



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

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI**

**ARITMA TESİSLERİNDE İŞLETME PROBLEMLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İpek YORULMAZ**

**DANIŞMAN**

**Yrd. Doç. Dr. Melayib BİLGİN**

**AKSARAY, 2016**



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

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI**

**ARITMA TESİSLERİNDE İŞLETME PROBLEMLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İpek YORULMAZ**

**DANIŞMAN**

**Yrd. Doç. Dr. Melayib BİLGİN**

**AKSARAY, 2016**

**AKSARAY ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ONAY BELGESİ**

Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 132301403 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi, "İpek YORULMAZ", ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "Arıtma Tesislerinde İşletme Problemleri" başlıklı tezini, aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Melayib BİLGİN**  
Aksaray Üniversitesi

.....  
*Melayib Bilgin*

**Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. Ahmet KILIÇ**  
Aksaray Üniversitesi

.....  
*Ahmet Kiliç*

**Jüri Üyeleri : Doç. Dr. A. Alper ÖNER**  
Erciyes Üniversitesi

.....  
*Alper Öner*

**Teslim Tarihi : 28 Ocak 2016**

**Savunma Tarihi : 19 Şubat 2016**

## **DOĞRULUK BEYANI**

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı dűşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden olduğunu ve bu eserleri her kullanımında alıntı yaparak yararlandığımı belirtir; bunu şerefimle doğrularım.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

**İpek YORULMAZ**  
**İmza**

## ÖNSÖZ

Atık su arıtma tesislerinin geçmişi günümüzden çok eski tarihlere gitmemekle birlikte atıksuların çeşitli toplayıcı sistemlerle toplanarak yerleşim birimlerinin dışına taşınması binlerce yıl öncesinden günümüze kadar uygulanan bir yöntemdir. Zaman içerisinde yerleşim birimlerinde bir atık su toplama sistemi olmamasının yerleşimlerde meydana gelen salgın hastalıkların kaynağı olduğu anlaşılmış ve atık su toplama sistemlerinin yerleşim birimlerine yakın yerlerde yapılması çalışmaları başlamıştır. Daha sonraki aşamada ise yerleşim birimlerinden toplanarak doğadaki çeşitli ortamlara deşarj edilen atık suların çevre kirliliğine neden oldukları görülerek, atık suların arıtılıp çevreye zarar vermeyecek bir forma sokulması konusunda çalışmalar başlatılmıştır.

Arıtma Tesisleri tesisin inşa edileceği yere, atık suyun karakterizasyonuna göre projelendirilmektedir. Arıtma tesislerinin işletilmesi sırasında birçok işletme problemiyle karşılaşmaktadır.

Problemler incelendiğinde bunlardan bir kısmının projelendirme hatası olduğu, bir kısmınınsa tesis operatörünün tesis birimleri arasındaki işleyişi yeterince gözlemleyemeyip, doğru yaklaşımlarda bulunamadığını açıkça göstermektedir. Bu yüzden arıtma tesislerini işletenlerin mutlaka özel bir eğitimden geçirilmesi tesiste yaşanacak işletme problemlerini mümkün olduğunca en aza indirecektir.

Genel olarak arıtma tesislerinde sık karşılaşılan işletme problemlerinin çözümünde ortaya koyulan bu tez çalışmasının tesis operatörleri için kaynak olacağı düşünülmektedir.

## **TEŞEKKÜR**

Yüksek lisans ve tez çalışmalarım süresince her türlü ilgi ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocalarım Yrd. Doç. Dr. Melayib BİLGİN ve Doç. Dr. Mustafa KARATAŐ'a teşekkürlerimi sunarım.

Başta bölüm başkanımız Sayın Prof. Dr. Mustafa IŞIK olmak üzere tez çalışmalarım boyunca yardımlarını esirgemeyen tüm hocalarıma teşekkür ederim.

Arıtma Tesisleri ile ilgili bilgi toplamadaki yardımlarından dolayı Bursa Su Ve Kanalizasyon İdaresi, Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi, Cumhuriyet Üniversitesi ve Kayseri İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi yetkililerine teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatım boyunca bana her türlü desteği veren ve hep yanımda olan sevgili aileme teşekkürlerimi sunarım.

İpek YORULMAZ

Aksaray, 2016

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

<b>DOĞRULUK BEYANI</b> .....	<b>i</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>ii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>iii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>v</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>x</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>xi</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>xiii</b>
<b>KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>xiv</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. LİTERATÜR ÖZETİ</b> .....	<b>5</b>
2.1 Arıtma Tesisi ve Kademeleri.....	5
2.1.1 Izgara .....	6
2.1.2 Kum tutucu .....	7
2.1.3 Yağ tutucu.....	9
2.1.4 Çökeltme havuzları .....	9
2.1.5 Aktif çamur .....	10
2.1.6 Damlatmalı filtre.....	13
2.1.7 Stabilizasyon havuzları .....	14
2.1.8 Son çökeltim havuzları .....	16
2.1.9 Çamur yoğunlaştırıcılar .....	17
2.1.10 Çamur çürütme .....	18
2.1.11 Çamur kurutma .....	19
2.1.12 Santrifüj filtre.....	20
2.2 Arıtma Tesislerinde Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Yöntemleri.....	21
2.2.1 Izgaralar ve karşılaşılan sorunlar .....	22
2.2.1.1 Aşırı yük kayıplarının oluşması .....	22
2.2.1.2 Fare ve sinek oluşumu .....	23
2.2.1.3 Kanallarda kabarma.....	23
2.2.2 Kum tutucu ve karşılaşılan problemler .....	23
2.2.2.1 Katı madde kaçması ve organik madde çökmesi .....	24
2.2.3 Ön çökeltme havuzları ve karşılaşılan problemler .....	24
2.2.3.1 Yüzücü çamur problemi .....	26

2.2.3.2 Siyah ve kokulu çamur problemi.....	27
2.2.3.3 Gres ve köpük problemi .....	27
2.2.3.4 Fazla köpük birikmesi problemi.....	27
2.2.3.5 Sıyırıcı problemleri.....	28
2.2.3.6 Sertleşmiş çamur problemi.....	28
2.2.3.7 Süspansiyon maddelerin iyi çökelememesi problemi .....	28
2.2.3.8 Çökeltilmiş atık sudaki asılı katı maddelerin yüksek konsantrasyonu problemi.....	29
2.2.3.9 Kısa devrelerin oluşması .....	29
2.2.4 Aktif çamur havuzları ve karşılaşılan problemler.....	29
2.2.4.1 Değişken SVI değeri problemi .....	32
2.2.4.2 Çökeltme tankları çıkış savaklarından floklar oluşumu .....	33
2.2.4.3 Çökeltme tanklarında yüzen çamur .....	33
2.2.4.4 Havalandırma havuzunda taze, beyaz renkte aşırı köpüklenme .....	35
2.2.4.5 Aktif çamurda kabarma .....	35
2.2.5 Damlatmalı filtreler ve karşılaşılan problemler .....	36
2.2.5.1 Filtrelerde göllenme .....	36
2.2.5.2 Dağıtıcı orifislerin tıkanması.....	37
2.2.5.3 Biyokütle kaybı .....	37
2.2.5.4 Beyaz biyokütlenin gelişmesi.....	38
2.2.5.5 Verimde azalma.....	39
2.2.5.6 Katı madde birikimi.....	39
2.2.6 Stabilizasyon havuzları ve karşılaşılan problemler .....	39
2.2.6.1 Havuz dolarken bitki oluşumu .....	41
2.2.6.2 İşletmeye alma sırasında yetersiz yosun oluşumu.....	41
2.2.6.3 Yosunsal köpük oluşumu .....	41
2.2.6.4 Su kenarında bitki oluşumu .....	41
2.2.6.5 Havuz yüzeyinde bitki oluşumu .....	41
2.2.6.6 Sinek ya da sivrisinek oluşumu .....	41
2.2.6.7 Aşırı yüklenmiş havuzların koku problemi .....	42
2.2.7 Son çökeltim havuzu ve karşılaşılan problemler .....	42
2.2.7.1 Çamur katı maddesinin yıkanması .....	43
2.2.7.2 Flokların parçalanması .....	43

2.2.7.3 Kümelenme, küllenme ve çamur yükselmesi.....	44
2.2.7.4 Dağınık yumaklar .....	44
2.2.7.5 Çamur oluşumundaki sorunlar .....	45
2.2.8 Çamur çürütme ve karşılaşılan problemler .....	45
2.2.8.1 Aerobik çürütme .....	45
2.2.8.2 Anaerobik çürütme .....	45
2.2.8.3 Uçucu asitlerin birikmesi.....	46
2.2.8.4 Köpük ve kir oluşumu .....	46
2.2.8.5 Gaz üretiminde azalma .....	47
2.2.8.6 Çamur pompaj hızında azalma .....	47
2.2.8.7 Çamur sıcaklığında büyük dalgalanma .....	47
2.2.9 Çamur kurutma yatakları ve karşılaşılan problemler.....	47
2.2.9.1 Kumun değiştirilmesi .....	48
2.2.10 Çamurun boşaltılması .....	48
2.2.11 Çamur derinliği .....	48
2.2.12 Atıksu arıtma tesislerinde koku problemi .....	49
2.2.13 Atıksu arıtma tesislerinde gürültü problemi .....	49
2.2.14 Atıksu arıtma tesislerinde zerrecik (aerosol) .....	50
<b>3. MALZEME VE YÖNTEM .....</b>	<b>51</b>
3.1 Bursa Atıksu Arıtma Tesisleri .....	51
3.1.1 Doğu ve batı atık su arıtma tesisleri.....	51
3.1.2 Hamitler süzüntü suyu arıtma tesisi.....	52
3.2 Ankara Merkezi Atık Su Arıtma Tesisleri.....	53
3.3 Cumhuriyet Üniversitesi Atıksu Arıtma Tesisleri .....	55
3.4 Kayseri İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisleri .....	56
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>59</b>
4.1 Bursa Atıksu Arıtma Tesislerinde Karşılaşılan Problemler ve Çözümleri.....	59
4.1.1 Atıksu kaçakları .....	59
4.1.2 Kent katı atık depolama alanı süzüntü suyu arıtma tesisi köpük oluşumu .....	59
4.1.3 Kent katı atık depolama alanı süzüntü suyu arıtma tesisi hat tıkanmaları .....	60
4.1.4 Fiziksel arıtmada ızgaradan kaçan malzemeler ile mikserlerde atık birikmesi.....	60
4.1.5 Arıtma çamuru kaynaklı koku problem .....	61

4.2 Ankara Merkezi Atıksu Arıtma Tesisi Karşılaşılan Problemler ve Çözümleri	62
4.2.1 Biyogaz analizinde hidrojen sülfür (H <sub>2</sub> S) değerinin yüksek çıkması ....	62
4.2.2 Yağmurlu havalarda tesise aşırı miktarda kum gelmesi .....	62
4.2.3 Izgaraların temizliği .....	62
4.2.4 Kum tutucularda köprü yolların donması .....	62
4.2.5 Çöktürme havuzlarında oturma oluşması .....	62
4.3 Cumhuriyet Üniversitesi Atık su Arıtma Tesisinde Karşılaşılan Problemler Ve Çözümleri.....	62
4.3.1 Havalandırma havuzlarında beyaz renkli ince tanecikli kabaran köpük problemi .....	62
4.3.2 Havuzların yüzeyinde ve ekipmanların hareketli parçalarında atık yağ birikimlerinin olması .....	63
4.3.3 Tesiste genel bakım esnasında havuzların boşaltılmasıyla birlikte tekrardan havuzlara atık su alındığında ideal mlss konsantrasyonunun yakalanamaması .....	64
4.3.4 Atıksuyun korozif özelliğinden dağıtım yapısındaki demir kapaklara etkisi .....	64
4.4 Kayseri İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinde Karşılaşılan Problemler ve Çözümleri.....	65
4.4.1 Izgaralarda oluşan tıkanma, sinek ve koku problemi .....	65
4.4.2 Izgara kanalında aşırı kum birikimi .....	65
4.4.3 Kum tutucu ünitesinde karşılaşılan problemler .....	66
4.4.4 Yüzen çamur problemi.....	67
4.4.5 Siyah ve kokulu atıksu veya çamur .....	67
4.4.6 Köpük taşması.....	67
4.4.7 Askıda katı madde giderim veriminin düşük olması .....	67
4.4.8 Havuz ve savak yüzeylerinde aşırı biyolojik büyüme .....	68
4.4.9 Beyaz köpüklenme.....	68
4.4.10 Kahverengi köpüklenme .....	69
4.4.11 Siyah köpüklenme.....	69
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>70</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>71</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>74</b>

## ÖZET

### ARITMA TESİSLERİNDE İŞLETME PROBLEMLERİ

Arıtma tesisleri, evsel ve evsel nitelikteki endüstriyel atık suları, alıcı ortamın karakteristik özelliklerini değiştirmeden, tehlikeli ve zararlı etkilerini ortadan kaldırmak ya da minimuma indirmek için kurulmuş sistemlerdir. Bu sistemler, evsel veya evsel nitelikteki endüstriyel atık suların özellikleri, jeolojik yapı, topoğrafik durum, gelişmişlik düzeyi v.b faktörler göz önüne alınarak projelendirilir. Bu faktörler tespit edilirken gerekli fizibilite çalışmalarının titizlikle yapılması, bugün ve gelecekte arıtma tesislerinin çalışma verimlerini kötü yönde etkileyecektir. Çok pahalı sistemler ile en iyi verimin elde edileceği yanılığına kapılarak arıtma tesislerinin çok ileri teknolojilerle donatılarak büyük yatırımların bu tip tesislere aktarılması tesisin ekonomik olma özelliğini ortadan kaldıracaktır. Ülkemizdeki arıtma tesislerinin büyük çoğunluğu ya aşırı verimle çalışmakta yada istenilen verimi sağlayamamaktadır.

Bu çalışmada Bursa Doğu ve Batı Atıksu Arıtma Tesisleri, Hamitler Süzüntü Suyu Arıtma Tesisleri, Ankara Merkezi Atıksu Arıtma Tesisleri, Cumhuriyet Üniversitesi Atıksu Arıtma Tesisleri ve Kayseri İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisleri başta olmak üzere atıksu arıtma tesislerinin işletilmesi sırasında karşılaşılan problemler, uygulanmış çözümler ve uygulanabilecek çözümler sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Ankara, Bursa, Cumhuriyet Üniversitesi, Kayseri Atık su Arıtma Tesisleri, İşletme Problemleri.

## **ABSTRACT**

### **OPERATIONAL PROBLEMS IN TREATMENT PLANTS**

Wastewater Treatment Plant is a system which is set up in order to eliminate or minimize dangerous and harmful effects of domestic and industrial waste waters as characteristic properties of receiving environment cannot be changed. These plants are designed according to such properties of domestic or industrial waste water, geological body, topographical conditions, and development of cities. Productivity of waste water treatment plants are being influenced negatively today and in the future, unless related factors are detected feasibility is not taken great to complete. The higher investment of advanced technology is transferred to such plants the highest the best productivity can be taken with the most expensive bodies are abolished the economical properties of related plants. The most of wastewater treatment plants in our country have been working with extremely high productivity or not to supply the productivity which is wanted. In this study, Bursa West and East Wastewater, Hamitler Leachate Treatment, Ankara Wastewater, Cumhuriyet University Wastewater Treatment Plant and Kayseri Biological wastewater treatment plants have been investigated on site, detected the problems during operation and finally solutions against to such problems have been applied and offered the solutions which can be implemented.

**Keywords:** Ankara, Bursa, Cumhuriyet University, Kayseri Wastewater Treatment Plant, Operational Problems.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 1.1:	Atık su arıtımının gelişimi.....	2
Şekil 2.1:	Mekanik olarak temizlenen bir ızgaranın şematik görüntüsü.....	7
Şekil 2.2:	Elle temizlenen ızgaranın şematik görüntüsü.....	7
Şekil 2.3:	Havalandırılmalı kum tutucu planı ve boy kesiti .....	8
Şekil 2.4:	Aktif çamur içindeki mikroorganizmalar .....	11
Şekil 2.5:	Damlatmalı filtrenin perspektif ve kesit görünüşü .....	13
Şekil 2.6:	Fakültatif stabilizasyon havuzunun şematik görünümü .....	15
Şekil 2.7:	Standart hızlı tek kademeli çamur çürütücü kesiti .....	19
Şekil 2.8:	Santrifüj ayırıcı.....	20
Şekil 2.9:	İnce ızgarada birikim.....	22
Şekil 2.10:	Kum tutucudaki birikimler.....	24
Şekil 2.11:	Sıyırıcılar.....	25
Şekil 2.12:	Yüzen çamur.....	26
Şekil 2.13:	Yüzen çamur.....	34
Şekil 2.14:	Beyaz köpük.....	35
Şekil 3.1:	Buski doğu atıksu arıtma tesisi.....	52
Şekil 3.2:	Buski batı atıksu arıtma tesisi.....	52
Şekil 3.3:	Buski kent katı atık depolama alanı süzüntü suyu arıtma tesisi.....	53
Şekil 3.4:	Ankara atıksu arıtma tesisi.....	55
Şekil 3.5:	Kayseri ileri biyolojik atıksu arıtma tesisi.....	56
Şekil 4.1:	Kaynak yapılmış koruge boru.....	59
Şekil 4.2:	Tesiste oluşan köpük.....	60
Şekil 4.3:	Tıkanmış hat.....	60
Şekil 4.4:	Mikserlerden çıkarılan pislikler.....	61
Şekil 4.5:	Koku problemiyle mücadele çalışmaları.....	61
Şekil 4.6:	Havalandırma ünitesi dağıtım yapısında meydana gelen yağ ve tortu birikimi.....	63
Şekil 4.7:	Yağ ve tortu kapanları yaptırdıktan sonra ve temizlendikten sonraki hali.....	64
Şekil 4.8:	Çürümüş demir kapaklar ve galvaniz kaplı paslanmaz yeni kapaklar.....	65
Şekil 4.9:	Izgara kanalında biriken kum.....	65
Şekil 4.10:	Tabanda biriken kumun temizlenmesi.....	66
Şekil 4.11:	Metal yüzeyde oluşan korozyon.....	66
Şekil 4.12:	Köpük taşması.....	67

<b>Şekil 4.13:</b>	Havuz ve savak yüzeylerinde temizlik.....	68
<b>Şekil 4.14:</b>	Beyaz köpüklenme.....	68
<b>Şekil 4.15:</b>	Kahverengi köpük.....	69
<b>Şekil 4.16:</b>	Siyah köpük.....	69



## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
<b>Çizelge 1.1:</b> Bazı AB ülkelerinde arıtma tesisine bağlı nüfus yüzdeleri.....	2
<b>Çizelge 1.2:</b> Evsel nitelikli atıksuların alıcı ortama deşarj standartları .....	3
<b>Çizelge 1.3:</b> Yıllara göre atıksu arıtma tesisi bulunan belediye sayısı.....	4
<b>Çizelge 2.1:</b> Atıksu arıtma tesisi temel işlemlerin fonksiyonları.....	5
<b>Çizelge 2.2:</b> Elle ve mekanik olarak temizlenen izgaraların tasarım kriterleri.....	6
<b>Çizelge 2.3:</b> Dairesel planlı ön çökeltme havuzları için tipik projelendirme esasları .....	10
<b>Çizelge 2.4:</b> Dikdörtgen ve dairesel planlı çökeltme havuzları boyutlandırma Değerleri.....	10
<b>Çizelge 2.5:</b> Aktif çamur tasarım değişkenleri arasındaki ilişkiler.....	11
<b>Çizelge 2.6:</b> Filtre malzemesinin özellikleri.....	14
<b>Çizelge 2.7:</b> Son çökeltme havuzlarında projelendirme parametreleri.....	16
<b>Çizelge 2.8:</b> Belt Filtreler için gerekli polimer dozları (kg/ton kuru katı) .....	17
<b>Çizelge 2.9:</b> Santrifüj filtreler için gerekli polimer dozları (kg/ton kuru katı).....	18
<b>Çizelge 2.10:</b> Vakum filtreler için gerekli polimer dozları (kg/ton kuru katı).....	18
<b>Çizelge 2.11:</b> Çamur kurutma yatakları tasarım kriterleri.....	20
<b>Çizelge 2.12:</b> Köpük oluşumu.....	30
<b>Çizelge 2.13:</b> Çamur kabarması.....	31
<b>Çizelge 2.14:</b> Çökelme problemleri.....	32
<b>Çizelge 2.15:</b> Arıtma tesislerinde mekanik ekipmaların gürültü şiddetleri.....	49

## KISALTMALAR DİZİNİ

<b>AAT</b>	Atık su Arıtma Tesisi
<b>AKM</b>	Askıda Katı Madde
<b>BOİ</b>	Biyolojik Oksijen İhtiyacı
<b>BOİ<sub>5</sub></b>	5 günlük Biyolojik Oksijen İhtiyacı
<b>Ç.O.</b>	Çözünmüş Oksijen
<b>F/M</b>	Substrat / Mikroorganizma
<b>MLSS</b>	Mikroorganizma Konsantrasyonu
<b>N</b>	Azot
<b>NO<sub>2</sub></b>	Azot Dioksit
<b>NO<sub>3</sub></b>	Nitrat
<b>P</b>	Fosfor
<b>pH</b>	Çözeltideki Hidrojen İyonu Konsantrasyonu
<b>SVI</b>	Çamur hacim indeksi
<b>A.Ç.</b>	Aktif çamur
<b>YS.</b>	Yapay sulak alanlar
<b>DBR</b>	Döner biyolojik reaktörler (ya da döner biyodiskler)
<b>UASB</b>	Yukarı akışlı çamur yataklı anaerobik reaktörler
<b>MBRs</b>	Membran biyoreaktörler
<b>MBBR</b>	Hareketli yataklı biyofilm reaktörler
<b>SBR</b>	Seri bağlı kesikli reaktörler

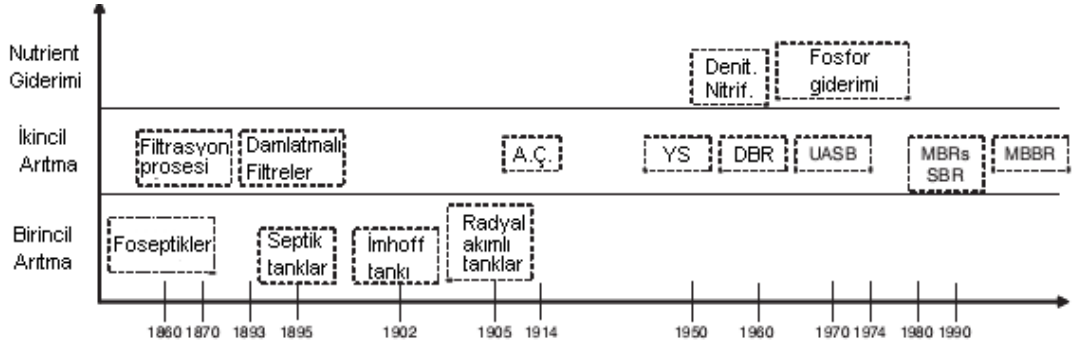
## 1. GİRİŞ

Dünyadaki toplam su miktarı 1,4 milyar km<sup>3</sup>'tür ve %97,5'u okyanus ve denizlerde tuzlu su olarak bulunmaktadır. Dünya içme suyu ihtiyacının % 25-40'lık bölümünü yeraltı sularıyla sağlamaktadır. Bu veriler doğrultusunda insanoğlunun ihtiyaçları doğrultusunda kullanabileceği tatlı su kaynaklarının sınırlı olduğu açık bir şekilde görülmektedir (Su ve Yaşam, 2012).

