050	47,72
Şubat 2008	20	852	42,6	1514	75,7
Mart 2008	21	845	40,23	1357	64,61
Nisan 2008	21	582	27,71	1297	61,76
Mayıs 2008	21	1011	48,14	1623	77,28
Haziran 2008	21	656	31,23	1113	53
Temmuz 2008	23	690	30	1919	83,43
Ağustos 2008	21	715	34	1383	65,86
Eylül 2008	20	1154	57,7	1095	54,75
Ekim 2008	17	721	42,4	989	58,2
Kasım 2008	20	917	45,85	955	47,75
Aralık 2008	18	965	53,61	939	52,17
Ocak 2009	15	1625	108,3	849	59,8
Şubat 2009	14	1222	87,2	826	55,1
Mart 2009	22	1031	46,8	1136	51,6
Ortalama Debi		48,1 m ³ /gün		60,6 m ³ /gün	
Standart Sapma		22,6		10,9	

Marshall atıksu arıtma tesisine günlük ortalama endüstriyel ve evsel atıksu debileri sırasıyla 48,1 ve 60,6 m³'tür. Standart sapma ise 22,9 ile 10,9'dur. Arıtma tesisine gelen ortalama atıksu debisindeki farklılık arıtma tesisinin çalıştığı gün sayısı ve havanın yağışlı olmasına bağlı olarak değişmektedir (Tablo 2.11) .

2.3.4.1. Atıksu arıtma tesisi arıtma kademeleri

Marshall Boya Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi'nde ardışık kesikli arıtım prensibi esas alınarak sistem n arıtma birimi, fiziksel, kimyasal, biyolojik ve çamur arıtımı birimlerinden oluşmaktadır. Marshall endüstriyel atıksu arıtma tesisinin proses akım şeması Şekil 2.7'de görülmektedir.



Şekil 2.7: Marshall endüstriyel atıksu arıtma tesisin proses akım şeması

2.3.4.1.1. Ön arıtma birimi

Sulu atıklardan uçucu bileşikleri ayırmak için uygulanan bir fraksiyonel distilasyon olan buharla sıyırma yöntemi; paketlenmiş bir kolona ön ısıtması yapılmış atıksu üstten beslenmekte, alttan da buhar verilmektedir. Aşağıdan kolonu terk eden atıksudan, uçucu bileşikleri uzaklaşmaktadır. Üstten çıkan buhar ve uçucu bileşik buharları yoğunlaştırılarak geri kazanılmaktadır (Gönüllü, 2004).

Marshall Boya bünyesinde gerçekleştirilen alkid reçinesi üretiminden kaynaklanan yüksek KOİ'li atıksuların (reaksiyon suyu) KOİ'sini düşürmek için kurulmuş bir ön arıtma birimidir. Reaksiyon suyunun diğer proses atıksularıyla karıştırılmadan önce kirliliğe neden olan ksilen, alkol, eter, aldehit gibi uçucu organik maddelerin uzaklaştırılması amaçlanmaktadır. Bu birim kesikli arıtım prensibinin esas alındığı fiziksel arıtım birimidir. Ksilenli atıksuların fazı içindeki uçucu organiklerin, atıksudan uzaklaştırılması için bir sıyırma kolu (stripping) kolonuna aktarılmaktadır. Bu kolonda hava ile sürüklenen organik uçucu maddeler daha sonra bir gaz yıkama (scrubber) kolonunda yıkama çözeltisi içinde tutulmaktadır. Kompakt formda imal edilmiş yıkama ve sıyırma kolonları seri olarak çalışmaktadır. Bu kompakt üniteye 2 adet 2 m³ hacmindeki çözelti deposunun üzerine yerleştirilmiş 0,5 m x 1 m x 3 m(h) boyutlarındaki sıyırma kolonu ile 2 adet 0,5 m x 0,5 x 3 m (h) boyutlarındaki yıkama kolonları bulunmaktadır. Yıkama kolonları seri olarak çalışmaktadır. Böylece hava ard arda 2 kolondan geçerek, tutma verimi maksimize edilmektedir. Yıkama kolonunda, yıkama çözeltisi olarak Spindle Oil kullanılmaktadır.

Konteynırlardaki reaksiyon suları havalı pompa yardımıyla 2000 litrelik konik tabanlı polietilen tanka alınmaktadır. Bu tank karıştırıcı olup konteynırların içersindeki reaksiyon suyu gerek duyulduğunda karıştırılabilmektedir. Bu tankın hacmi 2 m³ dür. Depo tankındaki suyun yaklaşık 1 m³'ü cazibe ile sıyırma kolonuna aktarılır. Bu kolonda organik uçucuların hava ile sürüklenmesi sağlanır. Bu kolondaki mak. hava debisi 0,2 m³/sn'dir. Kolondaki min. kalış süresi 7,5 sn'dir. Sıyırma kolonunda atıksudan uzaklaştırılan organik uçucular yıkama kolonundaki yıkama çözeltisinde tutulmaktadır. Sıyırma kolonundan yıkama, kolonun ilgili bölmesine geçen reaksiyon suları pompa ile sıyırma kolonuna sirküle edilir. Aynı

şekilde yıkama kolonunun ilgili bölümündeki yer alan yıkama çözeltisi (spindle oil) de kendi pompasıyla devamlı olarak sirküle edilmektedir. Mak. hava debisinin 0,2 m³/sn olan yıkama kolonunda havalandırma işlemi tamamlanınca yıkama çözeltisinin sirkülasyonunu sağlayan pompa durdurulmaktadır. Bu kolonda min. kalış süresi 7,5 sn'dir. Reaksiyon suyunun sirkülasyonunu sağlayan pompa ise vanalar yönlendirilerek havalandırılmış reaksiyon suyunu birinci dengeleme tankına basmada kullanılmaktadır.

2.3.4.1.2. Fiziksel arıtma birimi

Marshall atıksu arıtma tesisinde fiziksel arıtım birimi 2 terfi tankı, yağ tutma tankı, ve 2 dengeleme tankından oluşmaktadır. Arıtma tesisinin fiziksel arıtma biriminin şematik görünümü Şekil 2.8' de görülmektedir.



Şekil 2.8: Fiziksel arıtma biriminin şematik görünümü

Prosesten gelen atıksular; yağ tutma tankına verilmeden önce proses atıksu terfi tankına toplanmaktadır. Buradan endüstriyel atıksular yağ tutma tankına pompalanmaktadır. Yağ tutucuda yağlar yüzeyde toplanmakta, dipte katı maddeler kalmaktadır. Atıksu yağ tutucuda 3,2 saat tutulur. Yağ Tutucu Kum tutucu görevini de görmektedir. Yüzeyde toplanan yağlar, aşağıya konan bir fiçıda toplanmaktadır.

Dipte ki katı maddeler, pompa ile çamur yoğunlaştırma tankına aktarılmaktadır. Yağ tutma tankında yağı ayrılan atıksular cazibe ile birinci dengeleme tankına geçmekte ve dalgıç karıştırıcıyla karıştırılmaktadır. Betonarme olan birinci dengele tankında atıksu bekleme süresi 28 saattir. Burada atıksular debi ve kirlilik yükü açısından dengelenmektedir.

İşletmede oluşan evsel atıksular önce ilgili terfi havuzuna gelmektedir. Buradan pompa ile evsel atıksular ikinci dengeleme tankına aktarılmaktadır. Buradaki 16 saat bekleme süresinden sonra kimyasal arıtmadan çıkan proses atıksularıyla birlikte toplanır.

2.3.4.1.3. Kimyasal arıtma birimi

Marshall proses atıksuları kimyasal çöktürmeye tabi tutulurlar. Kimyasal arıtma birimi; iki pH ayarlama tankı, flokülasyon tankı ve çöktürme tankından oluşmaktadır (Şekil 2.9).



Şekil 2.9: Kimyasal arıtma biriminin şematik görünümü

Birinci dengeleme tankındaki atıksular seviye kontrollü olarak birinci pH ayarlama tankına pompalanmaktadır. pH kontrollü olarak kireç çözeltisi dozlanmaktadır. Kireç çözeltisi; 1000 litre suya bir torba kireç ilave edilip karıştırılmasıyla hazırlanmaktadır.

pH'ı yükseltileen atıksu ikinci pH ayarlama tankına geçmektedir. Burada %40'lık demir-III- klorür çözeltisi doğrudan veya yarı yarıya seyreltilerek dozlanmakta ve karıştırılmaktadır.

Flok oluşturan atıksular flokülasyon tankına alınmakta ve anyonik polielektrolit eklenmektedir. Anyonik polielektrolit kuru halde temin edilmekte ve %0,1'lik çözeltisi hazırlanarak dozlanmaktadır. Böylece atıksuda oluşan kimyasal yumakların daha iri ve kolay çökebilir hale gelmektedir.

Floklaşan atıksular lamellalı çöktürme tankına gelmektedir. Burada; yapısı ağır olan kimyasal çamur tabana çökmektedir. Üstte kalan duru faz savaklarda toplanmakta ve ikinci dengeleme tankına geçmektedir. Kimyasal arıtma sonucunda oluşan kimyasal çamur, çamur susuzlaştırma birimine gönderilmektedir.

2.3.4.1.4. Biyolojik arıtma birimi

Evsel atıksular ile kimyasal arıtmadan gelen atıksular ikinci dengeleme tankında dalgıç karıştırıcı ile karıştırılmaktadır. Atıksular seviye kontrollü olarak ardışık kesikli biyolojik birimlere basılmaktadır. Biyolojik birimler doldur-boşalt prensibiyle çalışan kesikli iki adet havalandırma havuzundan oluşmaktadır (Şekil 2.10).



Şekil 2.10: Biyolojik arıtma biriminin şematik görünümümü

Biyolojik sistemde, aktif çamurla temas eden atıksuda bulunan çözülmüş organik maddeler, biyolojik kütleinin (aktif çamur) metabolik faaliyetleri sonucu parçalanarak, tüketilmektedir. Bu birimde; atıksu içindeki organik maddeler; mikroorganizmalar tarafından oksijen kullanılarak, karbondioksit, su ve yeni organizmaya dönüştürülmektedir Havalandırma tankında aktif çamurun ihtiyacı olan oksijen blowerlar yardımıyla sağlanarak lastik membranlı ithal difüzörlerle ince kabarcık halinde verilmektedir. Blowerle hız kontrollü olup, havalandırma tanklarındaki oksijen değerine bağlı olarak hızları otomatik ayarlanmaktadır. Blowerle ile aynı zamanda havalandırma tankının tam karışımı da sağlanmaktadır. Havalandırma tankında 500 m³/saat kapasiteli 2 adet blower kullanılmış olup, havalandırma tankındaki oksijen konsantrasyonunun 1-3 mg/L civarında tutulmaktadır. Ardışık kesikli biyolojik sistem sayesinde havalandırma ve çöktürme işlemi aynı tankta yapılabilmektedir. Programlanabilir logic kontrol (PLC) ünitesi tarafından otomatik olarak işletilen biyolojik sistemde, atıksular 2.dengeleme tankından I. ya da II. biyolojik üniteye basılmaktadır.

Havalandırma tankında aktif çamur tarafından kirletici unsurları giderilen atıksu, blower kapatılarak çökmeye bırakılmakta ve havalandırma tankı aynı zamanda çöktürme tankı görevi de görmektedir. Çökme süresi sonunda artılmış berrak faz vanalar ile deşarj edilmektedir. Biyolojik sistemde oluşacak fazla çamur pompalarla çamur tankına alınmaktadır.

2.3.4.1.5. Çamur susuzlaştırma birimi

Marshall Endüstriyel Atıksu arıtma tesisinde çamur susuzlaştırma birimi iki çamur yoğunlaştırma tankı ve filtrepres sisteminden oluşmaktadır. Artık aktif çamur ve kimyasal arıtma kademesinden gelen artık çamurlar, önce pompa ile çamur yoğunlaştırma tankında toplanmaktadır. Piyasadan kuru madde olarak temin edilen katyonik polielektrolit, tanka el ile dozlanmaktadır. Dozlama 1/1000 ölçekte olup $1m^3$ su için 1 kg katyonik poli dozlaması yapılmaktadır. Çamur yoğunlaştırma tankının taşkanından gelen su, duru ise evsel terfi havuzuna; çamurluysa sanayi terfi havuzuna alınmaktadır. Geri kalan çamur içindeki su oranı düşürülmek üzere filtre-pres birimine katyonik polimerin eşzamanlı dozajlanması suretiyle basılır (Şekil 2.11)



Şekil 2.11: Filtrepress sisteminin şematik görünümü

Burada kuru madde miktarı yükseltilecek çamur, filtrepreste katı kek (% 25-30 kuru madde içerikli) haline getirilmektedir (Şekil 2.12). Çamurun suyunu bırakması için bir yavaş karıştırıcı ile karıştırılmakta ve tabana toplanan çamur, çamur pompasıyla filtreprese basılmaktadır. Filtrepressin verimini artırmak üzere, filtrepress öncesi çamura, katyonik polielektrolit istasyonundan polielektrolit dozlanmaktadır.



Şekil 2.12: Filtrepres sisteminde oluşan katı kek

BÖLÜM 3: FİZİKO-KİMYASAL VE BİYOLOJİK ARITMA SİSTEMİ

3.1. Fiziksel Arıtma

3.1.1. Atıksu terfi birimleri

Atıksu arıtma tesisinde proses birimleri arasında atıksuyun enerji kaybetmesi neticesinde oluşacak yük kaybını telafi etmek ve tesise gelen atıksuyu belirli bir seviyeden sisteme alabilmek için yapılan pompa birimleri bu sistem içerisinde yer almaktadır. Pompalar burgulu (arşimet) tipte veya santrifürij tipte seçilebilmektedir (Dağ, 2002).

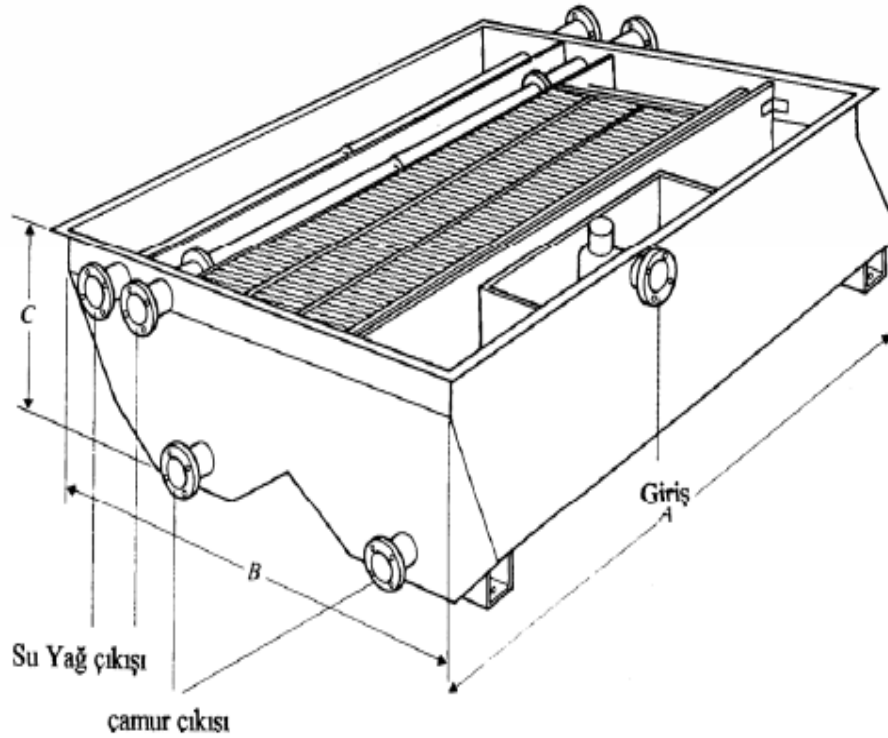
Atıksu terfi birimlerinde terfi tankları da yer almaktadır. Bu tanklarda prosten gelen atıksular biriktirilerek arıtma sistemine verilmektedirler.

3.1.2. Yağ tutma

Yağ tutucular yağ, sabun, gres gibi sudan hafif olan maddeleri tutmak için projelendirilmektedirler. Bu yapıların çıkış boruları derinde olduğundan yüzücü maddeler su yüzeyinde toplanmakta ve sudan ayrılmaktadır. Dikdörtgen veya daire şeklinde olan bu yapılar yüzey genişletmek ve arıtma verimini yükseltmek için plakalar su geçiş noktalarına konulabilmektedir. Genel olarak emülsifiye olmayan yağ ve gresin sudan uzaklaştırılması ve dengeleme öncesi ön arıtma sisteminde bulunmaktadırlar. Yağ tutuculardaki tutma verimi bekleme süresiyle doğru olduğundan biyolojik bozunma yapmayacak bir süre içinde bekleme süresi seçilir (Bakoğlu, 2005).

Yağ tutucuda serbest yağ tankın yüzeyine toplanmakta ve daha sonra sıyırma ile ortamdan uzaklaştırılmaktadır. Graviteli yağ tutucu tasarımı, çapı 0,015 cm'den büyük serbest yağ taneciklerinin giderilmesi esasına dayanmaktadır. Levhalı (plakalı)

yağ tutucu, paralel ve oluklu levhalardan oluşmaktadır. Levhalı yağ tutucu, 0,006 cm'den büyük yağ damlacıklarını ayırmak için tasarlanmıştır. Ham atıksuda %1'den az yağ bulunması durumunda levhalı yağ tutucu çıkışında serbest yağ konsantrasyonu 10 mg/L'ye düşmektedir. Burada sorun, yüksek yağ yüklemelerinde, yağ taneciğinin kesme kuvvetinden dolayı arıtım veriminin düşmesidir. Bu durumda atıksu girişi oluklu levhanın zıttı yönünde yapılmalıdır. Böylece ayrılan yağ tanecikleri akışın tersi yönünde hareket ederek yükselir (burada levhalar 45° açılı ve 10 cm aralıklı yerleştirilir). Hidrolik yük, sıcaklık ve yağın özgül ağırlığı ile değişir. Yağ 20 °C sıcaklık ve 0,9 özgül ağırlığında en düşük debiye sahiptir. 0,5 m³/m².saat'lik hidrolik yüklemelerde 0,006 cm boyutundaki yağ damlacıkları tutulmaktadır. Tasarım çalışmalarında emniyet faktörü genellikle %50 uygulanır (Şekil 3.1) (Öztürk ve diğ., 2005).



Şekil 3.1: Ters akışlı lamelalı yağ tutucu (Öztürk ve diğ., 2005).

Atıksuların kimyasal arıtmalı genellikle, ikincil arıtmadan sonra kalan askıdaki ve çözünmüş maddeleri daha da azaltmak için uygulanır. Fiziksel arıtmadan geçmiş atıksu, karakterine göre kimyasal arıtmaya alınır. Kimyasal arıtma genellikle

atıksuların içinde bulunan askıdaki ve çözünmüş maddeler ile ağır metallerin alınması için, sadece kimyasal arıtmaya ihtiyaç duyan atıksular için ve gerektiği takdirde arıtma tesisi çıkışında suyun berrak istenmesi, deşarj değerlerinin daha düşük olması için biyolojik arıtmayla birlikte kullanılır.

3.1.3. Dengeleme tankları

Arıtma sistemlerinde dengelemenin amacı atıksu karakteristiklerindeki değişiklikleri minimize ederek arıtım kademelerinde optimum şartları sağlamaktır. Dengeleme biriminin boyutu ve tipi atık suyun miktarı ve değişimi ile ilgilidir. Dengeleme tankı, atıksu debisindeki farklılıkları ve üretimden dolayı zaman zaman atılan veya istemeyerek dökülen bazı konsantre atıksu akımlarını biriktirebilecek boyutta tasarımı yapılmaktadır. Endüstriyel atıksu arıtma tesislerinde dengelemenin amaçları aşağıda sıralanarak açıklanmıştır.

- Arıtma sisteme şok yüklemeyi önlemek amacıyla organik yük dalgalanmalarını yumuşatmak,
- Yeterli pH kontrolü sağlamak veya nötralizasyon için gerekli kimyasal madde miktarını minimize etmek,
- Üretim olmadığı zamanlarda sisteme sürekli atıksu sağlamak,

Dengeleme biriminde, konsantrasyonun dengelenmesi ve çökelmenin önlenmesi amacıyla karıştırma uygulanır. Buna ilaveten karıştırma ve havalandırma ile yükseltgenebilen maddelerin ve BOI_5 ' nın kısmi oksidasyonu gerçekleşmektedir. Dengeleme tanklarında karıştırma yöntemleri şunlardır:

- Giriş akımının dağıtımı ve perdeleme,
- Türbinlerle karıştırma,
- Difüzörle havalandırma,
- Mekanik havalandırıcılarla havalandırma.

3.2. Kimyasal arıtma

Kimyasal temel süreçler, atıksuların arıtımında ilk olarak uygulanan yöntemlerdendir. Daha sonraları, biyolojik temel süreçlerin gelişmesiyle bu yöntemler terk edilmiştir. Ancak son yıllarda kimyasal süreçleri atıksu arıtımında tekrar daha yaygın bir şekilde kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Özellikle biyolojik arıtma süreçleri içinde etkilenmeyen bileşiklerin kimyasal süreçlerle arıtılmasına çalışılmaktadır. Kimyasal süreçlerin ortak özelliği, genellikle düşük yatırım giderleriyle, yüksek işletme giderlerine sahip olmalarıdır. Bu nedenle kimyasal süreçler, özel arıtma gerektiren atıksularda veya bu tip bir arıtmanın genel arıtma süreci içinde, çok kısa süre uygulanması gerektiğinde kullanılmaktadır (Uslu ve Türkman, 1987).

Çevre mühendisliğinde esas olarak su kirlenmesi kontrolünde kimyasal çöktürme 19 y.y.'in ortalarından bu yana yaygın olarak ve çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Kimyasal çöktürme ile arıtma; evsel atıksulara biyolojik arıtmanın keşfinden çok önce uygulanan bir prosestir. Bu uygulama evsel ve özellikle endüstriyel atıksular için yaygın olarak kullanılmaktadır. Kimyasal çöktürme ile sertlik giderme, ağır metal, fosfat, flor ve sülfat arıtımı prosesleri içme kullanma suyu evsel ve endüstriyel atıksulara yaygın şekilde uygulanan standart arıtma prosesleri arasındadır (Tünay, 1996).

Kimyasal arıtma, atıksularda kirliliğe neden olan çözünmüş, kolloidal ve askıdaki maddelerin uzaklaştırılmasını temin veya hızlandırmak amacıyla, çeşitli kimyasal reaksiyonlardan yararlanılması esasına dayanan genel yöntemler olarak ifade edilmektedir. Kimyasal arıtma; suda çözünmüş halde bulunan kirleticilerin, kimyasal reaksiyonlarla çözünürlüğü düşük bileşiklere dönüştürülmesi veya kolloidal ve askıdaki taneciklerin pıhtı ve yumaklar oluşturarak çökeltilmesinin sağlanmasını amaçlamaktadır (SKKY Teknik Usuller Tebliği, 1991). Atıksuların kimyasal arıtmalı genellikle, ikincil arıtmadan sonra kalan askıdaki ve çözünmüş maddeleri daha da azaltmak için uygulanır. Fiziksel arıtma sonrası atıksu, karakterine göre kimyasal arıtmaya alınmaktadır. Kimyasal arıtma genellikle atıksuların içinde bulunan askıdaki ve çözünmüş maddeler ile ağır metallerin alınması için, sadece kimyasal

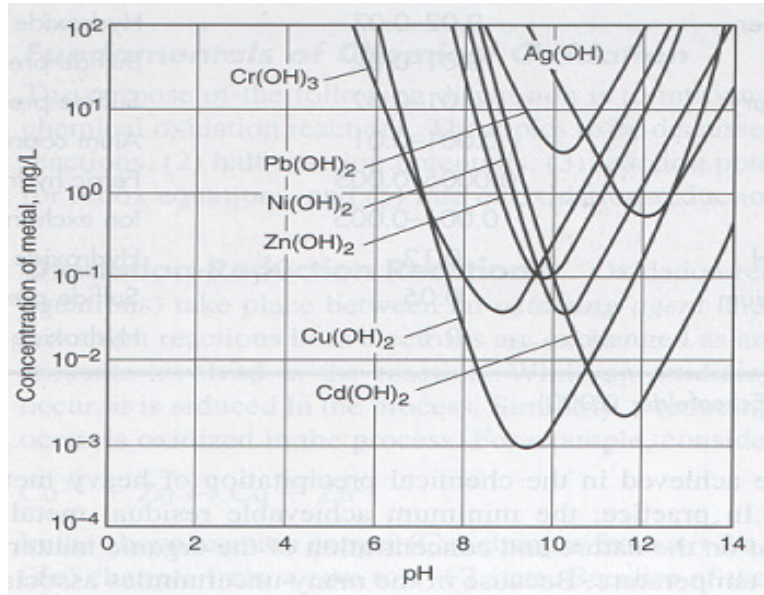
arıtmaya ihtiyaç duyan atıksular için ve gerektiği takdirde arıtma tesisi çıkışında suyun berrak istenmesi, deşarj değerlerinin daha düşük olması için biyolojik arıtmayla birlikte kullanılmaktadır.

Kimyasal arıtmada pıhtılaştırma ve yumaklaştırma, su ve atıksu ortamında askıda katı maddeleri yumaklar haline getirmektir. Oluşan bu yumaklar daha sonra çökeltme ile uzaklaştırılmaktadır. Yumaklaşma ise pıhtılaşmış taneciklerin yumaklar haline gelerek büyümesi, gözle görünür ve çökelebilir duruma gelmesi işlemidir. Yumaklaştırma işleminde polielektrolitlerin ilavesi ile büyük organik polimerlerin adsorpsiyonu ve polimer- tanecik köprüleri oluşumu da gerçekleşmektedir. Sistemde kullanılan kimyasal pıhtılaştırıcılar, alüminyum bileşikleri, demir bileşikleri, soda, kostik soda, karbon dioksit ve polimerlerdir.

Çökelek bünyesine alma işleminde alüminyum sülfat veya demir-3-klorür gibi metal tuzları, bazı metal oksitler veya hidroksitler koagülant olarak kullanılabilirler. Metal tuzlarının ortama ilavesi ile oluşan metal hidroksitleri kolloidleri bu çökelek içinde hapsederek çöktürmektedir (Ballice ve diğ., 1997) .

Boya endüstrisi atıksuları ağır metal içeriği bakımından önemli kirlilik yüküne sahiptirler. Ağır metal iyonları çevrede zehirlilik, birikerek konsantrasyonlarının artması gibi önemli zararlı etkileri olan parametrelerdir. Ağır metallerin arıtılmasında kimyasal çöktürme en yaygın kullanılan yöntemdir. Kimyasal çöktürme; ağır metallerin çözünmeyen formları olan metal tuzlarının oluşturulması esasına dayanmaktadır. Hemen hemen tüm ağır metallerin çözünürlüğü çok az olan ortak tuzları hidroksit (OH^-) ve sülfür (S^{2-})'dür. Bazı durumlarda CO_3^{2-} tuzları da oluşmaktadır. Bu nedenle bazı ağır metallerin özel durumlar da diğer zor çözünen tuzların oluşturulmasına dayanan yöntemler hariç, metallerin kimyasal çöktürme ile arıtılmasında hidroksit çöktürmesi ve sülfür çöktürmesi yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlardan hidroksit çöktürmesi; uygulama kolaylığı, ekonomik olması ve çamur uzaklaştırmasının kolaylığı bakımından daha yaygın bir uygulamaya sahiptir (Tünay, 1996).

