

**T.C.**  
**BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**AKTİF ÇAMUR ÜNİTELERİNDE İŞLETİM PROBLEMLERİ**  
**VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ: BATI KARADENİZ HAVZASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**EROL ARSLAN**

**BOLU, EYLÜL - 2019**

**T.C.**  
**BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**AKTİF ÇAMUR ÜNİTELERİNDE İŞLETİM PROBLEMLERİ  
VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ: BATI KARADENİZ HAVZASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**EROL ARSLAN**

**BOLU, EYLÜL - 2019**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

Erol ARSLAN tarafından hazırlanan “Aktif Çamur Ünitelerinde İşletim Problemleri Ve Çözüm Önerileri: Batı Karadeniz Havzası” adlı tez çalışması Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda 6.09.2019 tarihinde savunularak Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

Danışman  
Doç. Dr. Nazlı BALDAN PAKDİL  
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

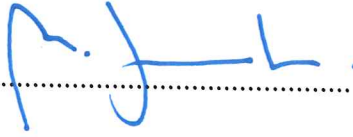
Üye  
Dr. Öğr. Üyesi Berrin TOPUZ  
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Üye  
Dr. Öğr. Üyesi Murat SOLAK  
Düzce Üniversitesi

### İmza

  
.....

  
.....

  
.....

Prof. Dr. Ömer ÖZYURT   
.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü 



**Eşime ve oğluma,**

## ETİK BEYAN

Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

**Erol ARSLAN**

## ÖZET

**AKTİF ÇAMUR ÜNİTELERİNDE İŞLETİM PROBLEMLERİ VE ÇÖZÜM  
ÖNERİLERİ: BATI KARADENİZ HAVZASI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
EROL ARSLAN  
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. NAZLI BALDAN PAKDİL)**

**BOLU, EYLÜL - 2019**

Batı Karadeniz Havzası'nda işletilmekte olan kapasitesi 10.000 m<sup>3</sup>/gün üzerindeki kentsel nitelikli atıksu arıtma tesislerinde sıklıkla karşılaşılan işletme problemleri incelenmiştir. Çalışmada ele alınan tesisler ön arıtım üniteleri ve biyolojik arıtma (aktif çamur sistemi) ünitelerinden oluşmaktadır. Bu ünitelerin her birinde meydana gelmesi muhtemel işletim problemleri ele alınmış ve Batı Karadeniz Havzası özellikleri temel alınarak çözüm önerileri sunulmuştur.

Izgara ve kum tutucu ünitelerinde yaşanan kum birikmesi problemi mevsim şartlarından etkilenen kanalizasyon sistemi sonucu olduğu görülmüştür. Ön çökeltme havuzu ve son çökeltme tankında meydana gelen problemlerin çamur seviyesi takibi ve çamur çekiminin düzenlenmesi ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Havalandırma havuzunun işletilmesinde yaşanan problemlerin temeli havalandırma sisteminin yine mevsim şartlarına göre düzenlenmesi ile giderilebileceği anlaşılmıştır.

Atıksu arıtım prosesi seçimi ve ünitelerinin projelendirilmesi hizmet vereceği bölgenin coğrafi, meteorolojik, iklimsel, ekonomik ve kanalizasyon sistemi özelliklerine göre belirlenmelidir. Projelendirmede meydana gelen eksiklik ve aksaklıklar nedeniyle işletme sorunlarını aşmak güçleşecektir. Atıksu arıtma konusunda yeterli eğitimleri almış kişilerin görevlendirilmesi ve gerekli kontrollerin takip edilmesi için laboratuvarın bulunması, iklimsel özelliklerinin dikkate alınarak ham atıksuda meydana gelebilecek değişikliklerin takibinin yapılması ve önlemlerin alınması işletimde meydana gelen problemleri aşılmasını sağlayacaktır.

**ANAHTAR KELİMELER:** Atıksu Arıtma Tesisi, İşletme Problemleri, Batı Karadeniz Havzası

## **ABSTRACT**

### **OPERATIONAL PROBLEMS IN ACTIVATED SLUDGE UNITS AND ITS SOLUTION PROPOSALS: WEST BLACK SEA BASIN**

**MSC THESIS**

**EROL ARSLAN**

**BOLU ABANT IZZET BAYSAL UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

**DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING**

**(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. NAZLI BALDAN PAKDİL)**

**BOLU, SEPTEMBER 2019**

Operational problems frequently encountered in municipal wastewater treatment plants with capacity of over 10,000 m<sup>3</sup>/ day in West Black Sea Basin were investigated. The plants covered in the study are consist of pre-treatment units and biological treatment (activated sludge system) units. The operational problems that may occur in each of these units are discussed and solution proposals are presented based on the characteristics of West Black Sea Basin.

Sand accumulation problem in grating and grit chambers is the result of sewage system which affected by seasonal conditions. Problems occurring primary and final sedimentation tanks were related to the sludge level observing and the regulation of sludge extraction. In the sameway, the basis of the problems in the aeration tank can be solved aeration system regulation which affected by seasonal conditions.

Operational problems in activated sludge units must be configured according to geographical, meteorological, climatic, economic and sewage system specifications of service region. It will be difficult to overcome operational problems due to deficiencies and disruptions in project design. Being employed people with adequate training in wastewater treatment and presence of a laboratory to observe the necessary controls, observing of changes in raw wastewater considering the climatic characteristics and taking measures will help to overcome the problems that occur during operation.

**KEYWORDS:** Waste Water Treatment Plant, Operational Problems, Western Black Sea Basin

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	v
ABSTRACT .....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	x
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ .....	xi
TEŞEKKÜR .....	xii
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. LİTERATÜR ÖZETİ.....</b>	<b>4</b>
2.1    Türkiye’ de Havza Çalışması .....	4
2.1.1    Batı Karadeniz Havzası .....	5
2.2    Atıksu .....	8
2.3    Atıksu Arıtımı.....	9
2.3.1    Izgara .....	12
2.3.2    Kum Tutucu .....	14
2.3.3    Ön Çökeltim Havuzu .....	17
2.3.4    Aktif Çamur Süreci .....	19
2.3.4.1    Aktif Çamurun Yapısı .....	20
2.3.4.2    Arıtma Modelleri.....	22
2.3.5    Son Çökeltim Tankı .....	24
2.4    Atıksu Arıtımında Başarıya Ulaşma.....	25
<b>3. MALZEME VE YÖNTEM .....</b>	<b>27</b>
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>29</b>
4.1    Izgara İşletim Sorunları ve Çözüm Önerileri .....	29
4.2    Kum Tutucu İşletim Sorunları ve Çözüm Önerileri .....	31
4.3    Ön Çökeltme Havuzu İşletim Sorunları ve Çözüm Önerileri .....	33
4.4    Havalandırma Havuzu İşletim Sorunları ve Çözüm Önerileri .....	37
4.5    Son Çökeltim Tankı İşletim Sorunları ve Çözüm Önerileri.....	41
4.6    Son Çökeltim Tankı Çıkış Suyunda Karşılaşılan İşletim Sorunları ve Çözüm Önerileri .....	45
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>48</b>
<b>6. KAYNAKLAR.....</b>	<b>51</b>
<b>7. EKLER.....</b>	<b>55</b>
EK A İşletme Sorunları Değerlendirme Bilgi Formu Soruları.....	55
<b>8. ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>60</b>