Dünyada zaten az olan tatlı su kaynaklarının bir de endüstriyel atıklar ile kirlenmesi, enerji üretiminde kullanılan suyun geri kazanımla insani tüketime uygun olmayışı, şehirleşme kaynaklı atıklar, kontrolsüz pestisit kullanımı kaynaklı yanlış tarım uygulamaları ve küresel ısınmaya bağlı iklim değişiklikleri ile yaşanan kuraklıklar eklenince su kaynağına olan ihtiyaç artmaktadır.

Dünya nüfusunun artması ve sanayileşmenin başlaması ile yüzeysel sular kirlenmeye başlamış ve buna bağlı olarak salgın hastalıklar artmıştır.1840 senesinde inşasına başlanan Hamburg kentinin kanalizasyon sisteminin tamamlanmasından 12 yıl sonra ilk defa Chicago'da kanalizasyon sistemi inşaatına başlanmıştır (Samsunlu, 2011).

Su kaynağına olan ihtiyaç arıtma tesislerinin inşasını gerektirmiş ve çeşitli kullanımlar sonucu oluşan atık suların arıtılarak yeniden kullanım olanağı sağlamıştır. Atık suların arıtımının tarihsel gelişimi Şekil 1.1.'de verilmektedir. Dünya'nın ilk atık su tesisi 1842 yılında inşa edilmiştir. O yıllardan günümüze gelene kadar arıtma tekniklerinde ve teknolojisinde gelişmeler olmuştur (Yıldız vd., 2013).



**Şekil 1.1:** Atık su arıtımının gelişimi (Lofrano ve Brown , 2009).

Avrupa Çevre Ajansı (EEA) tarafından verilen Avrupa Birliği ülkelerine ait arıtma tesisine bağlı değerlerinin farklı yıllardaki gelişimi Çizelge 1.1’de görülmektedir. Finlandiya, İsveç, Danimarka ve Almanya kullandıkları suyu en üst seviyede arıtan ülkelerin başında gelmektedir (Samsunlu, 2011).

**Çizelge 1.1:** Bazı AB ülkelerinde arıtma tesisine bağlı nüfus yüzdeleri (Samsunlu vd., 2003).

Arıtma Türü				
Ülke	Yıl	Mekanik (1.Kademe)	Biyolojik (2.Kademe)	İleri (3.Kademe)
Danimarka	1985	16	58	4
	1990	14	42	28
	1997	2	3	93
Yunanistan	1980	0	0,5	0
	1985	0,7	9,3	0
	1990	0,7	10,7	0
	1997	32	14	10
İrlanda	1985	0,2	11	0
	1990	23	21	0
	1997	35	26	0
İspanya	1985	13,2	15,8	0
	1990	11	41	0,9
	1997	10,6	37,3	3,3
İsveç	1985	1	11	82
	1990	0	9	85
	1997	0	6	87
İngiltere	1985	6	52	25
	1990	8	65	14
	1997	10	62	18

Türkiye’de atıksular, 2872 sayılı Çevre Kanununa bağlı olarak çıkarılmış olan 04.09.1988 tarih ve 19919 sayılı Su Kirliliği kontrol Yönetmeliği’ne (SKKY) göre atıksular evsel nitelikli atıksular, endüstriyel nitelikli atıksular, endüstriyel nitelikli diğer atıksular olarak sınıflandırılmaktadır. Bu yönetmeliğe göre atıksular alıcı ortama boşaltılmasında uygulanan deşarj standartları Çizelge 1.2’de verilmektedir (Samsunlu, 2011).

**Çizelge 1.2 :** Evsel nitelikli atıksuların alıcı ortama deşarj standartları (SKKY, Tablo 21.1).

Sınıf 1: Kirlilik yükü ham BOİ olarak 5-120 kg/gün arasında, nüfus =84- 2000

Parametre	Birim	Kompozit Numune	
		2 Saatlik	24 Saatlik
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ <sub>5</sub> )	(mg/L)	50	45
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	(mg/L)	180	120
Askıda Katı Madde (AKM)	(mg/L)	70	45
pH	-	6-9	6-9

Sınıf 2: Kirlilik yükü ham BOİ olarak 120-600 kg/gün, nüfus = 2000-10000

Parametre	Birim	Kompozit Numune	
		2 Saatlik	24 Saatlik
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ <sub>5</sub> )	(mg/L)	50	45
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	(mg/L)	160	110
Askıda Katı Madde (AKM)	(mg/L)	60	30
pH	-	6-9	6-9

Sınıf 3: Kirlilik yükü ham BOİ olarak 600-6000 kg/gün’den büyük, nüfus=10000-100000

Parametre	Birim	Kompozit Numune	
		2 Saatlik	24 Saatlik
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ <sub>5</sub> )	(mg/L)	50	45
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	(mg/L)	140	100
Askıda Katı Madde (AKM)	(mg/L)	45	30
pH	-	6-9	6-9

**Çizelge 1.2 (devam) :** Evsel nitelikli atıksuların alıcı ortama deşarj standartları (SKKY, Tablo 21.1).

Sınıf 4: Kirlilik yükü ham BOİ olarak 6000 kg/gün'den büyük, nüfus > 100000)

Parametre	Birim	Kompozit Numune 2 Saatlik	Kompozit Numune 24 Saatlik
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ <sub>5</sub> )	(mg/L)	40	35
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	(mg/L)	120	90
Askıda Katı Madde (AKM)	(mg/L)	40	25
pH	-	6-9	6-9

Tüm belediyelere uygulanan 2012 yılı Belediye Atıksu İstatistikleri Anketi sonuçlarına göre, 2950 belediyeden 2300'üne kanalizasyon şebekesi ile hizmet verildi. Kanalizasyon şebekesi ile toplanan 4,1 milyar m<sup>3</sup> atıksuyun %45,3'ü denize, %44,6'sı akarsuya, %2,8'i baraja, %1,8'i göl-gölete, %0,9'u araziye ve %4,6'sı diğer alıcı ortamlara deşarj edildi. Türkiye İstatistik Enstitüsü verilerine göre 1994-2012 yılları arasında atıksu arıtma tesisi bulunan belediye sayısındaki değişim Çizelge 1.3'de verilmiştir.

**Çizelge 1.3:** Yıllara göre atıksu arıtma tesisi bulunan belediye sayısı (TÜİK, 2012).

Belediye Atıksu Göstergeleri	1994	1998	2002	2006	2010	2012
Atıksu arıtma tesisi sayısı	41	80	145	184	326	460
Fiziksel	3	13	28	26	39	57
Biyolojik	38	67	114	135	199	244
Gelişmiş	.....	...	3	23	53	70
Doğal	.....	....	...	...	35	89

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

### 2.1 Arıtma Tesisi ve Kademeleri

Toplanan atıksu numuneleri üzerinde endüstrinin tipine göre aşağıda sıralanan fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametrelerin bazılarının ölçümü yapılır. Ancak herhangi bir endüstri için bütün parametrelerin aranması ve ölçülmesi gereksizdir (Azman, 2007).

Fiziksel parametreler, renk, koku, bulanıklık, sıcaklık, toplam katı madde, çökebilen katı madde, askıda katı madde, inorganik ve organik katı madde, iletkenlik, radyoaktivitedir. Bunların en önemlileri sıcaklık ve katı maddelerdir.

Kimyasal parametreler, pH, alkalinite, asidite,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ , N, P, gres ve yağlar, deterjanlar,  $KO_2$ ,  $BO_2$ , ağır metaller, toksik maddeler haşere öldürücüler olarak sıralanabilir. Bunlardan önemli olanlar, pH, asidite, alkalinite, N, P,  $BO_5$ ,  $KO_2$ 'dir.

Biyolojik parametreler, toksik maddeler için, koliformlar (evsel atık sularından dolayı kirlenme olup olmadığını anlamak için), diğer organizmalar (Salmonella, Shigella, Anthrax, virüsler, Algae, Nematodlar ve diğer solucanlar), balık biyodenyi gibi biyolojik testler uygulanır ve atıksuyun biyolojik değişkenleri belirlenir (Azman, 2007).

Yukarıda sözü edilen kirletici maddeler ve bunların giderilmesi için, evsel atıksu arıtma tesislerinde yaygınla kullanılan arıtma birimleri Çizelge 2.1.'de verilmiştir.

**Çizelge 2.1.:** Atıksu arıtma tesisi temel işlemlerin fonksiyonları (Metcalf ve Eddy, 1991).

İşlem	Fonksiyon
Izgara ve elekler	İri askıda veya yüzen maddelerin ayrılması
Kum Tutucu	İnorganik iri çökelebilen maddelerin (kum, vb.) ayrılması
Ön Çökeltme	Yerçekimiyle çökebilin maddelerin ayrılması

**Çizelge 2.1. (devam):** Atıksu arıtma tesisi temel işlemlerin fonksiyonları (Metcalf ve Eddy, 1991).

Biyolojik Reaktörler (Aktif Çamur, Damlatmalı filtre, Biyodiskler vb.)	Çözünmüş ve yarı çözünmüş organik maddelerin giderimi
Son Çökeltme Havuzu	Arıtma sırasında oluşan biyolojik ve kimyasal yumakların sudan ayrılması
Dezenfeksiyon	Hastalık yapan mikroorganizmaların ve bakterilerin giderimi
Koagülasyon	Partikül büyüklüğünü artırmak için kimyasal madde ilave ederek karıştırma
Nitrifikasyon	Besi maddesi giderimi (Amonyakın nitrite dönüştürülmesi)
Denitrifikasyon	Besi Maddesi giderimi (Nitrit ve Nitratın biyolojik reaksiyonlara giderim)

### 2.1.1 Izgara

Atık su içindeki katı maddelerin pompa vb. tesisata zarar vermemesi için sudan ayırarak diğer arıtma ünitelerine gelecek kirlilik yükünü azaltmak için kullanılır (Çevretered, 1996).

Sistemde kullanılan dezenfektan gibi kimyasal maddeler katı ve yüzücü maddeler nedeniyle daha fazla tüketilir. Izgaralar küçük tesislerde elle, büyük tesislerde mekanik olarak temizlenir (Samsunlu, 2011).

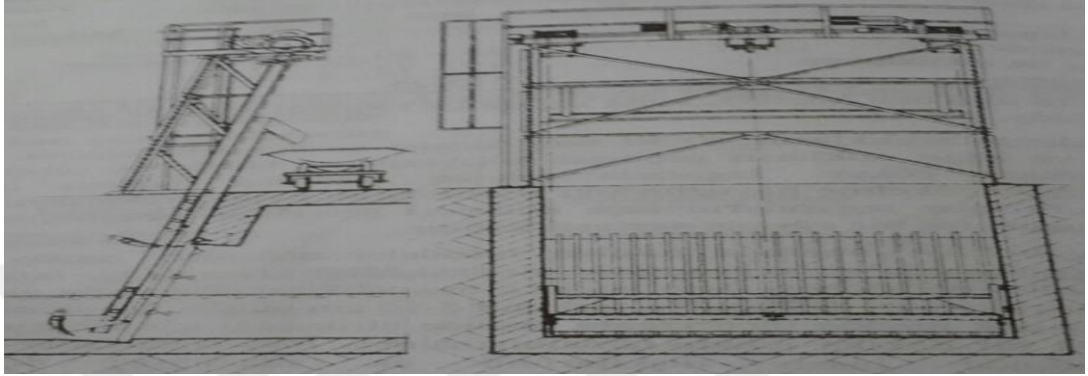
Izgaralarda çubuklar arasında tutulan maddeler nedeniyle menba tarafında sular kabarır. Izgara önünde ve arkasındaki su seviyeleri arasında bir fark meydana gelir. El ile ve mekanik olarak temizlenen ızgaraların tasarım kriterleri Çizelge 2.2’de ve şematik görüntüsü Şekil 2.1’de verilmektedir. Mekanik olarak temizlenen ızgaralarda seviye farkının 5-10 cm olması önerilir. Elle temizlenen ızgaralarda serbest açıklığın yarısının dolması durumunda ızgara temizlenir. Elle Temizlenen ızgaranın şematik görüntüsü Şekil 2.2’de verilmiştir (Samsunlu, 2011).

**Çizelge 2.2:** Elle ve mekanik olarak temizlenen ızgaraların tasarım kriterleri (Toprak, 2006).

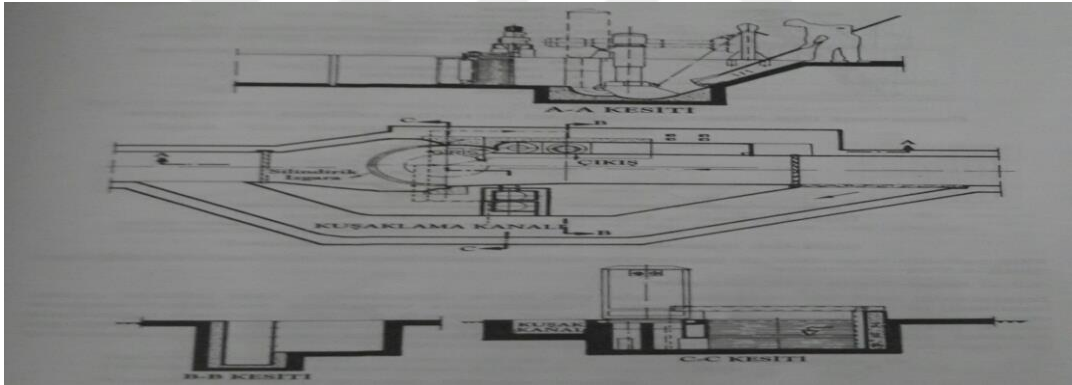
Parametre	El ile Temizlenen	Mekanik Temizlenen
Çubuk Genişliği (cm)	0,50-1,50	0,50-1,50
Çubuk Derinliği (cm)	2,50-3,75	2,50-3,75
Çubuklar Arası Açıklık (cm)	2,50-5,00	0,50-7,50

**Çizelge 2.2:(devam):** Elle ve mekanik olarak temizlenen ızgaraların tasarım kriterleri (Toprak, 2006).

Çubukların Yatayla Yaptığı Açı(°)	30-45	0-30
Yaklaşım Hızı (m/sn)	0,30-0,60	0,60-1,0
Yük Kaybı (cm)	15	15



**Şekil 2.1:** Mekanik olarak temizlenen bir ızgaranın şematik görüntüsü (Toprak, 2006).



**Şekil 2.2:** Elle temizlenen ızgaranın şematik görüntüsü (Toprak, 2006).

Izgaralarda tutulan madde miktarı, ızgara çubukları arasındaki faydalı açıklığa, atıksu debisine, atıksu toplama sistemi tipine ve atıksu üreten halkın sosyo-ekonomik yapısına göre değişir (Toprak, 2006).

### 2.1.2 Kum tutucu

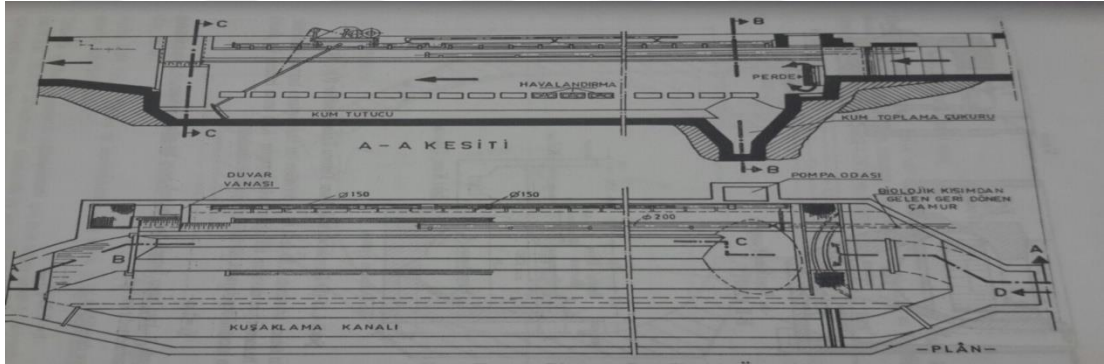
Kum ve çakıl gibi maddeleri sudan ayırmak ve bunların tesisin diğer ünitelerine geçmesini önlemek için kum tutucular kullanılır (Toprak, 2006).

Kum taneleri boru, pompa ve benzeri mekanik aksamın aşınmasına sebep olur. Kum tutucular ise bu maddeleri tutarak mekanik ekipmanın aşınmasını azaltır, boru

hatlarında çökelti oluşmasını ve boru hatlarının tıkanmasını önler. Kum tutucular, çürütücülerin temizlenme aralıklarının daha uzun tutulmasını sağlar (Samsunlu, 2011).

Dikdörtgen planlı (yatay akışlı) uzun kum tutucular, en eski kum tutucu tipidir. Kumun çökmesini sağlamak ve organik maddelerin çökelmelerinin engellemek için, yatay akış hızı belirli bir aralıkta olması gerekmektedir (0,25-0,45 m/sn arasında seçilebilir) (Samsunlu, 2011).

Havalandırılmalı kum tutucular, son yıllarda arıtma tesislerinde en yaygın kullanılan kum tutucu tipidir. Yatay hızı sabit tutma güçlüğü nedeniyle geliştirilmişlerdir. Bu kum tutucularında değişken debilerde sabit ve debiden bağımsız akış hızları kolaylıkla sağlanır. Havalandırılmalı kum tutucu planı ve boy kesiti Şekil 2.3'te verilmektedir (Samsunlu, 2011).



**Şekil 2.3:** Havalandırılmalı kum tutucu planı ve boy kesiti (Samsunlu, 2011).

Havalandırılmalı kum tutucular, birincil arıtım öncesi kimyasal madde ilavesi, karışım ve yumaklaştırma işlemleri için de kullanılabilen ünitelerdir. Atıksu kum tutucuya girdikten sonra, kum tanecikleri, büyüklüklerine, özgül ağırlıklarına ve havuz içerisinde yaratılan dönme hızına bağlı olarak tabana çökmeye başlarlar. Difüze hava hız kontrolünü sağlar ve sistem işletme bakımından oldukça esnek ve sistemde oldukça az yük kaybı oluşur (Toprak, 2006).

Dairesel planlı kum tutucular, suyun havuz içinde dairesel bir yörünge izlemesi sağlanan bu tür kum tutucularında nehir dönüşlerinde (kurbalarında) olduğu gibi kumlar merkezkaç kuvvetinin etkisiyle merkezde kum toplama kısmında birikirler. Dairesel havuza giren su tanjansiyal (teğet) olarak verilir. Bu hareket nedeniyle, su yüzeyi dış çeperlere doğru yükselir. Bu yükselmenin meydana getirdiği basınç farkı nedeniyle, meydana gelen enine dairesel hareket neticesinde kum aşağı doğru inerken diğer

hafif maddeler yüzeye taşınmaktadır. Sisteme en uygun giriş hızı 0,75 m/sn iken bu hız 1 m/sn'yi, çıkış hızı ise 0,80 m/sn'yi geçmemelidir. Suyun kum tutucuda kalma süresi, kum hacmi hariç 30-45 sn'dir (Samsunlu, 2011).

Düşey akımlı kum tutucular; küçük arıtma tesislerinde ve tesis alanının dar olduğu yerlerde bu tip kum tutucular tercih edilir. Yağmur sularının durultulmasında da kullanılır. Bünyesinde kum ihtiva eden su bir veya birden daha fazla sayıda dalgıç perdenin içinden geçerek orta kısımda yükselir. Bu faz çökeltme için önemli olup, yükselme esnasında kalan kumların çökeltmesi gerçekleşir (Samsunlu, 2011).

Özel geliştirilmiş kum tutucular; kama kesitli dairesel çubuklu ızgara, tutulan katı maddeleri yukarı taşıyan helezon, yıkama ve pres sistemleri ile donatılmıştır. Atıksu içindeki kum salyangoz tipi dönen bir burgu ile yukarıya doğru taşınırlar. Burada biriken kum belirli ağırlığa ulaştığı zaman hareketli olan bu yapı kendi eksenini etrafında dönerek konteynere kumu boşaltır (Samsunlu, 2011).

### **2.1.3 Yağ tutucu**

Yağ, gres ve benzeri maddelerin Atık su yüzeyinde toplanıp sıyrılarak sistemden ayrıştırılması işlemidir. Evsel Atık suyun içerisindeki yağ, gres ve benzeri maddeler, benzinliklerden, oto tamir atölyelerinden ve evsel kullanımlardan (deterjan, bulaşık yağları) kaynaklanır (Toprak, 2006).

Yağ tutucular öncelikle endüstriyel arıtma tesislerinde inşa edilir. Kentsel arıtma tesislerinde yağ tutucu yapısının inşa edilmesi zorunlu değildir. Kentsel atıksu arıtma tesislerinde yağların giderimi için ön çökeltme havuzu yüzeyine monte edilen yüzeysel sıyrıcılar kullanılır. Yağ ve türevleri yüzeyden sıyrılarak ortamdan uzaklaştırılır (Samsunlu, 2011).

Yağ tutucuların tasarımında, bekleme süresi 1-15 dk arasında kabul edilir. Küçük yapılarda değer 1-3 dk arasında alınır. Yağın tutulabilmesi için basit bir havuz yeterlidir. Yağ tutucularda genel prensip suyun hızını azaltmak ve suyun yüzeyini sakın tutmaktır (Samsunlu, 2011).

### **2.1.4 Çökeltme havuzları**

Askıda katı maddelerin atık sudan uzaklaştırılmasında en yaygın kullanılan prosestir. Kendinden sonra gelen biyolojik arıtma ünitelerinden önce kullanılan ön çökeltme

havuzları etkili bir askıda katı madde giderimi sağlar. Kimyasal arıtımla beraber kullanıldığında, çözümlü fosfatların ve diğer çözümlü katıların giderimini sağlar (Toprak, 2006).