Hidroksit çöktürmesi ağır metallerin hidroksitlerinin çözünürlüğünün çok düşük olması esasına dayanır. Metaller arasında hidroksit olarak çöktürülemeyen en önemli istisna 6 değerlikli kromdur. Hidroksit çöktürmesinin uygulanabilmesi için metallerin serbest halde veya zayıf komplekslerle bağlı olmaları gerekir. Kuvvetli komplekslerle bağlı olan metal iyonları diğer başka yöntemlerle arıtılabilirler. Bazı bakiye metal hidroksitlerin pH ile değişimleri Şekil 3.2’de ki grafikte verilmiştir. (www.cemyildiz.edu.tr/duyurular/duyuru_dosya_2008%5CKimyasal%20Çöktürme%202008).



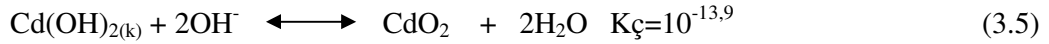
Şekil 3.2: Bazı Bakiye Metal Hidroksitlerin pH ile değişimleri (www.cemyildiz.edu.tr/Duyurular/duyuru_dosya_2008%5CKimyasal%20Çöktürme%202008)

Metal hidroksitleri su ile dengede iken, su ile veya sudaki diğer iyonlarla kompleks oluşturduklarında çözünürlükleri artar. Örneğin kadmiyum;



Çözünürlük dengesi yanında Cd, su ile aşağıdaki hidroksikadmiyum(II) komplekslerini verir.





Bu komplekslerin oluşumu pH'a bağlıdır. Örneğin pH 9'da yukarıda verilen hidrosikadmiyum çözünürlüğü, kadmiyum hidroksitin çözünürlüğünden hesaplanan değere göre yaklaşık olarak %14 fazla olmaktadır. Ortamda hidroksitin yanında klorür iyonlarının da bulunması halinde klorokadmiyum komplekslerinin oluşması ile çözünürlük daha da artmaktadır.

Ortamda kuvvetli kompleks yapıcıların bulunmadığı düşünülürse, bir metal iyonunun sudaki hidroksit, klorür gibi zayıf kompleks yapıcılarla verdiği kompleksler, metal iyonlarının sudaki konsantrasyonunun minimum olduğu noktayı belirten optimum pH'nın tayini açısından önem taşımaktadır. Hidroksi kompleksler ele alındığında kompleks oluşumu düşük pH'larda taşımaktadır. Ancak pH arttıkça konsantrasyonları artmaktadır. Diğer taraftan metal iyonunu konsantrasyonuna bağlı olarak suda metal hidroksitin çözünürlük çarpımının sağlanması için pH'nın yükseltilmesi gerekmektedir. Bu artış sırasında hidroksitin oluşumu ile metalin konsantrasyonu azalırken kompleks oluşumu ile artmaktadır. Bunun sonucu iki olayın etkisi ile metal iyonlarının çözüldükteki konsantrasyonları net olarak belirli bir pH'ya kadar azalır, bu noktadan sonra kompleks oluşumu ağır bastığı için artmaya başlamaktadır. Bu minimum çözünürlük pH'sı optimum pH olarak adlandırılmaktadır. Bazı metallerin çözünürlüğünün pH ile değişimi ve optimum pH değerleri farklı olabilmektedir. Ortamda birden fazla metal bulunduğunda her metalin optimum pH'sı farklı olduğundan çöktürme için uygulanacak pH büyük önem taşır. Örneğin; Şekil 3.2'de görüleceği gibi bakırın çözünürlüğü pH 8,8'de minimum, kadmiyumunki ise pH 11,1 civarında minimumdur. Bakır ile kadmiyumun birlikte bulunduğu atıksularda yapılacak hidroksit çöktürmesi için bakırın optimum pH'sı seçildiğinde kadmiyumun çözünürlüğü çok yüksek olacaktır. Kadmiyumun optimum pH'sında ise bakır konsantrasyonu 0,05 mg/L civarındadır. Bu durumda çöktürme pH'ı olarak uygulanan standartlar da dikkate alınarak, kadmiyumun optimum pH'ına yakın bir değer seçilebilir. Uygulamada, çöktürme pH'sı teorik değerlendirmeler yanında deneysel sonuçlara da bağlı olarak saptanmalıdır.

Metallerin çöktürme işlemleri, klasik hızlı karıştırma, yumaklaştırma, çökeltme düzenlerinde kesikli veya sürekli şekilde uygulanabilir. Hidroksit çökmesinde pH'yı yükseltmek üzere en yaygın olarak kullanılan madde kireçtir. Kirecin dışında sodyum hidroksit de kullanılabilir. Yüksek pH'da çöktürme içinde aynı maddeler kullanılmaktadır (Tünay, 1996).

Kimyasal arıtmada pıhtılaştırma (koagülasyon) ve yumaklaştırma (flokülasyon) ile su ve atıksu ortamında askıda katı maddeleri yumaklar haline getirmektir. Oluşan bu yumaklar daha sonra çökeltme ile uzaklaştırılmaktadır.

3.2.1. Koagülasyon, Flokülasyon

Koagülasyon ve flokülasyon normal çökme hızları çok yavaş olan sudaki süspansiyon partikülleri çöktürmekte kullanılmaktadır. Su berraklaştırma, kireçle yumuşatma çamur koyulaştırma ve susuzlaştırma proseslerinin başarıları koagülasyon ve flokülasyon teorilerinin iyi uygulamasına bağlı olmaktadır. Örneğin bulanık yüzey suları süspansiyonel maddeler içermektedirler. Bunlar kendi kendine çökelebilen iri parçacıklar ve kendi kendine çökmeyen disperse katı parçacıklardır. Çökemeyen bu katıların büyük kısmı ise koloidal parçacıklardır. Bu parçacıklar yüzeylerindeki negatif elektrik yükü nedeniyle adeta aynı yüklü mıknatıs kutupları gibi birbirlerini itmekteler. Bu durum çarpışmalarla daha büyük parçacıklar haline gelmelerini, dolayısıyla çökmelerini engellemektedirler. Koagülasyon kolloidleri ayrı tutan yüklerin nötralize edilerek bir araya gelmesi olayıdır. Bu amaçla alüminyum tuzları, demir tuzları ve polielektrolitler kullanılmaktadır. Bir araya gelen kolloidler bu durumda da yeteri kadar hızla çökecek iri tanecikler oluşturmayabilmektedir. Bu amaçla suya bu kolloid kümelerini bir araya getirerek büyük floklar oluşturan ve flokülant olarak ifade edilen kimyasallar ilave edilmektedir (Kızılkılıç, 2002).

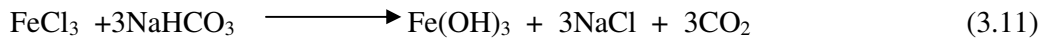
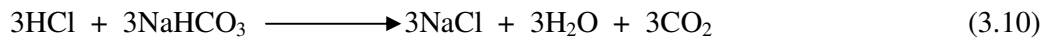
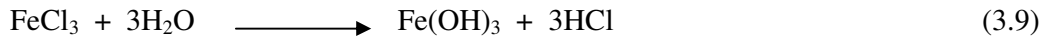
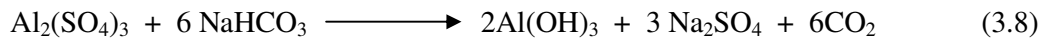
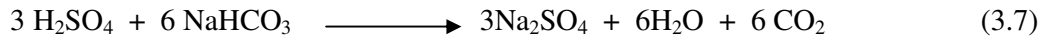
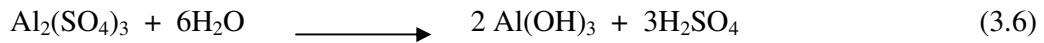
Alüm, demir tuzları ve polielektrolitler en çok kullanılan koagülantlardandır. Demir ve alüminyum tuzları hem demir ve alüminyum iyonlarının pozitif yükleriyle koagülant olarak etki etmektedirler, hem de suda hidroliz olmaları sonucu oluşan demir ve alüminyum hidroksit flokları flokülant olarak etki etmektedirler. Koagülant ve flokülant olarak etki eden polielektrolitler ise molekül ağırlıklarının farklı

olmasıyla birbirinden ayrılmaktadırlar. Çok kullanılan koagülantların özellikleri Tablo 3.1’de verilmektedir (Kızılkılıç, 2002).

Tablo 3.1: Çok kullanılan koagülantların özellikleri (Kızılkılıç, 2002)

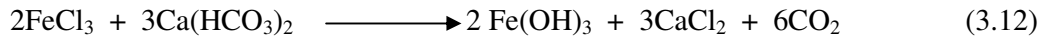
Adı	Formülü	Ekivalent Ağırlığı	% 1 Çözelti Ph’ı	Ticari Şekli
Alüm	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$	100	3,4	Katı-%17 Al_2O_3 Sıvı-%8,5 Al_2O_3
Kireç	$Ca(OH)_2$	40	12	Katı-CaO olarak Toz-%933-95 Sıvı-%15-20
Demir(III)klorür	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	91	3-4	Katı-%20 Fe Sıvı-%20 Fe
Demir(III)sülfat	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 3H_2O$	51,5	3-4	Granül-%18,5 Fe
Copperas	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	139	3-4	Granül-%20 Fe
Sodyum Alüminat	$Na_2Al_2O_4$	100	11-12	Yaprak-%46 Al_2O_3 Sıvı-%26 Al_2O_3

Metal koagülantlar pH’a hassastırlar. pH uygun aralıkta değilse çökeltme kötü olmakta ve demir ve alüminyum suya geçebilmekte ve de kullanıcıya sorunlar çıkarabilmektedir. Koagülant dozajı ne kadar düşük olursa pH’a bağlı hassasiyet artmaktadır. Metal koagülantlar suda başlangıçta süspanse katı olmasa da floklar oluştururlar, bu floklar yardımıyla stabilize edilen kolloidler çökeltilirler. Ancak metal kolloidler kullanıldığında oluşan büyük hacimli floklar atık sorunlarına neden olmaktadır. Susuzlaştırılmaları zordur ve bu nedenle filtrasyon ve susuzlaştırma tesislerinde metal koagülantlar pek kullanılmamaktadır. Alüminyum sülfat’ın ve demir(III) klorür’ün hidrolizi ve suyun alkalinitesini azaltıcı etkisi aşağıdaki reaksiyonlarda izlenebilmektedir (Kızılkılıç, 2002).

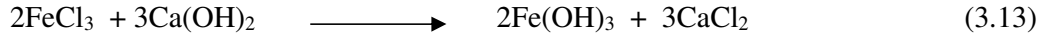


Suya ilave edilen Al_2O_3 cinsinden her 1 ppm alüminyum sülfat suyun $CaCO_3$ cinsinden alkalinitesini 3 ppm azaltmaktadır. Aynı şekilde suya ilave edilen Fe cinsinden her 1 ppm demir(III) klorür suyun $CaCO_3$ cinsinden alkalinitesini 3 ppm azaltmaktadır.

Demir (III) klorürün demir hidroksit oluşturmak üzere doğal bikarbonat alkalinitesiyle girdiği basitleştirilmiş reaksiyonu aşağıda görülmektedir (Reynolds, 1982).



Eğer doğal alkalinite reaksiyon için yetersizse, sönmüş kireç demir hidroksit oluşturmak üzere eklenebilmektedir. Bu durumda aşağıdaki reaksiyon gerçekleşecektir (Reynolds, 1982).

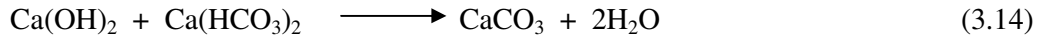


$FeCl_3$ için optimum pH aralığı 4-12'dir. $FeCl_3$ kuru ve sıvı fazda bulunmaktadır. Kuru kimyasal toz veya toprak formdadır. Toprak olan formu daha fazla kullanılmaktadır.

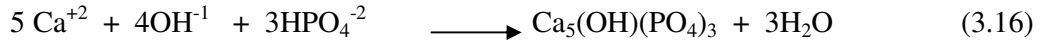
Demir(III) klorürün verimsiz kullanılması nedeniyle oluşan atık tehlikeli olarak sınıflandırılmaktadır. Ekonomik getirisinin az olmasına rağmen, atığın oluşması çevre açısından çok önemlidir. Boya endüstrisinde üretilen atıksu her grup üretimde değişen katı madde içeriğinden dolayı, koagülantın sürekli dozajı boya endüstrisi atıksularının arıtımında kullanılamamaktadır. Jwell ve diğ.'nin yapmış oldukları çalışmada farklı atıksu örneklerinde, katı madde analizi koagülasyon ve flokülasyondan önce yapılmıştır. Atıksu arıtımında koagülant dozajı, aşırı dozlama yapmamak için atıksudaki katının miktarına dayanır. Flokülantların yüksek dozajdaki atıksu flokülasyonu yüksek oranda hidroksit çöküntüsü nedeniyle koagülantın verimsiz bir şekilde kullanılmasına yol açmaktadır. Düşük konsantrasyonlu demir klorür çözeltisi kullanmanın bazı dezavantajları bulunmaktadır. Büyük miktarda atıksu üretilir ve demir klorür çözeltisinin sulandırılması için ek besleme suyu

gerekmektedir. Gereken ek su ile kullanılan demir klorürdeki düşüş arasında bir denge vardır (Jwell ve diğ, 2004).

Kireç koagülantı, atıksuların arıtımında yaygın olarak kullanılmaktadır. Atıksuya; kolloidal ve askıda katıların arıtımı için ilave edildiğinde fosfat gideriminde iyi sonuç alınmaktadır. Kireçle çökeltme reaksiyonu aşağıda görülen yumuşatma reaksiyonuyla aynıdır.



Kalsiyum karbonatın çökmesi için pH 9,5 ve yukarısı, magnezyum hidroksitinin çökmesi için ise pH'nın 10,8'in üzerinde olması gerekmektedir. Yüksek pH yararlıdır, çünkü pH arttıkça ayrılan pH iyonları da artar. Kireçle fosforun basitleştirilmiş çökeltme reaksiyonu aşağıda görülmektedir.



Her endüstride temel amaçlardan birisi maliyeti azaltmaktır. Polimerler kullanılarak hem su muamele masrafları düşürmekte, hem de çıkan su tekrar kullanılabilir. Suyu arıtmak için gerekli ekipmanın ile atıkların bertaraf edilmesinin maliyet de polimer kullanımı ile azaltılmaktadır.

Polielektrolit yüklü veya nötral ancak polarize fonksiyonel gruplar ihtiva eden, dolayısıyla suyla hidrojen bağı yapabilen bu sayede suda çözünebilir organik polimerlerdir. Bir polielektrolitin işlevi iskeleti üzerindeki fonksiyonel gruplar tarafından belirlenmektedir. Fonksiyonel gruplar; polielektrolitin suda ki çözünürlüğünü, yükünü ve polimerin etkinliğini belirleyen ana unsur olduğundan su arıtımında çok önemli olmaktadır.

Fonksiyonel gruplar polielektrolite elektriksel yük sağlamaktadırlar ve dolayısıyla polimer iyonik bir madde gibi hareket etmektedir. Polimerin negatif yükle yüklenmesini sağlayan karboksil ve sülfonat gibi gruplar anyonik, bunları

bünyelerinde polimerler anyonik polimerler olarak adlandırılmaktadırlar. Amid grupları yüksüzdür. Dolayısıyla bu grupları taşıyan polimerler aslında iyonlaşmadıklarından polielektrolit olarak nitelendirilemezler. Ancak amid grupları amid grubu polar olduğundan bu nitelikleriyle partiküllere bağlanmaktadır.

Süspanse partiküller ve hidrokarbon emisyonları negatif yük taşıdıklarından bunların çöktürmelerinde daima katyonik polielektrolitler ve eğer süspanse partikül aşırı bir negatif veya pozitif yük taşıyorsa non-iyonik polimerler kullanılmaktadırlar. Çok değişik yapıda olan kolloidlerin optimum çöktürülebilmesi için çok değişik yapıda ve kuvvette polielektrolitler üretilmişlerdir. Polielektrolit ne kadar kuvvetliyse karşı yüklü partiküllerle o kadar kuvvetle reaksiyona girmektedir. Polielektrolitlerin molekül ağırlığı da önemli bir faktördür. Yüksek molekül ağırlığı su arıtmada önemliyken çamur susuzlaştırmada o kadar önemli değildir. Koagülasyonda küçük moleküller, flokülasyonda ise büyük moleküller kullanılmaktadır (Kızılkılıç, 2002).

3.2.2. Kimyasal çöktürmeye etki eden faktörler

3.2.2.1. Karıştırma

Karıştırma koagülasyon ve flokülasyonda önemlidir. Karıştırma ile parçacıkların birbiriyle çarpışması sağlanmaktadır. Atıksuya ilave edilen kimyasalların homojen dağılması için karıştırma önemlidir. Karıştırmanın iyi yapılması pH'ın homojen olarak dağılmasını sağlayarak metal tuzlarının hidrolizini kolaylaştırmaktadır. Koagülasyon için hızlı karıştırma, flokülasyon için yavaş karıştırma uygulanmaktadır. Hızlı karıştırma birimlerinde bekletme süresi 30-60 sn'dir. Koagülasyon çok hızlı gerçekleşmektedir. Karıştırma hızı $300-1000 \text{ sn}^{-1}$ flokülasyonda yavaş karıştırma hızı $30-100 \text{ sn}^{-1}$ 'dir. Oluşan yumaklar parçalanmayacak şekilde hız seçilmelidir. Yavaş karıştırmada bekletme süresi 15-45 saniyedir (Arslan, 2004).

3.2.2.2. pH

Metal tuzlarının yumaklaştırıcı olarak kullanılması halinde pH metal tuzlarının hidrolizinde önemli rol oynamaktadır. Metallerin hidrolizi için uygun pH jar testi ile belirlenir. Atık suyun karakteristiğine göre optimum pH belirlenir. Atıksuyun pH 'ı kimyasal arıtmada yapılacak işlem önceliğini belirler. Aynı zamanda koagülantı da belirleyecektir.

3.2.2.3. Kimyasal dozlama

Koagülasyon ve flokülasyonda kimyasal dozlama yapılmaktadır. Kimyasal dozlamamanın fazla yapılması durumunda ince ve iyi çökelemeyen yumaklar oluşurken eksik dozlama yapıldığında yeterli yük nötralizasyonu sağlanamamaktadır. Verimsiz kimyasal dozlaması çamur oluşumunu arttırmaktadır.

3.2.2.4. Atıksu karakteristiği

Atıksu karakteristiği kimyasal arıtmada önemlidir. Ham suyun bulanıklığı, alkalitesi arıtmada kullanılan kimyasalı belirlemede önemlidir. Atıksu içinde bulunan kirleticiler kullanılacak olan kimyasalların dozajını belirleyecektir. Atıksuyun arıtılması için gereken kimyasal madde çeşidi ve dozajı, pH yapılacak olan jar testi ile belirlenir.

Çökeltme havuzunun hidrolik özellikleri, atıksuyun AKM oranı çökeltme verimini etkilemektedir. Atıksuyun sıcaklığında önemlidir. Viskozite sıcaklıkla değişir. Arıtılacak suyun sıcaklığı düşerse çökeltme hızı dolayısıyla yüzey yükü azalmaktadır. Tanecik yoğunluğu ve özgül ağırlığın artmasıyla çökeltme hızı artmaktadır.

3.3. Biyolojik arıtma

Atıksuların özellikleri kaynaklarına bağlı olarak önemli farklılıklar göstermekte ve bu farklılıklara göre arıtma yöntemleri de değişmektedir. Atıksuların genellikle %99'undan daha yüksek bir kısmı su ve yalnız geri kalan kısmı kirletici maddelerden

oluşmaktadır. Kirleticiler suyun içinde çözülmüş halde bulunabilecekleri gibi, katı madde olarak askıda da bulunabilmektedir. Bu maddelerin özelliklerine göre uzaklaştırılmaları için kullanılacak arıtma yöntemi de değişmektedir. Örnek olarak organik kirleticilerin uzaklaştırılması için en etkin yöntemin “biyolojik arıtma” olduğu söylenebilmektedir. Biyolojik arıtma atıksuyun içinde bulunan askıda veya çözülmüş organik maddelerin bakterilerce parçalanması ve çökebilen biyolojik floklarla sıvının içinde kalan veya gaz olarak atmosfere kaçan sabit inorganik bileşiklere dönüşmesidir. Biyolojik arıtmanın esası organik kirleticilerin doğada yok edilmeleri için yer alan biyoflokülasyon ve mineralizasyon proseslerinin kontrolü ile çevrede ve optimum şartlarda tekrarlanmasıdır. Böylece doğadaki reaksiyonların hızlandırılarak daha kısa bir sürede, emniyetli ortamda gerçekleştirilmeleri sağlanmaktadır.

Biyolojik arıtmanın amacı, atıksuda ki, çökelmeyen kolloidal katıları pıhtılaştırarak gidermek ve organik maddeleri kararlı duruma getirmektir. Endüstriyel atıksular için, organik ve inorganik bileşiklerin arıtımı önemlidir. Bu bileşiklerden çoğu mikroorganizmalar üzerinde toksik etki yaptıkları için genellikle özel ön arıtma gerekebilmektedir.

Biyolojik arıtma sistemleri değişik şekillerde sınıflandırılabilirler. Ortamda oksijen varlığına göre havalı (aerobik) ve havasız (anaerobik) olarak sınıflandırılan bu sistemler kullanılan mikroorganizmaların sistemdeki durumuna göre askıda ve sabit film (biyofilm) prosesleri olarak da sınıflandırılabilirler.

Birçok durumda ikinci kademe prosesler olarak tanımlanan biyolojik prosesler, fiziksel ve kimyasal proseslerle birlikte çalıştırılır. Birinci kademe arıtma (ön çöktürme), çökebilen katıları ayırmada etkin olmasına karşılık, biyolojik prosesler kolloidal veya çözülmüş haldeki organik bileşikleri gidermede etkindirler. Çok sık kullanılan biyolojik prosesler; aktif çamur prosesleri, havalandırılmalı lagünler, damlatmalı filtreler, döner biyodiskler ve stabilizasyon havuzlarıdır. Aktif çamur prosesleri veya onun modifikasyonları daha çok büyük tesislerde kullanılmaktadır (Öztürk ve diğ., 2005).

3.3.1. Aktif çamur sistemi

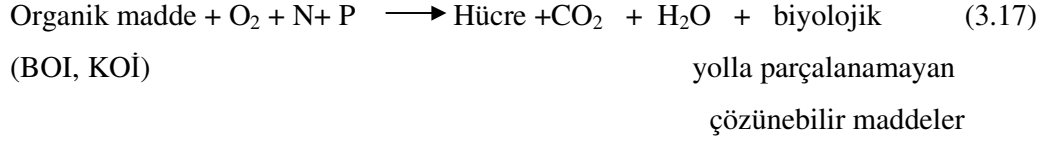
Aktif çamur süreci, atıksuyun bünyesindeki çözülmüş, partiküler ve kolloidal yapıdaki organik maddelerin arıtılmasında en yaygın kullanılan yöntem olma özelliğine sahiptir. Sürecin temel tasarım parametreleri oldukça iyi bilinmektedir, fakat uygun olmayan işletme koşulları süreç verimini etkilemektedir.

Aktif çamur, organik ve inorganik maddeler içeren atıksu ile hem canlı hem de ölü mikroorganizmaların karışımıdır. Aktif çamur süreci, mikroorganizmaların organik maddeyi oksijen kullanarak ayrıştırılmaları esnasından yararlanılarak geliştirilen bir aerobik biyolojik arıtma sistemidir. Bu süreç bir ikincil arıtım sürecidir ve kendinden sonra son çökeltme havuzu tarafından izlenir. Klasik uygulamalarında ön çökeltme havuzu da kullanılmaktadır.

Süreçte, atıksu mikroorganizmaların yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu havalandırma havuzuna verilir. Organik madde, mikrobiyal büyüme için hem karbon hem de enerji kaynağı olarak görev alır ve yeni hücrelerin sentezinde kullanılır. Ayrışma ürünleri olarak karbon dioksit ve su oluşur. Reaktörün içeriği “karışık sıvı askıda katı madde” (mixed liquor suspended solids, MLSS) veya “karışık sıvı askıda uçucu katı madde” (mixed liquor volatile suspended solids, MLVSS) olarak tanımlanır ve büyük oranda mikroorganizmalardan, inert ve biyolojik olarak ayrışamayan maddelerden ibarettir. Mikroorganizmalar, genellikle, % 70-90 oranında organik, % 10-30 oranında ise inorganik maddelerden meydana gelmişlerdir. Mikroorganizmaların özellikleri atıksuyun kimyasal bileşimine ve organik maddeyi stabilize ettikleri ortamın çevresel özelliklerine bağlıdır (Toprak, 1999).

Aktif çamur tankında organik bileşikler, çok sayıda değişik türden organizmalarla oksitlenerek CO_2 ve H_2O 'ya; NH_4^+ 'te NO_3^- e oksitlenmektedir. Oluşan biyomas (organizma) konsantrasyonu, giderilen $KOİ$ ya da $BOİ_5$ miktarı ile orantılıdır (Kargı, 2006).

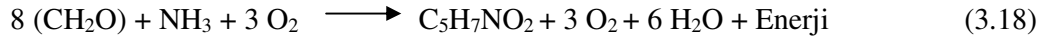
Havalı biyolojik oksidasyon reaksiyonları genel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilebilmektedir (Öztürk ve diğ., 2005).



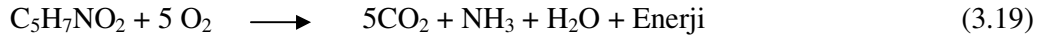
Bu biyolojik parçalanma olayı tüm havalı biyolojik arıtma sistemlerinde yer almaktadır.

Aşağıda biyolojik reaksiyon 3 adımda gösterilmektedir (Öztürk ve diğ., 2005).