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1. Türkiye’ de sektörler göre su tüketimi. ....	2
Şekil 2.1. Türkiye havzaları haritası .....	5
Şekil 2.2. Batı Karadeniz Havzası siyasi haritası .....	6
Şekil 2.3. Batı Karadeniz Havzası alt havzaları.....	6
Şekil 2.4. Atıksu arıtımının tarihsel gelişimi .....	10
Şekil 2.5. El ile temizlenen ızgara .....	13
Şekil 2.6. Mekanik temizlenen ızgara.....	13
Şekil 2.7. Dairesel kum tutucu .....	15
Şekil 2.8. Düşey akımlı kum tutucu.....	15
Şekil 2.9. Ana akım doğrultusuna nazaran yan tarafta bulunan kum tutucular	16
Şekil 2.10. Havalandırmalı kum tutucu .....	17
Şekil 2.11. Çökeltim havuzu plan şekilleri .....	18
Şekil 2.12. Geri devirli ve tam karışımli bir aktif çamur reaktörü akım diyagramı .....	20
Şekil 2.13. F/M, SRT, SVI’ ya bağıli olarak flok yapısına baskın mikroorganizmalar .....	22
Şekil 2.14. Geri devirsiz tam karışım sistemi .....	23
Şekil 2.15. Geri devirli tam karışım sistemi .....	23
Şekil 2.16. Geri devirli piston akım modeli.....	24
Şekil 2.17. Son çökeltme havuzundaki bölgeler .....	25
Şekil 4.1. Izgara sisteminde karşılaşılabilecek işletme problemleri .....	30
Şekil 4.2. Izgara sisteminde karşılaşılabilecek ekipman ve kontrol sistemi kaynaklı işletme problemleri .....	31
Şekil 4.3. Kum tutucu sisteminde karşılaşılan işletme problemleri.....	32
Şekil 4.4. Havalandırmalı kum tutucu sisteminde karşılaşılan işletme problemleri .....	33
Şekil 4.5. Ön çökeltme havuzunda karşılaşılan işletme problemleri.....	34
Şekil 4.6. Ön çökeltme havuzunda karşılaşılan çamurun zor çekilmesi problemlerinin nedenleri .....	34
Şekil 4.7. Ön çökeltme havuzunda karşılaşılan askıda katı madde gideriminin düşük olması problemleri .....	35
Şekil 4.8. Ön çökeltme havuzunda karşılaşılan yüzen çamur problemleri nedenleri .....	36
Şekil 4.9. Ön çökeltme havuzunda karşılaşılan köpük taşması problemini nedenleri .....	36
Şekil 4.10. Ön çökeltme havuzunda karşılaşılan siyah renkte ve kokan çamur problemi nedenleri.....	37
Şekil 4.11. Havalandırma havuzu havalandırma sistemi için karşılaşılan işletme problemleri .....	38
Şekil 4.12. Havalandırma havuzunda yeterli çözünmüş oksijen konsantrasyonlarını sağlamada karşılaşılan işletme problemleri ...	39
Şekil 4.13. Havalandırma havuzunda köpük oluşumu için karşılaşılan işletme problemleri .....	40
Şekil 4.14. Havalandırma havuzunda açık renkli, kalın, kabaran veya sabunsu köpük oluşumu için karşılaşılan işletme problemleri.....	41

<b>Şekil 4.15.</b>	Son çökeltim tankında meydana gelen işletme problemleri .....	42
<b>Şekil 4.16.</b>	Son çökeltim tankında yüzen ve savaklardan kaçan floklar şeklinde karşılaşılan işletme problemleri .....	42
<b>Şekil 4.17.</b>	Son çökeltim tankında ince ve dağılık floklar (iğne uçlu floklar) oluşumu şeklinde karşılaşılan işletme problemleri .....	43
<b>Şekil 4.18.</b>	Son çökeltim tankında flokların parçalanması şeklinde karşılaşılan işletme problemleri.....	44
<b>Şekil 4.19.</b>	Son çökeltim tankında kabaran/ yükselen çamur şeklinde karşılaşılan işletme problemleri.....	44
<b>Şekil 4.20.</b>	Son çökeltim tankı çıkış suyunda yüksek konsantrasyona sahip olunan parametreler.....	45
<b>Şekil 4.21.</b>	Son çökeltim tankı çıkış suyunda yüksek amonyak konsantrasyonu problemi ile birlikte karşılaşılan işletme problemleri .....	46
<b>Şekil 4.22.</b>	Son çökeltim tankı çıkış suyunda yüksek askıda katı madde konsantrasyonu problemi ile birlikte karşılaşılan işletme problemleri .....	47
<b>Şekil 4.23.</b>	Son çökeltim tankı çıkış suyunda yüksek biyokimyasal oksijen ihtiyacı konsantrasyonu problemi ile birlikte karşılaşılan işletme problemleri .....	47

# ÇİZELGE LİSTESİ

## Sayfa

<b>Çizelge 2.1.</b> Atıksu arıtma tesisi temel işlemlerin fonksiyonları.....	11
<b>Çizelge 2.2.</b> Elle ve mekanik olarak temizlenen ızgaraların tasarım kriterleri .	13
<b>Çizelge 2.3.</b> Dairesel ve dikdörtgen planlı ön çökeltme havuzlarının tasarımında kullanılacak değerler. ....	18



## KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

<b>AÇ</b>	: Aktif Çamur
<b>AKM</b>	: Askıda Katı Madde
<b>BOİ</b>	: Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
<b>DBR</b>	: Döner Biyolojik Reaktörler (Döner Biyodiskler)
<b>F/M</b>	: Besin Mikroorganizma Oranı
<b>MBBR</b>	: Hareketli Yataklı Biyofilm Reaktör
<b>MBRs</b>	: Membran Biyoreaktör
<b>MLSS</b>	: Karışık Sıvı Askıda Katı Maddeler
<b>MLVSS</b>	: Karışık Sıvı Uçucu Askıda Katı Maddeler
<b>RAS</b>	: Geri Devir
<b>SBR</b>	: Seri Bağlı Reaktörler
<b>SRT</b>	: Çamur Yaşı
<b>SVI</b>	: Çamur Hacim İndeksi
<b>TÜİK</b>	: Türkiye İstatistik Kurumu
<b>UASB</b>	: Yukarı Akışlı Çamur Yataklı Anaerobik Reaktörler
<b>YS</b>	: Yapay Sulak Alanlar

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans ve tez çalışmalarım süresince bilgi ve birikimlerini paylaşarak, yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Nazlı BALDAN PAKDİL' e, tezimin bilgi değerlendirme bilgi formu kısmının oluşturulması ve değerlendirilmesinde büyük destek sağlayan hocam Prof. Dr. Ruziye COP' a teşekkürlerimi sunarım.