Dairesel planlı ön çökeltme havuzları için tipik projelendirme esasları Çizelge 2.3’de verilmiştir. Dikdörtgen ve dairesele planlı çökeltme havuzları boyutlandırma değerleri Çizelge 2.4’te verilmiştir.

**Çizelge 2.3:** Dairesel planlı ön çökeltme havuzları için projelendirme esasları (Metcalf, Eddy, 2003).

Parametre	Birim	Aralık Değeri	Tipik Değer
Aktif Çamur Geri Devri Olan Ön Çöktürme Bekletme Süresi	sa	1,5-2,5	2,0
Yüzeysel Yük			
Ortalama Yük	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> -gün	24-32	28
Saatlik Pik Yük	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> -gün	48-70	60
Savak yüklemesi	m <sup>3</sup> /m-gün	125-500	250

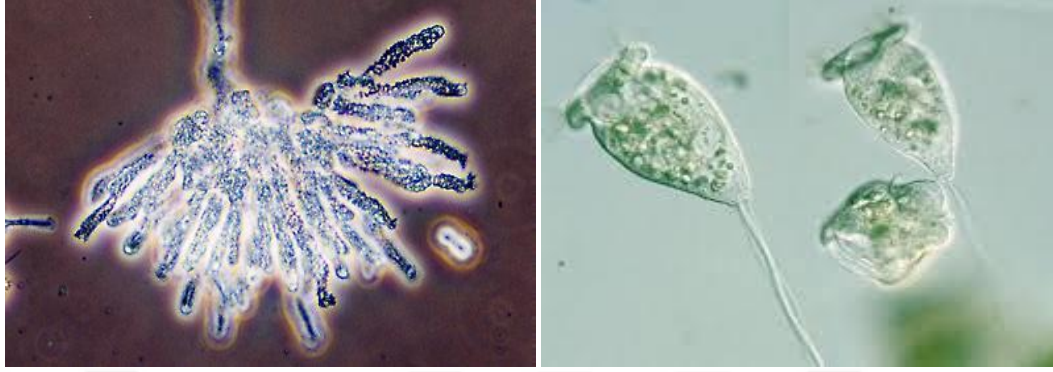
**Çizelge 2.4.:** Çökeltme havuzları boyutlandırma değerleri (Samsunlu, 2011).

Parametre	Birim	Aralık Değeri	Tipik Değer
Dikdörtgen Planlı			
Derinlik	m	3,0-4,9	4,3
Uzunluk	m	15-90	24-40
Genişlik	m	3-24	4,9-9,8
Sıyırıcı Hızı	m/dk	0,6-1,2	0,9
Taban Eğimi		1:100, 1:200	1:100
Yatay Su Hızı	mm/sn	< 10	< 6
Savak Yükü	l/sn.mm	< 10	<4
Dairesel Planlı			
Derinlik	m	3,0-4,9	4,3
Çap	m	3,0-60	12-45
Taban eğimi	mm/mm	1/16-1/6	1/12
Sıyırıcı Hızı	r/dk	0,02-0,05	0,03
Savak Yükü	m <sup>3</sup> /gün.m	125-500	125-250

### 2.1.5 Aktif çamur

Aktif çamur süreci, mikroorganizmaların organik maddeyi oksijen kullanarak ayrıştırılmaları esassından yararlanılarak geliştirilen bir aerobik biyolojik arıtma sistemidir. Aktif çamur içindeki mikroorganizmalar Şekil 2.4’te verilmektedir.

Bu esnada, suyun içindeki mikroorganizmaları, kısmen çözülmüş, kısmen asılı haldeki organik maddeleri hücrelerini kurmak ve enerji elde etmek için kullanılırlar ve hızla çoğalırlar. Bu sırada organik maddelerin bir kısmı yanarak CO<sub>2</sub> haline gelir. Diğer kısmı, hücre oluşumunda kullanılır (Toprak, 2006).



Zoogloca Ramigera

Vorticella

**Şekil 2.4:** Aktif çamur içindeki mikroorganizmalar (Samsunlu, 2011).

Çoğalan mikroorganizmalar birbirine ve suda asılı maddelere tutunarak floklar oluştururlar. Oluşan bu floklar çöktürülür ve üstte kalan berrak sıvı, suyun temizlenmiş olduğunu gösterir. Tabana çökelen katı maddelere aktif çamur adı verilir (Muslu, 1994).

Çamur geri devir oranı ve çökeltme havuzu tabanındaki çamur konisindeki MLSS konsantrasyonu, hem arıtılacak atıksuyun hem de süreç tasarımının ve işletiminin bir özelliği olan çamur hacim indeksinin bir fonksiyonudur. Çizelge 2.5' te aralarındaki ilişkinin dikkate alınması gereken değişkenler verilmiştir.

**Çizelge 2.5:** Aktif çamur tasarım değişkenleri arasındaki ilişkiler (Toprak, 2006).

Tasarım Parametreleri	Tasarımı Belirleyen Değişken	İlgili Süreç Faktörü
Katı alıkonma süresi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Çıkış suyu kalitesi</li> <li>- Sıcaklık</li> <li>- Biyokinetik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Havalandırma süresi</li> <li>- MLSS konsantrasyonu</li> <li>- Çamur üretim hızı</li> <li>- Oksijen gereksinimi</li> </ul>
MLSS konsantrasyonu	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sıcaklık</li> <li>- Çamur geri çevrim oranı</li> <li>- Geri çevrim MLSS konsantrasyonu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Son çökeltme havuzu yüzeysel hidrolik yükü ve katı yükü</li> <li>- Çamur hacim indeksi</li> <li>- Katı alıkonma süresi</li> <li>- Çamur Üretim Hızı</li> </ul>

**Çizelge 2.5. (devam):** Aktif çamur tasarım değişkenleri arasındaki ilişkiler (Toprak, 2006).

Geri Çevrim Oranı	<ul style="list-style-type: none"><li>- MLSS konsantrasyonu</li><li>- Geri çevrim MLSS konsantrasyonu</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Çamur hacim indeksi</li><li>- Son çökeltme havuzu yüzeysel hidrolik yükü ve katı yükü</li></ul>
-------------------	---	---

Aktif çamur yöntemi ile kısmi arıtma metodu; arıtılacak suyun verileceği yüzeysel suyun kendi kendini temizleme kapasitesinin yüksek ve uygun olması durumunda kullanılır. Yüzeysel suların her geçen gün daha fazla yüklenmesi sebebiyle bu kısmi arıtma metodu çok az uygulama alanı bulmaktadır. Kısa havalandırma süresi (2 saat) ve yüksek organik çamur yüküne bağlı olarak tam arıtmanın aksine daha düşük arıtma verimi göstermektedir (Samsunlu, 2011).

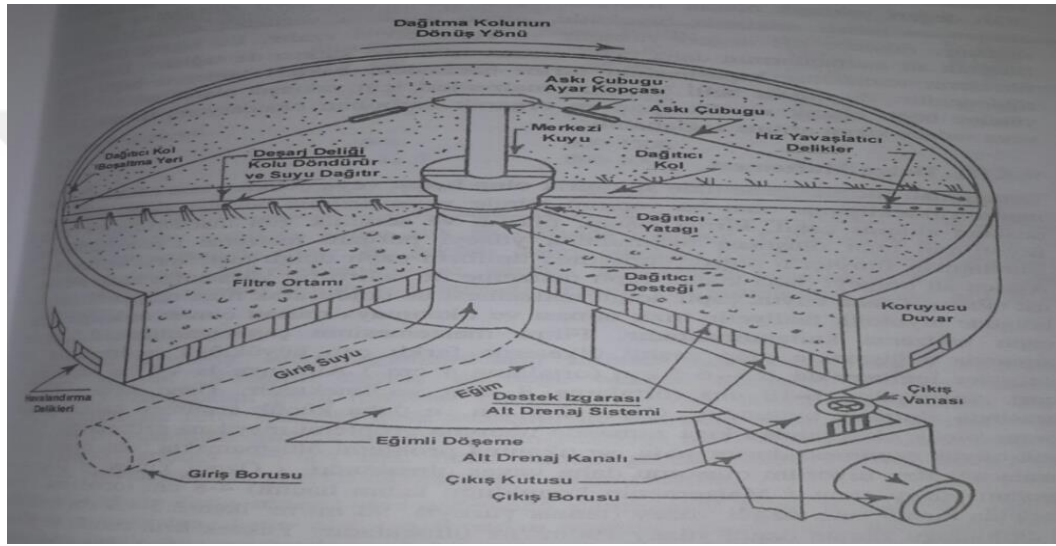
Aktif çamur yöntemi ile tam arıtma metodu, arıtılacak suyun verileceği yüzeysel suyun kendi kendini temizleme kapasitesinin düşük ve uygun olması durumunda uygulanır. Yüksek çamur yükü ve yoğun havalandırma suretiyle konvansiyonel sistemlerde olduğundan daha kısa havalandırma süresinde atıksuyun tam olarak biyolojik yollarla arıtılması sağlanabilir. Bu metodun arıtma verimi % 90 civarındadır (Samsunlu, 2011).

Uzun havalandırmalı aktif çamur metodu, aktif çamur yönetiminin düşük debiler için ve endüstriyel atıksuların arıtılmasında kullanılabilmesi son yıllarda geliştirilen, hava yardımı ile çamurun stabilize edilmesi sayesinde mümkün olmuştur. Bu metoda havalandırma süresi 0,5-3 gün arasında değişmekte olup tesiste çok az atık çamur meydana gelmektedir. Mümkün olduğu kadar çok çamur miktarı ile havalandırma havuzu çalıştırılmaktadır. Bu şekilde çalışan biyolojik tesislerde havalandırma havuzu ve son çökeltme havuzu birlikte bir bütün olarak inşa edilebilir ve ön çökeltme havuzu inşa edilmeyebilir. Bu durumda çamur miktarı 4-5 kg/m<sup>3</sup>'den fazladır (Samsunlu, 2011).

## 2.1.6 Damlatmalı filtre

Biyolojik büyümenin hareket etmeyen sabit bir ortamda gerçekleştiği ve çamur geri devir işleminin yapılmadığı süreçlerdir (Toprak, 2006).

Modern damlatmalı filtreler, üzerine mikroorganizmaların yapıştığı, çok geçirimli malzemeden yapılmış bir yataktan meydana gelir. Damlatmalı filtrenin perspektif ve kesit görünüşü Şekil 2.5'te verilmektedir. Mekanik bir tasfiyeden geçmiş ve içindeki çökebilir maddeleri ayrılmış olan atık sular, bu yatak içinden geçirilir (Muslu, 1994).



Şekil 2.5: Damlatmalı filtrenin perspektif ve kesit görünüşü (Topacık, 2000).

Genel olarak malzeme, çapları 25 ile 100 mm arasında değişen kırma taşlardan meydana gelir. Kullanılan filtre malzemelerinden bazılarının özellikleri Çizelge 2.6'da verilmiştir. Bu tanelerin arasındaki boşluklar, tamamen sıvı ile dolu değildir. Su ve hava sıcaklığına bağlı olarak, tanelerin arasındaki boşlukların bir kısmından, yani sıvının doldurmadığı kısımdan aşağıdan yukarıya veya yukarıdan aşağıya doğru bir hava akımı meydana gelir. Bu esnada tanelerin üzerinde mikro ve makro organizmalardan meydana gelen bir biyolojik tabaka teşekkül eder. Buradaki canlılar, sıvı içinde mevcut organik maddeleri kullanarak kalınlığını artırır, belli bir süre sonunda biyolojik tabakanın tane yüzeyine yapışma kabiliyeti kaybolur. Neticede biyofilm, suyun sürüklenme kuvveti ile yerinden koparılır. Filtreden çıkan su, bu biyofilm parçalarını ihtiva eder ve bu parçalar son çökeltme havuzunda sudan ayrılır (Muslu, 1994).

**Çizelge 2.6:** Filtre Malzemesinin Özellikleri (Samsunlu, 2011).

Malzeme	Dane Büyüklüğü (cm)	Birim Hacim Ağırlığı ( kg/m <sup>3</sup> )	Özgül Yüze (m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )	Boşluk Hacmi (%)
Nehir Taşı				
Küçük	2,5-6,5	1250-1450	55-70	40-50
Büyük	10-12	800-1000	40-50	50-60
Yüksek Fırın Cürufu				
Küçük	5-8	900-1200	55-70	40-50
Büyük	7,5-12,5	800-1000	45-60	50-60
Plastik				
Normal	60x60x120	30-100	80-100	94-97
Yüksek Özgül Yüze (Yüze)	60x60x120	30	120	98-99

Damlatmalı filtre çamuru aktif çamura kıyasla daha ağırdır ve bu nedenle hızla çökeler. Dolayısıyla, son çökeltme havuzlarını aktif çamur sistemine nazaran daha küçük yapmak mümkündür. Bu, damlatmalı filtre süreçlerinin son çökeltme havuzlarında daha yüksek hidrolik yükün kullanılabilmesini gösterir. Son çökeltme havuzlarının tabana eğimi, aktif çamur sisteminde en az 1:8 olması gerekirken, damlatmalı filtre sisteminde 1:50'lik bir eğim yeterlidir (Toprak, 2006).

### 2.1.7 Stabilizasyon havuzları

Atık suların içindeki organik maddelerin ayrıştırılıp, zararsız hale getirildiği, topraktan yapılmış nispeten sığ havuzlardır. Stabilizasyon havuzları, küçük yerlerde bilhassa çok kullanılır. Çünkü bu halde diğer arıtma metotlarına nazaran, inşa ve işletme masraflarının düşüklüğü önemli bir ekonomik avantaj teşkil eder. Endüstri atık sularının tasfiyesi maksadıyla da yaygın olarak tatbik edilmektedir (Muslu, 1994).

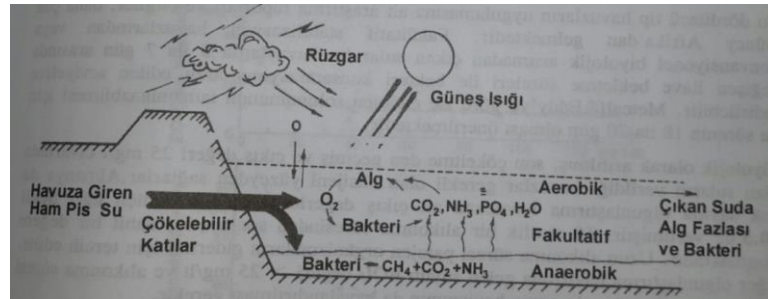
Bu havuzlarda hiç arıtım görmemiş atık sular temizlenebileceği gibi, önceden bir arıtma tesisinden geçirilerek kısmen tasfiye edilmiş atık sular da temizlenebilir. Stabilizasyon havuzlarını, atık suyun bileşimine, meydana gelen biyokimyasal

olayların cinsine, inşa şekline ve gördükleri işe göre çeşitli şekillerde sınıflandırmak mümkündür (Muslu, 1994).

Aerobik stabilizasyon havuzları, içerisine ışık nüfuz edebilmesi ve fotosentez olayı sonucu alg üreyebilmesi için genellikle sığ (0,30m) inşa edilir. Bu havuzlarda organik maddelerin indirgenmesi, bakteri ve alglerin faaliyetleri ile meydana gelir. Havuz içerisinde çözülmüş oksijen dağılmış halde sürekli bulunur. Alg üremesi fazladır ve yüksek arıtma sağlanır. Bu tip havuzlar atıksu arıtımından çok alg üretilmesi amacı ile kullanılır (Samsunlu, 2011).

Anaerobik stabilizasyon havuzlarında, mikrobiyolojik faaliyetler için gerekli oksijen, nitrat ve sülfat gibi bileşiklerden sağlanır ve son ürünler olarak metan ve karbondioksit oluşur. Bu tip havuzlarda derinlik (2,5-5 m) daha fazladır ve BOİ<sub>5</sub> yükünün daha yüksek olması nedeni ile aerobik bölge oluşmaz ve hemen hemen tamamında anaerobik bölge hakimdir. Arıtma verimleri düşük olduğu için, anaerobik stabilizasyon havuzlarından sonra fakültatif stabilizasyon havuzları yer alır. Bu uygulama fakültatif havuzun BOİ yükünü azaltır ve çökelen çamurun yapısını değiştirir. Çamur daha stabil ve inorganik haldedir. Bu sistemin en büyük problemi koku oluşumudur (Samsunlu, 2011).

Fakültatif stabilizasyon havuzlarında, iki ayrı tabaka mevcuttur. Yüzeyle yakın olan üst kısımda alglerin faaliyeti neticesi oksijen ihtiva eden aerobik tabaka vardır. Organik maddelerin çökeldiği alta tabaka ise anaerobiktir. Üst tabakada alg üremesi, aerobik ve fakültatif bakteri faaliyetleri, alt tabakada ise fakültatif ve anaerobik bakteri faaliyetleri söz konusudur. Fakültatif stabilizasyon havuzundaki aerobik ve anaerobik bölgenin görünümü Şekil 2.6'da verilmektedir. Fakültatif havuzlarda derinlik 1-2,5 m aralığında, bekletme süresi ise 7 ila 30 gün arasında seçilerek boyutlandırma yapılır. Bu havuzlardaki en büyük sorun çıkış suyunda yüksek konsantrasyonda alg bulunmasıdır (Samsunlu, 2011).



Şekil 2.6: Fakültatif stabilizasyon havuzunun şematik görünümü (Samsunlu, 2011).

Olgunlaştırma havuzlar, genelde bir aerobik stabilizasyon havuzu niteliğindedir. Arıtmadan çıkan suyun iyileştirilmesi, çıkış konsantrasyonunun dengelenmesi ve mevsimsel nitrifikasyon sağlanması için kullanılır. Biyolojik mekanizmaları bakımından, aerobik askıda çoğalan proseslere benzerlik gösterirler. Havuza gelen BOİ<sub>5</sub> ve diğer biyolojik kalıntılar ile amonyağın nitrata çevriminde kullanılan oksijen, alglerden ve yüzeyden sağlanır. Balık havuzları ve su bitkileri havuzları da birer olgunlaştırma havuzu olarak görev yaparlar (Samsunlu, 2011).

### 2.1.8 Son çökeltim havuzları

Son çökeltim havuzları dikdörtgen kesitli veya daire kesitli olabilir. Bu havuzların esas görevi, havalandırma havuzunda oluşan flokların çökeltilerek uzaklaştırılmasını sağlamaktır. Havuz tabanında biriken çamurun bir miktarı pompalar yardımıyla havalandırma havuzuna basılır. Diğer bölümü yoğunlaştırıcılarda yoğunlaştırıldıktan sonra kurutma yataklarına veya dekantörlere alınır (Muslu, 1994).

Dairesel son çökeltme havuzları, 3-60 m çapında inşa edilirler. Çoğunlukla 10-40 cm çapında yapılırlar. Tank çapının, derinliğin 10 katını geçmemesi tavsiye edilmektedir. Dairesel tanklar genellikle merkezden beslenir. Merkezdeki çamur çukuruna sıyrılan çamur, pompayla veya hidrostatik olarak atılır. Tabandaki çamur, orifislerle doğrudan emilerek dışarı atılır (Samsunlu, 2011).

Dikdörtgen son çökeltim havuzlarının, boyu 90 m.'ye kadar olabilir. Derinliğin 10-15 katını geçmemelidir. Genişliğin 6 m'yi geçmesi halinde birden fazla çamur toplama çukuru yapılır (Samsunlu, 2010).

Evsel atıksuların arıtımında, farklı tipteki arıtma sistemlerinden sonra gelen son çökeltme havuzunda dikkat edilmesi gereken projelendirme parametreleri Çizelge 2.7'de verilmiştir.

**Çizelge 2.7:** Son çökeltme havuzları projelendirme parametreleri (Arceivala, 2002).

Çökeltme Tipi	Yüzey Yüğü, m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .gün		Katı Madde Yüğü, kg/m <sup>3</sup> .gün		Derinlik m	Alıkonma Süresi, saat
	Ortalama	Pik	Ortalama	Pik		
Damlatmalı filtre için son çökeltme havuzu	15-25	40-50	70-120	190	2,5-3,5	1,5-2,0

**Çizelge 2.7:(devam):** Son çökeltme havuzları projelendirme parametreleri (Arceivala, 2002).

Aktif çamur tesisi için son çökeltme havuzu (uzun havalandırma hariç)	15-35	40-50	70-140	210	3,5-4,5	-
Uzun havalandırmadan sonra son çökeltme	8-15	25-35	25-120	170	3,5-4,5	-

### 2.1.9 Çamur yoğunlaştırıcılar

Yoğunlaştırma genellikle çamur bertaraf işlemlerinin ilk basamağıdır. Çamuru daha konsantre hale getirmek ve böylece bertaraf işlemlerinin verimini arttırmak ve kendisinden sonra gelen vakum filtrasyonu, santrifüjleme, belt pres ve benzeri gibi işlemlerin maliyetini azaltmaktadır. Daha konsantre çamur elde etmek, bu suretle daha küçük hacimdeki çamurla uğraşmak ve daha ekonomik çürütücü tankı elde etmek için çamurlar yoğunlaştırılırlar (İller Bankası, 1989)

Kullanılan çamur yoğunlaştırıcı türlerinin her biri için gerekli olan polimer dozları Çizelge 2.8, Çizelge 2.9, Çizelge 2.10’da verilmiştir.