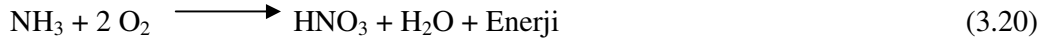
1. Adım: Biyokütlenin üretimi ve organik maddenin oksidasyonu



2. Adım: Biyokütlenin solunumu

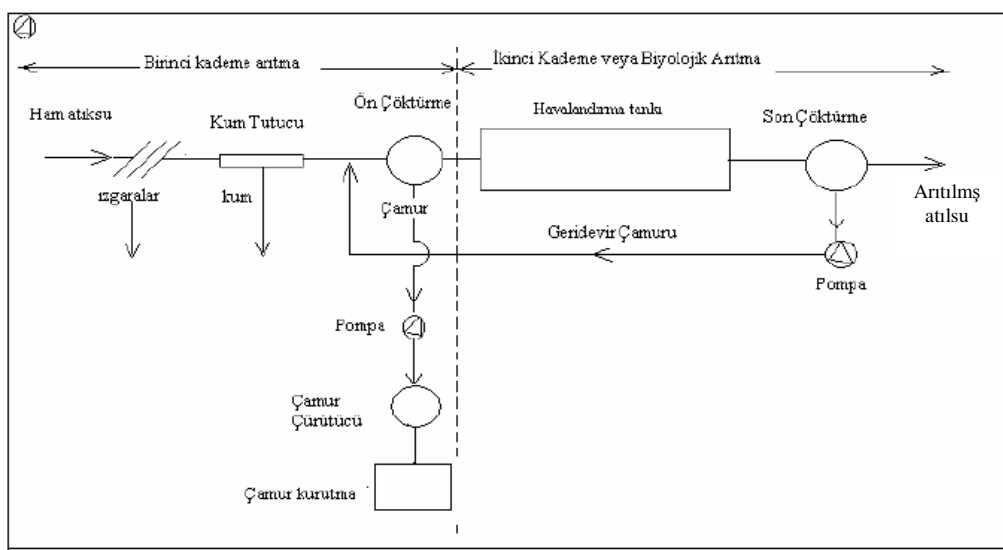


3. Adım: Nitrifikasyon



Aktif çamur atıksuya ilave edildiğinde mikroorganizmalar atıksudaki atık partiküllerini bünyelerine alarak çoğalmaktadırlar. Mikroorganizmalar çoğaldıkça atıksudaki organik madde miktarı azalmaktadır. Verimli olarak bu sistemin çalıştırılabilmesi için mikroorganizmalar belirli oranda besi maddesine ve oksijene ihtiyaç duymaktadırlar (Çınar, 2008).

Aktif çamur prosesi, havalı biyolojik arıtma yöntemleri arasında geniş uygulama alanı bulmaktadır. Klasik aktif çamur sistemi Şekil 3.2’de gösterilmektedir.



Şekil 3.3: Klasik aktif çamur sistemi akım şeması (Öztürk ve diğ.,2005).

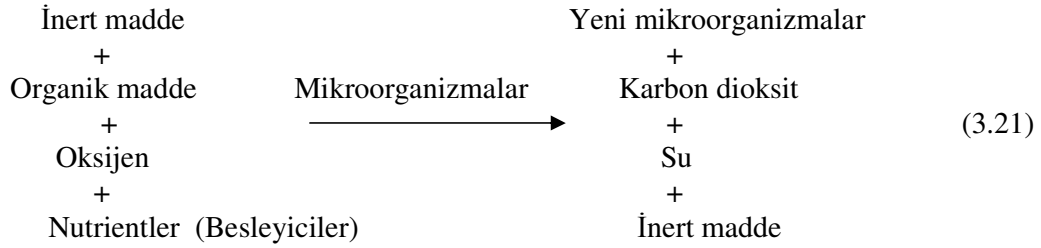
Sistem birinci kademe arıtma, ızgara, kum tutma ve çöktürme işlemlerinden oluşmaktadır. Evsel atıksularda birinci kademe arıtma ile atıksudaki BOI_5 'nin %30-35'i giderilmektedir. Ön çöktürmeden sonraki arıtmaya ikinci kademe arıtma denir. İkinci kademe arıtma, biyolojik havalandırma işleminin safhasıdır. Aktif çamur prosesinde mikroorganizmaların besinleri parçalayabilmek için belli bir süreye ihtiyaç duymaktadırlar. Bu nedenle atıksu belirli bir süre havalandırma tankında belirli bir süre kalmaktadırlar. Bu işlem sırasında çözülmüş organik madde, çökelebilen biokütle haline dönüştürülürler. Ve son çöktürme tankında çamur olarak tutulur. Daha önceden havalandırılmış olan bu çamura "aktif çamur" denmektedir. Aktif çamurun bir bölümü havalandırma tankına geri döndürülür. Geride kalan kısım ise çoğalan çamura karşı gelen çamur olup sistemden dışarı alınarak birinci kademe arıtma sırasında çıkan çamurla karıştırılarak bertaraf işlemleri uygulanmaktadır. Aktif çamur prosesi ile %90'ın üzerinde BOI_5 giderimi sağlanmaktadır (Öztürk ve diğ., 2005).

3.3.1.1. Aktif çamur biyolojisi

Atıksudaki BOI_5 'nin giderimi, çökmeyen kolloidal katıların pıhtılaştırılması ve organik maddelerin kararlı hale gelmesi, başta bakteriler olmak üzere çeşitli mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilmektedirler. Mikroorganizmalar; kolloidal ve çözülmüş karbonlu organik maddeleri çeşitli gazlara ve yeni hücrelere

dönüştürerek kullanmaktadırlar. Hücre dokusunun özgül ağırlığı sudan daha fazla olduğundan arıtılmış sudan çökerek ayrılmaktadır. Bu mikroorganizmaların ortamdan ayırmadıkça arıtım tamamlanmış olmaz. Mikroorganizmalar organik yapıda olduklarından atıksuda BOİ₅ veya KOİ cinsinden ölçülürler ve suya bir miktar kirlilik verirler (Öztürk ve diğ., 2005).

Aktif çamur sürecinde oluşan net reaksiyon, süreçte yer alan değişik mikroorganizmaların özgün reaksiyonlarının bir bileşenidir. Organik maddenin stabilizasyonu için biyokimyasal reaksiyon,



şeklinde. Metabolik süreç, sürekli olarak cereyan eden sentez ve solunum reaksiyonlarından oluşmaktadır. Sentez, yeni hücrelerin (protoplasma) üretimi için organik maddenin (besin) kullanımınıdır. Solunum ise, besin maddesinin daha düşük enerji içeren son ürünlere (karbondioksit, su ve bazı oksitlenmiş azot bileşikleri) dönüşümü sonucu enerji açığa çıkmasıdır. Oluşan son ürünlerin özellikleri, reaksiyon süresini, sıcaklığı ve organik yükleme hızını içeren süreç tasarım parametrelerine bağlıdır (Toprak, 1999).

Atıksudan uzaklaştırılan organik maddeler mikroorganizmalar tarafından iki amaç için kullanılmaktadırlar: yeni hücreler meydana getirmek ve aktiviteleri için gerekli enerjiyi sağlamak. Aktif çamurda bakteriler, protozoalar, mantarlar, rotiferler bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar aktif çamurda bakterilerin hakim olan mikroorganizma türü olduğunu göstermiştir (Kırlı, 2003).

3.3.1.2. Aktif çamur prosesine etki eden faktörler

3.3.1.2.1. Toksik ve inhibe edici atıklar

Organizmalar fiziksel ve kimyasal engellemelere olduğu kadar biyolojik etkilere de oldukça duyarlıdırlar. Evsel atıksulara karışan endüstriyel atıksuların içerisindeki bazı toksik ve inhibitör kimyasal maddeler tasarımda dikkate alınmalıdır. Toksik maddelerin varlığı istenen çıkış suyu kalitesinin eldesini olanaksız kılabilir.

Bakır, çinko, nikel, kadmiyum ve krom gibi ağır metaller mikrobiyal enzimler ile reaksiyona girer ve metabolizmayı olumsuz yönde etkilemektedir. Bu ağır metallerin inhibe edici etkisi, onların çözünmüş iyonik yapıda olmaları ile artmaktadır. Ayrıca, ağır metallerin toksisitesi bazı çevresel özelliklerin, örneğin pH'ın değişimi ile de artabilir. Siyanür, humik asit gibi organik ligandların biyolojik olarak ayrışımı, çözülmüş komplekslerden toksik metallerin serbest kalmasına neden olabilir.

Organik bileşikleri içeren metalik olmayan atıklar da toksik olabilir. Bu maddeler, eğer yeterli adaptasyon süresi sağlanmışsa, bakteriler tarafından ayrıştırılabilirler. Bu işlem yapılmamışsa, geçici verim azalmaları oluşabilir. Genelde, giriş atıksuyunda toksik madde varlığı, onun çıkışta ve arıtma çamurunda da varlığı demektir.

3.3.1.2.2. Nutrientlerin eksikliği

Evsel atıksu, biyolojik arıtıma olumsuz etki yapan nutrient eksikliğini genelde sergilememektedir. İnorganik nutrientler ve iz elementler, yeterli oksijen sağlanmışsa maksimum büyümeyi sağlayacak seviyededir. Evsel atıksuya önemli miktarlarda endüstriyel atıksu karışıyorsa, nutrient gereksinimleri kontrol edilmelidir. Bazı atıksu çeşitlerinde ise, mevcut gibi gözükken nutrientler kimyasal olarak bağlıdır ve mikroorganizmaların kullanımlarına hazır değildirler. Belirli oranda endüstriyel atıksu ile karışmış evsel atıksuyun biyolojik arıtımı için gerekli BO₅:N:P oranı 100:5:1 olarak verilmektedir. Yüksek katı alıkonma süresi değerine sahip süreçler daha düşük miktarda nutrient gerektirmektedirler. Çünkü iç solunum ile ayrılan bakteriler suya azot ve fosfor bırakmaktadırlar.

3.3.1.2.3. Organik yük ve debi salınımları

Meydana gelen aşırı yağışlar procesten gelen ani debiler ile atıksu debisinde salınımlar meydana gelmektedir. İyi tasarımlanmış bir aktif çamur süreci, belirli bir değere kadar, organik yükte oluşabilecek salınımları engelleyebilir. Aktif çamur mikrobiyal topluluğu hidrolik yüklerden ziyade organik yüklere daha hassastır. Bununla birlikte, aşırı hidrolik yüklerin olumsuz etkisi, iyi bir çökeltme ve yüksek geri çevrim oranı ile savuşturulabilmektedir.

Hidrolik yükteki artış sistemden mikroorganizmaların yıkanmasına neden olmaktadır. F:M oranı artar ve çıkış suyu kalitesi bozulur. Hidrolik aşırı yük aşağıdakilere neden olur:

- Artan hidrolik yükleme ile havalandırma havuzundan daha fazla katı madde çökeltme havuzuna transfer edilir.
- Çamur geri çevrimi uygulanmıyorsa, havalandırma havuzundaki katı madde konsantrasyonu azalır. Son çökeltme havuzundan çamur çekimi yapılmazsa birikim meydana gelecektir.
- F:M değeri artar ve katı alıkonma süresi (KAS) azalır. Sonuçta çıkış suyu kalitesi bozulur.
- KAS'nin azalması sonucunda şişkin çamura neden olan mikroorganizmaların üremeleri teşvik edilir.
- Şişkin çamur son çökeltme havuzunda çamurun çökmemesine neden olur ve çıkış suyu kalitesi daha da azalır.

3.3.2.4. Çamur hacim indeksi (ÇHİ)

Çamur geri çevrimin amacı, aktif çamur havalandırma havuzundaki mikroorganizma konsantrasyonunu belirli bir değerde tutmaktır. Geri çevrim oranını kontrol etmek için kullanılan yöntemlerden birisi amprik ölçüm yöntemi olan çamur hacim indeksidir.

ÇHI, çamurun çökeltme özelliklerinin bir ölçüsüdür ve bu nedenle geri çevrim oranını ve MLSS konsantrasyonunu etkilemektedir. 2,000 ila 3,000 mg/L'lik MLSS konsantrasyonlarına sahip aktif çamur süreçlerinde sık rastlanan ÇHI değerleri 80 ila 150 mL/g arasındadır. MLSS konsantrasyonu 3,000 ila 5,000 mg/L arasında ise çökeltme havuzuna daha fazla katı yüklemesi uygulanıyor demektir ve sonuçta mikroorganizmaların sistemden yıkanarak kaçmasını engellemek için daha düşük ÇHI veya daha büyük çökeltme havuzu hacmi uygulanmalıdır.

3.3.1.2.5. Fazla çamur miktarı

Sistemdeki çamurun zaman zaman uzaklaştırılması ve bu şekilde çamur birikiminin önlenmesi gerekmektedir. Gerekli katı madde uzaklaştırımı yapılmıyorsa, katılar son çökeltme havuzunda birikecekler ve belirli bir miktardan sonra çıkış suyu ile kaçacaklardır. Çamur uzaklaştırımı, son çökeltme havuzunda biriken çamurun belirli bir miktarının atılması ile yapılır. Atılacak çamur miktarı aktif çamur süreç ekonomisini belirleyen en önemli değişkendir (Toprak, 1999).

3.3.3. Aktif çamur işleminde çevre şartlarının etkisi

3.3.3.1. Sıcaklık

Mikroorganizmaların metabolizma ile ilgili faaliyetlerinin tamamı kimyasal reaksiyonlara dayanmaktadır. Kimyasal tepkimeler gibi, mikroorganizmaların meydana getirdiği tepkimeler de sıcaklığa bağlıdır. Sıcaklık yalnız metabolik aktiviteleri etkilemekle kalmaz, biyolojik çamurun çökme özelliği, gaz transfer hızı gibi faktörleri de etkiler. Biyolojik proseslerin reaksiyon hızı üzerindeki sıcaklık etkisi aşağıdaki eşitlikle ifade edilebilir (Öztürk ve diğ., 2005).

Havalandırma tankında sıcaklık 20 °C' den az ise bütün reaksiyon yavaşlayacaktır. Diyagramdaki bütün eğriler açılacak ve eğrilerin üst noktaları daha uzun bir sürede meydana gelecektir. Aynı BOİ₅ uzaklaştırma verimini elde etmek için, çamur yaşı arttırılmalı veya besin/mikroorganizma oranı düşürülmelidir.

Mikroorganizmaların reaksiyon hızlarının azalması oksijen alma hızını da azaltacaktır. Çökeltme tankındaki su daha soğuk olduğundan, daha yoğundur ve bu durum çamurun daha zor çökmesine neden olmaktadır. Daha iyi bir çökelen çamur elde etmek için çamur yaşının arttırılması çökeltme hızındaki azalmayı önleyebilir.

Diğer taraftan normal sıcaklıktan daha yüksek sıcaklıkta, mikroorganizmaların reaksiyon hızı, dolayısıyla oksijen alma hızı artmaktadır. Bu artış havalandırma tankındaki çözünmüş oksijen konsantrasyonunun azalmasına sebep olmaktadır. Yüksek sıcaklıkta diyagramdaki eğriler daralacak ve üst noktalar daha genç çamur yaşında meydana gelecektir (Kırlı, 2003).

3.3.3.2. pH

Hidrojen iyonu konsantrasyonu (pH), organizmaların aktivitelerini ve büyümelerini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu özellik hidrojen iyonunun enzim faaliyetine etkisi ile açıklanabilmektedir. Her organizmanın maksimum aktivite gösterdiği bir optimum pH aralığı vardır. Genellikle bakteriler pH = 3-8, mantarlar pH=3-6, küfler pH= 3-7, bitki hücreleri pH=6,5-7,5, arasında optimum aktivite gösterirler. Organizmaların aktivitelerini maksimize edebilmek için ortamın pH'ı asit/baz ilavesi ile kontrol edilebilir.

Ortamın pH'sı aynı zamanda organizmaların aktiviteleri ile de değişmektedir. Örneğin amonyum (NH_4^+) azot kaynağı olarak kullanıldığında ortama H^+ verildiğinden pH düşer. Çünkü nitrifikasyon sırasında NH_4^+ iyonları NO_3^- 'e dönüşerek ortama H^+ iyonları vermektedir. Nitrat iyonları (NO_3^-) azot kaynağı olarak kullanıldığında ise denitrifikasyon oluşur. Burada NO_3^- , N_2 gazına dönüştüğü için ortamdan H^+ uzaklaşır ve pH yükselir (Öztürk ve diğ., 2005).

Eğer pH 6,5-8,5 dan az olursa, filamentli bakteriler çoğalır ve diğer bakterileri azaltır. Bunların sayıca çoğalması çamurun yüzmesine neden olmaktadır. pH 4-5 arasında ise mantarlar, bakterilere sayıca üstünlük sağlarlar ve kalan bakterilerde filamentli tip bakteriler olduğu için oluşan çamur yüzer ve birçok sorunlar yaratır. pH 8,5 un üzerinde olması, işlemin sıcaklığın azalmasında anlatılan yönde etkilemektedir.

3.3.3.3. Çözünmüş oksijen

Oksijen, hücre sentezi ve solunum için gerekli yüksek enerjili bileşiklerin üretilmesi amacı ile substratın ayrıştırılmasında kullanılırlar (Toprak, 1999).

Aktif çamur sistemlerinde arıtma olaylarının temel unsurlarından biri havalandırmadır. Havalandırma yoluyla reaksiyon ortamına sürekli çözünmüş oksijen sağlanır. Yetersiz havalandırma yapıldığında çözünmüş oksijen konsantrasyonunun azalması hatta hiç kalmaması söz konusudur. Bu durumda biyolojik arıtma birimlerinde olumsuzluklar baş göstermektedirler. Dolayısıyla, aktif çamurdaki çoğalma ortamının gerek duyduğu oksijen miktarının doğru hesaplanması büyük önem taşımaktadır.

Oksijen aerobik koşullarda çalıştırılan aktif çamur ortamında çoğalan biyokütlenin metabolik fonksiyonları bünyesinde, enerji sağlayan reaksiyonların temel unsurlarından biridir ve bu reaksiyonlarda son elektron alıcısı olarak kullanılmaktadır. Bu çerçevede, metabolik fonksiyonlar için gerekli oksijen miktarının doğru hesaplanabilmesi, öncelikle bu fonksiyonları mekanizma olarak tanımlayan fiziksel modellerin mümkün olduğunca gerçekçi bir temelde belirlenmesine bağlıdır (Çınar, 2008).

Çözünmüş oksijen (ÇO), havalı arıtma sistemlerinde önemli bir parametredir. Suda çözünürlüğü az olan (ÇO =7-8 mg/L, 25 °C, 1 atm.) oksijenin sürekli sağlanması ve oksijen sınırlamasının önüne geçilebilmesi için oksijen transfer hızının oksijen kullanma hızından daha büyük olması gerekir. Kritik oksijen konsantrasyonu, bakteri ve mantarlar için doygunluk konsantrasyonunun %5-10'u arasındadır (1-2 mg/L), küfler için ise doygunluk konsantrasyonunun %10-50'si arasındadır (1-5 mg/L). Ortamda oksijen sınırlamasını gidermek için saf oksijen kullanılabileceği gibi, sistem yüksek basınç altında (2-3 atm) da çalıştırılabilir (Öztürk ve diğ., 2005).

Havalandırma tankında ki, atıksuda bulunması gereken çözünmüş oksijen miktarı 0,5-2 mg/L arasındadır. Çözünmüş oksijen miktarı 2 mg/L'nin üzerine çıkarsa floklar bozulabilmekte, ayrıca gereksiz enerji harcaması oluşabilmektedir. Eğer gerekli

besin maddeleri yoksa, mantarlar yine çoğalır. Atıksuda toksik maddeler varsa, ancak ağır siliatların ve rotiferlerin değişik tipleri yaşayabilmektedirler, fakat toksik madde miktarı fazlalaşırsa bütün mikroorganizmalar ölür (Kırlı, 2003).

BÖLÜM 4. ATIKSU ARITMA TESİSLERİNDE KARŞILAŞILAN İŞLETME SORUNLARI

4.1. Fiziksel Arıtmada Karşılaşılan İşletme Sorunları

Ham atıksuyun kirlilik unsurlarının fiziksel özelliklerine göre ayrıldığı fiziksel arıtma diğer arıtma kademelerinde iri maddelerden oluşabilecek sorunları azaltmaya yardımcı olmaktadır. İri maddelerin sistemden ayrılması arıtma tesislerinde verimi yükseltmektedir.

4.1.1. Aşırı yük kayıplarının oluşması

Ani yağışlar ve kanalların temizlenmesi sırasında aşırı miktarda süprüntü maddelerin sisteme gelmesi aşırı yük kaybına neden olmakta ve kontrol cihazları yetersiz kalabilmektedir. Bu durumda fiziksel arıtma biriminde bulunan aletlerin temizleme sıklığının arttırılabilir.

Yağmur suyu sızması sık karşılaşılan bir sorun ise ortaya hidrolik aşırı yük sorunu çıkmaktadır. Atıksu kanallarının sızdırmazlığı veya debi dengeleme hanelerinin kullanılması, çökeltme tankı çıkış kalitesini yükseltecek ve de bu sorunun önüne geçilecektir.

4.1.2. Fare ve sinekler

Fiziksel arıtmada toplanan atıklar; rahatsız edici ve zararlı maddelerdir. Izgara v.b. ekipmanların atıkları fare ve sineklerin hücum ettiği ortamı oluşturmaktadır. Özellikle bileşik sistem kanal şebekesi ucundaki arıtma tesislerinde sonbaharda yaprak dökümü sırasında aşırı sorunlara yol açmaktadır.

Fiziksel arıtmada oluşan atıkların ortamdaki kısa sürede uzaklaştırılması sorunun çözümü için önemlidir. Tesislerin bulunduğu bölgede ve civarında atıkların uzaklaştırmak için uygun yerler araştırılmalıdır. Bu yerlerin kapasiteleri belirlenmeli ve devreye alınma programları yapılmalıdır. Operatör bu atıkların miktarını günlük olarak ölçmeli ve kayıtlara geçirmelidir. Bu miktarlara bakılarak bir taraftan atıklar için depo yeri hazırlanırken diğer taraftan diğer taraftan kanallara beklenilmeyen atıkların verilip verilmediği kontrol edilmelidir.

Her tesis için bu atıkların miktarı aşağı yukarı sabittir. Atık miktarındaki artış beklenmedik bir durumun olduğunu göstermektedir.

4.1.3. Kanallarda kabarma veya yüzeysel sulara su taşması

Aşırı yağışlarda bileşik sistem kanal ağı ucundaki arıtma tesisi girişinde aşırı debi artımı veya katı madde (süprüntü) artımı görülür. Sistem iyi kontrol edilmezse yük kaybı artar. Dolayısıyla da kanallarda kabarma olur. Veya hatta dolu savak varsa yüzeysel sulara bir kısım su taşar.

Bu durumlar için tesis otomatik kontrol ekipmanları ile donatılmalıdır. Bazı tesisler, by-pass kanalı ile donatılmaktadır. Bu kanallarda tutulan süprüntü maddeler sistemden uzaklaştırılmaktadır.

4.1.4. Katı madde kaçması ve organik madde çökmesi

Kum ve yağ tutucularda bazı noktalar niteliğinde olup buralarda organik madde çökebilir. Organik maddeler kum ve yağ tutucuda birikmeye neden olduğu gibi diğer arıtma kademelerinde de sorunlara neden olmaktadır. Bu noktalar belirlenerek buralara konulan saptırıcılar ile ölü noktaların oluşması önenebilir.

Kum ve yağ tutucuda atıksuyun dönüş hızı büyük olursa, katı partiküller kaçabilir. Küçük olursa organik madde çökebilir. Bu nedenle havalandırma debisi uygun ayarlanmalıdır. Katı madde helisel hareket ile sistemin sonuna ulaşmadan önce,

maksimum debide 2-3 defa sistemin tabanından geçmelidir. Düşük debide olduğunda tabandan daha çok geçmelidir. Atıksular akış doğrultusunda sisteme verilmelidirler.

4.1.5. Anormal şartların oluşması

Şiddetli yağışlı havalarda ve endüstriden periyodik olarak aşırı madde verildiğinde sistemde anormal şartlar meydana gelir. Bu durumda işletme sorunları doğabilir. Bu anda su hızı 0,30 m/sn' de tutulduğu kadar tutulmalıdır ve sistem en üst sıklıkla çalıştırılmalıdır.

4.1.6. Su sıcaklığının azalması

Su 4 °C üstündeki sıcaklıklarda genişler, altında ise hacmi daralır. Genel durumda su sıcaklığı artınca, taneciklerin çökme hızları da artar. Su molekülleri sıcaklık değişmelerine göre reaksiyonu gösterir. Sıcaklık azaldığı zaman moleküller birbirine yaklaşır ve böylece suyun yoğunluğu artar. Bunun sonucu su ve katı tanecikler arasındaki yoğunluk farkı azalır dolayısıyla tanecik çökmesi yavaşlar. Katı taneciklerin çökmesindeki yavaşlamayı önlemek için sıcaklığın 4 °C üzerinde olarak ayarlanmalıdır.

4.1.7. Kısa devrelerin oluşması

Atıksu çökme ve dengeleme tankına girerken tankın dik kesiti boyunca düzgün bir şekilde yayılmalı ve çıkışa kadar bütün bölgelerde aynı hızda akmalıdır. Hız bazı bölgelerde diğerlerinden daha fazla ise ciddi kısa devreler oluşur. Yüksek hızlı bölgelerde bekleme süresi azalır ve tanecikler çökmeden tank dışına çıkabilir. Diğer taraftan hız çok düşükse, septik şartlar oluşabilir. Kısa devreler tank girişinde kolayca başlayabilir. Kısa devreler, sıcaklık ve tuzluluk nedeniyle, sıcaklık ve yoğunluk tabakalaşması sonucu da oluşabilir. Bunu önlemek için; savak levhaları, engelleyici levhalar, giriş delikler ve giriş kanallarına özel tasarımlar uygulanabilir.

4.1.8. İşletimsel sorunlar

Ham atıksuyun karakteri nedeniyle pompalarda tıkanma sorunu oluşabilmektedir. Bu durumda sisteme alınabilecek yedek pompaların bulundurulması sorunu girecektir.

Ham atıksu karakteri mekanik ekipmanlarda sıkışmalara neden olabilmektedirler. Sıkışmalar nedeniyle ekipmanlarda sıçrama ve titremelere neden olmaktadır. Mekanik ekipmanlarının temizleme sıklığının artırılması oluşabilecek sıkışmaların önüne geçilmesini sağlayacaktır.

Fiziksel arıtma sisteminin bir parçası olan çökeltme tanklarında, operatör hataları ve ekipman eksikliği nedeniyle uygun çıkış vermezler. Operatör; tank tabanında ki çökelmiş katı maddeleri septik şartlar ve gazinifikasyon meydana gelmeden uzaklaştırılmalıdır. Operatör hatalarının sebep olduğu ekipman ve proses kayıplarının sebepleri; çamur giderimi için yetersiz frekans, yetersiz ekipman ve yetersiz arıtma prosesi bilgisidir. Bu sorunun giderilmesi için;

- Çökelen katı maddeler hemen uzaklaştırılmalı,
- Yüzebilir maddeler devamlı sıyrılmalı ve uzaklaştırılmalı
- Ya da uzaktan kumandalı işletme şartlarına bağlantılı olarak iyi bir önleyici bakım programı geliştirilmelidir (Topacık, 2000).

4.2. Kimyasal Arıtmada Karşılaşılan İşletme Sorunları

4.2.1. Yumakların oluşmaması

Atıksuya eklenen kimyasal madde miktarları yeterli olmasına rağmen üniteye yumaklaşmama sorunu ile karşılaşılabılır. Bunun sorunun nedeni karıştırmanın yetersizliğidir. Bu da durumda olan atıksuların karıştırma hızı artırılarak sorun giderilebilir.

4.2.2. Koagülasyon-Flokülasyon işlemleri sonunda oluşan flokların küçük olması ve iyi çökelememesi

Bu sorunu birkaç neden oluşturabilmektedir. Koagülasyon için atıksuya ilave edilen koagülant miktarındaki yetersizlik neden olabilir. Bu durumda en iyi çözüm eksik olan koagülant miktarı ilave edilerek karıştırma ve çökeltme işlemlerinin tekrarlanması olacaktır.

Bir diğer neden ise, hızlı ve yavaş karıştırıcıların devirlerindeki hız ayarsızlığıdır. Bu durumda karıştırıcıların dönüş hızları kontrol edilmeli ve de hızlı karıştırmada devir 100 dev./dak., yavaş karıştırıcıda devir 25 dev./dak.'dan farklı ise tekrar ayarlanması gerekmektedir.