Batı Karadeniz Havzasındaki atıksu arıtma tesislerinin işletilmesinde görevli personele bilgi toplamamdaki yardımlarından dolayı teşekkürü borç bilirim.

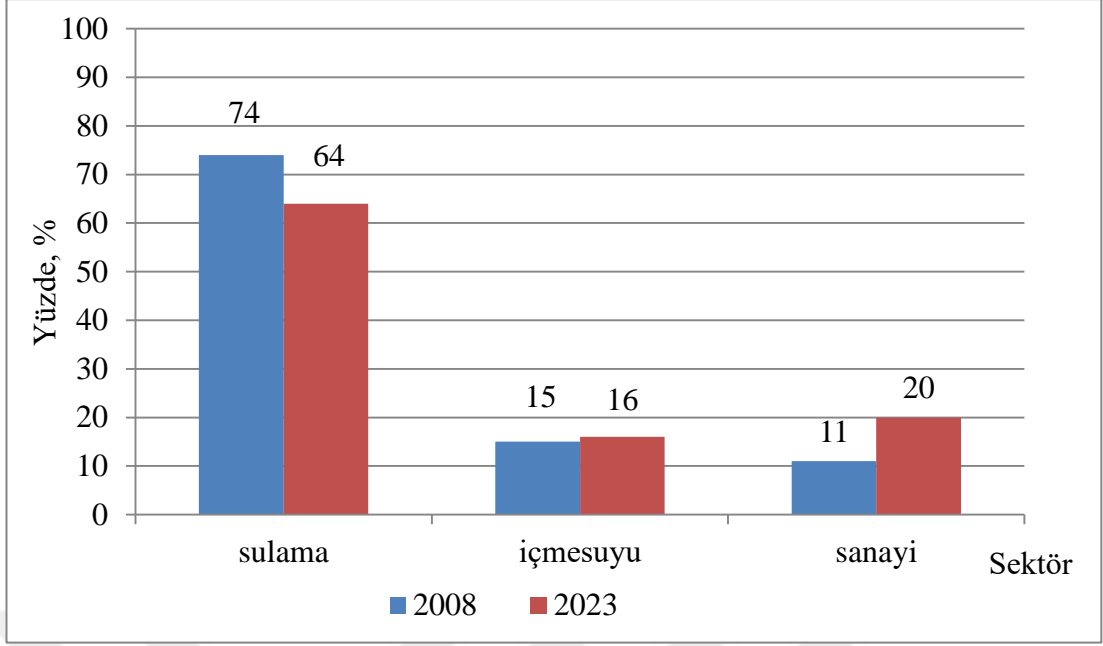
Hayatım boyunca bana her türlü desteği veren ve hep yanımda olan sevgili Aileme, yine yüksek lisans çalışmamın başlamasına vesile olup süreç boyunca desteğini esirgemeyen kıymetli Eşim Nebahat ARSLAN' a en içten teşekkürlerimi sunarım.

# 1. GİRİŞ

Canlıların yaşamsal faaliyetlerine devam edebilmesi için su, hayati öneme sahiptir. Temel ihtiyaçların başında gelmesi tarih boyunca canlıların dolayısıyla insanların suyun kolay elde edildiği kaynakların etrafında yaşam tercih etmelerine neden olmuştur. Akabinde su tarımsal faaliyetlerde de kullanılmaya başlanmış ve gelişen nüfus sonucu kentleşmenin ve sanayileşmenin de artması ile su kaynakları üzerinde baskı oluşmuş ve bu kaynaklardan daha fazla yararlanabilmek için inşa edilen bentler, barajlar gibi yapılar ile artan su talebi karşılanmaya çalışılmıştır (Kıran, 2013; Öz, 2009; Yorulmaz, 2016).

Dünyadaki toplam su miktarı 1,4 milyar  $\text{km}^3$ 'tür. Bu suların %97,5'i okyanuslarda ve denizlerde tuzlu su olarak, %2,5'i ise nehir ve göllerde tatlı su olarak bulunmaktadır. Bu kadar az olan tatlı su kaynaklarının da %90'ının kutuplarda ve yeraltında bulunması sebebiyle insanoğlunun kolaylıkla yararlanabileceği elverişli tatlı su miktarının ne kadar az olduğu anlaşılmaktadır (DSİ, 2019).

Ülkemizde yıllık yağış ortalaması 642,6 mm ve bunun su olarak karşılığı 501 milyar  $\text{m}^3$ 'tür. Teknik ve ekonomik olarak tüketilebilecek yeraltı ve yerüstü su miktarı 112 milyar  $\text{m}^3$ 'tür. Bunun 95 milyar  $\text{m}^3$ 'ü yurtiçinden doğan akarsulardan, 3 milyar  $\text{m}^3$ 'ü yurtdışından ulaşan akarsulardan ve 14 milyar  $\text{m}^3$ 'ü ise yeraltı suyundan sağlanabileceği kabul edilmektedir. Havza bazında, yıllık su potansiyeli de büyük değişiklikler göstermektedir. Şekil 1.1. incelendiğinde Türkiye'de 2008 yılı itibariyle suyun %74' ü sulama, %15'i içmesuyu ve %11'i sanayide kullanıldığı görülmektedir. 2023 yılında ise bu oranlar %64 sulama, %16 içmesuyu ve %20 sanayi kullanımı şeklinde olacağı öngörülmektedir (Aküzüm vd., 2010).



**Şekil 1.1.** Türkiye’ de sektörler göre su tüketimi (Aküzüm vd., 2010).

Kentleşmenin artması su kullanımının artmasına akabinde de çevresel sorunların ortaya çıkmasına neden olmuştur. İnsanoğlunun ilk çözümü kentleşme sonucu oluşan atıkların yaşam alanlarının dışına çıkararak uzaklaşma ile başladı. Zamanla bu yöntemin yeterli olmadığı, suların çeşitli amaçlar ile kullanılması sonucu kullanılabilir su kaynaklarına kentsel, endüstriyel ve tarımsal kirleticiler ulaştığı ve su kalitesi olumsuz yönde etkilediği görüldü. Bu durum suyun kalitesinin kontrolünün yapılması gerektiğini doğurmuştur. Dolayısıyla çeşitli kirleticilerin neden olduğu çevresel etkileri kontrol altına almak adına kullanılmış suların arıtılması gerekliliği ortaya çıkmıştır (Azman, 2007; Torun, 2011).

Gelecek nesillerimiz için emanetimizde olan bu doğal çevremizi korumak gerekmektedir. Çevresel sorunların kentleşmeyi tehdit etmesi sonucu zamanla zorunlu gereklilik haline gelen arıtma işlemi bilimsel çalışmalar ve gelişen teknolojiler sayesinde ilerlemiştir. Bu doğrultuda atıksu muhtevasına göre arıtım metotları geliştirilmiş ve bilimsel çalışmalar ile belirlenen kalite standartları doğrultusunda ulusal mevzuatlar oluşturulmuştur. Hatta bu kalite standartlarına uyulması için uluslararası kararlar alınarak anlaşmalar da yapılmıştır. Yine kalite standartlarına uyulması için izleme çalışmaları oluşturulmuş ve çeşitli izleme sistemleri de geliştirilmiştir. Elde edilen izleme çalışmaları sonuçlarında tespit edilen

uygunsuzlukların giderilmesi için yapılan mevzuatlar ile ulusal ve uluslararası yaptırımlar uygulanmaktadır (Akyüz, 2011; Şermet, 2012; Yıldız vd., 2013).