**Çizelge 2.8:** Belt filtreler için gerekli polimer dozları (kg/ton kuru katı) (Toprak, 2006).

Çamur Tipi	Aralık	Tipik Değer
Ham		
Ön çökeltme havuzu çamuru	1,0-4,5	2,5
Ön çökeltme havuzu + damlatmalı filtre	1,5-7,5	5,0
Ön çökeltme havuzu+Fazla aktif çamur	1,0-10,0	3,5
Fazla aktif çamur	1,0-10,0	5,0
Aerobik olarak çürütülmüş		
Ön çökeltme havuzu+Fazla aktif çamur	2,0-7,5	5,0
Anaerobik olarak çürütülmüş		
Ön çökeltme havuzu çamuru	1,0-5,0	1,5
Ön çökeltme havuzu+Fazla aktif çamur	1,5-7,5	3,0

**Çizelge 2.9:** Santrifüj filtreler için gerekli polimer dozları (kg/ton kuru katı) (Toprak, 2006).

Çamur Tipi	Aralık	Tipik Değer
Ham		
Ön çökeltme havuzu çamuru	1,0-3,5	2,0
Ön çökeltme havuzu+Fazla aktif çamur	2,0-7,5	4,0
Anaerobik olarak çürütülmüş		
Ön çökeltme havuzu çamuru	3,0-5,0	3,0
Ön çökeltme havuzu+Fazla aktif çamur	3,5-7,5	4,0
Isıl Şartlandırılmış		
Ön çökeltme havuzu+ Fazla aktif çamur	1,5-2,5	1,5
Ön çökeltme havuzu+Damlatmalı filtre çamuru	3,5-7,5	4,0

**Çizelge 2.10:** Vakum Filtreler için gerekli polimer dozları (kg/ton kuru katı) (Toprak, 2006).

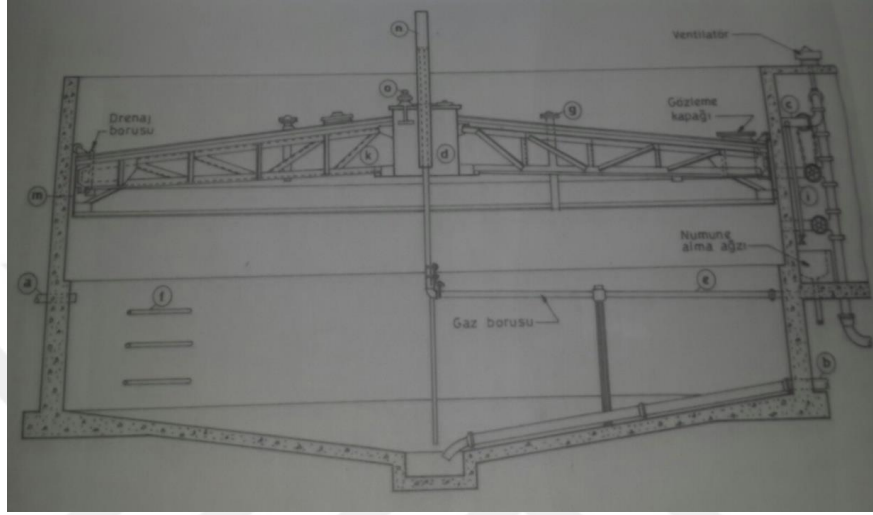
Çamur Tipi	Aralık	Tipik Değer
Ham		
Ön çökeltme havuzu çamuru	0,25-0,50	0,50
Ön çökeltme havuzu+Damlatmalıfilter çamuru	1,25-2,50	2,00
Ön çökeltme havuzu+Fazla aktif çamur	2,0-5,0	3,0
Fazla aktif çamur	4,0-7,5	6,0
Anaerobik olarak çürütülmüş		
Ön çökeltme havuzu çamuru	0,75-2,00	0,75
Ön çökeltme havuzu+Fazla aktif çamur	2,5-6,0	3,5

### 2.1.10 Çamur çürütme

Aerobik çamur çürütme, organik çamurların, aerobik biyolojik mekanizmalar vasıtasıyla parçalanması esasına dayanır. Genel olarak, aktif çamur ve damlatmalı filtre gibi süreçlerin artık biyolojik arıtma çamurlarına uygulanabilecek en iyi çamur bertaraf sürecidir.

Anaerobik çamur çürütme, evsel atık su çamurlarının bertarafında ve organik madde içeriği oldukça yüksek endüstriyel atık suların arıtımında yaygın bir kullanım alanı bulmaktadır. Çamur çürütme işlemi süresince, uçucu maddeler indirgenir ve çamurun koloidal su bağlı yapısı parçalanır. Sistemi terk eden katıların içerdiği su, çürütme

işlemi uygulanmamış çamurlara kıyasla daha kolay ve ucuz şekilde alınabilir. Aerobik çamur çürütmenin anaerobik çamur çürütücülere göre; ilk yatırım maliyeti düşük olup koku sorunu olmayan son ürünlerin eldesi, çıkış suyunda daha düşük biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve nispeten basit işletme gibi üstünlükleri vardır. Standart hızlı tek kademeli çamur çürütücü kesiti Şekil 2.7’de verilmektedir. (Toprak, 2006).



Şekil 2.7: Standart hızlı tek kademeli çamur çürütücü kesiti (Filibeli, 2013).

### 2.1.11 Çamur kurutma

Çamur kurutma yatakları genellikle drenaj borularının yerleştirildiği 20-40 cm’lik bir çakıl katmanı ve onun üzerine serilmiş 10-15 cm kalınlığında bir kum katmanından meydana gelir. Sulu çamur yatağın üzerine 30-40 cm’lik bir kalınlıkta yayılır ve önce drenaj sonra da atmosferik kurutma ile su giderme gerçekleşir. Çamur keki kum yüzeyinin üzerinden elle veya mekanik olarak sıyrılıp uzaklaştırılır (Çevreter, 1996).

Kurutma yatakları uzunca bir süre en yaygın su giderme yöntemi olarak kullanılmış olmakla birlikte, yüksek işçilik giderleri, geniş arazi kullanımı ve performansın hava şartlarına çok bağlı olması nedeniyle bugün büyük ölçüde terk edilmiştir. Hava şartlarına bağlı olarak 30-40 cm’lik bir sulu çamur kalınlığı ile kuruma 3-6 hafta sürebilir. Erişilebilen kuru madde oranı genellikle %15-25 arasındadır. Çok güneşli havalarda bu oran %40 hatta %60’ a kadar da yükselebilmektedir (Çevreter, 1996).

Çamur kurutma yatakları için gerekli alan, nüfusa ve arıtma tesislerinde arıtılacak atıksu miktarına göre belirlenebilir. Kurutma yataklarına yapılacak katı madde yüklemeleri nüfus esasına göre veya yılda birim kurutma yatağı alanına yapılacak



## 2.2 Arıtma Tesislerinde Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Yöntemleri

Bir atıksu arıtma tesisinde istenilen arıtma verimi ancak tesisin tüm bakım işlerinin zamanında ve periyodik olarak yapılması ile elde edilebilir. Özellikle biyolojik arıtma ünitelerinin sürekli çalışması gerekmektedir. Aksi takdirde biyolojik faaliyet duracak ve tesisin tekrar çalıştırılabilmesi için uzun zaman gerekecektir (Şermet, 2012).

Tesis içindeki tüm elektrikli cihazların kullanımında gerekli özen gösterilmeli, bakımları zamanında yapılmalı, elektrik arızalarına sadece ilgili personel tarafından müdahale edilmelidir. İçinde su veya atıksu bulunan tankların etrafında çalışırken dikkatli olunmalı, şamandıra, kurtarma halatı ve kurtarma çengeli tanklar yanında hazır bulundurulmalıdır (Şermet, 2012).

Pompa istasyonlarının sayısı minimum tutulmalıdır. Mümkün oldukça ara pompa istasyonlarından kaçınılmalıdır. Yer altı suyu seviyesi dikkate alınmalı ve bütün derin yapılarda suyun kaldırma kuvvetine karşı önlemler alınmalıdır. Zayıf merdivenler ve yürüme platformları kullanılmamalıdır. Tamirat işlemlerini kolaylaştırmak için minimum iki pompa, iki havalandırıcı ve iki kompartıman bulundurulmalıdır. Yedek parça envanteri, mümkün olduğunca azaltılmalıdır. Taşmayı önlemek ve tamirat durumunda bir üniteyi devre dışı bırakmak için, yeterli by-pass düzeneği sağlanmalıdır. Alarmlar ve önleyici enstrümanlar karışık değil, tam aksine anlaşılır ve basit olmalıdır. Elektronik ekipmanlar, anahtarlar ve kablolar kolay ulaşılabilir olmalıdır. Otomatik vanalar için elektrik yerine pnömatik veya hidrolik sistemler tercih edilmelidir. Ortak çalışma prensibi doğrultusunda, atıksu pompalarıyla kimyasal dozlama pompaları birbirleriyle ilişkilendirilmelidir. Çökeltme tankında gerekenden uzun alıkoyma süresi, anaerobik şartların (kötü koku, korozyon, vs.) oluşmasına sebep olur. Havalandırma cihazı tipleri dikkatle seçilmelidir. Havuz ve lagün inşaatlarında zemin sıkıştırması, uygun şevler ve seddeler yapılır. Kanalizasyon mecralarına sızıntı önlenmelidir. Sızıntı, debinin artmasına, tuzluluğun artmasına ve seyrelmeyle atıksu karakterinin değişmesine neden olur. Beklenmedik bir korozyon durumunda; boru et kalınlıkları, gerekenden büyük seçilmeli; gerekirse beton kaplama yapılmalı, dayanıklı malzeme seçilmeli, epoksi ve diğer kaplama malzemeleri sağlanmalıdır (Arceivala, 1998).

### 2.2.1 Izgaralar ve karşılaşılan sorunlar

Atık suyun içinde bez parçaları, madeni parçalar, çöp, sopa ve tuğla parçaları vb. malzemeler bulunur. Bu malzemeler ızgaralarda tutulmadıklarında boru, kanal ve pompa çıkış ağzlarını tıkayabilirler. Zincir, zincir dişlisi çarkı ve şaft gibi hareketli parçaların çalışmasını engelleyebileceği gibi arıtım birimlerinde gereksiz yer de işgal edebilirler. Bir kez tesise girdikten sonra uzaklaştırılması güçtür ve kritik önem taşıyan arıtım birikimlerinin geçici olarak durdurulması ya da suların boşaltılmasını gerektirebilirler. Izgaraların amacı bu istenmeyen zararlı cisimleri sudan ayırmaktır. İnce ızgaralarda tutulan zararlı cisimlerin bir görüntüsü Şekil 2.9’da verilmektedir. (İller Bankası, 1989).



**Şekil 2.9:** İnce ızgarada birikim.

Karşılaşılan problemler beklenmeyen işletme şartları (fazla süprüntü ve tıkayıcı maddelerin ani gelmesi vs. gibi), ekip hataları ve kontrol yetersizliğinden kaynaklanmaktadır.

Kaba ızgaraların kuru havalarda günde bir defa temizlenmeleri yeterlidir. Yağışlı havalarda özellikle birleşik sistem kanalları üzerindeki ızgaralar daha sık temizlenmelidir. İnce ızgaralar sürekli çalıştıkları için temizleme programları günlük kirlilik miktarlarına göre yapılır (Muslu, 1994).

#### 2.2.1.1 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 artırılabilir (Öz, 2009).

### **2.2.1.2 Fare ve sinek oluşumu**

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 ortamdan kısa sürede uzaklaştırılması sorunun çözümü için önemlidir. Tesislerin bulunduğu bölgede ve civarında atıkların uzaklaştırmak için uygun yerler araştırılmalıdır (Öz, 2009).

### **2.2.1.3 Kanallarda kabarma**

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 (Öz, 2009).

### **2.2.2 Kum tutucu ve karşılaşılan problemler**

Kum olarak adlandırılan malzeme kumun yanı sıra taş, kül ve benzeri ağır, inorganik maddeleri içerir. Birleşik sistem kanalları üzerine konulan elle temizlemeli kum tutucular her kuvvetli yağmurdan sonra muhakkak temizlenmelidir. Kum tutucuda oluşan birikimin görüntüsü Şekil 2.10'da verilmektedir.

Mekanik kum tutucular belirli aralıkta devamlı çalıştırılmalı (sıyırıcı vs.) ve kumların mekanik aksamının sıyırma ve uzaklaştırma kapasitesinin üzerinde birikmesine müsaade edilmemelidir. İmalatçı firmanın tavsiyelerine özellikle uyulmalıdır ve bakım programları hazırlanmalıdır (Muslu, 1994).

Kum malzemesinin zamanında temizlenmesi pompa kanatları, salmastra yuvası ve toplayıcı mekanizmaları gibi mekanik donanımın aşınmasını önler, boru, tank, çamur çukurları gibi tesis ünitelerinin tıkanması riskini ve zararlarını azaltır, çamurun toplanmasını ve izolesini kolaylaştırır (İller Bankası, 1989).

Kum zerrecikleri çökelemeyecek kadar küçük olduğu durumlarda kum sürüklenmesi gözlenir. Bu problemin önlenmesi için kum daha sık tahliye edilebilir, kullanılan kanal sayısını artırılabilir, kanalların kesit alanını genişletilebilir (Çevretek, 1989).



**Şekil 2.10:** Kum tutucudaki birikimler.

### **2.2.2.1 Katı madde kaçması ve organik madde çökmesi**

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 (Öz, 2009).

### **2.2.3 Ön çökeltme havuzları ve karşılaşılan problemler**

Çökeltme tanklarının su altında ve üstünde bulunan bütün mekanik aksamaları kontrol edilebilir şekilde dizayn edilmelidir. Su üzerindeki şartlara dikkat edilerek, aşırı gaz kabarcıklarının ve yüzücü çamurlarının görülmesi prosesin başarısızlığa uğradığını veya mekanik aksamın kırıldığını ifade edebilir.

Havuzda yıl boyunca belirli aralıklarla yüzen çamurla karşılaşılabilir. Yüzücü çamur görüldüğünde sıyırıcı çalıştırılmakta ve çamur çekimi gerçekleştirilir ve çamurların tamamı tanktan uzaklaştırılır. Böylece problem bu şekilde belli bir süreliğine ortadan kaldırılır. Çamur sıyırıcının görüntüsü Şekil 2.11’de verilmektedir (Akyüz, 2011).

Sinek problemini, koku problemini azaltmak, tesisin daha bakımlı görünüşünü sağlamak ve daha sonraki ünitelerin daha verimli çalışmasını sağlamak için yüzen maddeler elle sıyırılmalıdır (Akyüz, 2011).

Pompa hatlarının temizliğine dikkat edilmelidir. Bütün çamur hatları hidrolik olarak uygun temizleme elemanları ile temizlenebilmelidir. Hatların temizleme aralığı çamurun sıcaklığına ve ihtiva ettiği yağ konsantrasyonuna bağlıdır. Soğuk havalarda çamur boruları sıcak havalara nazaran daha fazla gres ile kaplanır. Bu borular ayda bir-iki kez temizlenmelidir (Muslu, 1994).

Temizleme işlemi emme borusunda, basma borusunda ve pompada yapılmalıdır. Pompalar yıkama sistemi ile teçhiz edilirse boru hatlarını haftada bir defa birkaç dakika yıkamak hatların uzunca bir süre temiz kalmasını sağlar. Basınçlı su emme borusunu temizleyebilmeli ve emme borusunu ve emme çukurunu karıştırabilmelidir. Bazı tesislerde emme borusu ve emme çukurunu temizlemek için basınçlı havadan faydalanılır (Muslu, 1994).

Çöktürme havuzlarının daha iyi verimde çalışabilmesi için; giriş ve çıkış dalgıç perdelerinden oluşan birikintiler elle ya da basınçlı hava ile devamlı temizlenmelidir, biriken yüzücü kirler giderilmelidir, aksi halde tesis bakımsız ve kötü görünüm arz eder ve koku problemi oluşur (Muslu, 1994).

Tanklarda biriken çamurun temizlik sıklığı; atık suyun nitelikleri ve içerdiği maddeler, tankın ve sıyırıcının türü, arıtma tesisinin müteakip ünitelerde uygulanacak prosesler, yani çamurun koyulaştırılması ve çürütülmesi işlemleri (koyulaştırıcılar dozlama ile beslenirken çürütücüler sık aralıklarla az az beslenir), iklim gibi yerel koşullar belirlemektedir (İller Bankası, 1989).



**Şekil 2.11:** Sıyırıcılar.

Tanktan alınan çamurun su içeriği pompalanmasında güçlük yaratmayacak düzeyde olmalıdır. Şayet çamur arıtmaya tabi tutulacaksa, çürütücü içerisindeki çamuru soğutmamak ve çürütücüdeki çamur bekleme süresini azaltmamak için çamur katı madde yüzdesini mümkün olduğu kadar yüksek tutmak yararlıdır (İller Bankası, 1989).

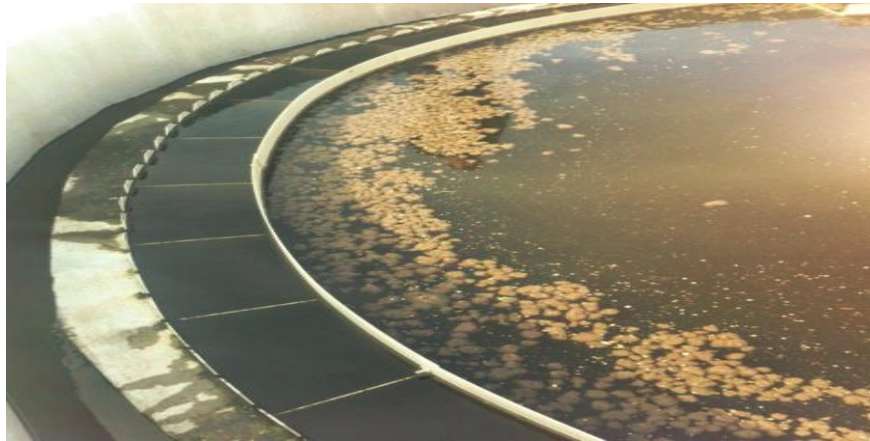
Çamurun ne hızla boşaltıldığı da önemlidir. Bu hız ne üstteki suyun çamur çıkışına ulaşmasına olanak verecek kadar yüksek, ne de katı maddelerin çamur borusunda birikerek tıkanmaya yol açmasına olanak verecek kadar düşük olmamalıdır (İller Bankası, 1989).

Ön çökeltme havuzlarındaki başlıca problemler yüzücü çamur, siyah ve kokan çamur, aşırı köpüklenme, sıyrıcıların arızalanması, çamur toplama çukurları, çamurların sertleşmesi, süspansiyon maddelerin çökelememesidir. Bazı problemler mevsimsel olarak oluşabilir. Soğuk havalarda çamurun pompajı daha zordur, boru hatları gres ile daha çabuk tıkanır. Yazın ise koku ve septiklik problemi ön plana çıkar (İller Bankası, 1989).

### **2.2.3.1 Yüzücü çamur problemi**

Ön çöktürme tanklarında çamurun parçalanması sonunda meydana gelen ve sonra tankın yüzeyinde toplanan çamurlardır. Tankta oluşan yüzen çamur Şekil 2.12’de verilmektedir (İller Bankası, 1989).

Sistemi bu çamurlardan korumak için sıyrıcılar uzunca bir süre çalıştırılmalı, sıyrıcıların normal çalışıp çalışmadığı kontrol edilmeli, sıyrıcıların ahşap elemanları gerekiyorsa değiştirilmeli çamurların tanktan uzaklaştırılması sağlanmalıdır.



**Şekil 2.12:** Yüzen çamur.

### **2.2.3.2 Siyah ve kokulu çamur problemi**

Bunlar septik atık sulardan veya çürütücünün yoğun süpernatantından ileri gelir. Bu durum septik atık sulardan ileri geliyorsa; bütün septik tankların, kanal şebekesi ile ilgisi kesilerek, kuvvetli organik atık veren endüstrinin yükleri azaltılır. Ön tasfiyeye tabi tutularak, kanal şebekesinin çok uzun olduğu veya atık su sıcaklığının fazla olduğu yerlerde biyolojik parçalanmayı durdurmak için çökeltme tanklarından önce veya atık su kanal şebekelerine yer yer klor ilave edilerek ve kullanılmış su kanal şebekesinde katı madde birikmesi önlenerek önlem alınabilir.

Çürütücülerin kuvvetli süpernatantından ileri geliyorsa; çürütücünün daha iyi süpernatant çıkışı sağlanması temin edilerek, kalite düzeline kadar süpernatant alınmayarak veya az alınarak ve süpernatant klorlanarak önlem alınır (İller Bankası, 1989).

### **2.2.3.3 Gres ve köpük problemi**

Gaz oluşumu nedeniyle tüm tanklardaki çamurun içinde beliren balonlarla ortaya çıkan çamur kabarması; çamurun boşaltma sıklığı yetersizliği, çamur boşaltma işlemi sırasında tanktaki çamurun tamamının alınmaması, okside azot içeren son çökeltme çamurun tanklara geri dönüşünün denitrifikasyona yol açması, kısmen çürütülmüş çamur içeren sıvının geri devir edilmesi, çürütülmüş çamur yada sıvının çürütme tanklarından geri dönmesi, tanklarda atık su yada çamurun birikim yaptığı bölgelerin ortaya çıkması gibi nedenler sonucu oluşur (İller Bankası, 1989).

Eğer yalnızca bir tankta kabarıyorsa; atık su akışı ya da yükün eşit olmayan bir biçimde dağılımı, sıyırıcı bıçaklarından birinin yerinden çıkmış olması yada lastiğin aşınmış olması gibi bir aksaklık, çamur sıyırıcısının su altındaki çelik yüzeyinde biriken çamurun büyük parçalar halinde yüzeye yükselmesi yada çamurun, çamur haznesinin bir yanına yapışarak çamurun geri kalanı ile birlikte boşalmaması gibi nedenler sonucu oluşur (İller Bankası, 1989).

### **2.2.3.4 Fazla köpük birikmesi problemi**

Köpük sıyırıcılarının yetersiz çalışmasından ileri gelir. Bu problemi minimuma indirmek için sıyırıcıların daha sık devreye girmesi sağlanmalı ve gerekirse endüstri atık girişi sınırlandırılmalıdır (İller Bankası, 1989).

### **2.2.3.5 Sıyırıcı problemleri**

Mekanik çamur sıyırıcıların üzerindeki yük arttığı zaman sıyırıcılarda bir takım problemler ortaya çıkar. Bu problemleri azaltmak için; havuzlar zaman zaman boşaltılmalı bütün mekanik aksam elden geçirilmeli, eskiyen, aşınan parçalar değiştirilmelidir, havuz yüzeyinde ve duvarlarında biriken buzlar giderilmelidir, havuza kum girişi fazla ise kum tutucu geliştirilmelidir, toplayıcılar daha uzun süre çalıştırılmalı ve/veya çamur pompaları daha sık devreye girmelidir (İller Bankası, 1989).

### **2.2.3.6 Sertleşmiş çamur problemi**

Çamurların yüksek konsantrasyonlarda kum, inorganik çamur ve diğer ağır veya hafif sıkışabilen madde ihtiva etmesinden ve çamur emme borusunda yeterli hız bulunmaması halinde meydana gelir. Şayet pompa ve borularda tıkanma olmuş ise bu problemle karşılaşılır. Problemi önlemek için kum tutucu yoksa tesise kum tutucu ilave edilmeli, kanal şebekesine kum girişi önlenmelidir, basınçlı hava veya su enjeksiyonu yaparak gevşemeyi temin etmelidir, boru hatlarında geri yıkama yapılmalıdır, ayda en az iki defa emme ve deşarj boruları basınçlı su ile temizlenmelidir ve pompanın tıkanıp tıkanmadığı kontrol edilmelidir (İller Bankası, 1989).

### **2.2.3.7 Süspansiyon maddelerin iyi çökelememesi problemi**

Yüzeysel yükün fazla olması, kısa çevrimler, geri devir debisinin çok fazla olması ve endüstriyel atıkların mevcudiyeti bu problemin doğmasına sebep olabilir (İller Bankası, 1989).