Hızlı karıştırma süresi gereğinden uzun olursa floklar parçalanacak ve bu sorun ortaya çıkacaktır. Bu durumda atıksu pH değerleri kontrol edilmelidir. Atıksuyun pH'ı istenen pH'a ayarlanıp koagülasyon işleminin tekrarlanması gerekmektedir.

Ham proses atıksu üzerindeki değişiklikler bu soruna neden oluşturabilir. Bu sorunun çözümü için gerekirse jar-test ile kimyasal arıtılabilirlik yapılarak optimum pH ve dozaj miktarlarının belirlenmesi işlemi yeni koagülantlarla tekrarlanmalıdır (Kavaklı ve Civan, 1997).

4.2.3. Çamur oluşumunda ki sorunlar

Arıtma sonrası oluşan fazla çamur; çamur yaşının yükselmesine çamur çökeltme özelliklerinin kötüleşmesine ve mikrobiyolojik kütle aktivitesindeki düzensizliklerine neden olabilmektedir.

Oluşması muhtemel çamur yapılacak olan jar testlerle kontrol altına alınabilir. Oluşan fazla çamurun düzenli ve sistemli olarak tesisten uzaklaştırılması tesis verimliliği açısından çok önemli ve gereklidir. Böylece tanklardan flock kaçmasını ve septik şartların oluşması önlenir. Oluşan arıtma çamuru çamur bertaraf tesislerinde nihai uzaklaştırması yapılır.

4.2.4. Çöktürme süresinin sonunda atıksu yüzeyinde çökelemeyen bir flok tabakasının oluşması

Kimyasal madde (koagülant) ilavesi ile hızlı ve yavaş karıştırma sonucu flok oluşturma esasına dayanan kimyasal çöktürmede çöktürme işlemi ile floklar sudan uzaklaştırılmaktadır. Çöktürme süresinin sonunda çökelemeyen flok tabakasının oluşmasının nedeni yüzeysel gerilim nedeniyle flok çökelmelerinin önlenmesidir. Bu sorunun çözümü için su yüzeyi hafifçe karıştırılmalı ve flokların çökmesi beklenmelidir.

4.3. Aktif Çamur Prosesinde Karşılaşılan İşletme Sorunları

Bir aktif çamur tesisinin verimli bir şekilde çalıştırılması yeterli besin maddesine, yeterli miktarda çözülmüş oksijen konsantrasyonuna, uygun atıksu sıcaklığına ve mikroorganizmalar için toksik atıkların elimine edilmesine bağlıdır.

Aktif çamur tesisinin işletilmesinde havalandırma tankında sabit bir askıda katı madde konsantrasyonu temin edilmelidir. Bu değer, boya sanayi aktif çamur tesisleri için 3500-4000 mg/L arasında olması gerektiği belirlenmiştir. Havalandırma tankında bir diğer kontrol parametresi olan çözülmüş oksijen konsantrasyonunun 2,0-3,5 mg/ L arasında olması gerekmektedir (Kavaklı ve Civan, 1997).

4.3.1. Çamur kabarması

Kabarma dikkat edilmesi gereken en önemli parametredir. Bu terim, çok düşük çökme hızını ve sınırlı bir derecede sıkışmayı göstermektedir (Topacık, 2000).

Çamur kabarması sorununda; homojen olarak yükselen ve çöktürme tankından savaklanan çamurlar, yavaş çöken fakat sıkışamayan çamur, çamur hacim indeksinin artması ve mikroskopik incelemede filamentli türler gözlenmektedir (Baklaya ve Kufacı, 2003).

Şişkin çamur, çökelme özellikleri kötü ve sıkışma yeteneği az olan çamur tipidir. Şişkin çamura neden olan iki etmen vardır; ipliksi bakterilerin gelişimi ve çamur yumakları içerisinde suyun hapis olması. İpliksi bakteriler nedeni ile oluşan şişkin çamura daha sık rastlanmaktadır. Bunlar organik maddeyi gidermekle beraber, çökelme özellikleri kötü olan yumak oluşumuna neden olmaktadır. Aktinomisetler ve bazı tip mantarlar da şişkin çamurun nedenlerindedir. Ham atıksuyun organik yükü fazla ise ve özellikle karbonhidratlar yüksek oranda ise, ipliksi bakteriler kısa sürede gelişir ve sonuçta şişkin çamur oluşur. Şişkin çamurun nedenleri arasında, yüksek organik yükleme hızında düşük amonyak konsantrasyonu, asitli ortamı seven mantarların üremesini hızlandıran düşük pH, ipliksi bakterilerin üremesini hızlandıran makro nutrientlerin eksikliği de sayılabilir. Azotun eksikliği, her ne kadar ipliksi olmasalar bile, yapışkan salgı üreten bakterilerin üremesini teşvik eder. Çok hücreli mantarlar, normal olarak, bakteriler ile rekabete giremezler. Bununla beraber, düşük pH, düşük azot, düşük oksijen ve yüksek karbonhidrat konsantrasyonları gibi bazı özel çevresel şartlar altında rekabete girebilirler. pH'ın 6,0'ın altına düşmesi, bakterileri mantarlara kıyasla daha fazla etkiler ve mantarlar baskın tür haline gelir. BO₅: N oranının 20:1'den daha düşük seviyelere düşmesi, bakteriler azot eksikliğine sahip protoplazma üretirken, bakterilere kıyasla daha az miktarda protein içeren mantarların normal seviyede protoplazma üretmelerine neden olur (Toprak, 2000).

Düşük çözülmüş oksijen içeriği şişkin çamurun diğer bir nedenidir. Çözülmüş oksijen konsantrasyonu 0,2 ila 0,3 mg/L'nin altına düştüğünde, ipliksi bakteriler daha büyük yüzey alanına sahip olduklarından, diğer normal bakterilere oranla daha fazla oksijen kullanırlar. Diğer taraftan, ipliksi bakteriler anaerobik şartlara daha duyarlıdırlar (Toprak, 1999).

Düşük pH, düşük çözülmüş oksijen ve düşük azot konsantrasyonları kabarmayla ilişkilidir. Mikroorganizmaların yüksek besleme hızları, tekrarlanan kabarmanın en büyük sebebidir. Hızlı büyüyen organizmalar örtü şeklinde yayılmakta ancak büyüme hızları düşmedikçe yumak veya bir flok kütlesi oluşturamazlar (Topacı, 2000).

Bazı ön havalandırma yapılmış çürümüş çamur ilavesi, kabarmasının azalmasına yardım etmektedir. Bazı polielektrolit flokları çamur kabarması kontrolünde oldukça etkilidirler. Çamur flok oluşması için yeterince havalanmış ise havalandırma tankının yükü azaltılarak kabarma azaltılabilir.

Birçok kabarma kontrolü işlemlerinin asıl amacı, çamur yaşını yükseltmek veya havalandırma havuzundaki birim uçucu askıda katı madde başına birim günde ilave edilen atık yük oranını düşürmektir (Topacık, 2000).

Havalandırma altında katı maddeleri tutmak için uygun yöntemlerden bazıları alüminyum sülfat veya demir klorür ilavesidir. Aynı zamanda demir sülfat alkalinitenin 50-100 mg CaCO₃/L'nin altına düşmesini önlemek için kireç ilavesiyle birlikte bir flokülant olarak kullanılabilir. Uygun bir polielektrolit diğer kimyasallardan daha pahalı ancak alkaliniteyi yükseltmek için alkali ilavesi gerektirmeyebilir (Çınar, 2008).

Çamur kabarmasını uzun sürede gidermek için çamur yaşının artırılması, azot ve fosfor ilave edilmesi, geri devir oranının ve çözülmüş oksijenin konsantrasyonunun yükseltilmesi olumlu sonuçlar verir (Kavaklı ve Civan, 1997).

4.3.2. Köpük oluşumu

Köpük oluşması, çıkış suyunda BOI₅ ve AKM' yi arttırdığı için istenmeyen bir durumdur. Kolay bozunmayan yüzey aktif etkili organik maddeler, beyaz renkli köpük oluşturan deterjanlar, aşırı denitrifikasyonun sebep olduğu çamur yükselmesi ve kahverengi köpük meydana getiren aktinomisetlerin aşırı çoğalması köpük oluşma nedenlerinin başlıcalarıdır (Kırlı, 2003).

Havalandırma havuzu köpüklenmesi, tesisler için sorun oluşturur. Köpüklenmenin; deterjanlar, polisakkaritler ve aşırı havalandırma gibi sebeplerden meydana geldiği üzerine bazı teoriler bulunmaktadır. Kontrol için;

- Daha yüksek MLSS değerlerinde çalışma yapmak
- Düşük debi periyotları boyunca hava teminini azaltmak
- Düşük debiler boyunca havalandırma tankına süpernatant geri devrettirmek.

Bu çözümler sadece deterjan köpüğü için uygulanır. Bazı uzun havalandırma sistemlerinde veya nitrifikasyon sistemlerinde köpüklenme oluşursa, bazı zamanlar bu durum daha yüksek çamur arıtım hızları tarafından kontrol edilebilir. Birçok tesis köpüklenmeyi gidermek için havalandırma havuzu boyunca su spreyleri yerleştirmektedir. Eğer MLSS'nin azalmasına izin verilirse, düşük su spreyleri köpüklenmeyi gidermek için yeterli olmayacaktır. Bu meydana geldiğinde bakım ve güvenlik ortaya çıkar.

Bir havalandırma havuzunda oluşan köpüklenme çok küçük zerrelerin yağlanmasına sebep olmaktadır. Ayrıca yüzeylerde biriken ve kaygan olan bu yağ depozitleri yürümeyi zorlaştırır. Bunun dışında operatörün önceden köpükle kaplanmış yerlerde yürümesi sakıncalıdır.

Bu depozitler aynı zamanda çirkin görüntüdür ve hemen temizlenmelidir. Sudaki bu tip depozitleri gidermenin en iyi yolu tri sodyum fosfat (TSP) ve hazır set kılı bir fırça ile süpmektir. Islak alana granül TSP hafifçe serpilir. Ve daha sonra alana yayılmış TSP ve çözünmüş yağ süpürülmekte, böylece ıslak alan temizlenmektedir. Bu işlem 5 dakika yapılır daha sonra kesilir (Topacık, 2000).

4.3.3. Çamurun yükselmesi

Çamur çökelmekte ve çöktürmenin dibinde uygun olarak sıkışır ancak daha sonra bu çökelti, bezelye büyüklüğünde küçük partiküller veya yama büyüklüğünde partiküller halinde çöktürme tankının yüzeyine yükselirler. Çamur yükselmesi genellikle ikinci tankın ve havalandırma yüzeyinde ince bir kir tabakası ve köpük meydana getirmektedir.

Çamur yükselmesine denitrifikasyon ve septisiti sebep olmakta, ikinci çöktürücüdeki bekletme süresinin çok uzun olmasının bir sonucudur. İkinci çökeltme tesis

çıkışından kir tabakasının ve köpük kaçmasını önlemek için kir tabakasının sıyrılan ve köpükleri toplayan ekipmanlarla donatılmalıdır.

Denitrifikasyon, çamur yaşı yüksek (uzun havalandırma) olduğunda çok yaygın olmaktadır. Bu tip aktif çamur havalandırma havuzundan, ikinci çöktürmeye akarken eksik oksijen olur.

Organizmalar ilk önce ortamdaki çözünmüş oksijeni kullanırlar ve daha sonra azot bileşiklerindeki oksijeni kullanırlar. Denitrifikasyon iyi arıtmanın belirtisidir. Bu halde bir çökeltme testi yapılır. Bu testte 1 saatte çökelebilen çamur, ikinci saat sonucunda yüzmeye başlar. Çökeltme deneyinde çamurun çok erken yüzmesini engellemek için sistemin çamur yaşı azaltılmalı veya F/M oranı artırılmalıdır. Bu uygulama ile ortamda ki azot bakterileri uzaklaştırılabilir. Böylece sorun çözülmüş olur. Eğer ikinci çöktürmede sorun devam ediyorsa geri devir çamur hızını artırarak çökeltme havuzu çamurları boşaltılmalıdır. Bazen bu faydalı olmaya bilir bu durumda daha düşük geri devir hızları kullanılabilir.

Çamur yükselmesi, havalandırma havuzu yükünün arttırılmasıyla da kontrol edilebilir. Eğer birden fazla çöktürme tankı varsa bir çöktürme servisten çıkarılarak havalandırma havuzu yükü arttırılabilir.

4.3.4. Septik çamur

Septik çamur, kanallar ve depolar gibi yerlerde çok uzun kalan çamur tipinin bir ürünü olabilir. Genellikle yavaş yavaş yumak şeklinde yükselen bu çamur, kötü bir kokuya sebep olur. Küçük miktarlarda olmasına rağmen bir havalandırma havuzunun biyolojik yapısını bozabilir.

Septik çamur; boru sistemlerinin, kanalların, tankların ve fosseptik kuyularının eksik tasarım ve inşasından meydana gelebilir. Aktif çamurun birikmesine izin verildiğinde septik çamur meydana gelir ve anaerobik dekompozisyon başlamaktadır. Septik çamur depoziteleri aynı zamanda, tankın tamamen karışmasını sağlayan yetersiz

hava hızları yüzünden havalandırma havuzu yüzeyinde de gelişebilir. Aşırı katı yüklemesi de septik sorunlara neden olabilir.

Tesis girişinde ve havalandırma havuzlarında kötü koku yayılıyorsa ve aynı zamanda suyun rengi siyaha yakınsa atıksuda septikleşme vardır. Yani atıksuya zehirli maddeler deşarj edilmiş olabilir.

Septik çamuru etkili bir şekilde kontrol etmek için, havalandırma havuzları tam olarak çalıştırılmalı ve çamur sık sık pompalanmalıdır. Boru hatlarında ve kanallardaki, 0,45 m/sn' nin üzerindeki bir hız, septik hale gelen çamur depozit formasyonlarını önleyecektir. İkinci çöktürmedeki çamurun septik hale geçmesi 4 nedenden oluşabilmektedir.

- Geri devir çamur hızı çok düşüktür. Bu nedenle son çöktürmede katılar çok uzun süre tutulur ve onların septik hale geçmesine imkân verir.
- Çöktürücü toplama mekanizması tıkalıdır. Bu nedenle çamur biriktirme yapısına gidemez
- Çamur emme boruları tıkalıdır, kapalıdır ve sık sık kullanılmamaktadır.
- Geri devir çamuru pompalanmıyordur veya vana kapalıdır.

İyi bir operatör, arıtma sistemini günde birkaç kez kontrol etmelidir. Yani kurulan aktif çamur tesislerinin büyük çoğunluğunda çökeltme tankında çamur tabaka seviyesinin belirlenmesi için foseller kullanılmaktadır. Son çöktürmedeki çamur tabaka seviyesi değışir değışmez hemen bir araştırmaya başlanmalıdır.

4.3.5. Toksik maddeler

Biyolojik arıtma tesislerinde ortaya çıkan en önemli sorunlardan biri, tesise giren kirleticilerin ayrıştırılmaları sırasında mikroorganizmanın zehirli substrat ile inhibe edilmesidir. Bu şekilde ortaya çıkan sistem verimlerindeki düşmeler sorun yaratmaktadır. Biyolojik arıtma sistemine zehirli maddeler giriyor ise, bu sorunların giderilmesi için sistemin alıştırma sürelerinin ve inhibisyon seviyelerinin saptanması ile mümkün olabilir (Çınar, 2008)

Toksisite, çalışan organizmaların ölmesine veya ciddi bir şekilde azalmasına, sistemin ve çıkışın azalmasına neden olur. Ağır metaller, insektisitler ve pestisitler gibi toksik maddeler uygun kontrol yapılmadan kanalizasyon sistemine boşaltılmamalıdır.

4.3.6. Çökelme sorunları

Aktif çamur sistemlerinde karşılaşılan sorunlardan biride çökelme sorunlarıdır.. Bu nedenle, çöktürme tankında iyi çökelen, havalandırma tankına yeterli biyokütle döngüsünü sağlayan ve çıkış suyunda düşük katı madde konsantrasyonu temin eden etkili değerlendirme parametreleri gerekmektedir.

Genelde çamur hacim indeksi (ÇHİ) parametresi kullanılmaktadır. İyi bir çamurda $\text{ÇHİ} < 100$ ml/g, çok iyi bir çamurda $\text{ÇHİ} = 50$ ml/g olması gerekmektedir. $\text{ÇHİ} > 120$ ml/g olması çökelme sorunu olduğunu göstermektedir. ÇHİ değeri yüksek AKM konsantrasyonlarından etkilenmektedir. $\text{AKM} > 400$ mg/L olduğu durumda çökelme sorunları yaşanmaktadır (Gray, 2005).

İlk 30 dakikalık sürede çökmüş olan çamur daha sonraki saatlerde kısmen ya da tamamen yükseliyorsa, sistemin çöktürme havuzundaki bekletme süresi fazla olduğu için havalandırma havuzunda tamamlanan nitrifikasyon, çökeltme tankında da devam ediyor demektir. Böyle bir durumda sisteme anoksik bir hacim ilave edilerek ya da havalandırma havuzunun içinde böyle bir bölge yaratılarak bu oluşum engellenmektedir. Diğer bir yöntem geri devir pompasının debisi artırılarak çamurun havuzda kalma süresi azaltılmalıdır.

BÖLÜM 5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

5.1. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ₅)

Atıksulardaki BOİ₅ analizleri SM 5210-5 günlük BOİ analizi yöntemine göre gerçekleştirilmiştir.

Biyokimyasal oksijen ihtiyacı, aerobik şartlarda bakterilerin organik maddeleri parçalayarak stabilize etmeleri için gereken oksijen miktarı olarak tanımlanır.

BOİ₅ deneyi, atıksulardaki organik maddelerin mikroorganizmalar tarafından kullanılması için 5 günlük süre içinde ihtiyaç duydukları oksijen miktarının belirlenmesinde kullanılır. BOİ₅ testinde genel prensip, organik madde ve ÇO' nin bakteriler tarafından alınıp, karbon dioksit ve yeni bakteri hücrelere dönüştürülmesi sırasında oksijenin azalma miktarının denetlenmesine dayanır. BOİ₅ şişesindeki ÇO' nin azalması doğrudan doğruya ayrışabilen organik madde miktarıyla ilgilidir (Kavaklı, 2003).

BOİ₅ deney sonuçları oksidasyon oranını gösterir. Organizmaların uygunluğunun ve atığın konsantrasyonunun değerlendirilmesinde bilgi sağlar.

Biyokimyasal reaksiyonların gerçekleşmesi için ideal olan 20 °C'de günlerce devam ederken, reaksiyonun 20 günde tamamlandığı esas alınmaktadır. 20 gün beklemek çok zaman alıcı olduğundan BOİ deneyinde 5 günlük sürede reaksiyonun büyük yüzdesinin tamamlandığı esas alınmaktadır. Ayrıca 10. günden sonra azotlu maddelerin oksidasyonu başlar ki, bu da deney sonucunu olumsuz etkiler. Deneyler beş günlük bir periyottan sonra yapılan ölçünlerin toplam BOİ' nin % 70-80'ine eşit olduğunu göstermiştir. Bu yüzden BOİ₅ ölçümünde en çok kullanılan parametre 5 günlük biyolojik oksijen ihtiyacıdır. Bu kısaca BOİ₅ sembolü ile gösterilir.

Deney; çevresel koşulların canlı organizmaların yaşam fonksiyonlarını yapabilmelerine olanak verecek şekilde uygun olması gerekir. Bakteriyel büyüme için gerekli olan tüm besin maddelerini (azot, fosfor ve bazı iz elementler gibi) bulunduran seyreltme suyu hazırlanır ve atıksu numunesi seyreltme suyu ile seyreltilerek 300 ml BOİ şişesine konur. Seyreltme suyu, fosfat tamponu (pH:7,5), magnezyum sülfat, kalsiyum klorür, demir üç klorür içerir ve çözünmüş oksijenle doyurulmuş durumdadır. Eğer atık organik maddeleri okside etmek üzere gerekli mikroorganizma karışımını, atıksu numunesinde önceden mevcut değilse, ortama aşı yöntemiyle mikroorganizma ilave edilir.

300 ml BOİ şişesinde seyreltilmiş atıksu numunesinin ilk ÇO değeri ölçülerek, BOİ şişesinde hava kabarcığı kalmayacak şekilde BOİ şişesinin kapağı kapatılır. BOİ şişesi 20 °C' deki karanlık odada 5 günlük inkübasyon süresini tamamlamak üzere bekletilir. 5 günlük inkübasyon süresi sonunda BOİ şişesindeki ÇO değeri ölçülerek aradaki farktan yararlanarak hesaplanır ve kullanılan oksijen cinsinden ifade edilir.

$$BOI_5 \text{ (mg/L)} = \frac{(D_1 - D_2) \times V_{\text{ş}}}{V_n} \quad (5.1)$$

D₁: Numune hazırlandıktan 15 dakika sonraki çözünmüş oksijen değeri, mg/L.

D₂: Seyreltik numunenin beş gün sonundaki çözünmüş oksijen değeri, mg/L.

V_ş: Şişenin hacmi, ml.

V_n: Numunenin hacmi, ml.

5.2. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)

Atıksularda kimyasal oksijen ihtiyacı analizleri SM 5220- Açık Refluks yöntemine göre yapılmıştır.

Evsel ve endüstriyel atıksuların kirlilik derecesini belirlemede kullanılan en önemli parametrelerden biri Kimyasal Oksijen İhtiyacı'dır (KOİ). KOİ, organik maddelerin redoks reaksiyonlarıyla oksitlenmesi esasına dayanır.

KOİ, atıksuların bünyesindeki organik maddeler, kimyasal oksidasyonları için gerekli oksijen miktarı cinsinden belirlenir. Oksidasyon ortamında karbonlu organik maddeler CO₂ ve H₂O; azotlu organik maddeler ise NH₃ haline dönüşürler. Atıksu içerisindeki organik maddelerin hemen hemen hepsini oksitler. Örneğin atıksu içinde bulunan ve biyolojik olarak yükseltgenemeyen glikoz ve lignin bu yöntemle tamamen yükseltgenir. Bu nedenle KOİ değeri daima BOİ değerinden büyüktür. Deneylelerden elde edilen BOİ ve KOİ değerleri arasında bir bağıntı kurmak mümkündür. Arıtılmamış sularda BOİ/KOİ oranı 0,4-0,8 arasında değişir.

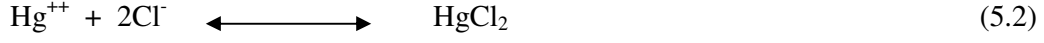
KOİ ölçümünün kısa sürede sonuç vermesi, beş gün süren biyokimyasal oksijen ihtiyacı ölçümüne göre avantajlı yanını oluşturmaktadır. KOİ deneyi, bileşenleri iyi bilinen atıksularda, bu maddelerin konsantrasyonlarındaki değişimleri incelemek üzere kullanılır. Ayrıca çeşitli nedenlerle BOİ testinin çok başarılı olmadığını bildiği endüstriyel atıksularda, arıtma tesislerinin çalışmasını denetlemede kullanılır.

Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) numunenin şiddetli asidik koşullarda, kuvvetli bir oksitleyici olan K₂Cr₂O₇ ile kaynatılarak oksitlenmesini sağlayan 2 saatlik bir kaynatma sonucunda, tüketilmeden kalan oksitleyicinin miktarının standart indirgen madde çözeltisiyle volumetrik yoldan saptanması esasına göre tayin edilir. Kaynama esnasında uçucu organik maddelerin kaybını engellemek için geri soğutucularla çıkan buharların yoğunlaştırılması sağlanır.

Aşırı bikromat ferroin indikatörü eşliğinde standart demir amonyum sülfat (Fe(NH₄)₂(SO₄)₂.6H₂O) kullanılarak titre edilir.

KOİ deneyinde asitliği sağlamak için gümüş sülfatlı sülfürik asit çözeltisi kullanılır. Sülfürik asit içerisindeki gümüş sülfat (Ag₂SO₄) katalizör görevi görür. Aynı zamanda gümüş sülfat klorür, bromür, iyodür ile reaksiyona girerek bunları çöktürüp reaksiyona yardımcı olur. Halojenlerin ortamda bulunması hatalara neden olur.

Deneyde potasyum bikromat oksitleyici olarak kullanılırken klorür iyonu (Cl⁻) girişimini engellemek için cıva sülfat (HgSO₄) kullanılır. Cıva iyonu, klorür iyonu ile birleşerek zayıf iyonize olabilen cıva klorür kompleksini oluşturur.



20 ml'ye seyreltilmiş atıksu numunesine cıva sülfat, gümüş sülfatlı sülfürik asit ve potasyum bikromat ilave edildikten sonra kaynama taşı ile birlikte 2 saat geri soğutucu ısıtıcıda kaynatıldıktan sonra karışım iki misline seyreltilir ve ferroin indikatörü ilave edilir. İndirgen çözelti olan demir (II) amonyum sülfat ile titre edilir. Demir (II) amonyum sülfat ile bikromat arasında aşağıdaki gibi reaksiyon gerçekleşir.



Aynı işlem destile su ile de yapılır ve şahit olarak referans alınır. Şahit ve atıksu örneğinde harcanan DAS (demir amonyum sülfat) miktarları göz önüne alınarak hesaplama yapılır. Yükseltgenmiş organik madde miktarı oksijen eşdeğeri mg/L bulunur.

$$\text{KOİ(mg/L)} = \frac{(\text{A}-\text{B}) \times \text{N} \times 8000}{\text{ml numune}} \quad (5.4)$$

A: Şahit numune için harcanan DAS çözeltisi miktarı, ml.

B: Numune için kullanılan DAS çözeltisi miktarı, ml.

N: Demir amonyum sülfat (DAS) çözeltisinin normalitesi.

5.3. Askıda Katı Madde (AKM)

Atıksularda askıda katı madde deneyleri SM 2540-D 103-105⁰C'de kurutma ile toplam askıda katı madde tayin yöntemiyle gerçekleştirilmiştir.

Askıda ve uçucu askıda katı madde tayinleri evsel ve endüstriyel atıksuların kirlilik durumlarını değerlendirmede kullanılır. Ön çökeltim tanklarında çökelebilen katılar uzaklaştırıldıktan sonra, askıda katıların miktarını belirlemede ve biyolojik arıtmaya gelecek kirlilik yükünü hesaplamada bu testlerden yararlanılır. Büyük arıtma tesislerinde askıda katı madde tayinleri rutin olarak, tesisin arıtma verimini belirleme amacı ile yapılmaktadır (Kavaklı, 2003).

Kullanılmış sulara filtre üzerinde kalan maddelerin kurutulup tartılmasıyla bulunur. Sonuç mg/L olarak hesaplanır.

Deneyin yapılışı; 103-105 °C' de kurutulmuş olan filtre kâğıdı, sabit tartıma gelmesi için desikatöre alınır. Soğumuş olan filtre kâğıdının pens yardımıyla sabit tartımı alınır. Süzme tertibatına yerleştirilen filtre kâğıdından atıksu numunesi, vakum eşliğinde geçirilir. Süzme tertibatı 10 ml'lik destile su ile iki defa yıkanır. 103-105°C derecedeki etüvde filtre kâğıdı 1 saat boyunca kurutulur. Soğumak üzere filtre kâğıdı tekrar desikatöre alınır ve tartılır. Son ve ilk tartım arasındaki farktan yararlanarak gravimetrik olarak ölçülür.

$$\text{AKM (mg/L)} = \frac{(B-A) \times 1000}{\text{ml numune}} \quad (5.5)$$

A: Filtre kâğıdı tartımı (mg).