Atıksu arıtımında belirlenen kalite standartlarının sağlanması için arıtım basamaklarının sağlıklı ve güvenli işletilmesi gerekmektedir. Çeşitli nedenlerden dolayı arıtma basamağında oluşabilecek aksamalar işletme problemleri olarak ortaya çıkar ve arıtım standardından uzaklaşmaya neden olur. Bu problemlerin giderilmesi için de çeşitli araştırmalar yapılmakta ve olası işletme probleminin sebebinin irdelenip nasıl müdahale edilmesi gerektiği anlaşılması gerekmektedir. Bilimsel çalışmalarla ve edinilen tecrübeler ile çözümlenmeye çalışılan bu problemlere çeşitli çözüm önerileri getirilmeye çalışılmıştır. Bu sayede oluşabilecek işletme problemine karşı işletmeciyi bilgilendirilmek hedeflenmiştir.



## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

### 2.1 Türkiye' de Havza Çalışması

Ülkemizde su yönetimi hakkında yapılan çalışmalar, su miktarının ön planda olduğu tekil maksatlara yönelik sınırlı planlamaların yapılması ve tekil çözümlerin aranılması ile başlamıştır. Daha sonra miktarına ilave olarak kalitesinin de ele alındığı kapsamlı bakış açısı ile yaklaşmıştır. İzleme ve denetleme çalışmaları da bu yaklaşımı desteklemiştir. Havzayı karakterize eden akım, kalite, meteorolojik, hidrolojik, sektörel bazda su kullanımları, arazi kullanımı, erozyon gibi unsurların birbirleri ile olan ilişkileri tanımlanarak su kaynaklarının mevcut su kalitesinin iyileştirilmesi ve korunması amaçlanmıştır (TÜBİTAK, 2013).

Su ekosistemlerinin ve bunlara bağlı diğer ekosistemlerin korunması, iyileştirilmesi ve olası tahribatlarının önlenmesi bütünleşik havza yönetimi ile sağlanır. Su kaynaklarının korunması, geliştirilmesi ve sürdürülebilirliği amacıyla çalışmalar yapılmış, çıkarılan mevzuatlar çerçeve de 25 hidrolojik havza ve her havza kendi içinde alt havzalara ayrıldığı sistem ile sürdürülebilir kalkınması oluşturulmuştur (bkz. Şekil 2.1). Havza yönetimi ile coğrafi olarak ayırık bir drenaj alanındaki hidrolojik hizmetlerin sürdürülebilirliğini, toprağın, bitki örtüsünün, su ve diğer doğal kaynakların o alanda ve alt havza alanlarında yaşayanların yararına olacak şekilde korunmasını, kullanımını, bu suretle ülkemizin sosyoekonomik kalkınmasına katkı sağlaması amaçlanmıştır (ÇŞB, 2017; TÜBİTAK, 2013).



Şekil 2.1. Türkiye havzaları haritası (DSİ,2019)

### 2.1.1 Batı Karadeniz Havzası

Batı Karadeniz Havzası, yağışlar sonucu toplanan suların küçük akarsular halinde Karadeniz' e döküldüğü topluluklardan oluşmuştur. Kuzeyde Karadeniz ve çeşitli yüksekliklerdeki Elmacık Dağı, Işık Dağı, Kara Dağ, Bolu Dağları, Benli dağ, Ilgaz Dağları, Küre Dağları, Zindan Dağı, Çangal Dağı' nın su bölüm çizgileri ile çevrilmiştir. Kızılırmak havzası ve Sakarya Havzaları ile de komşudur. Havza Melen Alt Havzası, Filyos Çayı Alt Havzası, Devrekani Çayı- Gerze Alt Havzası ve Bartın Çayı Alt Havzası'ndan oluşan 4 alt havzaya ayrılmıştır. Batı Karadeniz Havzası şekil 2.2 de ve alt havzaları şekil 2.3' de verilmiştir (ÇŞB, 2017).



Şekil 2.2. Batı Karadeniz Havzası siyasi haritası (TÜBİTAK, 2013).



Şekil 2.3. Batı Karadeniz Havzası alt havzaları (TÜBİTAK, 2013).

Batı Karadeniz Havzası makro iklim bakımından kısmen Akdeniz iklim tipine girmektedir. Havza Akdeniz yağış rejimi etkisi altındadır. Yazlar kurak geçerken, kışlar bol yağışlıdır. Yağışın çoğu da kış aylarında düşmektedir. Hava kütleleri iç kısımları doğu-batı yönündeki dağlar nedeniyle etkisi altında tutamadığından dolayı havzada yer yer önemli mevzii farklılıkları gösteren iklimlere rastlanır. Havzada toplam yağış ortalamasının en fazla olduğu ay Aralık ayıdır. Maksimum yağış ortalamalarının en fazla olduğu ay Ağustos ayıdır. Batı Karadeniz Havzası'nda kar şeklindeki yağışlar ve karın yerde kalma süresi 1-40 gün arasında değişmektedir. Havzada karla örtülü günlere sıcaklığın daha düşük olduğu iç kesimlerde rastlanmaktadır (TÜBİTAK, 2013).

Havzadaki iklim elemanlarından sıcaklık durumu değerlendirildiğinde, sıcaklık Akdeniz ve Güney Doğu Anadolu' dan daha düşük, Marmara ve Karadeniz' den daha yüksektir. Havzanın yıllık sıcaklık ortalaması 12 °C civarındadır. Aralık, Ocak ve Şubat aylarında en düşük sıcaklıklar ölçülürken, en yüksek sıcaklıklar Temmuz ve Ağustos aylarında ölçülmektedir. Bu nedenle de buharlaşma en çok bu dönemde olmaktadır. Özellikle yazın bitkilerin su ihtiyacı üzerine büyük etkisi olan bağıl nem, havzada kuvvetli esen rüzgarların etkisiyle düşmektedir. Havzada genellikle doğu, kuzey ve kuzey doğu yönünden esen rüzgârlar hâkimdir. En hızlı rüzgarlar ise Aralık, Ocak, Şubat, Mart ve kısmen de Nisan aylarında esmektedir, kuru sıcak rüzgarlara daha çok yaz aylarında rastlanır (TÜBİTAK, 2013).

Batı Karadeniz Havzasında önemli akarsular Filyos Çayı, Araç Çayı, Bartın Çayı, Büyükmelen Çayı, Devrekani Çayı; önemli göller Abant Gölü, Yeniçağa Gölü ve Efteni Gölü Sarıkum Gölü olarak göze çarpmaktadır (ÇŞB, 2017).