Sadece bir havuzda yükselme görülüyorsa havuzlara girişi sağlayan borularda tıkanma olabilir ya da çöktürme havuzu savakları aynı seviyede olmayabilir.

Bu problemi önlemek için; hidrolik yükün ve akımın bütün havuza uniform dağılması sağlanmalıdır ve çökelmeyi artırmak için kimyasal maddeler kullanılmalıdır (İller Bankası, 1989).

Karbonhidrat veya yağ konsantrasyonu fazla olan endüstri atıkları çökmeyi geciktirir. Bunun için elde mevcut atık suyuna ait datalara dayanılarak gerekli proses değişikliği yapılmalıdır.

#### **2.2.3.8 Çökeltmiş atık sudaki asılı katı maddelerin yüksek konsantrasyonu problemi**

Tüm tankların çıkış suyunda askıdaki katı madde konsantrasyonu yüksek düzeyde ise bunun nedeni; tanklarda çamur birikmesi, son çökeltme çamurunun veya tesis üniteleri yüzey sularının, çok yüksek bir hızda geri dönmesi ya da atık suda sanayi atık sularının bulunması olabilir (İller Bankası, 1989).

Yüksek konsantrasyon yalnızca tek bir tankın çıkış suyunda varsa o zaman bunun nedeni ya atık suyun tanklar arasında eşit bölünmemesi yada kısa devre olabilir (İller Bankası, 1989).

#### **2.2.3.9 Kısa devrelerin oluşması**

Atıksu çökeltme 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 (Öz, 2009).

#### **2.2.4 Aktif çamur havuzları ve karşılaşılan problemler**

Aktif çamur prosesi, besin miktarı ile mikroorganizma sayısı arasındaki doğru dengeye dayanan ve dış etkenlere çok duyarlı olan doğal fakat son derece yoğun bir biyolojik süreçtir (Çevretek, 1996).

Bir aktif çamur tesisinin verimli bir şekilde çalıştırılması yeterli besin maddesine, yeterli miktarda çözünmüş oksijen konsantrasyonuna, uygun atıksu sıcaklığına ve mikroorganizmalar için toksik atıkların elimine edilmesine bağlıdır (Öz, 2009).

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 çözünmüş oksijen konsantrasyonunun 2,0-3,5 mg/ L arasında olması gerekmektedir (Kavaklı ve Civan, 1997).

Aktif çamur prosesinde karşılaşılan köpük problemlerinin muhtemel sebepleri ve çözüm önerileri Çizelge 2.12’te verilmiştir.

**Çizelge 2.12: Köpük oluşumu (Çevretd, 1996).**

GÖZLEMLER	MUHTEMEL SEBEP	ÖNERİLER
1 Havalandırma havuzunda taze beyaz sabunumsu köpük oluşumu	Mikroorganizma konsantrasyonunun az olması sebebiyle çok yükselmiş genç çamur	Sistemden çamur uzaklaştırılmamalı ve F/M oranıyla A.K.M. konsantrasyonları kontrol edilmelidir. Mümkünse demir tuzları ve inert maddeler ilave edilmeli veya çamur gelişimi sağlanmalıdır. Geri devir oranı tedrici olarak artırılmalıdır.
2 Havalandırma havuzunda parlak koyu kahverengi yağlı köpük oluşumu	Sistemin Organik Madde/ Bakteri Kütlesi (F/M) oranı, yeterli miktarda çamurun uzaklaştırılmaması nedeniyle düşüktür.	Günlük fazla çamur atımı %10’dan fazla olmamak kaydıyla arttırılmamalıdır. Bu işlem sistem düzelinceye kadar sürdürülmelidir.
3 Havalandırma havuzunda kalın, koyu kahverengi köpük oluşumu	Düzensiz çamur atılması nedeniyle F/M kritik olacak şekilde azalmıştır.	Günlük çamur atımı %10’dan fazla olmamak kaydıyla artırılmalıdır. Bu işlem sistem düzelinceye kadar sürdürülmelidir.
4 Çöktürme havuzunun üstünde yağlı, koyu renkli köpük	Nokardia türünde filamentli organizmaların varlığıdır.	Girişte ve geri devir hattında yağ gres bakılmalı havalandırma ve çöktürme tankından fiziksel olarak bu köpük alınmalıdır. Bu köpük geri devirle ya da başka bir şekilde sistemde tutulmamalıdır.

**Çizelge 2.12 (devam): Köpük oluşumu (Çevretd, 1996).**

5	Koyu kahverengi ya da siyah köpük ve çürük yumurta kokusunun varlığı	Havalandırma havuzunda çözünmüş O <sub>2</sub> konsantrasyonu azalmış ve septik şartlar oluşmuştur	Havalandırma sistemi kontrol edilmeli, arıza varsa giderilmeli sistemden çamur uzaklaştırılmalı eğer varsa paralel havalandırma sistemi devreye alınmalıdır.
---	--	--	--

Aktif çamur prosesinde karşılaşılan çamur kabarması problemlerinin muhtemel sebepleri ve çözüm önerileri Çizelge 2.13'te verilmiştir.

**Çizelge 2.13: Çamur kabarması (Çevretd, 1996).**

GÖZLEMLER	MUHTEMEL SEBEP	ÖNERİLER
1 Homojen olarak yükselen ve çöktürme tankından savaklanan çamurlar	Toksik maddeler sebebiyle parçalanmış flokların oluşumu	Mümkünse çöktürme yardımcıları kullanılmalı toksik maddelerin varlığı önlenmeli ve fazla çamur atımı durdurulmalı
2 Yavaş çöken fakat sıkışamayan çamur	Büyük F/M oranının sebep olduğu bir tür çökme problemi	Mümkünse çöktürme yardımcıları kullanılmalı fazla çamur atımı durdurulmalı ve eğer mümkünse sistem kontak stabilizasyon sistemi gibi çalışmalıdır.
3 SVI değerinin artması mikroskopik incelemede filament türlerinin gözlenmesi	Muhtemel sebepleri olmakla birlikte en önemlileri nutrient eksikliği, yüksek F/M, düşük çözünmüş O <sub>2</sub> vb.	Geri devir hattında klor polimer H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , dozlaması yapılmalı, havalandırma ekipmanları kontrol edilmeli F/M oranı düzenlenmelidir. Eğer pH düşükse bunun dengelenmesi gereklidir. Çünkü düşük pH'dan dolayı fungi gelişimi söz konusudur.

Aktif çamur prosesinde karşılaşılan çökme problemlerinin muhtemel sebepleri ve çözüm önerileri Çizelge 2.14'te verilmiştir.

**Çizelge 2.14: Çökeltme problemleri (Çevretd, 1996).**

GÖZLEMLER	MUHTEMEL SEBEP	ÖNERİLER
1 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 çöktürmede denitrifikasyona uğruyor	Sisteme anoksik bir ilave edilerek ya da havalandırma havuzu içinde böyle bir bölge oluşturularak bu oluşum önlenmelidir. Diğer bir yol geri devir pompasının kapasitesini artırmak ya da çamur pompasının debisi artırılarak çamurun havuzda kalma süresi azaltılmalıdır.
2 Çökeltme hızı yavaş ve üst sıvıda bulanık kalınıyorsa	Fazla havalandırma sonucunda pin flok oluşmuştur. F/M oranı yükselmiş olabilir. Çözünmüş oksijen seviyesi azalmış olabilir.	Çöktürme yardımcıları konulmalı, havalandırıcılar oksijen verimini, hız gradyanı çevresel hız açısından değerlendirilmeli.

Proseste gözlenen fazla köpük oluşumunun muhtemel sebebi atık suya fazla miktarda deterjan karışmasından kaynaklanır. Bu problemin önlenmesi için köpük kırıcı duşlar çalıştırılmalı, gerekirse mikroorganizmalara zarar vermeyen köpük kırıcı solüsyonlar eklenir ve tanka verilen hava miktarı azaltılarak köpük oluşumu engellenebilir (Curi, 1994).

#### **2.2.4.1 Değişken SVI değeri problemi**

Üniform olamayan organik yükleme dolayısıyla mikroorganizmalar için yeterli besin mevcut olmaması veya şok organik yüklemeler nedeniyle havalandırma tanklarındaki mikroorganizmaların tüketebileceklerinden daha fazla miktardaki kirlenici maddenin havalandırma tankına girmesi SVI değerlerinin sabit çıkmamasına neden olur.

Bu durumu önlemek için; havalandırma tankına giren evsel atık su debisi kontrol edilmeli ve dizayn değerinden farklı ise birimleri uyarılmalıdır, havalandırma tankında tam karışımli sıvıdaki katı madde (MLSS) ve çamur hacmi indeksi analizleri en az günlük olarak yapılmalı, havalandırma tankına giriş ve çıkış sularındaki AKM miktarı her gün ölçülmelidir. Tanklara atık sularından alınan numuneler üzerinde biyolojik oksijen ihtiyacı analizleri yapılmalı ve bu değerler sistem normal çalışma düzeninde alınan değerlerle karşılaştırılmalıdır ve bu değerler

sonucunda yükleme miktarı istenilen BOD/MLSS oranını temin edecek şekilde ayarlanmalıdır.

#### **2.2.4.2 Çökeltme tankları çıkış savaklarından floklar oluşumu**

Havalandırma tanklarında meydana gelen flokların yeterince büyük ve ağır olmamaları sebebiyle iyi bir çökeltme gözlenmez. Çamur hacmi indeksi (SVI) analiz sonuçları sabit değil veya değerler normalden çok yüksekse çıkış savaklarında floklar oluşumu gözlenir. Problemin çözümü için; havalandırma tanklarındaki AKM miktarı kontrol edilmelidir.

İyi bir çamurda SVI<100 ml/g, çok iyi bir çamurda SVI=50 ml/g olması gerekmektedir. SVI>120ml/g olması çökeltme sorunu olduğunu göstermektedir. SVI değeri yüksek AKM konsantrasyonlarından etkilenmektedir. AKM>400 mg/L olduğu durumda çökeltme sorunları yaşanmaktadır (Gray, 2005).

Havalandırma tanklarındaki sıvıya 30 dakikalık çökebilir katı madde analizi uygulanmalı, kötü oluşumlu flokların tekrarlanabilir bir durumdan mı yoksa tankta toksik madde girmesinden dolayı mı meydana geldiğine karar verilmelidir. Toksik madde olmadığına kanaat getirildiğinde havalandırma tanklarındaki A.K.M. miktarını düşürmek için bir miktar çamur filtre-prese gönderilir.

#### **2.2.4.3 Çökeltme tanklarında yüzen çamur**

Çökeltme tanklarındaki çamur gözle görülür şekilde yükselir ve çökeltme tankı çıkış savaklarında yüzücü katı maddeler gözlenir. Havalandırma tanklarında tam karışımli sıvıdaki mikroorganizmaların ihtiyacı olan oksijenin tam veya üniform olarak verilmemesi genellikle havalandırma tanklarına fazla organik yükleme olduğu zaman ortaya çıkar. Havalandırma tanklarında tam karışımli sıvı ile çözünmüş O<sub>2</sub> miktarının sabit tutulamaz. Havalandırma tanklarında düşük pH ve çözünmüş O<sub>2</sub> değerinden dolayı filamentli mikroorganizmaların üremesi gözlenir.

Problemin önlenmesi içinse; havalandırma tanklarına daha fazla O<sub>2</sub> girmesi sağlanmalıdır. Havalandırma tanklarından alınan sıvıda çökebilir katı madde analizi uygulanmalı ve bir mezürde çöken floklarla temiz üst suyu arasındaki yüzeyin hareketi takip edilmelidir. Havalandırma tanklarından geri dönen çamur miktarı ölçülmeli, havalandırma tanklarından alınan tam karışımli sıvıda NO<sub>2</sub> ve NO<sub>3</sub>

analizleri yapılmalıdır. Havalandırma tanklarına kireç kaymağı ile birlikte demir klorür veya alüminyum sülfat ilave edilebilir, tanklardan geri dönen aktif çamura kontrollü bir şekilde klorlama (sodyum hipoklorit vb.) uygulanmalıdır. Bu işlemler sırasında havalandırma tankındaki çamurun yaşı azalacak ve nitrifikasyon duracaktır. Havalandırma tanklarına geri dönen çamur miktarı artırılmalı veya bütün çamur havalandırma tanklarına geri döndürülmeli, havalandırma tanklarındaki difüzörlerdeki hava vanaları sonuna kadar açılarak tanklara giren hava miktarı artırılmalı, tanklarda mikroorganizmalar için gerekli besinin bulunup bulunmadığı araştırılmalı azot ve fosfor ilave edilerek filamentli mikroorganizmaların üremeleri durdurulmalıdır (Curi, 1994).

Son çökeltim tankında zaman zaman toplu iğne büyüklüğünde floklar ve yüzen çamur görülür. Toplu iğne floklarının oluşma sebebi havalandırma havuzlarında fazla havalandırmadan kaynaklanır. Bu sebeple havalandırma aza indirilmelidir (Akyüz, 2011).

Çökeltme tankında denitrifikasyon nedeniyle yüzen çamur problemi oluşur. Durultucunun yüzeyine çıkan koyu renkli, çürümüş çamur kütlelerinin sebebi sıyırıcıların düzenli çalışmaması ve çamur atma işleminin gerektiği gibi yapılamamasındandır. Çökeltme havuzunda gözlenen yüzen çamur Şekil 2.13'te verilmiştir. Çökeltme havuzlarında yüksek bekleme zamanlarında, oksijen konsantrasyonu aşırı derecede düşer ve denitrifikasyon için uygun koşullar meydana gelir. Denitrifikasyon sonucu oluşan azot gazı, çamuru çökeltme havuzunun üst tarafına kaldırır. Bu problem nedeniyle arıtma tesisi çıkışında su bulanıktır ve KOİ konsantrasyonu artar. Bu problemi gidermek için çökeltme tankında bekleme zamanı düşürülür (Akyüz, 2011).



**Şekil 2.13:** Yüzen çamur.

#### 2.2.4.4 Havalandırma havuzunda taze, beyaz renkte aşırı köpüklenme

Havalandırma havuzunda karşılaşılan en büyük problem ise taze, beyaz renkte aşırı köpüklenmedir. Havuzda oluşan beyaz köpük Şekil 2.14'te verilmektedir. Buda havalandırma havuzundaki mikroorganizma miktarının çok düşük olduğunu ve çamurun çok genç olduğunu gösterir (Akyüz, 2011).



Şekil 2.14: Beyaz köpük.

#### 2.2.4.5 Aktif çamurda kabarma

Kabarma sorununun önlenmesi için; aktif çamur sistemlerinde esas olarak filament yapısındaki mikroorganizmaların gelişmesinin kontrolü amacıyla klorlama işlemi kullanılır (Tünay, 1996).

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).

Havalandırma altında katı maddeleri tutmak için uygun yöntemlerden bazıları alüminyum sülfat veya demir klorür ilavesidir. Aynı zamanda demir sülfat alkalinitenin 50-100 mg CaCO<sub>3</sub>/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).

### **2.2.5 Damlatmalı filtreler ve karşılaşılan problemler**

Damlatmalı filtreler 0,90-6,3 m arasında yüksekliğe sahip tabii veya sentetik malzemeler ile doldurulmuş hacimlerdedir. Bu filtreler kullanılmış suların filtre üzerinde serildiği dağıtıcı kolların ve hem filtrenin havalanmasını hem de filtreden geçen suyun drenajını sağlayan taban drenaj sistemi ile yapılmıştır. (İller Bankası, 1989).

Damlatmalı filtrelerin fonksiyonu çözünmüş organik maddeleri gidermek evlerden veya endüstriden gelen organik katı maddeleri biyolojik olarak oksitleyerek çökebilen stabil maddeler haline getirmektedir.

Klasik tasfiyede damlatmalı filtreler ön ve son çöktürme havuzları arasında bulunur. Düşük katı madde ihtiva eden endüstri atıkları doğrudan doğruya damlatmalı filtreye verilir (İller Bankası, 1989).

Dönen biyolojik reaktörler sabit film tasfiye sistemleridir. Plastik malzemelerden yapılan diskler mikroorganizmaların tutunduğu ve geliştiği ortamı oluşturur.

Tesis işletmeye alındığında yaklaşık 1 ila 2 hafta sonra levhalar üzerinde yaklaşık 15 ila 30 mm kalınlığında biyokütle birikebilir. Bu biyokütlelerin katı madde yoğunluğu yaklaşık 50.000 mg/L'dir.

Reaktörler kısmen atık su içerisine daldırılmıştır. Dönerken disk üzerinden bir kısım atık su damlayarak havalanırken bir kısım atık su yüzeyden oksijen alır. Reaktörün dönme hızı 1-2 devir/dakikadır.

Dönme esnasında disklere tutunmuş biyokütlenin bir kısmı atık içinden geçerek plastik ortamdan ayrılır. Bu durumda disklerin üzerine yaklaşık olarak sabit biyofilm bulunur. Levhalardan ayrılan biyokütle nihai çöktürme havuzuna gidene kadar, levhaların karıştırma etkisiyle askıda katı madde halinde kalır (İller Bankası, 1989).

#### **2.2.5.1 Filtrelerde göllenme**

Kaya ve diğer dolgu malzemelerinin çok küçük olması veya kâfi derecede uniform olmaması, hava sıcaklığındaki büyük değişme sonucu bir kısım kaya parçalarının ufalanarak delikleri tıkanması, daha yoğun biyomaslı kullanılmış suyun filtreye verilmesi, filtrelere verilen organik yükün çok fazla olması gibi nedenlerden dolayı filtrelerde göllenme gözlenir.

Ağır makine ve ekipmanı filtre üzerinde gezdirmeden atallarla filtrenin üzerindeki malzemeyi kaldırıp uzaklaştırarak, basınçlı su ile filtreyi yıkamak, haftalık aralıklarla yüksek dozlarda klor tatbik etmek (bu maksatla filtre girişine 5 mg/L artık klor olacak şekilde klor ilave edilir. Klor dozajını azaltmak için, bu uygulama debinin az olduğu gece saatlerinde yapılır. Mantar büyümesini kontrol etmek için 1 mg/L dozunda artık klor ilavesi yeterli olmaktadır), filtreyi kuruyacak kadar bir süre (bir veya birkaç gün) servis dışı bırakmak (Bu uygulama ancak tasfiye için başka filtreler mevcut olması halinde kullanılabilir) gibi uygulamalarla göllenme oluşumu önlenir.

şayet bütün metotlar uygulanmış ve başarısız kalınmış ise filtre dolgu malzemesini değiştirmek, pek çok durumda eski malzemeyi temizlemekten daha ucuz olmaktadır (İller Bankası, 1989).

#### **2.2.5.2 Dağıtıcı orifislerin tıkanması**

Atık suların filtre yatağı üzerine üniform dağılmaması sonucu filtre dağıtıcılarında tıkanmalar olur. Atık suyun akış alanı ve filtre verimi azalır. Dağıtıcılar üzerinde pek çok orifis tıkanırsa borularda meydana gelecek aşırı basınç yalıtım yerlerinden atık suyun kaçmasına sebep olur (İller Bankası, 1989).

Zaman zaman bütün orifisleri temizlemek ve dağıtıcıları basınçlı su ile yıkama, n okeltme tankında yağ ve katı madde giderimini daha etkili kılma, filtreler üzerinde hidrolik basıncı yeterli düzeyde tutma ve dağıtıcı imalat firmanın direktifleri doğrultusunda yağlama yapılarak tıkanma oluşmasına engel olunur.

Filtrelerde yılan ve bazı kabuklu büyük organizmalara fazla rastlanabilir. Bu organizmalar bazı mevsimlerde daha fazla artabilir. Bu organizmaların lleri pompalara ve çamur oktrme tanklarına zarar verir (İller Bankası, 1989).

nlemek için; filtre çıkış suyunda birkaç saatlik süre 0.5 ila 1.0 mg/L artık klor tespit edecek şekilde aşırı klor uygulaması ve en st seviyede geri devir yaptırarak filtrenin yıkanması yapılır.

#### **2.2.5.3 Biyokütle kaybı**

Tesisin çalıştırıldığı ilk haftada aşırı çamurlara veya biyolojik çamurların levhaların üzerine tutunmaması yani biyokütle kaybı her zaman karşılaşılan durumdur. Fakat bu

başlangıç sürecinden sonra da çamur ve biyokütle kaybı devam ederse tedbir almak gerekir.

Giriş suyunda toksik madde veya gelişmeyi önleyici maddelerin bulunması sonucu biyolojik kütlelerin gelişimi yavaşlar veya durur (İller Bankası, 1989).

Bu duruma sebep olan toksik maddenin cins konsantrasyonunu, verildiği yeri ve miktarını tespit etmek ve bu maddenin sisteme girmesini önlemektir. Şayet bu eliminasyon yapılmıyorsa bu takdirde toksik maddenin tesise üniform konsantrasyonda girmesi sağlanmalıdır (İller Bankası, 1989).

Gelişmeyi önleyen maddeler, kaynağında dengelenmeli ve üniform debide atık içine karıştırılmalıdır. Aksi takdirde bu atıkların tasfiye tesisinde dengelenmesi gerekir. Bu maksatla havalandırılmalı dengeleme havuzu yapılmalıdır.

Tesise giren atık suyun pH'ı 6.0-8,5 arasında değişirse bir problem oluşturmaz. Fakat bu aralığın dışına çıkarsa özellikle pH<5 ve pH>10 olursa biyokütle kaybının olmasına sebep olur. Bu durumda en uygun çözüm nötralizasyon havuzu yapmaktır. Bu suretle bütün gün boyunca tesis giriş suyu pH'ı 6-8,5 arasında tutabilir (İller Bankası, 1989).

#### **2.2.5.4 Beyaz biyokütlelerin gelişmesi**

Levhaların üzerinde beyaz renkte mikroorganizma topluluğu görülebilir. Levhanın büyük bir kesiminde toplanan bu organizmalar (beyaz renkte) tesisin veriminin azalmasına sebep olur (İller bankası, 1989).

Böyle bir durum karşısında, tesise giren sular ön havalandırmaya tabi tutulur ve atık suya oksitleyici kimyasal madde ilave edilir. Ön havalandırmanın miktarı ve gerekip gerekmediği atık sudaki oksitleyici ve oksitlenmeyi azaltıcı maddelerin miktarına ve atık suyun pH'ına bağlıdır.

Oksitleyici kimyasal madde olarak hidrojen peroksit veya sodyum nitrat kullanılıyorsa bu takdirde dozlama miktarı deneme yanılma usulü ile belirlenir. Reaktöre aşırı derecede organik madde yüklenmesi yapılırsa, tesisin ilk kademesinde beyaz filamentli biyokütleyle rastlanabilir (İller bankası, 1989).