B: Filtre kâğıdı + madde tartımı (mg).

5.4. Uçucu Askıda Katı Madde (UAKM)

Atıksularda uçucu askıda katı madde deneyleri SM 2540-E 550°C'de yakma ile uçucu katı madde tayin yöntemiyle gerçekleştirilmiştir.

Askıda katı madde tayininde kullanılan filtre kâğıdı üzerindeki madde kapsüle yerleştirilir. 30 dakika kadar 550 °C'de fırında yakılır. Desikatörde soğutularak tartımı alınır.

$$\text{UAKM (mg/L)} = \frac{(\text{B-C}) \times 1000}{\text{ml numune}} \quad (5.6)$$

B: Askıda katı madde + kapsül (mg).

C: Askıda katı madde + kapsül (mg). (550 °C'de yakıldıktan sonra)

5.5. Çökelebilen Katı Madde (ÇKM)

Atıksularda çökelebilen katı madde deneylerinin yapılmasında SM 2540-F esas alınmıştır.

Çökelebilen katılar, süspansiyonda bulunan ve durgun şartlarda kendi ağırlıkları nedeniyle çökebilecek durumda olan katı maddelerdir.

Çökelebilen katıların tayini, çok önemli iki uygulamaya sahiptir. Birincisi biyolojik arıtma proseslerini kullanan tesislerde, endüstriyel atıkların arıtımı için ön çökeltim tankları hacim gereksinimini belirlemede ve ön çökeltim tanklarının boyutlandırılmasında kullanılır. Bu test sonuçlarından aynı zamanda arıtma tesisi çökeltim birimlerinin verimini belirlemede de yaygın olarak yararlanır.

Test, İmhoff konisinde yapılır. Numune 1 litrelik koniye konur ve 30 dakika çökelmeye bırakılır. Sonuçlar İmhoff konisinden okunur ve ml/L çökelebilir katı madde olarak ifade edilir.

5.6. Çamur Hacim İndeksi (ÇHİ)

Atıksularda çamur hacim indeksi SM 2710-D' ye göre aşağıda anlatıldığı şekilde hesaplanmıştır.

Çamur hacim indeksi aktif çamurun çökeltim tankında çökeltme özelliğini belirlemek için kullanılır. ÇHİ; 30 dakika çökeltme sonunda 1 g aktif çamurun işgal ettiği ml cinsinden hacmi gösterir. Çamur karakterinde olan değişimleri belirlemek açısından yararlı bir ölçümdür.

$$\text{ÇHİ (ml/g)} = (\text{ÇKM} \times 1000) / \text{AKM} \quad (5.7)$$

Havalandırma tankından alınan numunenin ÇKM ve AKM değerleri bulunur. Çamur hacim indeksi değerinin 50-100 ml/g arasında olması çamurun ideal çamur olduğunu, 100 ml/g'dan fazla olması çamurun sorunlu olduğunu gösterir.

5.7. pH

pH bir çözeltinin asit veya baz olma özelliğinin şiddetini gösteren bir kısaltmadır ve çözeltide bulunan H⁺ iyon konsantrasyonunun bir ifade şeklidir. pH skalası 0-14 arasında ifade edilir. pH=7 nötralliği ifade ederken, pH değerleri azaldıkça asit şartlar artar; pH değerleri arttıkça alkali şartlar yükselmektedir.

Atıksularda pH ölçümü WTW / pH 330 marka pH metre ile ölçülmektedir.

5.8. Balık Biyodeneysi (ZSF)

Atıksularda balık biyodeneysi SKKY Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği göre gerçekleştirilmiştir.

Balık biyodeneysi atıksuların indikatör organizma olarak kullanılan türden balıklara zehirlilik etkisini saptamaya yarayan atıksuyun değişik seyreltilerinde 96 saat sonunda balıkların sağ kalma miktarının belirlenerek, zehirliliğin seçilen seyreltme oranları ile ilişkili olarak ifade edildiği bir uygulamayı ifade etmektedir.

Bu deneyin sonucu atıksuların zehirlilik derecesi “Zehirlilik Seyreltme Faktörü (ZSF) ile verilir.

Seyrelen bu zararlı maddeler balıkların solungaçlarına yapışarak, solunum epitellerinin şişmesine ve parçalanmasına yol açmaktadırlar. Ayrıca yüzgeçlerle alınan zararlı maddeler deriye veya sindirim sistemlerine geçerek zehirlenmelere neden olmakta ve bu suretle balıklara zarar vermektedir.

ZSF bağıl seyreltme suyu hacmi ile bağıl atıksu hacminin toplamıdır. Seyreltme suyu balığın doğal ortamda yaşadığı sudur.

Seyreltme oranlarına göre numune ve seyreltme suyu karışımından oluşan test suyu akvaryuma alınır. pH ayarı HCl veya NaOH kullanılarak $7,0 \pm 0,2$ 'ye ayarlanmaktadır. Her test kabı başına 10 balık konulur. Test süresince balıklara yem verilmez, deney başlamadan önce 48 saat süreyle aç bırakılır. Deney öncesi deneyde kullanılan balıkların % 2'den fazlası ölürse balıklar deneyde kullanılmazlar. Sıcaklık 20 ± 1 °C' ye ayarlanır. Çözünmüş oksijen havalandırma yapılarak 4 mg/L'den üstünde olması sağlanır. 96 saatin sonunda dokunulduğunda kendiliğinden hareket etmeyen balıklar ölü sayılır. Seyreltme suyu ile de aynı şekilde paralel olarak deney yapılır. Eğer bir veya birden fazla balık ölürse deney geçersiz sayılır. Deneylerden sağ çıkan balıklar başka deneylerde kullanılmaz. Deney süresi sonunda balıkların tamamının yaşamasını sağlayan en düşük seyreltme oranı vasıtasıyla Zehirlilik Seyreltme Faktörü (ZSF) belirlenir.

ZSF Hesabı: Zehirlilik seyreltme faktörü, seyreltme suyu hacmi ile atıksu hacminin toplamı olarak ifade edilmektedir.

Örneğin; 1 hacim atıksu + 4 hacim seyreltme suyu kullanılmışsa ZSF =5'dir.

ZSF faktörü tüm balıkların yaşadığı, bir tane balığın dahi ölmediği en küçük değerdir.

5.9. Metal Analizi

Atıksularda metal analizleri spektrofotometre ile ölçülmüştür. Ölçüm için UV- VIS CADAS 200 cihazları kullanılmıştır.

Spektrofotometre belli dalga boylarında absorbans tayini yaparak derişimi vermektedir. Belli dalga boylarında numunenin ışık geçirgenliğine bağlı tayin yapar (Patnaik, 1997)

CADAS 200 spektrofotometrede ölçüm 190-1100 dalga boyları arasında yapılmaktadır. Ölçüm için yuvarlak küvetler ve 10 mm ile 50 mm arasındaki dikdörtgen küvetler kullanılabilir.

CADAS, DR LANGE küvet testleri üzerindeki barkoddan gerekli bütün bilgileri otomatik olarak alıp, dalga boyu ayarlamasını yapar ve cihazda kayıtlı bulunan faktör değerlerini kullanarak sonucu hesaplar. Prosedürlere uygun olarak hazırlanan küvet testleri, küvet tutucuya takılıp, kapak kapatılır. Ölçüm tuşuna basılarak değer ekranda görülür. Prosedürde sıfır ölçümü varsa sıfır küveti cihaza yerleştirilir, kapak kapatılarak sıfır tuşuna basılır. Daha sonra cihaz otomatik olarak ölçüm moduna geçer. Ölçüm tuşunun ışığı (yeşil) yanar. Sonuç ekranda görülür.

CADAS 200 kullanıcı tarafından belirlenen dalga boyu, faktör, ölçüm aralıkları, limitlerde de ölçüm yapma özelliğine sahiptir.

Cihaz ölçebileceği minimum ve maksimum aralıkların dışında hata mesajı verir. Ölçüm değeri seyreltme faktöründen bağımsız olarak verir. Aynı zamanda cihaz ölçüm sonuçlarını hafızaya alabilmektedir. Tek dalga boyu kullanılarak ölçüm yapılabileceği gibi iki dalga boyu kullanarak ve kalibrasyon eğrisi yardımı ile de ölçüm yapılabilir.

Konsantrasyonu bilinen birden fazla standart çözeltinin, sıfır çözelti ile çalışarak metot kalibrasyonu yapılır. Absorbsiyon değerlerine karşı konsantrasyon değerlerini içeren kalibrasyon eğrisi çizilir. CADAS 200'de mevcut bulunan doğru denklemi ile test çözeltisinin absorpsiyon değeri konsantrasyon değerine dönüştürülür.

Cadas 200 spektrofotometresinde krom (6), kadmiyum, çinko, toplam krom, kurşun, demir, toplam siyanür analizi yapıldı.

Giriş numunelerinde metal analizi için ön işlem uygulandı. Giriş numuneleri 2:1 oranında HNO₃/HClO₄ ile parçalanır. Numune daha sonra süzülerek süzüntüde metal analizi yapılmıştır.

5.9.1. Krom (Cr⁶⁺)

Spektrofotometrede Cr⁶⁺ analizi için, standart krom çözeltileri hazırlanır spektrofotometrede okutularak kalibrasyon eğrisi çizilir. Stok krom çözeltisinden 0-0,05-0,1-0,15-0,2-0,25-0,5-1 mg/L derişimlerinde çözelti hazırlanır. Bu standartlardan 50'şer ml beherlere alınır. 2,5 ml diphenlyearbazide reaktifi ilave edilerek, karıştırılır. Meydana gelen mor rengin şiddeti 5-15 dakika arasında ve 540 nanometrede 5 cm 'lik cell'le saptanarak µg krom (+) değerleri apsise, absorbanslarda ordinata alınarak standart eğri çizilir.

Deneyin yapılışı; 50 ml veya 50 ml destile su ile seyreltilmiş atıksu numunesi alınır. Bulanıklığının giderilmesi için santrifüjlenir. 2,5 ml diphenlyearbazide reaktifi ilave edilip, iyice karıştırılır. 5 dk beklendikten sonra 15 dakika içersinde 540 nm'de fotometrik olarak absorbansı okunur. Absorbansa göre standart eğriden bulunan µg krom değerinden hesaba geçilir. Seyreltme yapıldıysa seyreltme faktörüyle sonuç çarpılır.

5.9.2. Kadmiyum (Cd)

Atıksu ve proses kontrolü amaçlı atıksularda kadmiyum analizi yapılmaktadır. Kadmiyum analizinde prensip; cadion, kadmiyum ile bir kompleks oluşturur. Cadion'un renk yoğunluğundaki azalma kadmiyum tayininde kullanılır. Kadmiyum analizinde girişim yapan iyon ve konsantrasyonları Tablo 5.1'de gösterilmiştir. Tabloda verilen iyonlar belirtilen konsantrasyonlara kadar olan miktarlarda girişime neden olmamaktadır.

Tablo 5.1: Kadmiyum analizinde girişime neden olan iyonlar ve konsantrasyonları

İYONLAR	KONSANTRASYON(mg/L)
SO ₄ ²⁻	1000
Ca ²⁺ , Mg ²⁺	50
Fe ²⁺ , Cu ²⁺ , Ni ²⁺ , Zn ²⁺ , Pb ²⁺ , Co ²⁺ , Ag ²⁺ , Au ²⁺ , Cr ⁶⁺	25
Mn ²⁺	2

Tabloda belirtilenden daha yüksek kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonları özel bir metotla LCW 903 giderilebilir. İş kadmiyum ve kompleks haldeki kadmiyumun analizi ise Crack Set LCW 902 ile yapılan bir ön işlemde sonra yapılabilir. Bu analizde ölçüm aralığı 0,02-0,30 mg/L kadmiyum arasındadır. Atıksu numunesinin pH'ı 3-10 arasında; numune ve reaktiflerin sıcaklığı ise 15-25 °C olmalıdır. Küvet testleri 2-8 °C'de paketin üzerindeki son kullanma tarihine kadar saklanmalıdır

Kadmiyum analizinde; reaksiyon tüpüne 10 ml numune ve 1 ml A kabında bulunan kompleks çözüldüden pipetlenir. Reaksiyon tüpü kapatılır ve karıştırılır. Küvet testine 0,4 ml stabilizatör B eklenir ve karıştırılır. Daha sonra küvet testine 4 ml hazırlanmış numunedan eklenir, kapatılır ve birkaç defa aşağı yukarı çevrilerek karıştırılır. 30 saniye beklendikten sonra ölçüm yapılır. Önce sıfır küveti cihaza yerleştirilir, ölçüm yapılır. Daha sonra analiz küveti yerleştirilir ve sonuç mg/L olarak okunur.

5.9.3. Çinko (Zn)

Atıksu, içme suyu, yüzey suları, saf su ve proses analizi için çinko analizi yapılmaktadır. çinko analizinde prensip; çinko iyonları, 4-(2.piridizo)- resorsin ile pH 6-11 arasında suda çözünür turuncu-kırmızı renkli bir kompleks olurturur. Çinko analizinde girişim yapan iyon ve konsantrasyonları Tablo 5.2'de gösterilmiştir. Verilen iyonlar belirtilen konsantrasyonlara kadar olan miktarlarda girişime neden olmamaktadır. Çözünmemiş çinko ve kompleks haldeki çinko Crack set LCW 902 ile yapılan ön işlemde sonra ölçülebilir. Doğru sonuçlar elde etmek için numuneler seyreltilmeli ya da standartlarla kontrol edilmelidir.

Tablo 5.2: Çinko analizinde girişim yapan iyonlar ve konsantrasyonları

İYONLAR	KONSANTRASYON (mg/L)
SO ₄ ²⁻	2000
Cl ⁻ , Na ⁺ , Ca ²⁺	1000
NO ₃ ⁻ , Mg ²⁺	500
Fe ²⁺ , Fe ³⁺ , Sn ²⁺ , Ni ²⁺ , Cu ²⁺ , Cr ³⁺ , Cr ⁶⁺ , CO ₃ ²⁻	50
Co ²⁺	20
Pb ²⁺	5

Bu analizde ölçüm aralığı 0,2-6,0 mg/L çinko arasındadır. Atıksu numunesinin pH'ı 3-10 arasında; numune ve reaktiflerin sıcaklığı ise 15-25 °C olmalıdır. Küvet testleri oda sıcaklığında paketin üzerindeki son kullanma tarihine kadar saklanmalıdır

Çinko analizinde; kimyasal madde içeren, küvet test kapağının üstündeki kağıt açılır. Kapak açılır ve 0,2 ml numuneden küvet testine eklenir. 0,2 ml A kabında bulunan çözelti eklenir. Kimyasal bulunduran küvet testi kapağı kapatılır. Çalkalandıktan sonra 3 dakika beklenir. Ve ölçüm mg/L olarak okunur.

5.9.4. Toplam krom (T. Cr)

Atıksu ve proses kontrolü amaçlı atıksularda krom analizi yapılmaktadır. Krom analizinde prensip; krom (IV) iyonlarının 1,5-diphenylcarbazide ile reaksiyona girerek 1,5-diphenylcarbazon oluşturması sonucunda kırmızı bir kompleks oluşturmasıdır. Krom analizinde girişim yapan iyon ve konsantrasyonları Tablo 5.3'de gösterilmiştir.

Tablo 5.3: Krom analizinde girişim yapan iyonlar ve konsantrasyonlar

İYONLAR	KONSANTRASYON (mg/L)
SO ₄ ²⁻ , Na ⁺ , K ⁺ , NO ₃ ⁻	> 2000
Cl ⁻	> 1000
Ca ⁺²	>125
Mg ⁺² , NH ₄ ⁺	>100
Zn ²⁺ , Ni ²⁺ , Co ²⁺ , Cd ²⁺	>50
Ag ⁺ , Pb ²⁺	>25
Cu ²⁺ , Fe ³⁺	>10
Sn ²⁺	>1

Demir, bakır ve indirgeyicilerle oksitleyiciler bu değerlerin üstünde olduklarında düşük sonuçlar verir. Kurşun, civa ve kalay yüksek sonuçlara neden olurlar. 20 mg/L üzerindeki konsantrasyonlarda seyreltme yapılarak çalışılmalıdır. Bu analizde ölçüm aralığı 0,03-1,0 mg/L krom arasındadır. Atıksu numunesinin pH'ı 3-9 arasında; numune ve reaktiflerin sıcaklığı ise 15-35 °C olmalıdır. Küvet testleri 2-8 °C'de paket üzerindeki son kullanma tarihine kadar saklanmalıdır

Toplam krom analizinde; küvet testine 2,0 ml numune pipetlenir. A kapağında bulunan kimyasalla karışması sağlanır. 100 °C'de 60 dakika süreyle termostatta bekletilir. Küvet testi soğumaya bırakılır. Bulanıklık olmamasına dikkat edilir. Küvet testi soğuduktan sonra B kapağı kapatılarak buradaki kimyasalla karışması sağlanır. 5 dakika süreyle beklenip tekrar karıştıktan sonra ölçüm yapılır. Sonuç mg/L olarak okunur.

5.9.5. Kurşun (Pb)

Atıksu ve proses analizi amaçlı kurşun analizi yapılmaktadır. Kurşun analizinde prensip; kurşun (II) iyonlarının pH 9'da 4-(2- piridilazo)-resorsin ile reaksiyona girmeleri sonucunda kırmızı bir kompleks oluşur.

Kurşun analizinde girişim yapan iyon ve konsantrasyonları Tablo 5.4'de gösterilmiştir. Verilen iyonlar belirtilen konsantrasyonlara kadar olan miktarlarda girişime neden olmamaktadır. Doğru sonuçlar elde etmek için numuneler seyreltilmeli ya da standartlarla kontrol edilmelidir.

Tablo 5.4: Kurşun analizinde girişim yapan iyonlar ve konsantrasyonlar

İYONLAR	KONSANTRASYON (mg/L)
K ⁺ , Na ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , NO ³⁻ , Cl ⁻ , PO ₄ ³⁻ , CO ₃ ²⁻ , SO ₄ ²⁻	500
F ⁻ , NH ₄ ⁺ , Sr ²⁺	50
Ag ⁺ , Cd ²⁺ , Cr ⁶⁺ , Zn ²⁺ , Cu ²⁺ , Co ²⁺ , Ni ²⁺	25
Cr ³⁺ , Al ³⁺ , Fe ²⁺ , Fe ³⁺	10
Mn ²⁺ , Hg ²⁺	5
Sn ²⁺	0,5

Bu analizde ölçüm aralığı 0,1-2,0 mg/L kurşun arasındadır. Numunenin pH'ı 3-9 arasında; numune ve reaktiflerin sıcaklığı ise 15-25 °C olmalıdır. Küvet testleri oda sıcaklığında paket üzerindeki son kullanma tarihine kadar saklanmalıdır

Kurşun analizinde; reaksiyon tüpüne 10 ml numune eklenir. İçersine A kabında bulunan kimyasaldan bir ölçek ilave edilir. Reaksiyon tüpü karıştırılarak 2 dakika beklenir. Küvet testine 1,5 ml B solüsyonundan ve 4 ml reaksiyon tüpünde hazırlanmış numuneden eklenir. Küvet testi kapatılır, çalkalanıp iki dakika sonunda

ölçüm yapılır. Bu ölçüm sıfır ölçümüdür. Ardından küvete 0,3 ml C çözeltisinden eklenir. Küvet kapatılıp çalkalandıktan bir dakika sonra mg/L olarak kurşun derişimi okunur.

5.9.6. Demir (Fe)

Atıksu, içme suyu, yıkama suyu, proses kontrolü amaçlı demir analizi yapılmaktadır. Demir analizinde prensip; demir (II) iyonlarının 1,10-phenanthroline ile bir kompleks oluşturur. Kompleks oluşumundan önce numunede bulunan demir(III) iyonları ascorbik asit ile demir(II) iyonlarına dönüşür. Çinko analizinde girişim yapan iyon ve konsantrasyonları Tablo 5.5’de gösterilmiştir. Verilen iyonlar belirtilen konsantrasyonlara kadar olan miktarlarda girişime neden olmamaktadır.

Tablo 5.5: Demir analizinde girişim yapan iyonlar ve konsantrasyonlar

İYONLAR	KONSANTRASYON (mg/L)
Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻	1000
K ⁺ , Na ⁺ , Ca ²⁺	500
Ag ⁺	100
Cd ²⁺	70
NO ₃ ⁻ , Co ²⁺ , Zn ²⁺ , Pb ² , CO ₃ ²⁻ , Hg ²⁺ , Cr ³⁺ , Cr ⁶⁺	50
Ni ²⁺ ,	25
Cu ²⁺ ,	10
Sn ²⁺	5

Daha yüksek miktarlardaki bakır, nikel ve kalay yüksek sonuçlara neden olur. Çözünmemiş demir ve kompleks haldeki demir LCW 902 Crack set ile yapılacak işlemden sonra ölçülebilir. Bu analizde ölçüm aralığı 0,2-6,0 mg/L demir arasındadır. Numunenin pH’ı 3-10 arasında; numune ve reaktiflerin sıcaklığı ise 15-25 °C olmalıdır. Küvet testleri 2-8 °C’de paket üzerindeki son kullanma tarihine kadar saklanmalıdır

Demir analizinde; küvet testine 2,0 ml numune pipetlenir. Küvet kapatılır. Kimyasal madde ile karışması sağlanır. 15 dakika beklendikten sonra küvet cihaza yerleştirilir. Sonuç mg/L olarak okunur.

5.9.7. Toplam Siyanür (CN⁻)

Atıksu örneklerinde siyanür analizleri standart metot 4500-CN-kolorimetrik yöntemle gerçekleştirilmiştir. Deneyin yapılışı aşağıda özetlenerek açıklanmıştır.

Atıksuda siyanür analizi için önce atıksu numunesi destilasyona tabi tutulur. Bunun için kaynama balonuna 10 mg/L'den daha az siyanür içerdiği bilinen örnekten 500 ml konur. Siyanür içeriği daha yüksekse örnek uygun şekilde seyreltilir. Gaz scrubera 10 ml 0,1 N NaOH çözeltisi ilave edilir. Absorblayıcı çözeltisi toplam hacminin 225 ml' den fazla olmamasına dikkat edilir. Olası S⁻ girişimini engellemek için 10 mg veya daha fazla PbCO₃ (toz) kaynama balonuna ilave edilir. Düzenegin bağlantıları gerçekleştirildikten sonra emme ayarı yaklaşık kaynama balonuna 1 hava kabarcığı olacak şekilde ayarlanır. Böylece HCN gazı balondan absorbere taşıyacak ve hava deliğinden HCN kaçıışı engellenecektir. Hava giriş tüpünden 2 gr sülfamik asit ilave edilir ve destile su ile yıkanır. 50 ml 1:1 H₂SO₄ hava giriş tüpünden ilave edilir destile su ile tüp durulanır. Islak hava balonda 3 dk karıştırılır. 20 ml MgCl₂ hava girişinden ilave edilerek suyla yıkanır. Sıcaklıkla hızla kaynamaya başlar. Kondenser ağzından dakikada 40-50 damla refluks olacak şekilde ısıtılır. 1 saat reflükse devam edildikten sonra reflüks kapatılır ve 15 dk daha hava akışına devam edilir.

Spektrofotometrede CN analizi için, standart siyanür çözeltileri hazırlanır spektrofotometrede okutularak kalibrasyon eğrisi çizilir. 1 ppm'lik stok siyanür çözeltisinden 0,01-0,03-0,1-0,3-0,5 mg/L derişimlerinde çözelti hazırlanır. Bu derişiklerdeki siyanür çözeltileri NaOH çözeltisi ile hazırlanır. Şahit olarak da NaOH çözeltisi kullanılır.

Balona alınan, destile edilmiş örnek NaOH ile seyreltildikten sonra standart siyanür çözeltilerine ve atıksu numunesi içeren balonlara; asetat tamponu ve kloramin-T reaktifi ilave edilir, 2 dakika beklenir. Balonlara piridin-barbütirik asit çözeltisi ilave edilir. Destile su ile hacmi tamamlandıktan sonra 8 dakika beklenir. Renk değişim işlemleri şahit için de uygulanır.

Hazırlanan ve renk değişimi gerçekleşen standart siyanür çözeltileri 10 ml'lik cellerde spektrofotometrede okutularak absorbands değerleri belirlenir. 578 nm' de saf suya karşı numunelerin absorbandsları okunur. Kalibrasyon eğrisinde absorbands değerine göre atıksu numunesinin CN⁻ derişimi bulunur.

BÖLÜM 6. DENEYSEL SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRMELER

Akzo Nobel-Marshall Ortak Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi'nde ayda bir havalandırma havuzundan ve tesis deşarj noktasından, Mart 2008, Mayıs 2008 ve Ocak 2009 aylarında tesis giriş ve çıkış noktalarından kompozit 2 saatlik örneklemeler yapılmıştır.

Havalandırma havuzundan alınan örneklerde; AKM, UAKM, ÇKM, ÇHI analizleri ve hesaplamaları yapılmıştır. Tesis giriş çıkış noktalarından alınan örneklerde; BOİ₅, KOİ, AKM, Cr⁺⁶, toplam Cr, Cd, Pb, Toplam Fe, Zn, Toplam CN⁻, ZSF, pH analizleri yapılmıştır. Aşağıda incelenmiş olan bu parametrelerin sonuçları ile sistemin verimlilik kontrolü izlenmiştir. Alınan örneklerde; Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ndeki Tablo 14.4 kimya sanayi (boya üretimi ve benzerleri), Tablo 14.5 kimya sanayi (boya ham ve yardımcı madde üretimi ve benzerleri), Tablo 21.1 evsel nitelikli atıksuların alıcı ortama deşarj standartlarına ve su ürünleri yönetmeliği ek/6'ya göre değerlendirilmiştir. Tablo 6.1'de deşarj standartları ve Ocak 2009 tarihinde tesis giriş-çıkış noktalarından ve biyolojik arıtma tesisinin havalandırma havuzunda yapılan analiz sonuçları verilmektedir.

Tablo 6.1: Marshall Boya endüstriyel atıksu arıtma tesisi Ocak 2009 tarihli örnekleme verimlilik analiz sonuçları ve SKKY; Tablo 14.4 kimya sanayi (boya üretimi ve benzerleri), Tablo 14.5 kimya sanayi (boya ham ve yardımcı madde üretimi ve benzerleri), Tablo 21.1 evsel nitelikli atıksuların alıcı ortama deşarj standartları, su ürünleri yönetmeliği ek/6.