Batı Karadeniz Havzası Sınırları içinde Düzce, Bolu, Bartın, Zonguldak, Karabük, Sinop, Kastamonu ve Çankırı illeri yer almaktadır. Bu yerleşim yerlerinden altı il merkezi (Düzce, Bolu, Bartın, Zonguldak, Karabük, Sinop) havza sınırları içerisinde bulunmaktadır. 2011 Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) nüfus sayımı sonuçlarına göre havza nüfusu (havzada yer alan tüm belediyeler ve nüfusu 2.000 kişi üzeri olan tüm köylerin nüfusu) 1.910.036 kişidir. Havza nüfusunun %89' u kanalizasyon hizmetinden yararlanmaktadır. Ayrıca havza nüfusunun %49,4' u atıksu arıtma tesisi hizmeti almaktadır. Bu değer Türkiye ortalamasında %56 'dır (ÇŞB, 2017; TÜBİTAK, 2013).

Havzada kapasitesi 10.000 m<sup>3</sup>/gün üzerindeki atıksu arıtma tesisleri incelendiğinde arıtılan atıksular; Düzce Atıksu arıtma tesisi (50.000 m<sup>3</sup>/gün) ile Küçük Melen Nehrine, Bolu Atıksu Arıtma Tesisi (56.000 m<sup>3</sup>/gün) ile Büyüksu Deresine, Karabük Atıksu Arıtma Tesisi (61.776 m<sup>3</sup>/gün) ile Filyos Çayına, Bartın Atıksu Arıtma Tesisi (12.439 m<sup>3</sup>/gün) ile Bartın Çayına, Zonguldak Atıksu Arıtma Tesisi (32.000 m<sup>3</sup>/gün) derin deniz deşarjı ile Karadenize verilmektedir. Yine arıtılacak atıksu Sinop ilinde yapılmakta olan Atıksu Arıtma Tesisinden derin deniz deşarjı ile Karadenize verilecektir (TÜBİTAK, 2013).

## 2.2 Atıksu

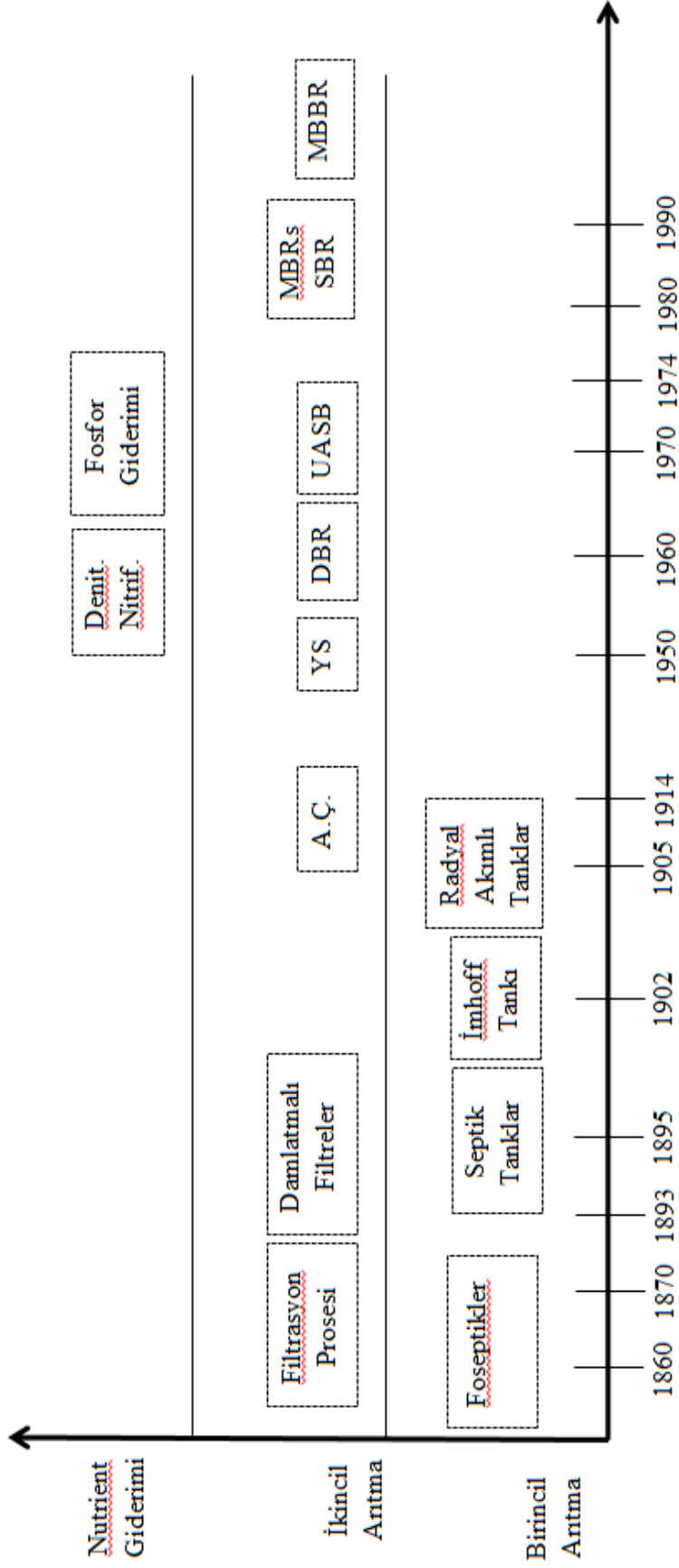
Atıksu kavramı, bir yerleşim alanının evsel, endüstriyel, tarımsal ve diğer kullanımlar sonucunda kirlenmiş ve ya özellikleri kısmen ve ya tamamen değişmiş suları anlatmaktadır. Bu suları toplayan kanalizasyon sistemleri ile atıksular toplanarak, yitirdikleri fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özelliklerinin bir kısmını veya tamamını tekrar kazandırabilmek ve/veya boşaldıkları alıcı ortamın doğal fiziksel, kimyasal, bakteriyolojik ve ekolojik özelliklerini değiştirmeyecek hale getirebilmek için uygulanan fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma işlemlerinin birini veya birkaçını içeren atıksu arıtımının yapıldığı tesislerine ulaştırılmaktadır. Arıtılan atıksuyun doğrudan veya dolaylı olarak alıcı ortama veya sistemli bir şekilde yeraltına boşaltılmasına atıksu deşarjı denir. Yine yeterli arıtma kapasitesine sahip olduğu mühendislik çalışmaları ile tespit edilen alıcı ortamlarda denizin seyreltme ve doğal arıtma süreçlerinden faydalanmak amacıyla atık suların sahillerden belirli uzaklıklarda deniz dibine boru ve difüzörlerle deşarj edilmesi derin deniz deşarjı denir (KAAY, 2006; SKKY, 2004).