### **2.2.5.5 Verimde azalma**

Proseste verimi; atık su sıcaklığının azalması, debide ve/veya organik yüklemde beklenmedik değişimlerin olması ve pH azaltan faktörlerdir (İller bankası, 1989).

Sıcaklığın 13 °C 'nin altına düşmesi biyolojik faaliyeti ve dolayısıyla da biyolojik arıtımı azaltır. Gerçek azalma miktarı su sıcaklığına, tesis debisine bağlıdır. Şayet tesis nitrifikasyona göre projelendirilmiş ise sıcaklık çok kritik bir parametredir. Nitrifikasyon için tesis kararlı hale ulaşması için 7-8 °C 'de 6-8 hafta çalıştırılması gerekir.

Evsel kullanılmış sularda pH, 6,5-8,5 arasında değişir. pH 'daki büyük değişim verime çok etkiler. Nitrifikasyonda pH ve alkalinite çok kritik parametrelerdir. Nitrifikasyon olduğu zaman pH mümkün olduğu kadar 8,4 te sabit tutulmalıdır (İller Bankası, 1989).

### **2.2.5.6 Katı madde birikimi**

Kum ve diğer katı maddeler yeterli derecede giderilmezse askıda katı maddeler reaktörde birikir. Atık suyun biyokütle ile temasa girmesine mani olur. Uçucu maddelerin birikmesi ise reaktörden kötü kokuların çıkmasına ve verimin azalmasına yol açar. Reaktör boşaltılmalı ve birikimin cins ve miktarı belirlenmelidir (İller Bankası,1989).

### **2.2.6 Stabilizasyon havuzları ve karşılaşılan problemler**

Uygun bir şekilde projelendirilen ve işletilen lagünlerde yüksek seviyede organik madde, katı madde ve bakteri giderimi sağlanabilir. Daha iyi verim elde etmek için gerekirse seri halde ve/veya geri devirli ve/veya çöktürme havuzlu ve dezenfeksiyon üniteli inşa edilir.

Özellikle çok sıcak ve kurak bölgelerde bazı lagünler suyun tamamını buharlaştıracak şekilde projelendirilir (İller Bankası, 1989).

Çok düşük düzeyde bir bakımla, hatta hiç bakım olmaksızın iyi kaliteli bir çıkış suyu çıkararak çalışmayı sürdürebildikleri için atık su stabilizasyon havuzlarının atık su arıtma tesisleri içinde özel bir yeri vardır. Ancak bakım düzeyinin düşüklüğü sivrisinek, sinek ve kötü koku gibi sonuçlar verebilir. Dolayısıyla, bir yandan iyi

kaliteli bir çıkış suyu elde edip öte yandan da söz konusu sorunlara yol açmak ve sistemin fiziksel bozunmasına önlemek için düzenli aralıklarla yapılacak bakım yararlıdır. Havuz sistemlerinin asgari bir bakıma ihtiyacı vardır ve işletme personeli tarafından gereken bakım gösterilmiyorsa bu personel tarafından başka tür, herhangi bir mekanik atık su arıtım tesisinin bakımının gereğince yerine getirilmesi olanaksız demektir (İller bankası, 1989).

Tipik bir atık su stabilizasyon havuzu sisteminin işletme ve bakımı;

Elle çalışan ince ızgaralar ve/veya kum tutucular kullanılıyorsa, düzenli bir temizlik ve biriken pisliğin günlük olarak gömülmesi, yıkanması veya tesis dışına çıkarılması gerekir.

Otomatik temizlemeli ince ızgaralar, kum tutucular ve pompa istasyonları kullanılıyorsa, hareketli parçalar düzenli olarak yağlanmalı ve donanımın işletme randımanı sık sık kontrol edilmelidir. Bu tür donanım yalnızca büyük tesiste ve mekanik donanımın yaygın biçimde kullanıldığı ve ücret düzeyinin gerekli iş gücünün istihdamına olanak verdiği yerlerde kullanılmalıdır.

Çevre bitki örtüsünün boyu kısa tutulmalı ve havuzların içine girmesine olanak verilmemelidir. Çim eğer varsa kenarı koruma plakalarına kadar büyüyebilir. Yoksa su kenarı bitki öldürücü ile ilaçlanmalıdır.

Köpük ve yosun tabakaları su kenarında bırakılmamalı kurduktan sonra çevre alana gömülmelidir. Köpük; anaerobik havuzlarda arıtıma yardımcı olduğu için sert bir kabuk oluşturmaya olanak verilmeli fakat böcek yapmasına karşı ilaçlanmalıdır.

Giriş ve çıkış noktalarında katı madde birikimine izin verilmemelidir. Havuzun koruyucu kenarlarından ya da havuz suyundan çıkabilecek bitkiler toplanmalıdır. Gerekiyorsa havuza giriş ve havuzdan çıkış debileri kaydedilmeli ve giriş ve çıkış suyunun kalitesi sürekli olarak denetlenmelidir. Bakım personeline görevleri ve bunları hangi sıklıkta yerine getirecekleri konusunda kesin talimat verilmelidir.

Yetersiz işletme verimi ve kötü kaliteli çıkış suyu aşırı yükleme, düşük sıcaklıklar, buzlanma, girişte toksik madde, besi maddesinde fakir endüstriyel atık sular, çamur depolanması ve buharlaşma sonucu sıvı hacminde azalma, havalandırma ekipmanında bozukluk, karıştırma ekipmanında bozukluk, işletme derinliğinin ışık penetrasyon derinliğinden çok fazla olması, Aşırı alg büyümesi ve yağmur sularının getirdiği sürüntü maddeleri sonucu ışık penetrasyonunun azalması, havuzda büyük

bitkilerin büyümesi sonucu ışığın engellenmesi gibi nedenlerden dolayı meydana gelir (İller Bankası, 1989).

#### **2.2.6.1 Havuz dolarken bitki oluşumu**

Havuzu doldurmadan önce havuz tabanında bulunan bitki örtüsü temizlenmelidir. Havuzdaki nihai su derinliği 1m'nin üzerinde olmalıdır. Havuz mümkün olduğu kadar hızlı doldurulmalıdır. Doldurma sırasında su yüzeyinde oluşabilecek bitkiler toplanmalıdır.

#### **2.2.6.2 İşletmeye alma sırasında yetersiz yosun oluşumu**

Havuzla özellikle sınaî/ticari kaynaklardan gelen suyun niteliği incelenir. Yetersiz yosun gelişimi yetersiz besleyici ya da sıvıdaki toksik bileşimlerden kaynaklanabilir. Sınaî atıkların kanalizasyon sistemine verilmeden önce atık su ön arıtmadan geçirilmelidir.

#### **2.2.6.3 Yosunsal köpük oluşumu**

Basıncı su kullanarak köpük dağıtılabilir. İleri düzeylere varan ya da inatçı türlerde, 1 mg/lit CuSO<sub>4</sub> suya karıştırılabilir. Havuzdan toplanan köpük havuzu çevreleyen çime serpilmeli ya da gömülmelidir.

#### **2.2.6.4 Su kenarında bitki oluşumu**

Su kenarları bitki öldürücü ile ilaçlanmalıdır.

#### **2.2.6.5 Havuz yüzeyinde bitki oluşumu**

Havuz tabanına ışık gelmesini engellemek için ya havuz derinliğini ya da yüklem hızını artırılmalıdır. Sandalla havuz dibindeki bitkileri toplanmalıdır. Sıvı derinliğini azaltan çamur birikimi temizlenmelidir.

#### **2.2.6.6 Sinek ya da sivrisinek oluşumu**

Havuz ve çevresi bitkilerden temizlenmelidir. Fakültatif ve olgunlaştırma havuzlarında köpüğe izin verilmemelidir. Anaerobik havuzların ve gerekirse öteki

alanların köpük tabakası temizlenmelidir. Açıkta kalan çamur birikintileri temizlenir ve fakültatif havuzlarda balık besleyerek problem önlenir.

#### **2.2.6.7 Aşırı yüklenmiş havuzların koku problemi**

Anaerobik havuzların işletme derinliğini artırılmalıdır. Fakültatif havuzlarda yüzey havalandırmasını ya da primer ünitelerde havuzlar arasında devir daim sağlanmalıdır. (İller Bankası, 1989).

#### **2.2.7 Son çökeltim havuzu ve karşılaşılan problemler**

Kütlesel (bulking) aktif çamur, katı maddenin çökelp sıkışmadığı bir çamur türüdür. Bu halde, havalandırma havuzundan alınan karışım sıvısı bekleme süresi kadar bir süre çökelmeye terk edilirse çökelen çamurun çok fazla olduğu gözlenir. Kütlesel aktif çamur, aktif çamur tesisinin kötü işletildiğini gösterir.

Kütlesellik, normal olarak filamentli ve/veya filamentli olmayan mikroorganizmaların mevcudiyetinden ileri gelir. Filamentli olmayan veya “zoogleal” kütlesellik çok ender olur. Bu halde çamur yumağının içinde büyük miktarda su bulunur (İller Bankası, 1989).

Bu problemin kısa sürede kimyasal işlem uygulanarak düzeltmeye çalışılır. Kimyasal tasfiye şeklinin belirlenmesi deneme-yanılma usulü ile olur.

Herhangi bir kimyasal tasfiye uygulanması süresinde proses şartlarını bozmamalı ve en az iki hafta uygulamaya devam edilmelidir. Çamur hacmi indeksi, MLSS geri devir çamur konsantrasyonu, filamentlerin konsantrasyonlarına ait detaylar, işlemin başarılı olup olmadığına karar vermede yardımcı olur. Mesela çamur hacim indeksi düşer ve filament konsantrasyonu azalır sistem muhtemelen iyileşiyor demektir.

Çamur bulking problemi için tasfiye edilen kimyasal maddeler; ozon, klor gibi dezenfektan, hidrojen peroksit gibi O<sub>2</sub> kaynaklarıdır. Geri devir çamurundan biraz çok numune alınır ve daha küçük numune kaplarına boşaltılır. Her bir numune farklı konsantrasyonlarda kimyasal maddelerle dozlanır. Numunelerde kimyasal maddelerle organizmaların teması sağlandıktan sonra çamur numuneleri alınarak filamentlerin kırılıp kırılmadığı mikroskop altında incelenir.

Kimyasal arıtım gerekli doz oranında yapılmalı ve uygulanırken dikkat edilmelidir. Ani dozlamadan sakınılmalıdır. SVI değeri uygun işletme aralığına düşünceye kadar dozlamaya devam edilmelidir.

Kabarma probleminin doğmasına pek çok faktörün sebep olduğu söylenebilir. Bunların arasına ani yükleme, etkili olmayan havalandırma, dengesiz besi, çok düşük çamur yaşı ve uygun olmayan işletme gelir. Ciddi bir kabarma varsa bunu yok etmek çok zordur. Fakat MLSS' nin her gün mikroskobik muayenesi yapılırsa filamentli kabarma ciddi problem olmadan önlenir.

### **2.2.7.1 Çamur katı maddesinin yıkanması**

Klasik kabarma olmadığı durumlarda dahi çamurdaki bir kısım katı madde çıkış savağından kaçabilir. Bu duruma misal olarak atık çamurun sistemden alınmamasından dolayı son çökeltme havuzundaki çamur seviyesi havuzdaki su yüzeyine yaklaşır ve bir kısım çamur kaçar. Bu hallerde, alınan numunelerde yapılan laboratuvar çökeltme deneylerinde iyi bir çökeltme gözlenir. Karışım sıvısının çöktürme tankına eşit dağılmamasından dolayı veya geri devir çamurunun düzensiz bir şekilde çekilmesinden dolayı yıkama olayı meydana gelebilir. Bunun için son çöktürme havuzuna giren ve çıkan akışlar arasında bir denge olmalıdır. Seviyesi ayarsız savaklar, akımın dağılımını düzenleyemeyen dalgıç perdeler ve hidrolik yükün fazla olması katı madde yıkanmasının diğer sebepleri olarak sayılabilir. Bunlarda yetersiz projelendirme ile ilgili faktörlerdir (İller Bankası, 1989).

### **2.2.7.2 Flokların parçalanması**

Bu halde çamur çok küçük parçalara ayrılır, çökeltme kötüleşir, çıkış suyu çok bulanık olur. Çıkış suyunda bulanıklık münferit mikroskobik hücrelerden ve diğer mikroskobik canlılardan meydana gelir. Bu sebepten çıkış suyunda A.K.M. konsantrasyonu ve BOİ değeri çok yüksek olur. Zehirli artıklardan, asit artıklarından, havalandırma havuzundaki anaerobik şartlardan, havalandırma havuzunun fazla yüklenmesinden, havalandırma havuzunda N ve P eksikliğinden ve hidrolik türbülansın sebep olduğu fazla makaslama kuvvetinden dolayı floklar parçalanır. Flokların parçalanması olayı kabarma olayından tamamen farklıdır. Fakat başlangıçtaki SVI'ın artması ve çıkış suyunun bulanık olması aynıdır. Bununla

beraber flokların parçalanması geçici bir olay olup sistem kendi kendisini birkaç günde düzeltebilir. Bu durumda kimyasal arıtıma gerek yoktur. Flokların parçalanması olayında SVI. değerlerinin yükselmesi birkaç gün sonra durduğu halde kabarma çamurunda SV.I yükselmeye devam eder (İller Bankası, 1989).

### **2.2.7.3 Kümelenme, küllenme ve çamur yükselmesi**

Dipten kopan çamur yükselir ve son çökeltme havuzu su yüzeyinden yaklaşık 0,3m çapında çamur kütleleri oluşturabilir. Buna “kümelenme” denir. Bazen renkleri koyu kahverengi ile gri arasında değişen daha küçük çaplı çamur parçacıkları yükselerek suyun yüzünü kaplarlar. Buna “küllenme” denir. Şayet havalandırma havuzunda nitratlar meydana gelebiliyorsa problemler kendisini son çöktürme havuzunda gösterir. Son çöktürme havuzunda çamur miktarı çok yüksek veya çökeltme havuzu girişinde Ç.O. seviyesi çok düşük olursa “denitrifikasyon” meydana gelir. Nitratlardan O<sub>2</sub> uzaklaşır. Azot gazı açığa çıkar ve su yüzeyine yükselir. Bu sırada beraberinde bir miktar katı maddeyi yükselterek yüzdürür. Bu anda anaerobik şartlar başlamış demektir. Bu durum çamur yükselmesine sebep olur (İller Bankası, 1989).

Son çökeltme havuzunda büyük miktarlarda yüzücü çamur görülmesi halinde; son çökeltme havuzundan çekilen geri devir çamuru miktarını artırılarak tanktaki çamur miktarı azaltılması ve sistemden uzaklaştırılan fazla çamur miktarı artırılmalıdır. Geri devir çamuru miktarı artırıldığı halde havuzda çamur derinliği azalmıyorsa havalandırma havuzundan alınan su miktarı azaltılmalı ve diğer çöktürme havuzları devreye sokulmalıdır. Nihai havuzda çamur toplama mekanizmasının hızı artırılmalıdır. Bu durum ise giderilen çamur miktarını artırır veya daha doğrusu çökelmiş çamurun bekleme süresini azaltır. Havalandırma havuzunda nitrifikasyon minimum yapacak şekilde dengeli havalandırma yapılmalıdır.

### **2.2.7.4 Dağınık yumaklar**

Zaman zaman, küçük fakat şeffaf, çok hafif çamur parçacıklarının savak yakınlarında son çökeltme havuzu yüzeyine yükseldikleri gözlenebilir. Bu tip dağınık yumakların olduğu zamanlarda çıkış suyu temizdir ve havuzun yüzeysel yükü biraz düşüktür. Çamur yaşı çok az miktarda artırılarak optimum işletme şartları elde edilebilir.

Bu tip dağınık flok, genellikle düşük MLSS konsantrasyonunun da vuku bulunduğu ve ekseriya sabahın erken saatlerinde sayıları arttığından bu flokların o gece meydana gelmiş taze ve düşük yoğunluklu yeni çamur parçacıklarından olduğu kabul edilir. Çamur yaşını çok az miktarda artırılarak ve fazla çamur debisini azaltılarak işletme şartları düzeltilebilir (İller Bankası, 1989).

#### **2.2.7.5 Çamur oluşumundaki sorunlar**

Arıtma sonrası oluşan fazla çamur; çamur yaşının yükselmesine çamur çökme 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 flok kaçmasını ve septik şartların oluşması önlenir. Oluşan arıtma çamuru çamur bertaraf tesislerinde nihai uzaklaştırması yapılır (Öz, 2009).

#### **2.2.8 Çamur çürütme ve karşılaşılan problemler**

##### **2.2.8.1 Aerobik çürütme**

Aerobik çamur çürütme; çürütülecek katı maddelere hava verilmesini, her gün çamur yüklenmesini ve gereken özenin gösterilmesini gerektiren nispeten basit bir işlemdir. Söz konusu işlem, rahatsız edici kokulara ya da patlayıcı düzeyde gazlara neden olmadan tanklarda gerçekleştirilir. Arıtılmış yüzey suyunun BOİ<sub>5</sub> değeri düşüktür ve arıtıma hazırdır. Aynı zamanda çamurda drenaja yakındır ve kokusuzdur. Çok basit bir sistem olduğu için aerobik çürütme ünitesi bakımı kolaydır (İller Bankası, 1989).

##### **2.2.8.2 Anaerobik çürütme**

Organik çamurların çürütülmesinde en çok kullanılan metotlardan birisidir. Anaerobik çürütme; organik çamurların stabilize olmuş humusa dönüştürmek, çamurun hacmi ve kütlesini azaltmak, faydalı yan ürün elde etmek ve hastalık ve enfeksiyona yol açan organizmaları kontrol altında tutmak için çamur anaerobik çürütülür.

İşletme sırasında çamur ısıtılırsa çürütme çok daha hızlı gerçekleşir. Çamur gazı dışında örneğin propan ya da sanai ısıtıcı gibi bir ısı kaynağı kullanmak gerekir. Sıcak yaz aylarında ısıtma gerekmez.

### **2.2.8.3 Uçucu asitlerin birikmesi**

Çürütücüde toksik bileşiklerin birikmesi, kum ve tortu birikmesi, organik yüklemelerden bağımsız olarak sıcaklığın değişmesi uçucu asitlerin birikimine neden olur.

Birikimin önlenmesi için çürütücü cinsine göre tavsiye edilen organik yükleme değerleri sabit tutmalıdır. Besleme mümkün olduğu kadar sabit yapılmalı, yani bir defa besleme yerine günde eşit aralıklı bir kaç besleme yapmak gerekir. Ayrıca şok yüklemelerden kaçınılmalı fazla yükleme durumunda uçucu asit konsantrasyonunu normal değerlere ininceye kadar ya tesise çamur vermeyi durdurmak ya da azaltmak gerekir.

Kum, katı madde ve çökelekler çürütücünün tabanına toplandığı zaman tesis temizlenmelidir. Bunların etkinliğini azaltmak için ızgara ve kum tutucuların etkinliğini artırmak lazımdır. Izgara artıkları, diğer katı maddeler ve kirler çürütücüye verilmemeli, yakılarak veya gömülerek uzaklaştırılmalıdır.

Isıtıcı ekipman uzun süre servis dışı kalacak ise organik madde yüklemesini azaltmalıdır.

### **2.2.8.4 Köpük ve kir oluşumu**

Çürütücüde çözülme ve parçalanmalar olurken, artık aktif çamurlar yüzey aktif veya köpük yapıcı maddelerini serbest bırakırlar. Bu maddeler çürütücü gazı ile birlikte yükselerek çürütücü yüzeyinde toplanırlar.

Birikmeyi azaltmak için çürütücüden alınan çamuru çürütücünün en üstüne geri devir ettirmelidir. Bu suretle köpük ve kirlerin üzerine düşen çamur bunların parçalanıp çamura karışmasını sağlar.

### **2.2.8.5 Gaz üretiminde azalma**

Gaz üretiminde azalma gözleniyorsa; organik yükleme hızı azalmıştır, organik yükleme hızı belli bir değerden daha fazla arttırılmıştır, toksik maddeler, metan üreten bakterilerin faaliyeti etki edecek derecede arttırılmıştır, ısıtıcının yanlış kullanılması sonucu ısı düşmüş ve artmıştır, organik yükleme normal aralıkta olmasına rağmen gaz üretiminde bir azalma varsa, muhteva daha fazla karıştırılmalı ve çürütücü başka çürütücülerden alınan çamurlar ile aşılanmalıdır, tesis dataları ve yakında ölçülen organik madde yüklemeleri gözden geçirilmelidir, pompa çalışma süresi ve debileri tank hacimlerindeki değişimler incelenmelidir, eğer organik yükleme çok fazla ise birkaç günde azaltılmalıdır, az ise şartlar müsaade ettiği kadar hızlı arttırılmalıdır ve muhtevanın sıcaklığı kontrol edilmelidir.

### **2.2.8.6 Çamur pompaj hızında azalma**

Çamur pompaları ya ham çamur ya da geri devir çamurundaki maddelerinden dolayı tıkanmışsa ve ya besleme çamuru çok yoğunsa çamur pompaj hızında azalma gözlenir.

Problemlerle karşılaşmamak için tıkayıcı maddelerin ızgaralarda ve pompa emme çukurundan önce tutulması sağlanır. Pompalar uygun aralıklarla temizlenmelidir. pompaların emme basma kısımlarına diyaframlı basınç ölçer yerleştirilmelidir. Basınç okumaları arasında fark akımın göstergesi olarak kullanılmalıdır. Çamur konsantrasyonları belirli limitler arasında kalmalıdır.

### **2.2.8.7 Çamur sıcaklığında büyük dalgalanma**

Büyük hacimdeki ince çamuru yüksek hızda çürütücüye pompalamak çürütücü sıcaklığını ani düşürür. Aynı hacim çamuru uzun zaman periyodunda yavaş yavaş pompalamak daha az ısı düşmesine sebep olur (İller Bankası, 1989).

### **2.2.9 Çamur kurutma yatakları ve karşılaşılan problemler**

Çamur kurutma yatakları küçük ve orta boy tesislerde özellikle yeterli genişlikte bulunan ve gübre talebi olan yerlerde yaygın biçimde kullanılmaktadır.

### **2.2.9.1 Kumun değiştirilmesi**

Her çamur oluşumunda bir miktar kumda çamurla birlikte gider. Eksilen kumu tamamlamak için temiz, sert kum kullanılır. Daha önce kurutmada etkili olmuş kumun mümkün olduğu kadar benzerini kullanmakta yarar vardır. Kum uygun aralıklarla eski derinliğine getirilmelidir.