Örnek	Parametre	BOİ ₅ mg/L	KOI mg/L	AKM mg/L	Krom (Cr ⁺⁶) mg/L	Toplam Krom (Cr) mg/L	Kadmiyu m (Cd) mg/L	Kurşun (Pb) mg/L	Toplam Demir (Fe) mg/L	Çinko (Zn) mg/L	Toplam Siyanür (CN) mg/L	Balık Biyodenyi (ZSF)	pH
	Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Girişi Kopozit Örnek 2 Saatlik	1300	6400	1050	<0,01	0,35	0,136	1,12	37,5	1,54	<0,05	-	12, 2
	Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Çıkışı Kopozit Örnek 2 Saatlik	35	80	10	<0,01	0,035	<0,02	0,049	0,237	0,2	<0,05	2	7,3
	Arıtım Verimliliği	97,33	98,8	99	-	90	85,3	95,6	99,4	87	-	-	-
	1) SKKY*/ Tablo 14.4 Kompozit Örnek 2 saatlik	-	200	60	-	-	-	-	-	-	-	3	6-9
	2) SKKY*/ Tablo 14.4 Kompozit Örnek 24 saatlik	-	150	40	-	-	-	-	-	-	-	-	6-9
	3) SKKY*/ Tablo 14.5 Kompozit Örnek 2 saatlik	-	200	-	0,5	2,0	-	2,0	30	4,0	2,0	6	6-9
	4) SKKY*/ Tablo 14.5 Kompozit Örnek 24 saatlik	-	150	-	0,3	1,0	0,2	1,0	-	3,0	1,0	3	6-9
	5) SKKY*/ Tablo 21.1 Kompozit Örnek 2 saatlik	50	180	70	-	-	-	-	-	-	-	-	6-9
	6) SKKY*/ Tablo 21.1 Kompozit Örnek 24 saatlik	45	120	45	-	-	-	-	-	-	-	-	6-9
	7) SÜY/EK 6 Kabul Edilebilir Değerler	50	170	200	-	0,5	0,05	0,5	-	2,0	0,3	**	6-9
	8) Bileşik Tablo SKKY/Tablo 14.4+14.5+21.1 Kompozit Örnek 2 Saatlik	50	180	60	0,5	2,0	-	2,0	30	4,0	2,0	6	6-9
	8) Bileşik Tablo SKKY/Tablo 14.4+14.5+21.1 Kompozit Örnek 24 Saatlik	45	120	40	0,3	1,0	0,2	1,0	-	3,0	1,0	3	6-9

Tablo 6.1 (Devam): Marshall Boya endüstriyel atıksu arıtma tesisi Ocak 2009 tarihli örneklemenin verimlilik analiz sonuçları ve SKKY;Tablo 14.4 kimya sanayi (boya üretimi ve benzerleri), Tablo 14.5 kimya sanayi (boya ham ve yardımcı madde üretimi ve benzerleri), Tablo 21.1 evsel nitelikli atıksuların alıcı ortama deşarj standartları, su ürünleri yönetmeliği ek/6.

Biyolojik arıtma tesisinin havalandırma havuzunda yapılan ölçüm ve analiz sonuçları:	
Askıda Katı Madde (AKM)	: 9180 mg/L
Uçucu Askıda Katı Madde (UAKM)	: 7525 mg/L
Çökebilir Katı Madde (ÇKM)	: 460 ml/L
Çamur Hacim İndeksi (ÇHİ)	: 50.1 ml/g
Açıklamalar:	
*)SKKY : Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği	
1,2) Tablo 14.4: Sektör : Kimya sanayi (boya üretimi ve benzerleri) atıksularının alıcı ortama deşarj standartları	
3,4) Tablo 14.5 :Sektör : Kimya sanayi (boya hammadde ve yardımcı madde üretimi ve benzerleri)	
5,6) Tablo 21.1:Sektör :Evsel nitelikli atıksularının alıcı ortama deşarj standartları Sınıf 1: Kirlilik yükü ham BOI olarak 5-60 kg/gün arasında, Nüfus < 1000 kişi Kompozit Örnek 2 ve 24 Saatlik	
7) SÜY :Su Ürünleri Yönetmeliği EK/6 : Sulara Boşaltılacak Atıklar İçin Kabul Edilebilir Değerler	
**) Zehirlilik : Seyreltilmemiş atıkta test edilen balıkların saat sonunda % 20'sinden fazlası ölmemelidir.	

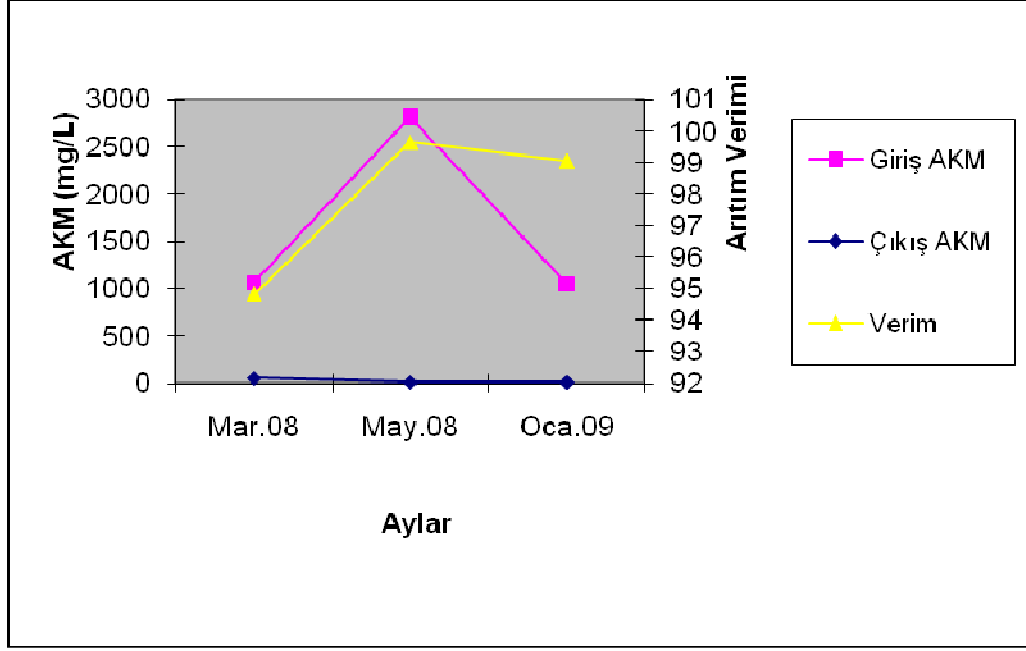
6.1 Fiziksel Parametreler

6.1.1. Askıda katı madde (AKM)

Tesisin giriş ve çıkışından ve havalandırma havuzunda AKM ölçümleri yapılmıştır. AKM'nin arıtım verimi Tablo 6.2 ve Şekil 6.1'de verilmiştir. 3 ay süre ile giriş çıkış olarak yapılan AKM ölçümlerinde giriş AKM ortalaması 1643,3 mg/L, çıkışta 25 olup sistemin AKM giderim verimi yaklaşık % 98'dir. Tesisin AKM giderim verimi yaz mevsimi diğer mevsimlere göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Tablo 6.2: Giriş çıkış noktalarından alınan örneklerde AKM deney sonuçları ve arıtım verimlilikleri

Aylar	Giriş AKM (mg/L)	Çıkış AKM (mg/L)	Arıtım Verimi (%)
Mart 2008	1065	55	94,8
Mayıs 2008	2815	10	99,6
Ocak 2009	1050	10	99,1
Ortalama	1643,3	25	97,83
Standart Sapma	1014,72	25,98	2,64

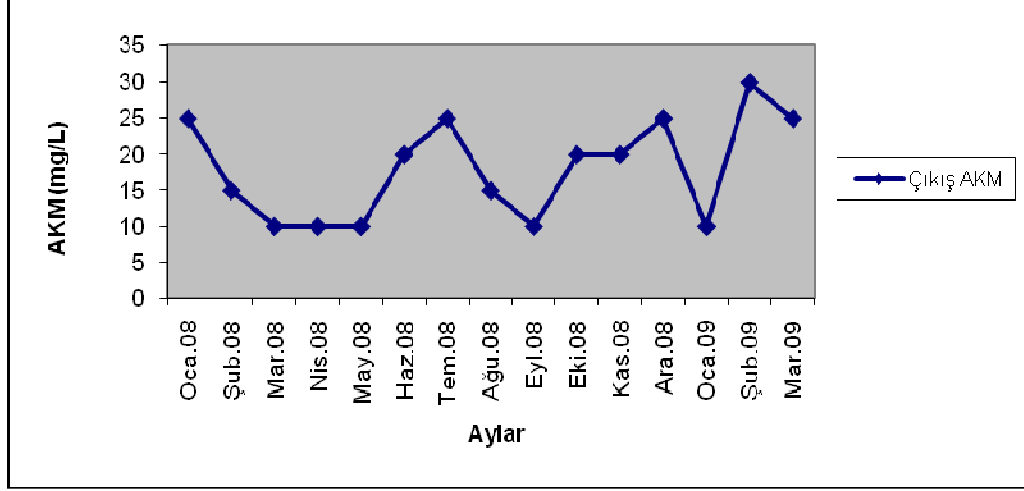


Şekil 6.1: Giriş çıkış noktalarından alınan örneklerde AKM deney sonuçları ve arıtım verimlilikleri

Aylık olarak endüstri arıtma tesisi çıkışından alınan örneklerde yapılan AKM ölçümleri sonucu Tablo 6.3 ve Şekil 6.2’de görülmektedir. Tesis çıkışı AKM ortalaması 18 mg/L’dir. Sınır değerlerin altında kalmaktadır.

Tablo 6.3: Tesis çıkışından alınan örneklerde aylara göre AKM deney sonuçları

Aylar		Çıkış AKM(mg/L)
Ocak	2008	25
Şubat	2008	20
Mart	2008	55
Nisan	2008	10
Mayıs	2008	10
Haziran	2008	15
Temmuz	2008	25
Ağustos	2008	15
Eylül	2008	10
Ekim	2008	20
Kasım	2008	20
Aralık	2008	25
Ocak	2009	10
Şubat	2009	30
Mart	2009	25
Ortalama		18
Standart Sapma		7,02

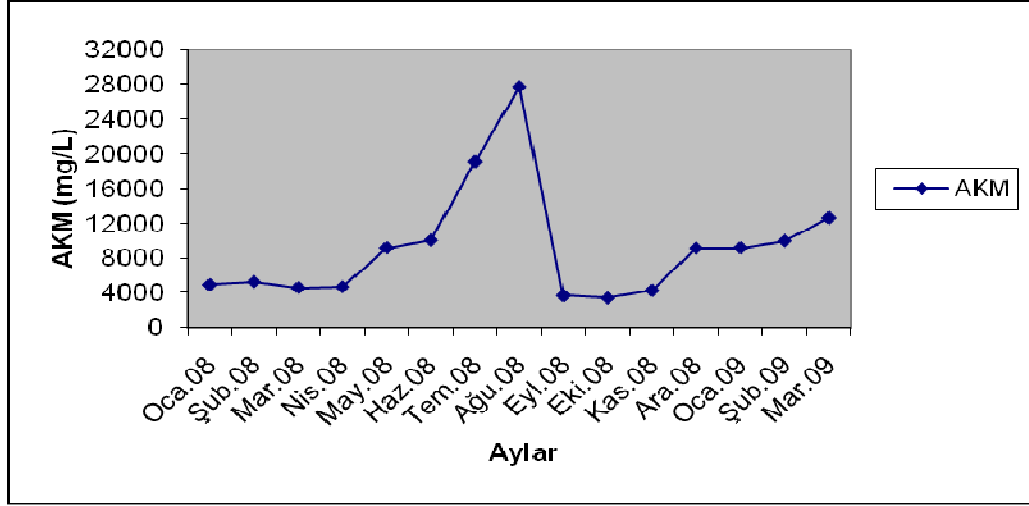


Şekil 6.2: Tesis çıkışından alınan örneklerde aylara göre AKM deney sonuçları

Havalandırma havuzundan alınan örneklerde yapılan AKM deney sonuçlarının aylara göre değişimi Tablo 6.4 ve Şekil 6.3'te verilmiştir. Havalandırma havuzunda bulunan AKM ortalaması 7525,1 mg/L'dır. AKM miktarı haziran, temmuz, şubat ve mart aylarında arttığı gözlenmiştir. Bu aylardaki artış ortamdan çamurun uzaklaştırmasını gerektirmektedir. Ortamdan çamur uzaklaştırılmasıyla aşağıya çekilmiştir.

Tablo 6.4: Havalandırma havuzundan alınan örneklerde aylara göre AKM deney sonuçları

Aylar		AKM (mg/L)
Ocak	2008	4930
Şubat	2008	5270
Mart	2008	4600
Nisan	2008	4685
Mayıs	2008	9180
Haziran	2008	10070
Temmuz	2008	19095
Ağustos	2008	27715
Eylül	2008	3680
Ekim	2008	3400
Kasım	2008	4275
Aralık	2008	9140
Ocak	2009	9180
Şubat	2009	10000
Mart	2009	12600
Ortalama		7525,1
Standart Sapma		4421,63



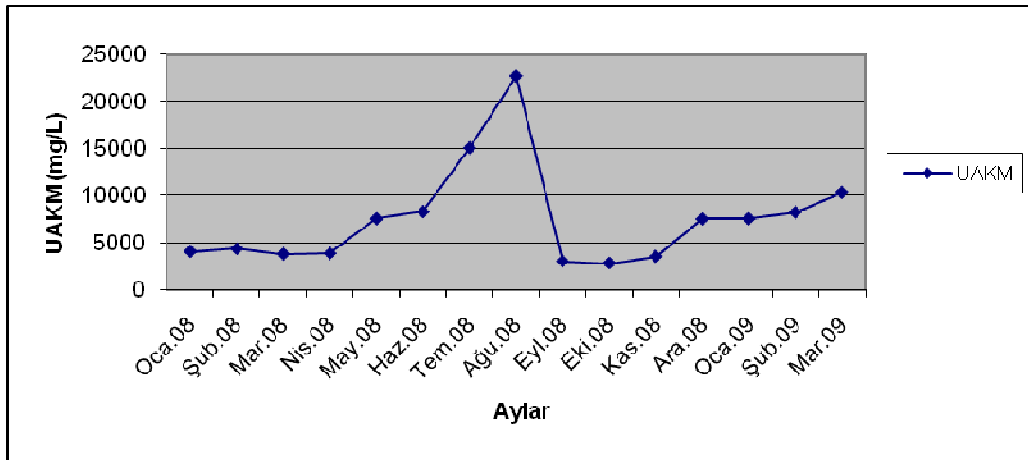
Şekil 6.3: Havalandırma havuzundan alınan örneklerde aylara göre AKM deney sonuçları

6.1.2. Uçucu askıda katı madde (UAKM)

Tesisin havalandırma havuzunda alınan örneklerde UAKM ortalama değeri 7493 mg/L bulunmuştur. UAKM miktarı, son çökeltim havuzundan havalandırma havuzuna yapılan geri devir çamurundan doğrudan etkilenmektedir. Yaz mevsiminde en yüksek değerleri aldığı görülmüştür. Bunun nedeni yazın artan hava sıcaklığıyla mikroorganizma faaliyetlerinin artmasıdır. UAKM'nin en düşük değerleri azalan hava sıcaklığıyla sonbaharda görülmüştür. Yapılan UAKM deney sonuçlarının aylara göre değişimi Tablo 6.5 ve Şekil 6.4' de verilmiştir.

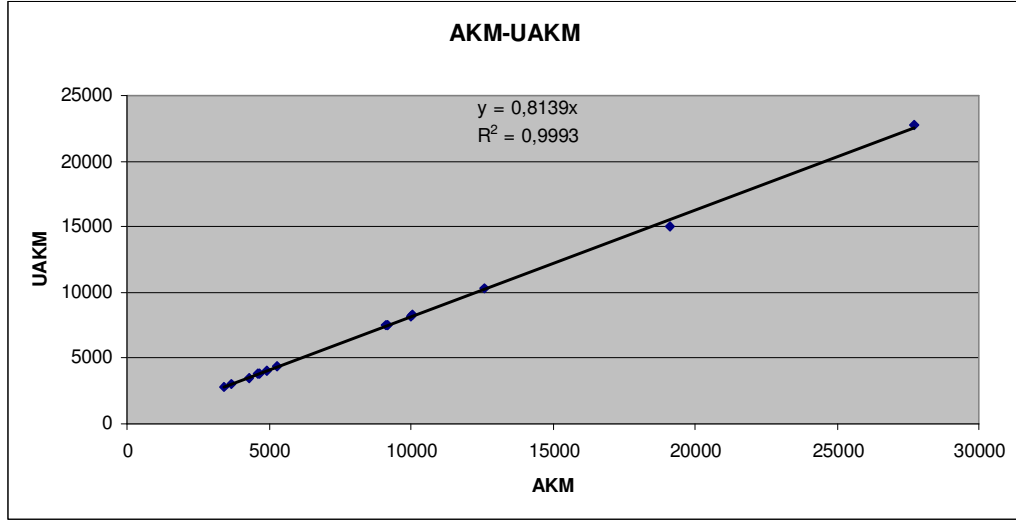
Tablo 6.5: Havalandırma havuzundan alınan örneklerde aylara göre UAKM deney sonuçları

Aylar		UAKM (mg/L)
Ocak	2008	4040
Şubat	2008	4320
Mart	2008	3770
Nisan	2008	3840
Mayıs	2008	7525
Haziran	2008	8260
Temmuz	2008	15065
Ağustos	2008	22725
Eylül	2008	3010
Ekim	2008	2790
Kasım	2008	3500
Aralık	2008	7495
Ocak	2009	7525
Şubat	2009	8200
Mart	2009	10330
Ortalama		7493
Standart Sapma		5384,13



Şekil 6.4: Havalandırma havuzundan alınan örneklerde aylara göre UAKM deney sonuçları

Havalandırma havuzunda alınan örneklerde AKM ile UAKM arasındaki ilişki Şekil 6.5’de gösterilmiştir. Havalandırma havuzunda UAKM’nin, AKM değerinin yaklaşık %81’i olduğu görülmektedir. Eğrinin R^2 değeri 0,9993 ile 1 değerine çok yakın olması havalandırma havuzundaki UAKM ve AKM değerlerinin doğrusal bir korelasyon gösterdiğinin ifadesidir.



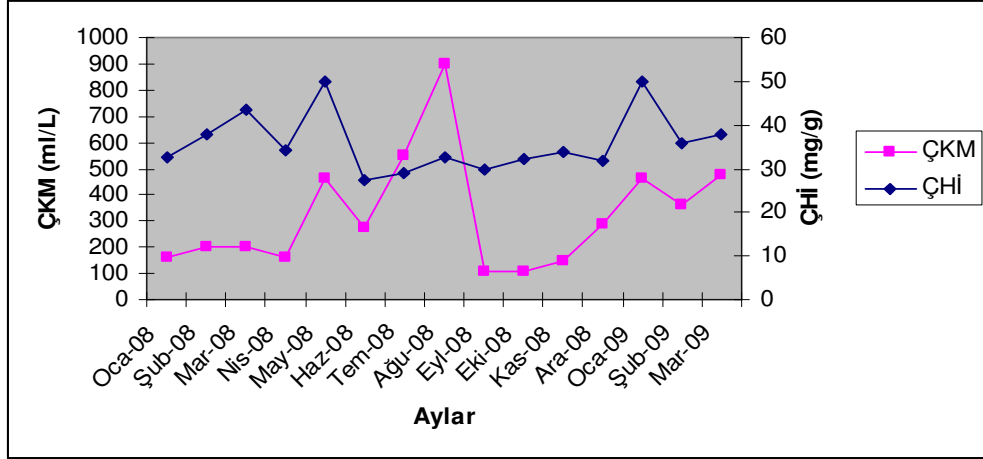
Şekil 6.5: Havalandırma havuzu örneklerinde AKM ve UAKM ilişkisi

6.1.3. Çökebilir katı madde (ÇKM) ve çamur hacim indeksi (ÇHİ)

Tesisin ÇKM ortalaması 323,6 ml/l, ÇHİ ortalaması ise 35,89 ml/g olarak ölçülmüştür. ÇHİ parametresinin AKM miktarıyla yakından ilişkili olduğu görülmüştür. ÇKM değerleri kış mevsimlerinde düştüğü, ÇHİ'nin de azaldığı belirlenmiştir (Tablo 6.6 ve Şekil 6.6).

Tablo 6.6: Havalandırma havuzundan alınan örneklerde aylara göre ÇKM ve ÇHİ deney sonuçları

Aylar	ÇKM (ml/L)	ÇHİ (ml/g)
Ocak 2008	160	32,45
Şubat 2008	200	37,95
Mart 2008	200	43,5
Nisan 2008	160	34,2
Mayıs 2008	460	50,1
Haziran 2008	275	27,3
Temmuz 2008	550	28,8
Ağustos 2008	900	32,47
Eylül 2008	110	29,89
Ekim 2008	110	32,35
Kasım 2008	145	33,9
Aralık 2008	290	31,7
Ocak 2009	460	50,1
Şubat 2009	360	36
Mart 2009	475	37,7
Ortalama	323,6	35,89
Standart Sapma	216,4	7,02



Şekil 6.6: Havalandırma havuzundan alınan örneklerde aylara göre ÇKM ve ÇHI deney sonuçları

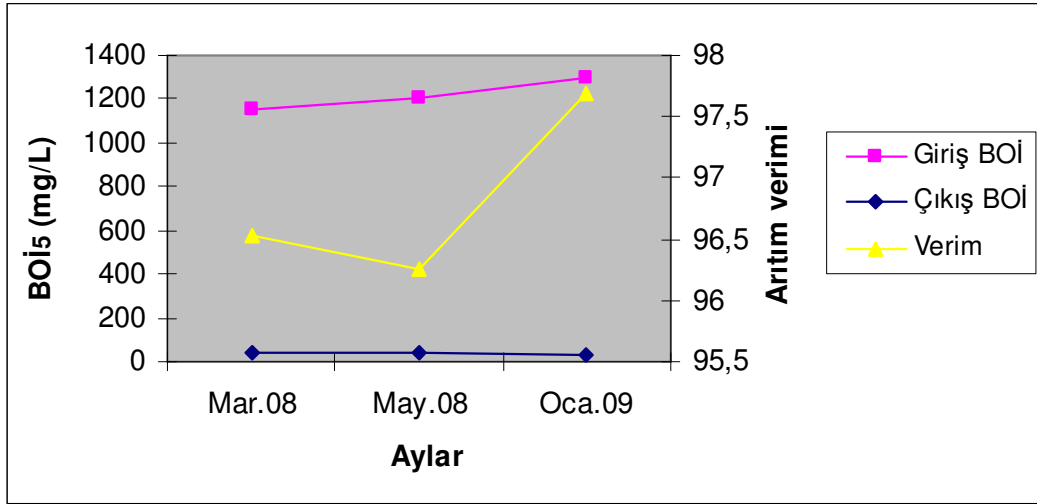
6.2. Kimyasal Parametreler

6.2.1. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ₅)

Endüstriyel arıtma tesisten 3 ay süre ile giriş ve çıkışından giriş çıkış olarak yapılan BOİ₅ ölçümlerinde giriş BOİ₅ ortalaması 1246,6 mg/L; çıkış ortalaması ise 38,3 mg/L olup sistemin BOİ₅ giderim verimi yaklaşık % 97'dir. BOİ₅'nin arıtım verimi Tablo 6.7 ve Şekil 6.7'de verilmiştir.

Tablo 6.7: Giriş çıkış noktalarından alınan örneklerde BOİ₅ deney sonuçları ve arıtım verimlilikleri

Aylar	Giriş BOİ ₅ (mg/L)	Çıkış BOİ ₅ (mg/L)	Arıtım Verimi (%)
Mart 2008	1150	40	96,5
Mayıs 2008	1200	45	96,3
Ocak 2009	1300	35	97,7
Ortalama	1246,6	38,3	96,8
Standart Sapma	76,37	7,63	0,76

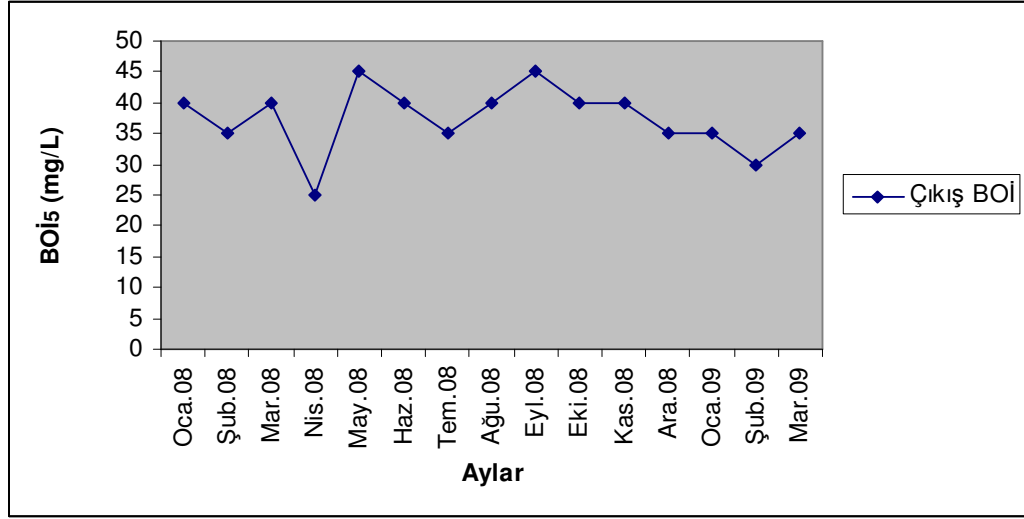


Şekil 6.7: Giriş çıkış noktalarından alınan örneklerde BOI₅ deney sonuçları ve arıtım verimlilikleri

Aylık olarak tesis çıkışından alınan örneklerde yapılan BOI₅ ölçümleri sonucu Tablo 6.8 ve Şekil 6.8’de görülmektedir. Tesis çıkışı BOI₅ ortalaması 37,3 mg/L’dir. Çıkış BOI değerleri 25-40 mg/L arasında değişmekte ve SKKY standartlarını sağlamakta

Tablo 6.8: Endüstriyel arıtma tesisi deşarj noktasından alınan atıksu örneklerinde aylara göre BOI₅ deney sonuçları

Aylar		Çıkış BOI ₅ (mg/L)
Ocak	2008	40
Şubat	2008	35
Mart	2008	40
Nisan	2008	25
Mayıs	2008	45
Haziran	2008	40
Temmuz	2008	35
Ağustos	2008	40
Eylül	2008	45
Ekim	2008	40
Kasım	2008	40
Aralık	2008	35
Ocak	2009	35
Şubat	2009	30
Mart	2009	35
Ortalama		37,3
Standart Sapma		5,3



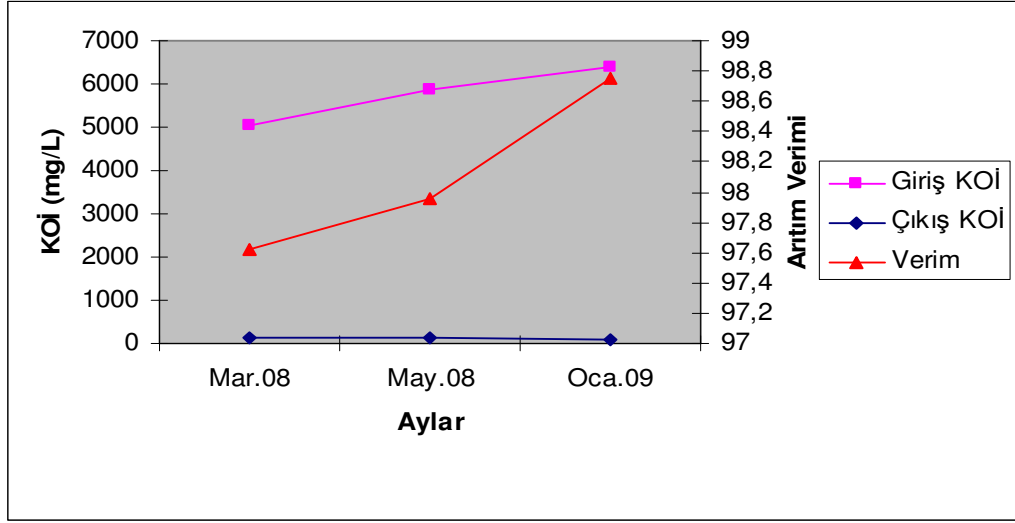
Şekil 6.8: Tesis çıkışından alınan örneklerde aylara göre BOI₅ deney sonuçları