Çevre kirliliği nedenleri araştırıldığında su kaynaklarının kirlenmesi başta gelmektedir. Su kaynaklarının kirlenmesinde atıksular en büyük paya sahiptir. Yerleşim yerlerinden kaynaklanan evsel atıksular ve sanayi tesislerinden kaynaklanan endüstriyel atıksular kanalizasyon ve kollektör sistemleri ile toplanarak atıksu arıtma tesislerine gelir. Bu tesislerde ilgili mevzuatlara göre belirlenen şekilde atıksu arıtımı yapılarak alıcı ortamlara deşarj edilmelidir. Aksi halde arıtılmamış atıksular denetimsiz ve kontrolsüz bir şekilde doğal ortama verilecek ve içerisindeki bulunan parçalanabilen organik maddelerin ayrışması sonucu alıcı ortamdaki oksijenin düşmesine (anarobik şartların oluşmasına) neden olarak çevre kirliliği oluşacaktır. Yine giderilemeyen azot ve fosfor alıcı ortamda alg patlaması oluşturacaktır. Ayrıca patojen mikroorganizmalar başta olmak üzere toksik maddeler gibi birçok kirletici de alıcı ortamda kirliliğe neden olacaktır (Azman, 2007).

### 2.3 Atıksu Arıtımı

Kentleşme öncesinde meydana gelen atıksular arıtma gereksinimine ihtiyaç duyulmadan, doğal ortamların özümleme gücü sebebiyle kolayca bertaraf edilebiliyordu. Hatta bu atıksular taşınarak tarım arazilerinde gübre olarak ta kullanıldı. Zamanla kentleşmenin artması oluşan atıksuların borular ile taşınabileceğinin öğrenilmesi ve kanalizasyon sistemi yapım tekniğinin ortaya çıkmasını sağladı. Kanalizasyon sistemleri ile taşınan atıksuların, arazide uygulanan arıtma işlemi zamanla hijyen standartlarının düşmesi ve tarım yapılabilecek arazilerin azalması sebebiyle terk edilmeye başlanmıştır. Katlanarak büyüyen çevre sorunları kentleşme sonucu oluşan atıksuların arıtılması gerekliliğini doğurmuştur (Yıldız vd. , 2013).

Dünyada modern anlamda ilk atıksu tesisi 1842 yılında Hamburg'da yapılmıştır. Daha sonra 1855 yılında Chicago'da ilk kanalizasyon yapımına başlanmıştır. Arıtma tesislerinin inşası ise 1870 yılından sonradır. O tarihten beri yalnızca ABD' de yapılan atıksu arıtma tesislerinin sayısı 15.000'i geçmiştir. Geçen zaman içinde teknolojide ve arıtma tekniklerinde büyük gelişmeler olmuş, aynı zamanda çevre ile ilgili kavramlar ve yönetmelik esasları da değişmiştir (Muslu, 1994). Atıksu arıtımının tarihsel gelişimi şekil 2.4' te verilmiştir



A.Ç. : Aktif çamur; YS: Yapay sulak alanlar; DBR: Döner biyolojik reaktörler (yada döner biyodiskler); UASB: Yukarı akışlı çamur yataklı anaerobik reaktörler; MBRs: Membran biyoreaktörler; MBBR: Hareketli yataklı biyofilm reaktörler, SBR: Seri bağlı kesikli reaktörler

Şekil 2.4. Atıksu arıtımının tarihsel gelişimi (Lofrano ve Brown, 2003)

Atıksular kanalizasyon sistemleri ile toplandıktan sonra atıksu arıtma tesislerine ulaştırılırlar. Atıksu oluşum kaynağına göre çok değişik muhteviyata sahip olabilir. Bu nedenle atıksu arıtım basamaklarının belirlenmesi için tesis girişinde atıksu muhtevası incelenmelidir. Bunu için renk, sıcaklık, bulanıklık, iletkenlik, askıda katı madde gibi fiziksel parametreler; pH, azot, fosfor, amonyum, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı gibi kimyasal parametrelerin ölçümleri düzenli olarak yapılır (OSİB, 2012).

Arıtılan suyun deşarj edildiği alıcı ortamın özümseme kapasitesi, hassasiyet derecesi ya da atıksuyun yeniden kullanım amacı gibi etkenler atıksuyun arıtım mertebesini belirlemedeki etkenlerdir. Klasik aktif çamur sisteminde atıksular önce fiziksel, sonra ise biyolojik arıtıma uğrarlar. Daha ileri arıtım prosesleri ise bu arıtım basamaklarından sonra uygulanır. Fiziksel arıtım işlemlerinde kolektör hatları ile taşınan maddelerin ayrıştırılması gerek ızgara gerekse çöktürme gibi basamakların uygulanması ile sağlanır. Biyolojik arıtım işlemlerinde ise atıksuyun içerisindeki organik maddelerin biyolojik ve kimyasal oksidasyona uğraması ile sağlanır. İleri arıtımda da önceki arıtım basamaklarında giderilemeyen kirlilik etmenlerine göre arıtım prosesleri uygulanır. Kirleticilerin giderilmesi için uygulanan başlıca arıtım basamakları çizelge 2.1’ deki gibidir (Toprak, 2000).

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

<b>Arıtım Basamağı</b>	<b>Fonksiyonu</b>
Izgaralar ve Elekler	İri askıda veya yüzen maddelerin ayrılması
Kum tutucu	İnorganik iri çökebilir maddelerin ayrılması
Ön Çökeltme	Yerçekimiyle çökebilir maddelerin ayrılması
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 reaksiyonlarla giderimi)



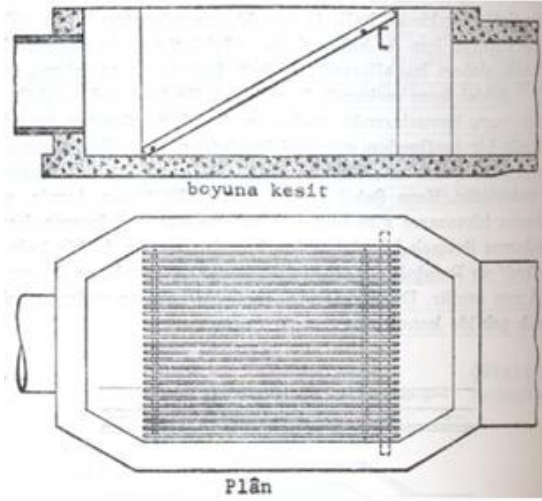
### 2.3.1 Izgara

Süprüntüyle gelen yabancı maddeler, katı maddeler, çökebilir inorganik ve organik maddeler ızgaraların yardımıyla atıksudan uzaklaştırılır. Bu sayede özellikle boru tesisatlarının ve difüzörlerin tıkanması, pompa gibi ekipmanların zarar görmesi engellenmiş olur. Aynı zamanda ileriki arıtma ünitelerine gelecek kirlilik yükü de azaltılmış olur (İlbank, 2010).