### **2.2.10 Çamurun boşaltılması**

Çamur; çürütücüden kurutucu yatağına giden boruda sıkışmayacak bir hızda boşaltılmalıdır. Çok sıkışmış bir malzeme, hattın girişinde tıkanmaya neden olarak, çubukla ya da geri püskürtme ile temizlenmeyi gerektirebilir. Genellikle vanalar başlangıçta sonuna kadar ya da sonuna yakın bırakılmalıdır.

Akış tam gücüne ulaşır ulaşmaz vanalar normal akış hızını koruyacak ölçüde kapatılmalıdır. Böylelikle daha hafif ve sulu olan çamurun boru girişine gelmesi önlenecektir.

Çamur çürütücüden çekildikten sonra borular suyla yıkanarak temizlenmelidir. Bu yalnızca hattın tıkanmasını önlemekle kalmayıp, aynı zamanda boruda kalan çamurdan oluşan gazların oluşturacağı yüksek dahili basıncıda önleyecektir.

Söz konusu gazlar havayla birleştiğinde ileri derecede patlayıcı olduğu için bu işlem sırasında çok dikkatli olmak gerekir. Boşaltma borularındaki çamur vanaları açılacağı zaman ateşle yaklaşmak ve sigara içmek yasaklanmalıdır. Kullanılacak aletlerde kıvılcım çıkarmayan türden olmalıdır.

### **2.2.11 Çamur derinliği**

Yatağına serilen çamurun derinliği 21-26 cm arasında olmalıdır. Elverişli kurutma koşullarında bu derinlikteki iyice çürümüş çamur kolaylıkla su kaybedebilecek ve bir iki hafta içinde yataktan kaldırılabilir duruma gelecektir. Katı madde içeriği yüksek olan çamur daha düşük bir derinlikte serilmediği sürece ancak üç hafta hatta daha uzun bir sürede aynı duruma gelecektir (İller Bankası, 1989).

### 2.2.12 Atıksu arıtma tesislerinde koku problemi

Arıtma tesisinde kokuyu önlemek için tesisin çevresi temiz tutulmalı, ızgaralarda ve diğer arıtma birimlerinde tutulan atıklar özel kaplarda biriktirilmeli ve belirli zamanlar da periyodik olarak tesisten uzaklaştırılmalıdır. Çamurun açık olarak depolanması ve işleme tabi tutulması önlenmeli, çamur kapalı birimlerde işleme tabi tutulmalıdır. Tesiste çamur sıçrayabilecek ve birikebilecek arıtma birimleri sık sık basınçlı su ile yıkanmalıdır (Samsunlu, 2011).

Tesiste stabilize olmuş çamurlar belirli bir süre depolanabilir. Taze çamur ise tesiste gerekli işleme tabi tutularak zaman kaybetmeden uzaklaştırılmalı eğer bu imkân yoksa en az 800°C'nin üzerinde sıcaklıkta yakılmalıdır (Samsunlu, 2011).

### 2.2.13 Atıksu arıtma tesislerinde gürültü problemi

Arıtma tesisleri oldukça fazla sayıda mekanik donanıma sahip bulunmaktadır. Bunların büyük bölümü önemli gürültü kaynaklarıdır. Arıtma tesislerinde mekanik ekipmanların gürültü şiddetleri Çizelge 2.15'te verilmiştir.

Ülkemizde geçerli olan Gürültü Kontrol Yönetmeliği'ne göre yerleşim birimlerinde esas alınan gündüz 55 dB(A), gece 40 dB(A) gürültü şiddeti değerlerinin genelde aşılmaması istenmekte olup yerleşim özelliklerine göre değerler eklenerek artırılmaktadır. Arıtma tesisinin yerleşim yerine uzaklığı belirlenirken bununla ilgili hesaplar yapılmalı, tesis yeri buna göre seçilmelidir. Yerleşim alanları içinde yapılması zorunlu olan tesislerde perdeler ve bariyerler inşa edilmeli ve ağaçlandırma gibi gürültü yayılmasını önleyecek tedbirler alınmalıdır (Samsunlu, 2011).

**Çizelge 2.15:** Arıtma tesislerinde mekanik ekipmanların gürültü şiddetleri (Imhoff, 1999).

Kaynak	1m uzaklıktaki gürültü şiddeti dB(A)
Elektromotor	75-90
Redüktör	75-85
Kompresör (Üfleyici)	85-95
Gaz Motorları	95-100
İletim Bantları	95-100
Pompa	80-85
Yüzey Havalandırıcı	80-90

#### **2.2.14 Atıksu arıtma tesislerinde zerrecik (aerosol)**

Arıtma tesislerinde rüzgarın etkisi ile atıksular zerrecik (aerosol) halinde havaya karıştırmakta ve etrafa dağılmaktadır. Bu durum sağlık sorunlarına neden olabilmekte, risk yaratmaktadır. Aerosol oluşabilecek her noktanın etrafına yayılmayı önleyici bariyerler konması tavsiye edilmektedir. Özellikle yüksek türbülanslı çalışan yüzeysel havalandırıcıların yakınında yapılacak çalışmalar sırasında bu ekipmanın durdurulması gerekli görülmektedir (Samsunlu, 2011).



### **3. MALZEME VE YÖNTEM**

#### **3.1 Bursa Atıksu Arıtma Tesisleri**

Doğu Atıksu Arıtma Tesisi, Batı Atıksu Arıtma Tesisi ve Hamitler süzüntü suyu Atıksu Arıtma Tesisi olmak üzere 3 adet atık su arıtma tesisi bulunmaktadır.

##### **3.1.1 Doğu ve batı atık su arıtma tesisleri**

Doğu ve Batı Atıksu Arıtma Tesisleri; havzadan toplanan kentsel atıksuların Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği ile AB Standartlarında istenen değerlere uygun hale getirilerek alıcı ortama deşarjı ile yüzeysel su kaynaklarına verilen kirliliğin önlenmesi amacıyla inşa edilmişlerdir.

Bursa Doğu Atık su Arıtma Tesisi, 240.000 m<sup>3</sup>/gün Batı Atık su Arıtma Tesisi 87.500 m<sup>3</sup>/gün kapasiteli ileri biyolojik arıtma proseslerinin uygulandığı tesisler olup, azot ve fosfor giderimi de gerçekleştirilmektedir. Ön arıtma kısımları 1998 yılında işletmeye alınan her iki tesisin Nisan 2006'da ileri biyolojik arıtma üniteleri tamamlanarak işletmeye alınmıştır. Doğu Atıksu Arıtma Tesisinin görüntüsü Şekil 3.1'de, Batı Atıksu Arıtma Tesisinin görüntüsü Şekil 3.2'de verilmektedir. Tesislerde Atık su kaba ızgara, ince ızgara, kum tutucu ve terfi merkezinden oluşan ön arıtma tesislerinden geçerek biyolojik arıtmanın gerçekleştiği selektör, anaerobik tank, havalandırma tankları (aerobik ve anoksik kısımlardan oluşmaktadır), çöktürme tanklarını içeren kısma alınır. Biyolojik arıtımı gerçekleştiren Atık su çöktürme tanklarında su ve çamur fazına ayrılır ve arıtılmış su tankın üst kısmından toplanarak alıcı ortama verilir. Tankın tabanında biriken çamur toplanarak biyolojik arıtmanın başına aşu çamuru olarak verilir. Sistemde oluşan fazla çamur ise çamur susuzlaştırma ünitelerinde (çamur tampon tankı, çamur ızgara, belt filtre ve dekantör üniteleri, kireçleme ünitesini içerir) işlenerek tesis içindeki kontrollü ve düzenli alanlarda depolanır.



**Şekil 3.1:** BUSKİ doğu atıksu arıtma tesisi.



**Şekil 3.2:** BUSKİ batı atıksu arıtma tesisi.

### **3.1.2 Hamitler süzüntü suyu arıtma tesisi**

Kent Katı Atık Depolama Alanı Süzüntü Suyu Arıtma Tesisi, Bursa kentinin katı atıklarının depolandığı Kent Katı Atık Düzenli Depolama Alanından kaynaklanan süzüntü sularının toprağı, yeraltı suyunu ve yüzeysel suları kirletmesini önlemek amacıyla yapılmıştır. Arıtma Tesisinin görüntüsü Şekil 3.3'te verilmektedir.

Arıtma Tesisi; Bursa Büyükşehir Belediyesi tarafından işletilen Kent Katı Atık Düzenli Depolama Sahasında bulunmaktadır. Hamitler Süzüntü Suyu Arıtma Tesisi, iki etapta gerçekleştirilecektir. Tesis iki aşamalı olarak 2020 yılı 500 m<sup>3</sup>/gün çöp süzüntü suyunun arıtılmasına hizmet edecek kapasitede projelendirilmiştir. Birinci

aşaması, 2004 yılında tamamlanmış, işletmeye alınmıştır. Tesise gelen süzüntü suyu, terfi merkezi ile önce aerobik havuzlara daha sonra fakültatif havuzlara ve son olarak kesikli reaktörlere alınarak biyolojik arıtmaya tabii tutulur. Arıtılan süzüntü suları özel olarak yapılmış 2500 metrelik deşarj hattı ile Geçit Atık su Terfi Merkezine iletilir. Bu terfi merkezi de kentsel Atık sular ile beraber arıtılmış çöp süzüntü suyunu Batı AAT'ne iletir. Tesiste oluşan fazla çamur susuzlaştırılarak Kent Katı Atık Depolama Alanında depolanır.



**Şekil 3.3:** BUSKİ kent katı atık depolama alanı süzüntü suyu arıtma tesisi.

### **3.2 Ankara Merkezi Atık Su Arıtma Tesisi**

Merkezi Atık su Arıtma Tesisi, kent merkezine yaklaşık 45 km uzaklıkta, Sincan ilçesi Tatlar Köyü yakınında kurulmuş olup 1 Ağustos 1997 yılında işletmeye açılmıştır. Tesis kuru havalarda günde 765.000 m<sup>3</sup>, yağışlı havalarda 1.530.000 m<sup>3</sup> Atık suyu arıtacak kapasitede olup, Tesise gelen Atık sudaki organik kirlilik (biyokimyasal oksijen ihtiyacı, BOİ<sub>5</sub>) takriben 300 mg/L olup, çıkış değerleri arıtmadan sonra deşarj sınır değeri olan 30 mg/L' den daha düşük seviyelerde gerçekleşmektedir. Tesisin görüntüsü Şekil 3.4'te verilmektedir.

Tesislerde Atık su kaba ızgara, ince ızgara ve kum tutucudan oluşan ön arıtma tesislerinden geçerek ön çökeltim havuzuna gelen Atık su burada; ön arıtma sisteminde çöktürülemeyen, askıda kalan ve yüzebilen maddeler uzaklaştırılır. Ön çökeltme havuzları dairesel hareketli köprüye bağlı sıyrıcılar vasıtası ile dibe çöken bu maddeler toplanarak cazibe ile ham çamur yoğunlaştırıcı havuzlara

gönderilir. Ön çökeltme havuzlarından savaklanan su, aktif çamur ile karıştırılarak biyolojik arıtma için havalandırma havuzlarına gönderilir. Bu bölümde çözünmüş olan organik maddeler mikroorganizmalar için besin kaynağıdır. Bu besinin kullanılmasıyla aktif mikroorganizma kütesinin üremesi ve atığın aerobik olarak stabilizasyonu sağlanır. Aerobik mikroorganizmaların yaşayabilmesi için yüzeysel havalandırıcılar yardımı ile suya oksijen transferi sağlanır. Bu havalandırıcılar aynı zamanda karıştırma işlemini de yapmaktadırlar. Havalandırma havuzlarında sabit bir mikroorganizma seviyesi sağlanması amacıyla son çöktürme havuzlarında çöken çamurun gerekli olan miktarı havalandırma havuzlarının girişinden sisteme geri döndürülür. Havalandırma havuzlarından çıkan aktif çamurlu su son çökeltme havuzlarına giriş yapar. Havalandırma havuzlarında stabilize edilmiş olan atık, son çökeltme havuzlarında çamur olarak çöktürülür. Çöken bu çamur cazibe ile geri dönüş pompalama istasyonu haznesine gelir. Gerekli miktarı geri döndürülür, fazla miktarı da ham çamur yoğunlaştırma havuzlara sevk edilir. Ön çökeltme havuzlarından gelen ham çamur ve son çökeltme havuzlarından gelen fazla çamur yoğunlaştırma havuzlarında gelir. Çamur, havuzlarda yaklaşık iki gün bekletilerek, yerçekimi ile iyice çöktürülür. Böylelikle çamurun kuru madde oranı yükseltilir. Havuzun yüzeyinden savaklanan su tekrar bir arıtım için tesis girişine pompalanır. Ham çamur yoğunlaştırma havuzlarından alınan yoğunlaşmış çamur, pompa vasıtası ile ısı eşanjöründen geçirilerek ısıtılır. Özümleme, çürüyen veya bozunabilen organik maddelerin biyolojik olarak parçalanmasıdır. Özümleme tanklarında çürütülen çamur, özümlemiş çamur yoğunlaştırıcı havuzlara alınır ve iyice yoğunlaşması sağlanır. Yoğunlaşan çamur pompayla çekilir ve mekanik çamur susuzlaştırma istasyonuna gönderilir. Yüzeyinden alınan yüksek BOİ5 içeriği olan su tekrar arıtım için tesis girişine pompalanır. Buradan çamur susuzlaştırma ünitesine gelen özümlemiş çamur yoğunlaştırıcılarından gelen çamura belirli oranda katyonik polielektrolit çözeltisi dozlanarak flokleşmesi sağlanır. Daha önce Belt Presler ile susuzlaştırılan çamur, beltpreslerin ekonomik ömrünü doldurması nedeniyle 2011 yılında kurulan ve daha ileri teknoloji ürünü olan Santrifüj dekantörler yardımıyla çamur susuzlaştırma yapılmaktadır. Santrifüj dekantörlerden süzülen su, tekrar arıtım için ön arıtma ünitesine pompalanır.



**Şekil 3.4:** Ankara atıksu arıtma tesisi.

### **3.3 Cumhuriyet Üniversitesi Atıksu Arıtma Tesisi**

Atık su arıtma tesisi inşası 1993-2001 yılları arasında gerçekleştirilmiştir. Atık su arıtma tesisi 25.000 kişiye göre projelendirilmiş olup, dizayn debisi  $4300\text{m}^3/\text{gün}$  olarak hesaplanmıştır. Tesise gelen atık suların kaynağı hastane atık suları, laboratuvar atıksuları, evsel atıksulardır. Tesis ön arıtma, kimyasal arıtma, biyolojik arıtma, çamur arıtma, dezenfeksiyon ünitelerinden oluşmaktadır. Tesise gelen atıksu, ızgaralarda kaba pisliklerinden ayrılarak dengeleme tankına (aniden gelen yüksek kirlilik yüküne sahip atıksuların tesise zarar vermesini engellemek ve seyreltmek amacıyla inşa edilmiştir) gelir. Ayrıca koku oluşumunu engellemek amacıyla blower ve difüzörler yardımıyla havalandırılmaktadır. Buradan hızlı karıştırma ünitesine gelen atıksuya koagülasyon-ph kontrolü için kireç ve demir sülfat dozlaması yapılmaktadır. Daha sonrayavaş karıştırma ünitesine gelen Atık suya flokülasyon – yumaklaştırma işlemi için polielektrolit dozlaması yapılmaktadır. Oluşan yumaklar lamella tipi çökeltim tanklarında çökeltilmektedir. Kimyasal olarak arıtılmış su nötralize edilerek, biyolojik arıtmaya hazırlanmaktadır. Uzun havalandırılmalı aktif çamur havuzunda havalandırma blowerlar ve difüzörler yardımıyla sağlanmaktadır. Havuzdaki mikroroganizma konsantrasyonu geri devirle sabit ve genç tutulmaktadır. Havalandırma havuzlarından gelen atıksuların içindeki askıda katı maddeler çökeltim tankında uygun bekletme süresi ve gravity yöntemiyle uzaklaştırılmaktadır. Kimyasal ve biyolojik arıtma sistemlerinden gelen arıtma çamurları çamur tankında

toplanmaktadır. Buradan pompajla çamur şartlandırma tankına basılır, Kireç ve polielektrolit ilavesiyle şartlandırılarak filtrepres basılır ve çamur keki haline getirilir. Arıtılmış su ilk olarak 5 mikronluk tam otomatik filtreden geçirilmektedir. Sonrasında klor dozlanarak yaklaşık yarım saat kadar klor temas tankında bekletilmektedir. Arıtılmış su sulamada kullanılmak üzere temiz su deposunda bekletilmektedir.

### 3.4 Kayseri İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi

Kayseri ve civarında oluşan atıksuların tamamına yakını KASKİ ana kolektöründe toplanmaktadır. 31.12.2004 tarihli 25.687 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne göre yapılması yasal bir zorunluluk olan arıtma tesisi, 07.08.2003 tarihinden itibaren Kayseri ve civarındaki yerleşim birimlerinin atıksularını kabul etmeye başlamış olup çevre kirliliğine sebep olmayacak şekilde bertaraf ederek Kızılırmak'a bağlanan Karasu'ya deşarj etmektedir. Kayseri İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinin inşaat işleri ve tüm proses ünitelerinin tam anlamıyla çalışması 20 Şubat 2004 tarihinde tamamlanmıştır. Bu tarihten itibaren başlayan bir yıllık işletme ve bakımı "VaTechWabag - Tekser" konsorsiyumu tarafından yapılmış ve 20 Şubat 2005 tarihinden itibaren KASKİ kendi personeliyle işletmeye devam etmektedir. Tesisin görüntüsü Şekil 3.5'te verilmektedir.



Şekil 3.5: Kayseri ileri biyolojik atıksu arıtma tesisi.

Atıksu, 9 cm aralıklı giriş ızgarasından geçerek ileriki ünitelerde atıksuyun cazibeyle akması için yaklaşık 12 m yükseltilir. Yükseltelen atıksu önce 3 cm aralıklı kaba ızgaradan, sonra 3 mm aralıklı ince ızgaradan geçirilerek mekanik aksamlara zarar verecek maddeler atıksudan ayrılır. Izgara ünitesinden çıkan atıksu iki bölmeli kum-yağ tutucuya girerek inorganik madde olan kumlar havuz dibine hava yardımıyla çökertilerek, yüzer maddelerde havuz yüzeyinde biriktirilerek atıksudan ayrılır. Atıksu sonra ön çöktürme havuzlarına girer ve debiye bağlı olarak burada dinlendirildikten sonra savaklanan atıksu selektör/bio-fosfor tankına girer. Tank girişinde ham atıksu ile geri devirden gelen çamur karıştırılır. Bu tankta mikroorganizmalar oksijensiz bir ortama tabi tutularak bünyelerindeki orto-fosfatları atıksuya vermeleri sağlanır. Tank çıkışında atıksu havalandırma havuzlarına iletilerek nitrifikasyon-denitrifikasyon olaylarının gerçekleşmesi sağlanarak atıksudaki azot, fosfor ve diğer kirleticilerin giderilmesi sağlanır. Havalandırma çıkış suyu son çöktürme ünitesine iletilir. Son ünite olan son çöktürmede debiye bağlı olarak atıksu dinlendirilerek savaklanan atıksu Karasu Deresine, çöken çamurda havuz dibinden alınarak cazibeyle geri devir pompa istasyonuna akar.

Çamur Yolu: Atıksu, ön çöktürme havuzunda dinlendirildikten sonra havuz dibine çökelen çamur cazibeyle ön çamur pompa istasyonuna akar. Çamur ilk önce, çamur ızgara-presi makinelerine girerek hem çamur yoğunlaştırma ve çürütme tankında meydana gelen katılaşma hem de susuzlaştırma ünitesindeki problemlere sebep olan kıl, tekstil lifi gibi malzemelerin çamur bünyesinden ayrılması sağlanır. Sonra ön çamurun katı madde muhtevasının artması için ön yoğunlaştırmaya basılarak dinlendirilir. Dinlendirilen çamur havuz dibinden emilerek çürütme tankına basılır. İlk ham çamur çürütme tankına basılırken çürümüş çamurla karıştırılır ve ısı eşanjöründe 37 dereceye ısıtılır. Ham çamurun çürütme tankı içerisinde homojen bir şekilde dağıtılması için tank içerisinde bulunan mikser yardımıyla 24 saat karıştırılır. 20 gün sonunda taşkan çamur son yoğunlaştırmaya, tank üstünde biriken metan gazı da gaz tankına iletilir. Son yoğunlaştırma tankı, susuzlaştırma ile çürütme tankı arasında bir nevi depo görevi görür. Susuzlaştırma ünitesine gerek son yoğunlaştırmadan, gerekse de geri devir pompa istasyonundan gelen çamur karıştırılarak beltpreslere basılır. Beltpreslere basılmadan hemen önce susuzlaştırmaya yardımcı eleman olarak seyreltilmiş polimer dozlanır ve çamur %18-

21 katı madde muhtevasında çamur depolama sahasında depolanır. Gaz tankında depolanan metan gazı ısı-güç ünitesindeki gaz jeneratörlerinde yakılarak elektrik enerjisi elde edilir. Bu enerji tesis içerisinde kullanılır.

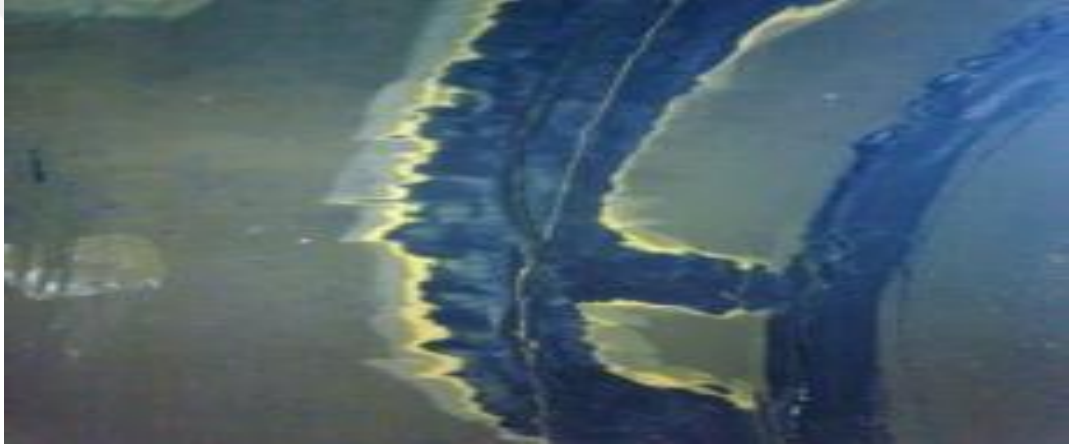


## **4. BULGULAR VE TARTIŞMA**

### **4.1 Bursa Atıksu Arıtma Tesislerinde Karşılaşılan Problemler ve Çözümleri**

#### **4.1.1 Atıksu kaçakları**

Koruge boru hatlarında zemin hareketleri ve yapılar arası oturmalar vb. sebeple atıksu kaçağı oluşmuştur ve Boru hatları içine girilerek ekstrüzyon kaynak yapılarak giderilmektedir ve görüntüsü Şekil 4.1’de verilmektedir.