6.2.2. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)

Tesisten 3 ay süre ile giriş ve çıkışından giriş çıkış olarak yapılan KOİ ölçümlerinde giriş KOİ ortalaması 5768,3 mg/L; çıkış ortalaması ise 106,6 mg/L olup sistemin KOİ giderim verimi % 98'dir. KOİ arıtım verimi Tablo 6.9 ve Şekil 6.8'de verilmiştir

Tablo 6.9: Giriş çıkış noktalarından alınan örneklerde KOİ deney sonuçları ve arıtım verimlilikleri

Aylar	Giriş KOİ (mg/L)	Çıkış KOİ (mg/L)	Arıtım Verimi (%)
Mart 2008	5040	120	97,6
Mayıs 2008	5865	120	97,9
Ocak 2009	6400	80	98,7
Ortalama	5768,3	106,6	98,1
Standart Sapma	685,13	23,09	0,58

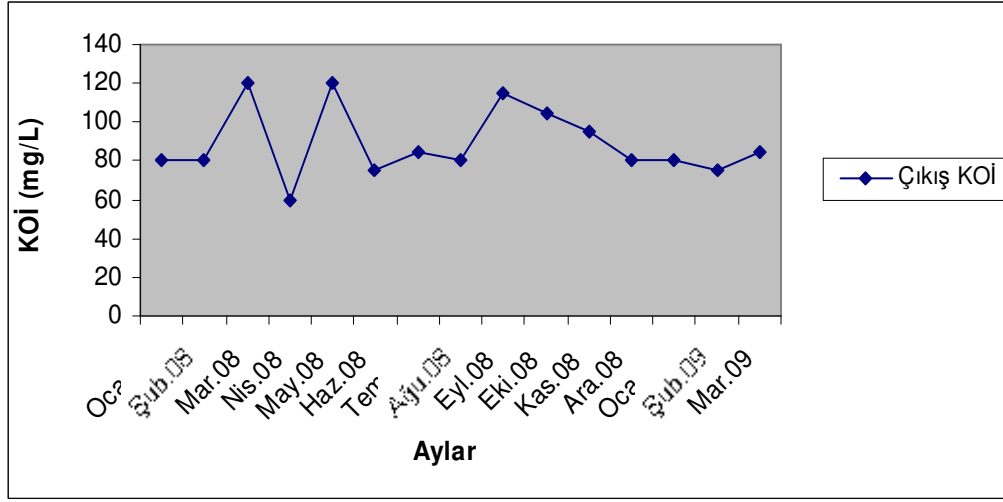


Şekil 6.9: Giriş çıkış noktalarından alınan örneklerde KOİ deney sonuçları ve artım verimlilikleri

Aylık olarak tesis çıkışından alınan örneklerde yapılan KOİ ölçümleri sonucu Tablo 6.10 ve Şekil 6.10'de görülmektedir. Tesis çıkışı KOİ ortalaması 89 mg/L'dir. Deşarj standart değerlerini sağlamaktadır

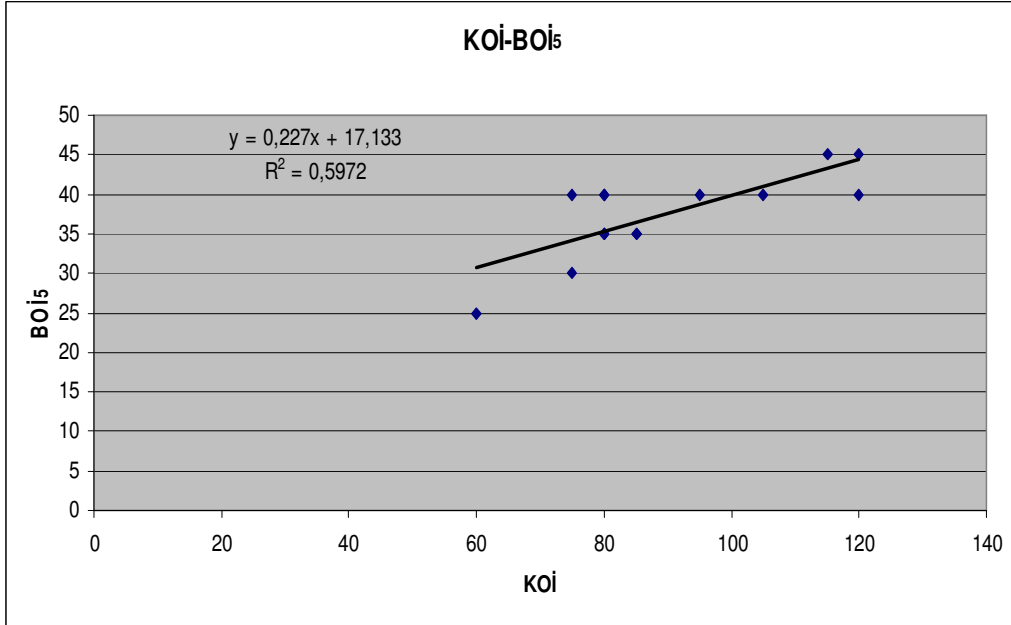
Tablo 6.10: Tesis deşarj noktasından alınan atıksu örneklerinde aylara göre KOİ deney sonuçları

Aylar		Çıkış KOİ (mg/L)
Ocak	2008	80
Şubat	2008	80
Mart	2008	120
Nisan	2008	60
Mayıs	2008	120
Haziran	2008	75
Temmuz	2008	85
Ağustos	2008	80
Eylül	2008	115
Ekim	2008	105
Kasım	2008	95
Aralık	2008	80
Ocak	2009	80
Şubat	2009	75
Mart	2009	85
Ortalama		89
Standart Sapma		18,04



Şekil 6.10: Tesis deşarj noktasından alınan örneklerinde aylara göre KOİ deney sonuçları

KOİ ve BOİ arasındaki ilişki Şekil 6.11’de verilmiştir. Buradan da görülebileceği gibi KOİ, BOİ değerleri arasında dağınık bir korelasyon vardır. BOİ₅ değeri KOİ değerinin yaklaşık % 30’udur.



Şekil 6.11: Tesis çıkış numunelerinde BOİ₅ ile KOİ arasındaki ilişki

6.2.3. pH

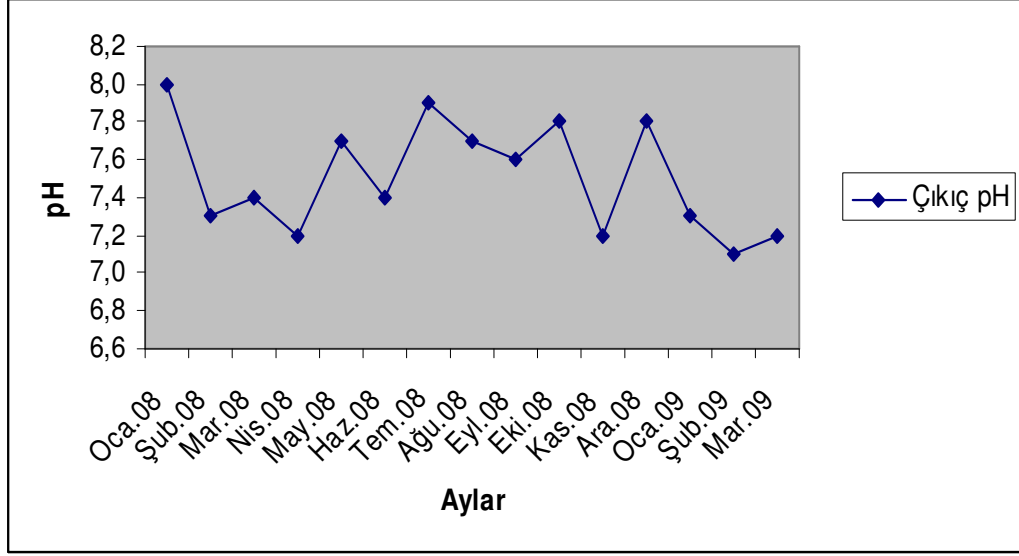
Tesiste giriş çıkış pH'ları Tablo 6.11'de verilmiştir. Tablo 6.12 ve Şekil 6.12'de görüldüğü gibi, sistemin çıkış pH'ı 8,0-7,1 arasında değişmektedir. Ortalama pH değeri yaklaşık 7,5'dir. Tesis çıkış pH'ları SKKY'deki 6-9 arasında olan deşarj standardını sağlamaktadır.

Tablo 6.11: Tesis giriş-çıkış pH değişimleri

Aylar		Giriş pH	Çıkış pH
Mart	2008	7,7	7,4
Mayıs	2008	7,7	7,4
Ocak	2009	12,2	7,3
Ortalama		9,2	7,36
Standart Sapma		2,59	0,06

Tablo 6.12: Tesis çıkış pH sonuçlarının aylara göre değişimleri

Aylar		pH
Ocak	2008	8,0
Şubat	2008	7,3
Mart	2008	7,4
Nisan	2008	7,2
Mayıs	2008	7,7
Haziran	2008	7,4
Temmuz	2008	7,9
Ağustos	2008	7,7
Eylül	2008	7,6
Ekim	2008	7,8
Kasım	2008	7,2
Aralık	2008	7,8
Ocak	2009	7,3
Şubat	2009	7,1
Mart	2009	7,2
Ortalama		7,5
Standart Sapma		0,29



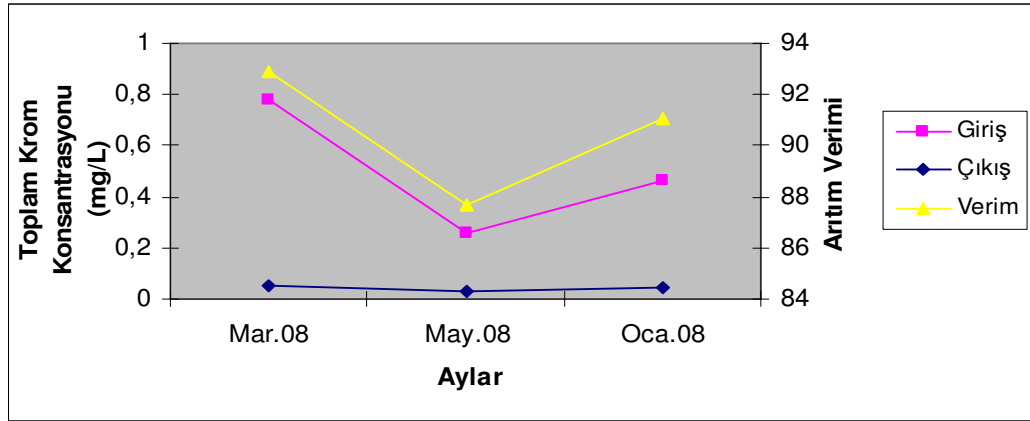
Şekil 6.12: Tesis çıkış pH sonuçlarının aylara göre değişimlerinin şematik görünümü

6.2.4. Metaller

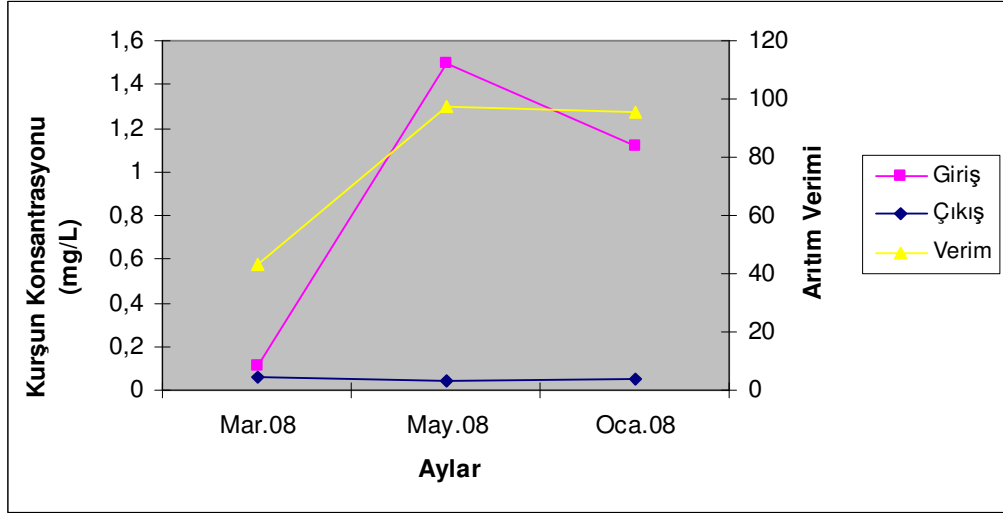
Tesis girişinde çıkışında SKKY’de belirtilen metallerin (Cr^{+6} , Cr, Cd, Pb, Fe, Zn, CN⁻) konsantrasyonlarına bakılmıştır. 3 aylık sürede Krom (+6) ve siyanüre (CN⁻) giriş ve çıkışta rastlanmamıştır. Girişte çinko ve kadmiyuma Mart 2008 ile Mayıs 2008’de rastlanmamıştır. Ocak 2009’da giriş numunelerinde rastlanmasına karşın çıkışta bu metaller görülmemiştir. Çinko ve kadmium girişte görülmesi ocak ayında fabrikada üretim az olmasından kaynaklanmaktadır. Tesis giriş-çıkış ve metal arıtım verimlilikleri Tablo 6.13 ve toplam krom, kurşun ve toplam demir için Şekil 6.13, 6.14, 6.15’de verilmiştir.

Tablo 6.13: Tesis giriş-çıkış metal konsantrasyonları ve artım verimlilikleri

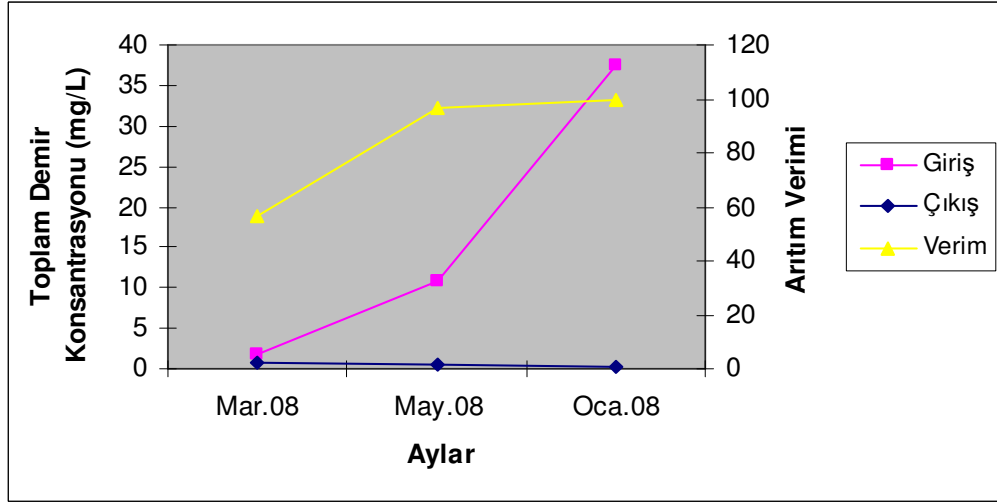
Parametreler	Örnek Alma Noktası	Birim	Aylar			Ortalama	Standart Sapma
			Mart 2008	Mayıs 2008	Ocak 2009		
Krom (Cr⁺⁶)	Giriş	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	--
	Çıkış	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	--
	Verim	%	--	--	--	--	--
Toplam Krom (Cr)	Giriş	mg/L	0,778	0,26	0,35	0,46	0,3
	Çıkış	mg/L	0,055	0,032	0,035	0,041	0,01
	Verim	%	92,9	87,7	90	90,2	2,62
Kadmiyum (Cd)	Giriş	mg/L	<0,02	<0,02	0,136	0,04	--
	Çıkış	mg/L	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	--
	Verim	%	--	--	85,3	--	--
Kurşun (Pb)	Giriş	mg/L	0,109	1,5	1,12	0,91	0,72
	Çıkış	mg/L	0,062	0,042	0,049	0,051	0,01
	Verim	%	43,1	97,2	95,6	78,64	30,77
Toplam Demir (Fe)	Giriş	mg/L	1,670	10,9	37,5	16,69	18,6
	Çıkış	mg/L	0,719	0,378	0,237	0,44	0,25
	Verim	%	56,9	96,5	99,4	84,3	23,7
Çinko (Zn)	Giriş	mg/L	<0,2	<0,2	1,54	0,5	--
	Çıkış	mg/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	--
	Verim	%	--	--	87,0	--	--
Toplam Siyanür (CN)	Giriş	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	--
	Çıkış	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	--
	Verim	%	--	--	--	--	--



Şekil 6.13: Giriş çıkış noktalarından alınan atıksu örneklerinde toplam krom (Cr) deney sonuçları



Şekil 6.14: Giriş çıkış noktalarından alınan atıksu örneklerinde kurşun (Pb) deney sonuçları

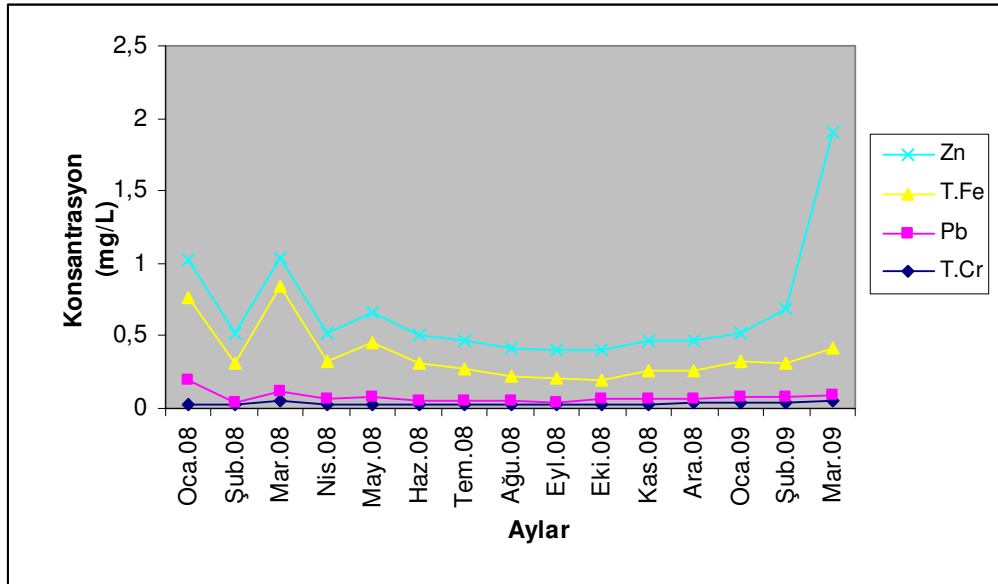


Şekil 6.15: Giriş çıkış noktalarından alınan atıksu örneklerinde toplam demir (Fe) deney sonuçları

Tesis çıkışında aylık olarak ölçülen metal derişimleri Tablo 6.14'da verilmiştir. Tesis çıkışında belirlenen metallerin derişim grafiği Şekil 6.16'da verilmiştir

Tablo 6.14: Tesis çıkışı metal ve toplam siyanür konsantrasyonlarının aylara göre ölçüm sonuçları

Aylar	Metal	Krom (Cr ⁺⁶)	Toplam Krom (Cr)	Kadmiyum (Cd)	Kurşun (Pb)	Toplam Demir (Fe)	Çinko (Zn)	Toplam Siyanür (CN ⁻)
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Ocak	2008	<0,01	0,03	<0,02	0,160	0,58	0,25	<0,05
Şubat	2008	<0,01	<0,03	<0,02	0,014	0,273	<0,2	<0,05
Mart	2008	<0,01	0,055	<0,02	0,062	0,719	<0,2	<0,05
Nisan	2008	<0,01	<0,03	<0,02	0,036	0,257	<0,2	<0,05
Mayıs	2008	<0,01	0,032	<0,02	0,045	0,378	<0,2	<0,05
Haziran	2008	<0,01	0,022	<0,02	0,026	0,259	<0,2	<0,05
Temmuz	2008	<0,01	0,028	<0,02	0,02	0,221	<0,2	<0,05
Ağustos	2008	<0,01	<0,03	<0,02	0,026	0,160	<0,2	<0,05
Eylül	2008	<0,01	<0,03	<0,02	0,012	0,165	<0,2	<0,05
Ekim	2008	<0,01	<0,03	<0,02	0,031	0,135	<0,2	<0,05
Kasım	2008	<0,01	<0,03	<0,02	0,033	<0,1	<0,2	<0,05
Aralık	2008	<0,01	0,034	<0,02	0,029	<0,1	<0,2	<0,05
Ocak	2009	<0,01	0,035	<0,02	0,049	0,237	<0,2	<0,05
Şubat	2009	<0,01	0,036	<0,02	0,038	0,232	0,385	<0,05
Mart	2009	<0,01	0,049	<0,02	0,045	0,315	1,5	<0,05
Ortalama		<0,01		<0,02	0,04			<0,05
Standart Sapma		--		--	0,035			--



Şekil 6.16: Tesis çıkışı atıksu örneklerinde belirlenen metal konsantrasyonlarının aylara göre ölçüm sonuçları

6.3. Biyolojik Parametreler

6.3.1. Balık biyodenyeyi (ZSF)

Tesis çıkış suyunda yapılan ZSF deney sonuçları Tablo 6.15'te gösterilmiştir. Bu değerlere göre çıkış suları standardı sağlamaktadır.

Tablo 6.15: Tesis çıkış atıksu örneklerinde ZSF deney sonuçlarının aylara göre değişimleri

Aylar		ZSF
Ocak	2008	1,0
Şubat	2008	2,0
Mart	2008	1,0
Nisan	2008	2,0
Mayıs	2008	2,0
Haziran	2008	2,0
Temmuz	2008	2,0
Ağustos	2008	2,0
Eylül	2008	2,0
Ekim	2008	2,0
Kasım	2008	1,0
Aralık	2008	1,0
Ocak	2009	2,0
Şubat	2009	2,0
Mart	2009	2,0
Ortalama		1,7
Std. Sapma		0,46

6.4. MARSHALL Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisinde İşletme Sorunları

6.4.1. Fiziksel arıtma birimi

6.4.1.1. Aşırı yük kayıplarının oluşması

Arıtma tesisine; prosten endüstriyel atıksu ile kullanım sonucu oluşan evsel atıksular gelmektedir. Yağmur suları ise yağmur suyu kanalı ile dereye akmaktadır. Sistemde aşırı yük kayıplarının oluşması dört nedene bağlanmıştır. Bu nedenler ve çözüm yolları aşağıda belirtilmiştir.

Sonbahar mevsimine bağlı olarak görülen ani ve aşırı yağlar ve bu yağışlarla gelen süprüntü maddelerin sisteme gelmesidir. Aşırı yağış görüldüğünde bu sorunun için

atıksu dengeleme birimlerinin devreye alınmasıyla önlenabilir. Yağışlarla gelen süprüntü maddeler söz konusu ise bu durumda sistemin temizlenme sıklığı arttırılmalıdır.

Tesiste bu sorunun bir diğer nedeni de yağmur suyunun kanalından sanayi suyu kanalına karışmasıdır. Bu durumda tesise gelen proses atıksu debisi artarak ve arıtma işlemlerine yük getirmektedir. Bu sorunun önlenmesi için atıksu kanallarının sızdırmazlığı kontrol edilmeli herhangi bir kaçak söz konusu ise kaçak noktaları kapatılmalıdır. Arıtma tesisine gelen debi değişimi Tablo 2.11’de görülmektedir. Sonbahar ve kış aylarında arttığı görülmektedir.

Marshall bünyesinde işletilmekte olan arıtma tesisi kesikli olarak çalışmakta çalışma süresi 8 saattir. Gece biriken atıksu gün içinde tesise gelen atıksu ile birleştiğinde debi artışına nadir de olsa neden olabilmektedir. Bu durumda arıtma tesisi zaman zaman vardiya sistemiyle çalıştırılarak oluşabilecek sorunun önüne geçilebilir.

6.4.1.2. Organik madde çökmesi

Yağ tutucuda organik madde çökmesiyle çamur birikmesinin iki sebebi bulunmaktadır. Bunlardan ilki yağ tutucuda ölü noktaların oluşması, diğeri yağ tutucu tabanının dikdörtgen olarak tasarlanması ve bu şekilde kullanılmasıdır. Bu nedenlerin ortadan kaldırmak için ölü noktalar tespit edilerek saptırıcılar konulabilir veya yağ tutucu tasarımının değiştirilebilir.

Marshall Boya endüstriyel atıksu arıtma tesisinin yağ tutma tankı Şekil 6.17 ve 6.18’ de görüldüğü gibi dikdörtgen tabana çamur birikmiştir. Yağ tutucuda organik madde çökmesi; yağ tutucunun tabanında çamur birikmesine neden olmuş, bu çamurun uzaklaştırılması yağ tutucu tabanının kesilerek sağlanmıştır. Ekim 2008’de yağ tutucu devreden çıkarılmıştır. Yağ tutucu tabanı koni olarak yeniden tasarlanmış ve Şubat 2009’da devreye alınmıştır (Şekil 6.19, 6.20). Yağ tutucunun sistemden sökülmesi ve tasarımının değiştirilerek tekrar sisteme bağlanması arasında geçen sürede proses atıksuyu havalı pompa ile doğrudan kimyasal arıtmaya alınmıştır.



Şekil 6.17: Dikdörtgen tabanlı yağ tutucu görünümü



Şekil 6.18: Yağ tutucuda organik madde çökmesi



Şekil 6.19: Konik tabanlı yağ tutucu görünümü-1



6.20: Konik tabanlı yağ tutucu görünümü-2

Organik madde çökmesi dengeleme tankında çamur birikmesine neden olmaktadır. Yağ tutucunun tasarımı değiştirilip devreye alındığı Şubat 2009'dan itibaren bu sorunla karşılaşılmamıştır.

6.4.1.3. Katı madde kaçakları

Fiziksel arıtmada görülen katı madde kaçakları atıksuyun karakterisinden kaynaklanmaktadır. Plastik ambalaj malzemelerinin yıkanıp parçalanmasından sonra atıksuya karışan plastiklerin yağ tutucudan kaçmaktadır.

Yağ tutucuda tutulamayan katı madde parçaları daha sonra gelen ekipmanlarda tıkanmalara yol açabilecektir. Bu durumda filtrelerin temizleme sıklığının artırılarak bu sorunun önüne geçilebilir.

6.4.1.4. İşletimsel sorunlar

Arıtma tesisinin işletilmesi sırasında pompa tıkanmaları görülebilmektedir. Bu sorunun temel nedeni atıksu karakteridir. Pompaların temizleme sıklığının yetersizliğidir de bu soruna yol açabilir.