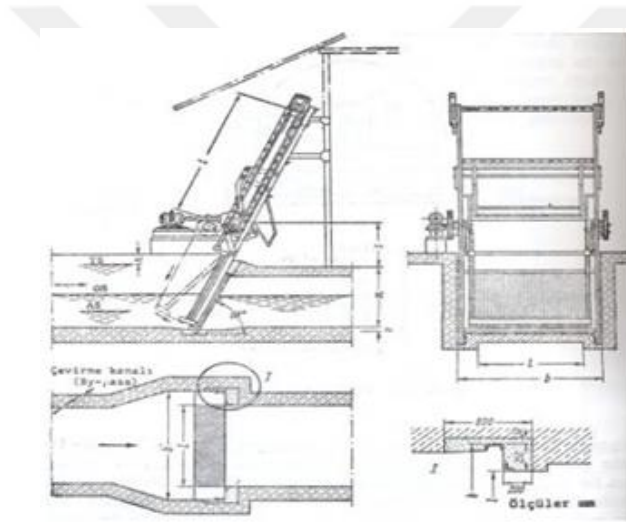
Katı maddeler boyutu ve biçimine bağlı olarak ızgara önünde geçişinin engellediği için tutularak birikir. Tutulması istenilen maddelerin büyüklüğüne göre ızgara çubukları arasındaki mesafeler belirlenir. Birikme miktarına göre belirlenecek aralıklarla elle ya da mekanik olarak temizlenmesi gerekir. Temizlik aralığı kanalizasyon sisteminin ayrık ya da birleşik olması, mevsim tipi (sonbaharda yaprak dökülmesi vb. nedenler) gibi nedenlere göre değişiklik gösterir. Tutulan maddeler ızgaraların yakınındaki bir konteynıra ya da bir konveyör sistemi taşınarak toplanma noktasına ulaştırılır. Burada biriken maddelerin bertarafında atık yönetmeliklerine mutlaka dikkat edilmelidir. Bertaraf yöntemleri olarak tek başına ve ya bunların kombinasyonu olarak uygulanabilen, öğütme, anaerobik çürütme, yakma ve gömme işlemleri sayılabilir. de belirli aralıklar ile düzenli depolama sahalarına gönderilir (Sperling, 2007; TBB, 2015).

Izgaralarda tutulan maddeler suyun geçişini engellediği için suyun kabarmasına neden olur. Bu da ızgaranın önünde ve arkasındaki su seviyesinde fark olması şeklinde sonuçlanır. Elle temizlenen ızgaralarda serbest açıklığın yarısının dolması durumunda temizlenmelidir. Mekanik olarak temizlenen ızgaralarda ise seviye farkının 5-10 cm arasında olması önerilmektedir (Samsunlu, 2011).

El ile temizlenen ızgara şekil 2.5 de, mekanik olarak temizlenen ızgara ise şekil 2.6 da verilmiştir. Ayrıca her iki ızgaranın da tasarım kriterleri çizelge 2.2 de verilmiştir.



Şekil 2.5. El ile temizlenen ızgara



Şekil 2.6. Mekanik temizlenen ızgara

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

Parametre	El ile Temizlemeli	Mekanik Temizlemeli
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
Çubukların Yatayla Yaptığı Açı (°)	30 – 45	0 – 30
Yaklaşım Hızı (m/sn)	0.30 – 0.60	0.6 – 1.0
Yük Kaybı (cm)	15	15

### 2.3.2 Kum Tutucu

Atıksu arıtımında fiziksel arıtımın yapıldığı kum tutucuda; kum, küçük boyutlardaki çakıl ve diğer organik partiküllerin uzaklaştırılması sağlanır. Bu ünite de ince, ayrık ve inorganik partiküllerin daha yüksek çökme hızına sahip olması prensibinden yararlanılarak atıksu bünyesinden uzaklaştırılır (İlbank, 2010; Sperling, 2007).

Kum tutucu en önemli fiziksel arıtma ünitesidir. Diğer arıtma proseslerini etkilemesi ve arıtma verimini etkilemesi, kum tutucu ünitelerindeki performans düşüklüğü ve işletme yetersizliği ile ilişkilendirilir. Daha sonraki ünitelerde bulunan hareket eden mekanik ekipmanların ve pompaların aşınmalardan korunması buna örnektir. Ayrıca, bu ünitenin verimli çalıştırılması ileriki tanklarda (havalandırma havuzları, çürütücüler ve diğer katı madde tutumunun gerçekleştiği prosesler) madde birikimini ve bu sebeple oluşacak kullanılabilir havuz hacminin azalmasını engeller. Yine bu ünite de kum ayrıştırılacağı için ileriki arıtma basamaklarında sadece organik maddeler toplanacak ve oluşacak çamurun zararsız hale getirilmesi işlemi de kolaylaşacaktır (TBB, 2015).

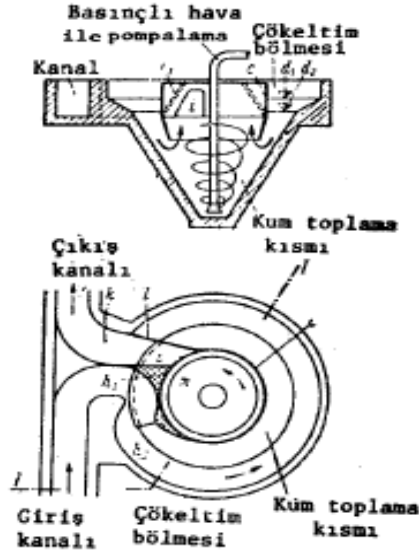
Kum tutucularda uzaklaştırılan kumun miktarı ve kalitesi; hizmet edilen bölgenin yağış şiddetine, yol kaplamalarının özelliklerine, iklim şartlarına, kanalizasyon sistemi tipine, kanalizasyon sistemindeki boruların cins ve özelliklerine ve endüstriyel atıksulara da bağlıdır (Toprak, 2006).

Kum tutucular dikdörtgen planlı uzun kum tutucular, dairesel planlı kum tutucular, düşey akımlı kum tutucular, ana akım doğrultusuna nazaran yan tarafta bulunan kum tutucular ve havalandırılmalı kum tutucular şeklinde sınıflandırılabilir (Muslu, 1994).

En eski kum tutular, yatay akışlı dükdörtgen planlı uzun kum tutuculardır. Organik maddelerin çökmesinin önlenmesi ve kumun çökmesinin sağlanması için yatay akış hızı 0,25-0,45 m/sn hızları arasında tutulur (Samsunlu, 2011).

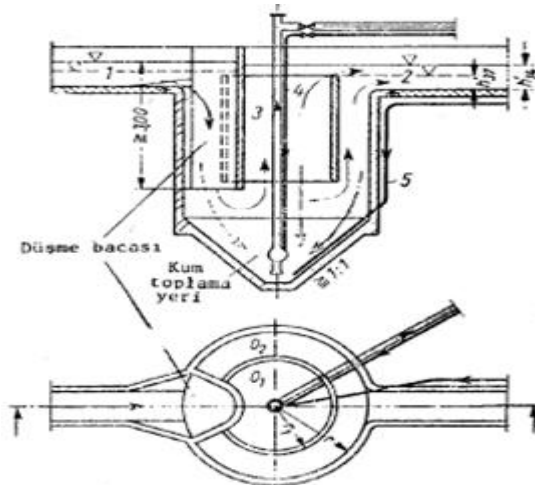
Dairesel planlı kum tutucularda merkezkaç kuvvetinin etkisiyle kumun merkezde kum toplama kısmında birikmesi sağlanır. Dairesel havuza giren su teğet olarak verildiğinden, bu hareket dolayısıyla su dış tarafa doğru yükselir. Bu

yükselme basınç farkı oluşturacağından meydana gelen enine dairesel hareket neticesinde hafif maddeler yüzeye taşınırken kum aşağı doğru iner. 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. Dairesel kum tutucu şekil 2.7. de verilmiştir (Samsunlu, 2011).