**Şekil 4.1:** Kaynak yapılmış koruge boru.

#### **4.1.2 Kent katı atık depolama alanı süzöntü suyu arıtma tesisi köpük oluşumu**

Sisteme gelen kirlilik yükünün çok artması sonucu sistemde köpük oluşumu yaşanmıştır ve köpük kırıcı kullanılarak köpük giderilmektedir. Oluşan köpüğün görüntüsü Şekil 4.2’de verilmektedir.



**Şekil 4.2:** Tesiste oluşan köpük.

#### **4.1.3 Kent katı atık depolama alanı süzöntü suyu arıtma tesisi hat tıkanmaları**

Tesis içerisinde bulunan PVC borularda suyun karakteristik özelliğinden dolayı hattın iç cidarında taşlaşma oluşmaktadır. Hattın asitle temizlenmesi, basınçlı su, döner başlıklı zincir vb. ekipmanla boru içi temizleme yapılması, Hattın belli aralıklar ile (10 yıl gibi) değiştirilmesi gibi yöntemlerle çözüm sağlanmıştır. Taşlanmanın gözlemlendiği borunun görüntüsü Şekil 4.3'te verilmektedir.



**Şekil 4.3:** Tıkanmış hat.

#### **4.1.4 Fiziksel arıtmada ızgaradan kaçan malzemeler ile mikserlerde atık birikmesi**

Izgaradan kaçan malzemeler mikserlerin pervanelerine dolanmaktadır. Mikserlerden çıkarılan pisliklerin görüntüsü Şekil 4.4'te verilmektedir.



**Şekil 4.4:** Mikserlerden çıkarılan pislikler.

#### **4.1.5 Arıtma çamuru kaynaklı koku problem**

Çamur yüzeylerinin toz kireçle kaplanması, toz kireçle kaplanan ve dolan lagünlerin üstünün 15 ~20 cm toprakla örtülmesi, yüzeylerde yeşil alan ve tesis sahasının ağaçlandırılması, şikayet gelen mahalle çevrelerinin ağaçlandırılması, hidrojen peroksit çözeltisiyle dezenfeksiyon çalışmaları, koku dağılımlarını önlemek için hakim rüzgar yönünde rüzgar (koku) perdesi yapımı gibi yöntemlerle problem giderilmiştir. Koku problemiyle mücadele çalışmaları Şekil 4.5'te verilmektedir.



**Şekil 4.5:** Koku problemiyle mücadele çalışmaları

## **4.2 Ankara Merkezi Atıksu Arıtma Tesisi Karşılaşılan Problemler ve Çözümleri**

### **4.2.1 Biyogaz analizinde hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S) değerinin yüksek çıkması**

Yaptırılan demir sülfat dozlama ünitesinden tesis girişindeki atıksuya demir sülfat verilerek sınır değerlerin altına düşürülmüştür. Aynı zamanda fosforun azaltılması da sağlanmıştır.

### **4.2.2 Yağmurlu havalarda tesise aşırı miktarda kum gelmesi**

Kum tutucu olmasına rağmen ilave olarak tesisten önce ana kolektör üzerine 100 metre uzunluğunda iki bölmeden oluşan ön kum tutucu havuzlar yapılmıştır. Ön kum tutucuların sık sık temizlenmesi gerekmekte, temizlenmediği takdirde kum tesisin her kademesine taşınmakta ve gaz üretimini düşürmektedir.

### **4.2.3 Izgaraların temizliği**

Temizliği robotlar yapmakta olup bu robotlar kendi tabanını iyi temizleyememektedir. Bu temizlik periyodik olarak elle yapılmaktadır.

### **4.2.4 Kum tutucularda köprü yolların donması**

Köprünün görevini yapmasına engel olmaktadır. Önlem için tuzlanmakta bu durumda da beton zamanla zarar görmektedir.

### **4.2.5 Çöktürme havuzlarında oturma oluşması**

Dengeli savaklama yapılamamaktadır. Savaklar onarılmıştır.

## **4.3 Cumhuriyet Üniversitesi Atık su Arıtma Tesisinde Karşılaşılan Problemler Ve Çözümleri**

### **4.3.1 Havalandırma havuzlarında beyaz renkli ince tanecikli kabaran köpük problemi**

Havalandırma havuzlarında oluşan köpük inert malzemelerden kaynaklanmıştır. Tesise bu inert malzemeleri gönderen yerlerin başında üniversite bünyesindeki çamaşırhanelerden gelen deterjanlı sulardan gelmekte olduğu anlaşılmıştır.

Çamaşırhane yönetimiyle konuşulup daha az köpük oluşumuna neden olacak deterjan kullanımı sağlanmıştır ve bu sayede havalandırma havuzlarındaki ince beyaz köpük oluşumunun önüne geçilmiştir.

#### **4.3.2 Havuzların yüzeyinde ve ekipmanların hareketli parçalarında atık yağ birikimlerinin olması**

Cumhuriyet Üniversitesi atıksu arıtma tesisi uzun havalandırılmalı aktif çamur sistemine sahiptir. Bu yüzden hem ön çökeltim havuzları hem de yağ ve kum tutucu havuzları mevcut değildir. Bu yüzden yemekhane atıksularıyla gelen yağlar arıtma tesisine kadar gelmektedir. Bu atık yağlar kanallarda, tesisteki ekipmanlarda ve havuz yüzeylerinde sorunlara neden olmaktadır. Yemekhane binasının çıkışına yağ ve tortu tutucu kapan sistemi yapılarak atık yemek yağlarının tesise gelmesi, kanallarda, ekipmanlarda ve havuzlarda tabaka oluşturmasının önüne geçilmiştir. Havalandırma ünitesi dağıtım yapısında gözlenen yağ ve tortu birikiminin görüntüsü Şekil 4.6'da verilmektedir. Temizlendikten sonra görüntüsü Şekil 4.7'de verilmektedir.



**Şekil 4.6:** Havalandırma ünitesi dağıtım yapısında yağ ve tortu birikimi.



**Şekil 4.7:** Yağ ve tortu kapanları yaptırdıktan sonra ve temizlendikten sonraki hali

#### **4.3.3 Tesiste genel bakım esnasında havuzların boşaltılmasıyla birlikte tekrardan havuzlara atık su alındığında ideal mlss konsantrasyonunun yakalanamaması**

İdeal MLSS konsantrasyonuna ulaşana kadar çökeltim tanklarından meydana gelen çamurun %100 havalandırma havuzlarına geri devrettirilerek ve ideal konsantrasyona ulaşılmıştır. Eğer bu konsantrasyona kısa sürede ulaşılmamış olunsaydı Sivas Atıksu Arıtma Tesisinden yardım alınıp bakteri aşılması yapılması planlanmıştır.

#### **4.3.4 Atıksuyun korozif özelliğinden dağıtım yapısındaki demir kapaklara etkisi**

Demir kapaklar atıksuyun korozif etkisinden dolayı çürümüştür. Yerine galvaniz kaplı paslanmaz malzemedan yapılan yürüyüş platformu yapılmıştır. Çürümüş ve yerine yapılan kapaklar Şekil 4.8’de verilmektedir.



**Şekil 4.8:** Çürümüş demir kapaklar ve galvaniz kaplı paslanmaz yeni kapaklar

#### **4.4 Kayseri İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinde Karşılaşılan Problemler ve Çözümleri**

##### **4.4.1 Izgaralarda oluşan tıkanma, sinek ve koku problemi**

Kaba ve ince ızgaralarda, aşırı debi artması ve temizleme sıklığının yetersizliği nedeniyle tıkanmalar oluşmuştur. Izgara temizleme sıklığı artırılarak tıkanmalar önlenmiştir. Izgara atıklarının uzun süre bekletilmesi nedeniyle kötü koku sinek oluşumu gözlenmiştir. Atıkların tesiste bekleme süresi azaltılmıştır.

##### **4.4.2 Izgara kanalında aşırı kum birikimi**

Atıksuyun hızı ızgara yaklaşım kanalında çok düşük olduğu için kum birikimini gözlenir. Tabanda biriken malzeme sık temizlenerek ve akım hızını kontrol ederek problem çözülür. Izgara kanalında biriken kumun görüntüsü Şekil 4.9’ da verilmektedir.



**Şekil 4.9:** Izgara kanalında biriken kum.

#### 4.4.3 Kum tutucu ünitesinde karşılaşılan problemler

Kum tutucuda hidrojen sülfür oluşumu nedeniyle çürük yumurta kokusu oluşur. Hazne temizlenerek ve hipoklorit dozlaması yapılarak problem çözülmüştür.

Izgara zinciri kırık, sıyırma ekipmanında arıza varsa veya kum pompası, kum sıyırma uzaklaştırma sistemlerinde arıza varsa kum tutucu tabanında kum birikimi gözlenmiştir. Mekanik ekipmanların kontrolü, kum sıyırma-uzaklaştırma miktarının ve sıklığının artırılması ile bu problem çözülmüştür. Kum tutucu tabanında biriken kumun temizlenmesi çalışmalarının görüntüsü Şekil 4.10'da verilmektedir.



**Şekil 4.10:** Tabanda biriken kumun temizlenmesi

Yetersiz havalandırma nedeniyle metal ve betonarme yüzeylerde korozyon gözlenmiştir. Bakım sıklığı artırılarak, havalandırma sistemi kontrol edilerek ve boyama sıklığı artırılarak problem çözülmüştür. Korozyona uğrayan metal yüzeyin bir görüntüsü Şekil 4.11'de verilmektedir.



**Şekil 4.11:** Metal yüzeyde oluşan korozyon.

#### 4.4.4 Yüzen çamur problemi

Sıyırıcılar aşınma ya da arıza varsa ve çamur birikimi fazlaysa yüzen çamur problemiyle karşılaşmıştır. Çamur atım sıklığı ve miktarı artırılarak, gerekli mekanik ekipman bakımı ve değişimi yapılarak problem çözülmüştür.

#### 4.4.5 Siyah ve kokulu atıksu veya çamur

Çamur çekme hattın tıkanma olduğunda, çamur sıyırıcı yırtıldığında ya da zarar gördüğünde ve yetersiz çamur atım düzeni olduğunda bu problemle karşılaşmıştır. Hat basınçlı su ile yıkanmış ve çamur yoğunluğu azalincaya kadar çamur atım sıklığı ve süresi artırılmıştır.

#### 4.4.6 Köpük taşması

Köpük uzaklaştırmanın yetersiz kalması nedeniyle köpük taşması problemi yaşanmıştır ve köpük sık şekilde uzaklaştırılarak problem çözülmüştür. Tesiste gözlenen köpük taşması probleminin bir görüntüsü Şekil 4.12’de verilmektedir.



Şekil 4.12: Köpük taşması.

#### 4.4.7 Askıda katı madde giderim veriminin düşük olması

Yetersiz çamur çekim hızı ve endüstriyel atıksu girişi nedeniyle verim düşük olmuştur. Çökelmeyi engelleyen nitelikteki deşarjlar sınırlanmış ve çamur çekim hızı artırılmıştır.

#### 4.4.8 Havuz ve savak yüzeylerinde aşırı biyolojik büyüme

Organik madde birikimi nedeniyle havuz ve savak yüzeylerinde zamanla yeşil algler oluşmuştur. Yüzeyler sık ve sürekli temizlenerek problem giderilmiştir. Temizlik çalışmalarının görüntüsü Şekil 4.13'te verilmektedir.



Şekil 4.13: Havuz ve savak yüzeylerinde temizlik.

#### 4.4.9 Beyaz köpüklenme

Genç çamur, yüksek F/M oranı, aşırı yüklemekten kaynaklanan son çökeltimde biyokütle kaybı toksisite içeren atıksu nedeniyle oluşmuştur. Sistemden çamur atımı azaltılmıştır. Kanalizasyon sisteminde kaçak deşarj denetimi yapılmıştır. Tesiste oluşan beyaz köpük probleminin bir görüntüsü Şekil 4.14'te verilmektedir.



Şekil 4.14: Beyaz köpüklenme.

#### 4.4.10 Kahverengi köpüklenme

Düşük organik, ipliksi bakteri oluşumu, yağ ve gres, düşük F/M ve havalandırma havuzuna köpük girişi gibi nedenlerle gözlenmiştir. Sistemden çamur atımı artırılmıştır. Köpük geri devir ettirilmeden uzaklaştırılmıştır. Tesiste oluşan kahverengi köpüklenmenin bir görüntüsü Şekil 4.15'te verilmektedir.



Şekil 4.15: Kahverengi köpük.

#### 4.4.11 Siyah köpüklenme

Düşük çözülmüş oksijen ve endüstriyel atıksu girişi nedeniyle oluşmaktadır. Endüstriyel deşarj kontrol edilmiştir. Havalandırma artırılmıştır. Tesiste oluşan siyah köpüklenmenin bir görüntüsü Şekil 4.16'da verilmektedir.



Şekil 4.16: Siyah köpük.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Arıtma tesislerinde işletme sırasında; ızgaralarda istenilen boyutta maddelerin tutulamaması, kum tutucularda çökmesi istenmeyen maddelerin çökmesi, kumun sürüklenmesi, ön çökeltim havuzlarında; yüzücü çamur, siyah ve kokulu çamur, gres ve köpük, çamur kabarması, fazla köpük problemi, sıyırıcı problemleri, sertleşmiş çamur problemi, süspansiyon maddelerinin iyi çökelememesi problemi, çökeltilmiş atık sudaki asılı katı maddelerin yüksek konsantrasyonu, biyolojik arıtımda; havalandırma havuzunda köpük oluşumu, çamur kabarması, damlatmalı filtrelerde göllenme, dağıtıcı orifislerin tıkanması, büyük organizmalar, biokütle kaybı, beyaz biokütlenin gelişmesi, verimde azaltma katı madde birikimi, nihai havuzda yüzücü madde, stabilizasyon havuzlarında; aşırı yükleme düşük sıcaklık, kötü çevresel etkiler; buzlanma toksit maddeler vb etkilerin oluşturduğu sorunlar son çökeltim havuzunda; çamur katı maddelerinin yıkanması, flokların parçalanması, kümeleme, küllenme ve çamur yükselmesi, dağınık yumaklar, çamurun terfi edilmesinde; aşırı pompaj, pompa aşınması çamur yoğunlaştırılmasında septik şartların oluşması, çamur çürütme ünitelerinde uçucu asit birikmesi, köpek ve kir teşekkülü gaz üretiminde azalma, çamur pompaj hızında azalma gibi problemlerle karşılaşılmaktadır.

Atıksu Arıtma Tesislerinde kaliteli bir çıkış suyu elde edilebilmesi için proses seçimi, planlama ve projelendirme süreçlerine büyük bir önem verilmeli ve bu süreçte yeterli detayda çalışmalar gerçekleştirilmelidir. Koordineli çalışmak ve yetkin olmak bu konuda çok önemlidir. Düzenli bakım planları yapılmalı ve bunların tarihli olarak kayıtları alınmalıdır. Bakım planında görünen fakat bakımları yapılamamış olanlara öncelik verilmelidir. Bu problemlerle karşılaşmamak için gerek tesisleri dizayn edenlerin gerekse işletenlerin deneyimli kişi ya da kuruluşlarla birlikte çalışması, çalışmaların yapılabilmesi için ihtiyaç duyulan ekipmanlar temin edilmesi ve geliştirilmesi gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- Akmaz, U., Us, E., Günerhan, Ü. ve Perendeci, A., 2007. Atıksu arıtma tesislerinde proses kontrol amaçlı kullanılan manipüle edilebilen değişkenler, 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, İzmir, Bildiriler Kitabı,
- Akyüz, İ.N., 2011. Osmanbey atıksu arıtma tesisinin işletilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Arceivala, S.J., 2002. Çevre kirliliği kontrolünde atıksu arıtımı .
- Azman M.A., 2007. Avrupa birliği kentsel atıksu arıtımı deşarj standartları ve Türkiye ile karşılaştırılması', Yüksek Lisans Tezi, Atılım Üniversitesi, Sosyal Bilimler Ens., Ankara.
- Baklaya, N. ve Kufacı, E., 2003. Atıksu arıtma tesislerinde işletme ve bakım problemleri Türkiye'de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu IV, Gebze Yüksek İleri Teknoloji Enstitüsü, Gebze, 362-366.
- Buski Genel Müdürlüğü, 2014. Atıksu arıtma tesisleri işletme problemleri, içme suyunun kalitesi ve arıtılması ile yer altı suyu kalite ve miktar yönetimi ve uygulamaları konulu hizmet içi eğitim programı, Afyonkarahisar.
- Curi, K., 1994. Ön arıtma olarak biyolojik arıtma, Boğaziçi Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- Çakmakçı, M., 2014. Ön ve birincil arıtım yöntemleri, işletilmesi, karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri, Çevre Mühendisleri Odası Atıksu Arıtma Tesisi İşletilmesinde Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Yolları Eğitimi Notları, Ankara.
- Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2008. Atık yönetimi eylem planı (2008-2012), Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- Çevretek, 1996. Atık su arıtma tesislerinin işletilmesi seminer kitabı, Çevre Teknolojileri Uygulayıcıları Derneği Yayınları, İstanbul.
- Çınar, A., 2008. Biyolojik atıksu arıtma tesislerinde verimlilik kontrolü ve karşılaşılan önemli işletme sorunlarına çözüm yaklaşımları, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 4, 9, 50 - 69, Kocaeli.
- Eker, A. ve Çiner, F., 2004. Sivas organize sanayi bölgesinde atıksu karakterizasyonu ve arıtma alternatifleri, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 6, 3, 97-112, İzmir.
- Emirdoğan, M., 2006. Atıksu arıtma tesisinde karşılaşılan işletme sorunları, Çevre ve Orman Bakanlığı Semineri, Ankara.
- Filibeli, A., 2013. Arıtma çamurlarının işlenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, 255, İzmir.

- Gray, N. F., 2005. Water technology an introduct for environmental scientist and engineers, Second Edition, 450-451.
- Harman, B. İ., 2013. Arıtılmış atık suların yeniden kullanımı, Çevre Kuruluşları Dayanışma Derneği, Isparta.
- Imhoff K. ve Imhoff, K.R., 1999. Taschenbuch der Stadtentwaesserung, Oldenbourg Verlag, München.
- İller Bankası Genel Müdürlüğü, 1989. Atık su arıtma tesisleri proses, işletme, bakım el kitabı, İller Bankası, U.N.D.P ve W.H.O İşbirliği, TUR/89/01/14; Sempozyum Kitabı, Ankara.
- İller Bankası Genel Müdürlüğü, 2010. Türkiyede'ki küçük ve orta ölçekli belediyelerde atıksu arıtımı için rehber el kitabı, İller Bankası, Ankara.
- İşgenç, M.F., 2007. Atıksu arıtma tesislerinde işletme yönetimi, 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, İzmir.
- Kavaklı, M. ve Civan, Z., 1997. 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.
- Koyuncu, İ., 2013. Atıksu arıtma tesisleri tasarım rehberi, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Lofrano, G. ve Brown, J., 2009. Wastewater management through the ages: a history of mankind, University of Salerno, Department of Civil Engineering, viaPonte don Melillo, Fisciano (SA), Italy, p.11.
- Metcalf, L. ve Eddy, H.P., 1991. Wastewater engineering: treatment and reuse, Tchobanoglous, G., ve Burton, F.L. (Editörler), Third Edition, McGraw-Hill, New York.
- Metcalf, L. ve Eddy, H.P., 2003. Wastewater engineering: treatment and reuse, Tchobanoglous, G., Burton, F.L. ve Stensel, H. D, (Editörler), Fourth Edition, McGraw-Hill, New York.
- Muslu, Y., 1994. Kullanılmış suların arıtılması, İTÜ Yayınları, 1535, İstanbul.
- Olsson, G. ve Newell, B., 2001. Wastewater treatment systems, IWA Publishing, Alliance House, 12 Caxton Street, London.
- Öz, A., 2009. Atıksu arıtma tesislerinde verimlilik kontrolü ve işletme sorunları, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Öztürk, İ., 2005. Atıksu arıtımının esasları, Çevre ve Orman Bakanlığı, İstanbul.
- Samsunlu, A., 2010. Atıksu arıtma yapılarının projelendirilmesi, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Samsunlu, A., 2011. Atıksuların arıtılması, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Samsunlu, A., Çıplakoğlu, G. ve Akça, L., 2003. Küçük arıtma tesisleri ve çamur yönetimi, 2. Ulusal Çevre Kirliliği Kontrolü Sempozyumu, ODTÜ, Ankara.
- Su ve Yaşam, 2012. Ankara, 18.
- Şermet, F., 2012. Atıksu arıtma tesislerinin yapılandırılması, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.

- T.C. Resmi Gazete, Su kirliliği kontrolü yönetmeliği. (25687), 31 Aralık 2004, Ankara
- TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, 2007. 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı, İzmir.
- Topacık, D., 2000. Atıksu arıtma tesisleri işletme el kitabı, İstanbul Büyükşehir Belediyesi İSKİ Genel Müdürlüğü Yayını, İstanbul.
- Toprak, H., 2006. Atıksu arıtma sistemlerinin tasarım esasları, 1, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, İzmir.
- Toprak, H., 2006. Atıksu arıtma sistemlerinin tasarım esasları, 2, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, İzmir.
- Toprak, H., 2009. Aktif sürecinin işletilmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir.
- Torun, F., 2011. Türkiye’deki kentsel atıksu arıtma tesisleri envanteri, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Tünay, O., 1996. Çevre mühendisliğinde kimyasal prosesler, İTÜ Yayınları, İstanbul.
- TUIK (Türkiye İstatistik Kurumu), 2012. Belediye atıksu istatistikleri verileri, Ankara.
- Yıldız, S., Namal, O.Ö. ve Çekim, M., 2013. Atık su arıtma teknolojilerindeki tarihsel gelişimler, Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Sivas

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı soyadı** : İpek YORULMAZ

**Doğum Yılı** : 1985

### Eğitim Bilgileri

**Lisans** : Selçuk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü; 2008

**Yüksek Lisans** : Aksaray Üniversitesi, Çevre Mühendisliği A.B.D.

### İletişim Bilgileri

**Adres** : Afyonkarahisar Belediyesi Çevre Denetim Birimi  
AFYONKARAHİSAR

**Telefon** : 0 505 713 83 17

**e-posta** : ipekyorulmaz03@gmail.com