Pompaların tıkanması durumunda devreye alınacak yedek pompaların bulundurulması, pompaların temizleme sıklığının artırılması ve bakımlarının aksatılmaması ile bu sorunun önüne geçilebilir

6.4.1.5. Koku

Atıksu arıtma tesisinde zaman zaman hissedilen koku; yaz mevsiminde gözlenen yüksek hava sıcaklığından kaynaklanabilmektedir. Bu durumda tesiste koku oluşan bölüm kapatılarak kokunun yayılmasının azaltılabilir.

Arıtma tesisinde oluşan kokunun bir diğer nedeni de, yüksek KOİ'li atıksularının (reaksiyon suları) arıtma sistemine verilmeden önce KOİ'sinin düşürüldüğü ön arıtma biriminde ki yüksek fan hızıdır. Ksilenli atıksularındaki KOİ'yi arttıran toluen gibi uçucu organik bileşikler hızla atıksudan uzaklaştığından ortama koku yaymaktadır. Ön arıtma biriminde işlev gören fanının hızı azaltılarak bu sorunun önüne geçilmiştir.

6.4.2. Kimyasal arıtma birimi

6.4.2.1. Koagülasyon- flokülasyon işlemi sonunda oluşan flokların küçük olması ve iyi çökelememesi

Koagülasyon - flokülasyon işlemi sonunda oluşan flokların küçük olması ve iyi çökelememesi sonucu kimyasal arıtma çıkışı istenen seviyede alamamaktadır.

Boya endüstrisindeki çeşitli üretim aşamalarından farklı ve değişken karakterde atıksu tesise gönderilmesi bu soruna neden olabilmektedir. Buna bağlı olarak koagülant miktarının yetersizliği söz konusu olabilir. Bu durumda flokların küçük olması ve çökelememesi sorununa yol açar. Yapılacak olan jar-testi ile atıksu için uygun olan kimyasal ve dozajı tekrar belirlenmeli, belirlenen miktarda koagülant ilave edilerek karıştırma ve çöktürme işlemlerinin tekrarlanmalıdır.

Karıştırıcıların hızlı ve yavaş devirdeki hız ayarsızlığı, karıştırma süresinin gereğinden uzun tutulması da bu soruna yol açacaktır. Karıştırıcı dönüş hızlarının kontrol edilmelidir. Karıştırıcıların dönüş hızları; hızlı devirde 100 dev./dk., yavaş devirde ise 25 dev./dk.'dan farklı ise tekrar ayarlanmalıdır.

Bu sorun atıksuyun pH'ından da kaynaklanabilir. Bu durumda atıksu pH'ı kontrol edilmeli, jar testlerinde belirlenen pH değerinin ayarlanarak ve koagülasyon flokülasyon işlemlerinin tekrarlanmasıyla sorun giderilecektir.

6.4.2.2. Flokların geç oluşması

Flokülasyon işleminde anyonik polielektrolit ilave edilerek yavaş karıştırma ile birlikte flok oluşması beklenir. Bu işlemde oluşması beklenen flokların geç oluşması fazla miktarda kimyasal ilavesinden kaynaklanmaktadır. Bu durumda optimum kimyasal dozajının belirlenmesi önemlidir. Yapılacak olan jar testi ile optimum kimyasal dozajı belirlenmeli ve uygulamaya konulmalıdır.

6.4.2.3. Çöktürme süresinin sonunda atıksu yüzeyinde çökelemeyen bir flok tabakasının oluşması

Kimyasal arıtmada çöktürme sonunda atıksu yüzeyinde çökelemeyen flok oluşumunun görülmesi istenmeyen bir durumdur. Çöktürme süresinin sonunda yüzeyel gerilim nedeniyle flok çökelmelerinin engellenmesidir. Bu soruna; atıksuya eklenen fazla miktardaki koagülanttır.

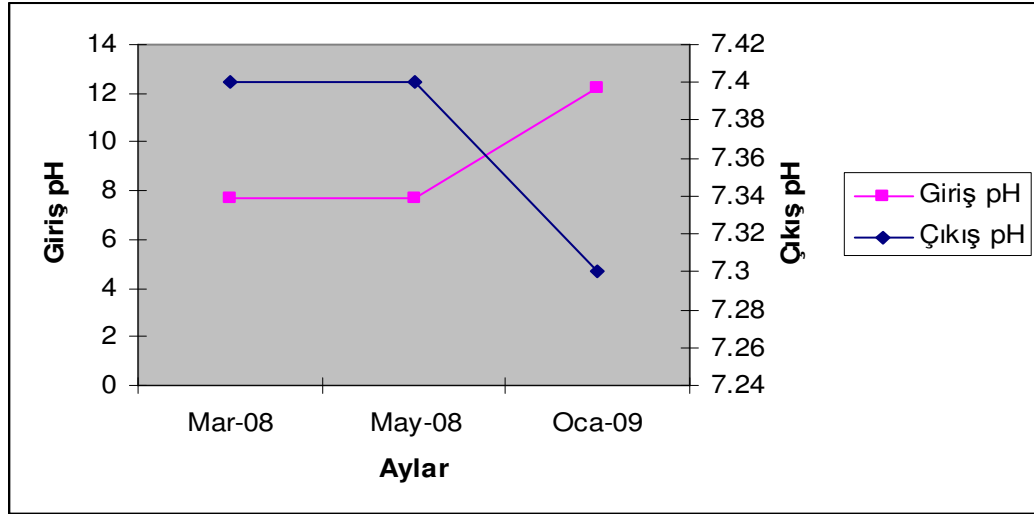
Oluşan bu sorun su yüzeyinin hafifçe karıştırılıp flokların çökmesinin beklenmesiyle çözülmektedir. Jar-test sonuçlarına göre optimum koagülant ilave edilerek bu sorunun oluşması engellenebilir.

6.4.2.4. pH

Üretim çeşitliliğinden kaynaklı atıksu karakterindeki değişikliklere neden olmaktadır. Karşılaşılan sorunlardan biriside prosten gelen atıksuyun pH'ının yüksek olmasıdır. bu durumda atıksu pH'ı H₂SO₄ ile istenen değere düşürüldükten sonra arıtmaya alınmasıdır.

Tablo 6.11'de görüldüğü gibi Ocak 2009'da yapılan örneklemede pH'ın; Mart 2008 ve Mayıs 2008 değerlerine kıyasla yüksek olduğu gözlenmiştir (Şekil 6.21). Bu

yükselme 1 Ocak 2009 Yılbaşı Tatili dönüşü prosesten kostikli yıkama atıksuyunun gelmesidir. Yüksek pH'a sahip atıksuya sülfürik asit ile pH değeri 7-8 arasına düşürüldükten sonra arıtmaya alınmıştır.



Şekil 6.21: Tesis giriş-çıkışı pH değişimleri.

6.4.3. Biyolojik arıtma birimi

6.4.3.1. Köpük oluşumu

Aktif çamur sisteminde ki havalandırma havuzunda köpük oluşumu görülme nedenleri prosesten gelen ham atıksuyun karakterinden kaynaklanmaktadır. Deterjan hammaddesinin üretimde kullanıldığı ester atıksuları ve işletmede oluşan temizlik suları atıksuyun karakterini değiştirerek köpük sorununa neden olur.

Havalandırma havuzunda köpük oluşumu görüldüğünde tesiste köpük kırıcılar kullanılabilir. İki havalandırma havuzu bulunan tesiste, köpük kırıcı her havuza iki litre olarak kullanılmaktadır. Bu sorunun bir diğer çözümü de havuz etrafında su spreleri yerleştirmektir. Havalandırma havuzundaki katı madde oranını çamur geri devri ile arttırmak bu sorunu çözecektir.

6.4.3.2. Çamur yükselmesi:

Havalandırma havuzunda görülebilen çamur yükselmesine mevsimsel değişiklere bağlı olarak oluşabileceği gibi pompa arızaları sonucu çamurun uzaklaştırılmaması olabileceği gibi, çamur yaşının yüksek olması da bu soruna neden olabilecektir.

Bu sorunla karşılaşıldığında pompalarda tıkanma varsa yedek pompaların devreye alınmasıyla sorun çözülebilir. Ve ortamdan çamur uzaklaştırılması sıklaştırılmalıdır. Çamur yaşının yüksek olması durumunda çamur yaşı azaltılmalı veya F/M oranı artırılmalıdır.

6.4.3.3. Prosesten gelen atıksu karakteri

Prosesten gelen atıksu karakteri mikroorganizmalarının ve azalmasına neden olacak karakter kazanabilmektedir. Üretimde kullanılan ve atıksuya geçen anti- bakteriyeller buna neden olurken, atıksuyun içeriğindeki besin maddelerinin fazla veya yetersiz olması mikroorganizmaların aktivitelerinin inhibe edecektir.

Ortamda anti- bakteriyellerin olması durumunda sistemin alıştırma sürelerinin ve inhibasyon seviyelerinin belirlenmesi bir ölçüde sorunu giderecektir. Ortamda besin maddesi yetersiz ise ortama N ve P gübreleri eklenerek eksik olan besin ilave edilir. Besin maddelerinin fazla olması durumunda nitrifikasyon, denitrifikasyon işlemlerinin yardımıyla fazla besin giderilebilir.

6.4.3.4. Çökelme sorunları

Aktif çamur prosesinde pompa arızaları veya çamurun uzaklaştırılmamasındaki aksaklıklar çamur yaşının artmasına neden olmaktadır. Bu durum çökelmeye bırakılan aktif çamurun çökelemesini engelleyecektir.

Çamur yaşı yüksekliği, ortamdan fazla çamurun uzaklaştırılmasıyla düşürülebilmektedir. Çamurun ortamdan uzaklaştırılması ile birlikte havalandırma havuzundaki türbülansın yükseltilmeli ve aktif çamurun çöktürme süresinin

uzatılmalıdır. Havalandırma havuzundaki çamurun çökelme yeteneği yapılacak olan ÇHI hesaplamalarıyla kontrol edilmesi ve ortamdaki çamur uzaklaştırılması aksatılmamalıdır.

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Sonuçlar

Bu çalışma kapsamında atıksu arıtma tesislerinde karşılaşılan işletme sorunları çözüm önerileri ile birlikte verilmiştir. Marshall atıksu arıtma tesisi verimlilik kontrolü ve işletme sorunları yönünden incelemiştir. Tesisin değerlendirmesi SKKY' de belirlenen parametrelerle yapılmıştır. Deneysel çalışmaların değerlendirilmesi sonucunda üç aylık süre ile sistemin giderim verimi, aylık olarak sistemin çıkış atıksuyu değerleri, ortalama ve standart sapma değerleri Excel programından yararlanılarak hesaplanmış, sonuçlar tablo ve grafiklerle verilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

1. Sistemin ortalama olarak, parametre esasına göre arıtım verimlilikleri sırasıyla AKM % 98, BOİ i %97, KOİ % 98, toplam krom %90, kurşun % 79, toplam demir % 84 olduğu belirlenmiştir. Arıtma girişinde ve çıkışında krom (+6) ve toplam siyanür görülmemiştir. 2009 Ocak ayında kadmiyum ve çinkoya rastlandığı halde tesis çıkışında rastlanmamıştır. Tesis çıkışından alınan örneklerde pH' yasal sınırlar arasında olduğu gözlenmiştir.
2. Sistemin giriş ve çıkış noktalarından alınan örneklerdeki AKM deneyleri sonuçlarında, giriş değerleri 2815-1050 mg/L, çıkış değerleri ise 10-55 mg/L arasında değişmektedir. Arıtım veriminin ise % 95-99 arasında olduğu deneysel olarak belirlenmiştir.
3. Havalandırma havuzundan alınan örneklerdeki AKM değerleri 27715-3400 mg/L, UAKM değerleri 22715-3010 mg/L arasında değiştiği belirlenmiştir. Ağustos ayında AKM ve UAKM değerlerinin en yüksek seviyeye ulaştığı gözlenmiştir. Hava sıcaklığına bağlı olarak mikroorganizmalarının aktivitelerinin artışı bu değerlerin yükselmesine neden olmaktadır. UAKM değerinin AKM değerinin %

79-82'si olduğu görülmektedir. ÇKM' nin 110-900 ml/L arasında değiştiği belirlenmiştir. ÇKM' nin de ağustos ayında en yüksek değerine ulaştığı belirlenmiştir. ÇHİ'nin 27-50 arasında değişim göstermiştir. Deneysel sonuçlara göre geri devir çamurunun ÇHİ parametresi üzerinde doğrudan etkili olduğu görülmektedir.

4. Atıksu arıtma tesisinin giriş ve çıkış noktalarından 3 aylık dönemde alınan örneklerdeki BOİ₅ değerinin girişte 1150-1300 mg/L arasında değiştiği, çıkışta ise 35-45 mg/L arasında değiştiği, 15 aylık periyotta tesis çıkışından alınan örneklerde ise 25-45 mg/L arasında değiştiği gözlenmiştir. Sistemin BOİ₅ arıtım verimi ise % 96-98 arasında değişmektedir.
5. Tesisin giriş ve çıkış noktalarından alınan örneklerde KOİ değerinin girişte 5040-6400 mg/L, çıkışta 80-120 mg/L arasında değiştiği görülmektedir. 15 aylık periyotta tesis çıkışından alınan örnekler de ise bu değer 75-120 mg/L arasında değiştiği, arıtım verimininse % 97-99 arasında değiştiği belirlenmiştir.
6. Sistemin giriş ve çıkışından alınan örneklerde pH'ın girişte 7-8 arasında olduğu gözlemlenmiş, Ocak 2009'da ise bu değer 12,2 olarak ölçülmüştür. Tesis çıkışında ise pH 7,1 ile 8,0 arasında değişmektedir. Ocak 2009'da yüksek pH'lı gelen atıksuların kostikli yıkama sularından gelmiş ve sülfürik asit muamelesiyle sorun giderilmiştir.
7. Arıtma tesisinin giriş ve çıkış noktalarından alınan örneklerde yapılan metal analizlerinde; giriş örneklerinde krom (+6), toplam siyanüre rastlanmamış, kadmiyum ve çinkoya Mart ve Mayıs 2008'de gözlenmezken, Ocak 2009'da rastlanmıştır. Arıtma tesisi girişinde toplam krom derişimi 0,3-0,8 mg/L, kurşun 0,1-1,5 mg/L, toplam demir ise 1,7-38 mg/L arasında değişmektedir. Çıkışta 3 aylık periyot izlendiğinde; krom(+6), kadmiyum, çinko ve toplam siyanür görülmemektedir. Çıkışta toplam krom 0,03-0,05 mg/L, kurşun 0,04-0,06 mg/L, toplam demir 0,4-0,7 mg/L arasında değişmektedir. Bu değerler göz önüne alındığında atıksu arıtma tesisinin toplam krom arıtma verimi % 90-87, kurşun arıtım verimi % 47-97, toplam demir arıtım verimi ise % 57-99 arasında

değişmektedir. 15 aylık periyot göz önüne alındığında tesis çıkışında; kurşun derişimi 0,02-0,1 mg/L arasında görülmüş, toplam demir Kasım ve Aralık 2008'de görülmezken diğer örneklerde derişim 0,16-0,58 mg/L arasında değişmektedir. Çinko derişimi Ocak 2008, Şubat ve Mart 2009 da 0,25-0,385-1,5 olarak gözlenmiş diğer aylarda gözlenmemiştir. Ocak, şubat ve mart aylarında işletmede üretim kısıtlı olduğundan atıksu seyrelmediğinden çinko gözlenmiştir. Tesis çıkışında krom (+6) ve kadmiyuma rastlanmamıştır. Toplam krom derişimi ise 7 ay <0,03 iken, diğer aylar 0,03-0,05 arasında değişmektedir.

8. Tesis çıkışından alınan örneklerde yapılan balık biyodenyinde ZSF değerinin 1 ve 2 olarak tespit edilmiştir.
9. Mevcut deneysel çalışma sonuçları topluca değerlendirildiğinde, Akzo Nobel-Marshall-Dupont ve Eminiş kuruluşlarına ait ortak endüstriyel atıksu arıtma tesisinde, dereye deşarj edilebilir nitelikte bir arıtmanın sağlandığı deneysel olarak belirlenmiştir.

Öneriler

1. Arıtma Tesisine gelen ham proses ve evsel nitelikli atıksuların karakteri ve debileri sürekli kontrol edilmelidir. Bu sayede endüstriyel arıtma tesisine gelen debilerin salınımları için önlem alınabilecektir.
2. Evsel nitelikli atıksuların ve yağmur sularının proses atıksuyuna karışması engellenmelidir. Bu kapsamda tüm atıksu kanal sistemleri gözden geçirilmeli kaçakların olabileceği noktalar tespit edilmeli ve kapatılmalıdır. Aksi takdirde arıtma tesisine artı bir yük getirecektir.
3. Atıksu arıtma tesisinde işletme ve bakım programları aksatılmadan uygulanmalıdır. Arıza durumunda devreye alınacak pompalar bulundurulmalıdır.
4. Havalandırma havuzunda görülen yüksek UAKM değerlerinde, çamurun sistemden düzenli olarak uzaklaştırılmalıdır. Çamur geri devir oranları

sağlanmalıdır. Eğer sistemde havalandırma havuzunda UAKM miktarı fazla ise son çökeltim havuzundan geri devir pompaları kapatılarak havalandırma havuzundaki optimum AKM miktarı yakalanmalıdır.

5. Çamur hacim indeksinin yüksek olması istenmeyen bir durumdur. Düzenli olarak çamur çekilmediği durumlarda çamur yaşının yükseldiği çamur çökmesinde sorunlar yaşandığı, çamur aktivitesinin azaldığı bilinmektedir. ÇHI'nin kontrol altında tutulması için sistemden düzenli olarak çamur uzaklaştırılması sağlanmalıdır.
6. Her proses biriminden gelebilecek olan atıksu miktarları günlük, haftalık veya aylık üretimlerine göre oluşabilecek atıksu miktarlarının önceden öngörüp atıksu arıtma tesisi sorumlusuna bildirilmelidir. Böylece tesis operatörünün gerekli önlemleri almasını sağlayacaktır.
7. Atıksu arıtma tesisinin işletiminde vasıfsız ya da eğitimsiz kişiler risk oluşturduğu gibi iş güvenliği kuralları konusundaki eksik bilgileri nedeniyle hem kendilerini hem de başkalarını tehlikeye atmaktadırlar. Personele acil durumlar için veya operatörün olmaması durumlarında tesisin işleyişi konusunda teorik ve uygulamalı eğitimler verilmelidir.
8. Arıtma tesisleri pahalı sistemlerdir. Bu nedenle tesisler kalifiye personele teslim edilmelidir. Güvenilir işletme değerleri elde edebilmek için çok sayıda ölçüm cihazı kullanılmalı, kullanım işlemi talimatlara göre yapılmalı ve bu cihazlar kalibre edilmelidir. Aktif çamurun katı madde miktarı, çamur hacim indeksi, oksijen kullanım hızı, mikroskobik kontrolleri gereklidir. Mevsimsel değişikliklere karşı gerekli önlemler alınmalıdır.
9. Sonuç olarak, atıksu arıtma tesislerinin işletilmesi sırasında karşılaşılan sorunların giderilmesi için çeşitli seçeneğe yöntemler önerilmiştir. Arıtma tesisinde çalışmakta olan bir mühendis sistemdeki sorunlara zamanında müdahale edebilmek için bu yöntemleri, teorik ve uygulamalarını iyi bir şekilde bilmelidir.

KAYNAKLAR

- Arslan, A., İçme Suyu Arıtım Ders Notları, Kocaeli Üniversitesi, (2004).
- Bakoğlu, M., Kullanılmış Suların Arıtımı Ders Notları, Kocaeli Üniversitesi, (2005).
- Baklaya, N., Kufacı, E., “Atıksu Arıtma Tesislerinde İşletme ve Bakım Problemleri” *Türkiye’de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu IV*, Gebze Yüksileri teknolojititüsü, 362-366, Gebze, 9-10 Ekim (2003).
- Ballice, L., Yüksel, M., Sağlam, M., “Koloidal Sistemli Su Kirliliklerinin Giderilmesinde Kimyasal Çöktürme (Yumaklaştırma) İşleminin Uygulanması”, *Çev Kor*, 7, 25, 3-6, (1997).
- Çankaya, B.F., “Boya ve Boyar Madde İçeren Atıksuların Karakterizasyonu, Arıtılması, Çevre ve Orman Bakanlığı Çalışmaları”, *7. Uluslar arası Boya ve Yardımcı Maddeler Sanayi Kongresi*, Kimya Mühendisleri Odası, 365-371 İstanbul, 10-12 Nisan (2008).
- Çınar, A., “Biyolojik Atıksu Arıtma Tesislerinde Verimlilik Kontrolü ve Karşılaşılan Önemli İşletme Sorunlarına Çözüm Yaklaşımları”, Yüksek Lisans Tezi, *Kocaeli üniverstesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 4, 9,50-69, (2008).
- Dağ, C. M., “Evsel Nitelikli Atıksular İçin Arıtma Prosesleri”, *Çevre Mühendisliği Uygulamaları*, Çevre Mühendisleri Odası, 63-75 Ankara, Aralık (2002).
- Girgin, S., Güvener, M., Polat, Ş., Büyüker, B., Yetiş, Ü., Dilek, F., Aksoy, A., Ünlü, K., “Endüstriyel Kaynaklı Kirlenmiş Sahaların Yönetimi İçin Bilgi Sistemi Geliştirilmesi”, *İTÜ 11. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu*, İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, 27 İstanbul, 11-13 Haziran (2008).
- Gondal, M.A., Hussain T., “Determination of poisonous metals in wastewater collected from paint manufacturing plant using laser-induced breakdown spectroscopy”, *0039-9140/\$ – see front matter Elsevier B.V. All Rights Reserved*, 73, (2006).
- Gray, N.F., “Water Tecnology An Introduct for Environmental Scientist and Engineers”, Second Edition, 450-451, (2005).
- Gönüllü, M. T., Endüstriyel Kirlenme Kontrolü , Cilt-1, 319-338, (2004).

Grigg, N. S., “Water, Wastewater, and Stormwater Infrastructure Management” Lewis Publishers, (2003).

http://www.emlakkulisi.com/14665_boya_sektorunun_dunya_capindaki_temsilcileri_temsilcileri_istanbul_da_bulusacak (Ziyaret Tarihi: 02.05.2009).

<http://www.bosad.org/Default.aspx?bolum=54> (Ziyaret tarihi: 02.05.2009).

Jewell, L.L., Fasemore1, O.A., Glasser, D., Hildebrandt, D., Heron, L., Wyk, N, van and Cooray, B., “Toward zero waste production in the paint industry”, *Water Institute of South Africa (WISA) Biennial Conference*, (2004).

Kargı, F., “Çevre Mühendisliğinde Biyoprosesler”, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü*, 110 İzmir, (2006).

Kavaklı, M., Ayberk, S., Boya Sanyii Arıtma Çamurlarının Nihai Bertarafına Yönelik Öncelikli Çözüm Önerileri”, Cilt-1, *Türkiye’de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu III*, Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü, 21-32 Gebze-Kocaeli, 18-19 Kasım (1999).

Kavaklı, M., “ Boya Sanayi Arıtma Çamurlarının Özellikleri ve Önemli Nihai Bertaraf Etme Yöntemlerinin Uygulamaya Yönelik Araştırılması”, Doktora Tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmit, (1999).

Kavaklı, M. ve Civan, Z., “Boya Sanayi Atıksu Arıtma Tesislerinin Kontrolü ve Karşılaşılan Sorunlar”, *II Uluslar arası Boya, Vernik, Mürekkep ve Yardımcı Maddeler Sanayi Kongresi ve Sergisi*, Kimya Mühendisler Odası, 237-247 İstanbul, 27-29 Kasım (1997).

Kavaklı, M., “Boya Sanayi Atıksu Arıtma Tesislerinde verimlilik Kontrolü Çalışmaları ve Değerlendirilmesi” *Boya, Vernik, Mürekkep ve Yardımcı Maddeler Sanayi Kongresi ve Sergisi*, Kimya Mühendisler Odası, 349-367 İstanbul, 22-24 Kasım (1995).

Kavaklı, M., Çevre Kimyası Ders Notları, Kocaeli Üniversitesi, (2003).

Kırlı, L., “Çevre Mühendisleri İçin Mikrobiyoloji”, *Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü*, 169-180 İzmit, (2003).

Kızılkılıç, N., “Koagülasyon, Flokülasyon ve Bu İşlemlerde Kullanılan Kimyasal Maddeler ”, *Çevre Mühendisliği Uygulamaları*, Çevre Mühendisleri Odası, 137-145 Ankara, Aralık (2002).

Kök, K., “Endüstriyel Atıksular ve Uygulamabilecek Kontrol Yöntemleri”, *Kayseri I. Atıksu Sempozyumu*, 96-100 Kayseri, 22-24 Haziran (1998).

Malakootian, M., Almsi, A., Hossaini, H., (2008). "Pb and Co Removal From Paint Industries Effluent Using Wood Ash", [online], *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 217-222, Spring, <http://www.ceers.org/ijets/issues/full/v5/n2/502009.pdf>, (Ziyaret Tarihi: 16.02.2009)

Malkoç, E., Nuhoglu, Y., "Sabit Yataklı Asorpsiyon Kolonunda Palamut Meşesi Atığı ile Ni(II) Giderimine Kolon Yüksekliği ve pH'ın Etkisinin İncelenmesi", *İTÜ 11. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu*, İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, 75 İstanbul, 11-13 Haziran (2008).

Manahan, S. E., "Fundamentals of Environmental Chemistry", Second Edition, (2001).

Özyonar, F., Karagözoğlu, B., "Entegre Et ve Et Ürünleri Endüstrisi Atıksularının Koagülasyon-Flokülasyon İle Arıtılabilirliğinin İncelenmesi", *İTÜ 11. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu*, İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, 427-431 İstanbul, 11-13 Haziran (2008).

Öztürk, İ., Timur, H., Koşkan, U., "Atıksu Arıtımının Esasları, " 106, 133-141, 445-446, (2005).

Patnaik, P., "Handbook Of Environmental Analysis", *Lewis Publishers*, (1997).

Renolds, T.D., "Unit Operations and Processes In Environmental Engineering", *Texas A&M University*, Monterey California, 27 (1982).

SKKY Teknik Usuller Tebliği, (1991).

SKKY Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği, Ankara, R.G. Tarihi: (7.1.1991).

Standard Methods, For The Examination of Water and Wastewater, 21 ST Edition, 2005.

Topacık, D., "Atıksu Arıtma Tesisleri İşletme El Kitabı", *İstanbul Teknik Üniversitesi*, 291-307, (2000).

Toprak, H., "Aktif Çamur Sürecinin Tasarım Esasları" *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi*, 12,9-12,34 İzmir, (1999).

Tünay, O., "Çevre Mühendisliğinde Kimyasal Prosesler", *İstanbul Teknik Üniversitesi*, 89 (1996).

Uslu, O., Türkman, A., "Su Kirliliği ve Kontrolü", *T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları Eğitim Dizisi 1*, 325, (1987).

www.cemyildiz.edu.tr/duyurular/duyuru_dosya_2008%5CKimyasal%20Çöktürme%202008 (Tarihi: 03.03.2009).

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Batman'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Kocaeli' de tamamladı. 2002 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre mühendisliği Bölümü'nden 2006 yılında Çevre Mühendisi olarak mezun oldu. 2006 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı, halen aynı bölümde öğrenimini sürdürmektedir.