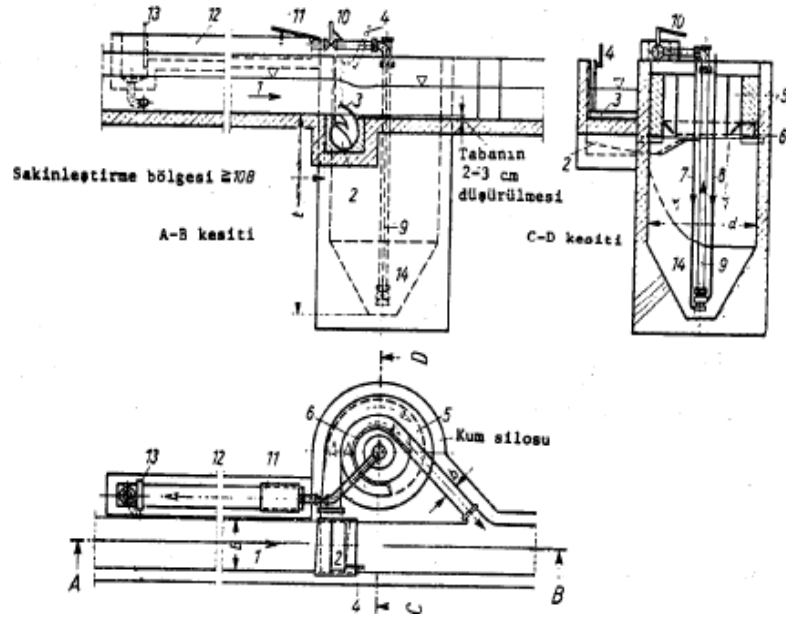
**Şekil 2.7.** Dairesel kum tutucu (Pasavant Werke- Pürschel) (Muslu, 1994)

Düşey akımlı kum tutucular; tesis yerleşim alanının kısıtlı olduğu ve ya küçük arıtma tesislerinde uygulanan kum tutucu tipidir. Yağmur sularının durultulmasında da kullanılırlar. Su dalgıç perdenin içinden geçer ve ortada yükselir. Yükselme sırasında kumların çökmesi gerçekleşir. Düşey akımlı kum tutucu şekil 2.8. de verilmiştir (Samsunlu, 2011).



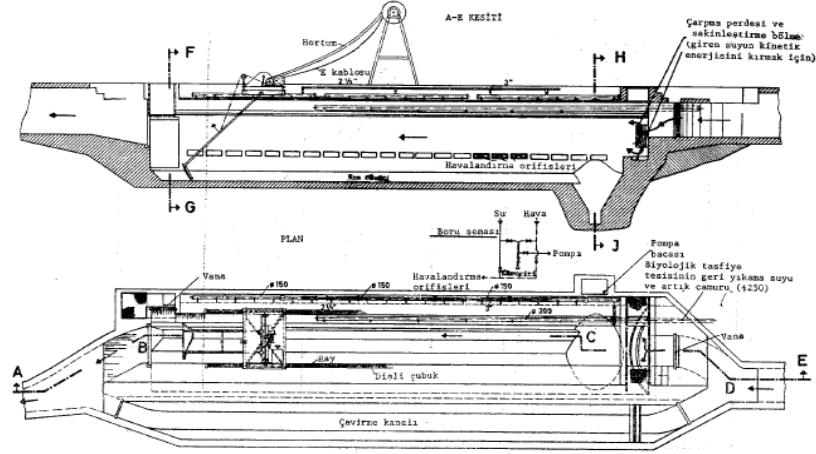
**Şekil 2.8.** Düşey akımlı kum tutucu (Muslu, 1994)

Ana akım doğrultusuna nazaran yan tarafta bulunan kum tutucular; katı maddelerin büyük bölümünün kanal taban kısmında bulunduğu ve bu katı maddelerin tutulması ile büyük oranda kumun uzaklaştırılabileceğinden yola çıkılarak tasarlanan kum tutucu çeşididir. Akış yönüne dik olarak, kanal tabanına konulan bir klepe ile taban akımı tutulmakta ve kanal tabanı kısmında su ile birlikte sürüklenen kumlar karışım halinde, tabandaki bir su arkından kum tutucuya sevk edilmektedir. Ana akım doğrultusuna nazaran yan tarafta bulunan kum tutucu Şekil 2.9. da verilmiştir (Muslu, 1994).



**Şekil 2.9.** Ana akım doğrultusuna nazaran yan tarafta bulunan kum tutucular (Stengel Sistemi Kum Tutucu) (Muslu, 1994)

Havalandırılmalı kum tutucularda, kum taneciklerinin büyüklüğü ve özgül ağırlıklarının yüksek olması nedeniyle, havuz içerisindeki dönme hızından da yararlanılarak çökmesi sağlanır. Havalandırılmalı bir sistem olduğu için de oldukça az yük kaybı oluşur. Havalandırılmalı kum tutucu şekil 2.10. da verilmiştir (Toprak, 2006).



**Şekil 2.10.** Havalandırılmalı kum tutucu (F. Pöpel tarafından Heilbron-Almanya’ da tatbik edilen havalandırılmalı kum tutucu) (Muslu 1994)

### 2.3.3 Ön Çökeltim Havuzu

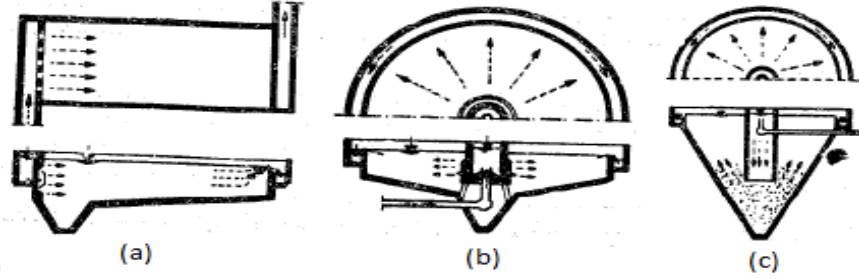
Atıksuyun bir tank/ havuz içerisinde düşük hıza sahip olması sağlanarak, yer çekimi etkisi ile kolayca çökebilen maddelerin bir tank içerisinde toplanması sonucu gerçekleştirilir. Aynı zamanda yüzebilen katı maddelerin de uzaklaştırılması sağlanır. Bu arıtımın gerçekleştiği tanka ön çökeltim havuzunun başka bir işlevi ise yan akımlardan gelen ilave debilerin dengelenmesi ve biyokimyasal oksijen ihtiyacının azaltılmasıdır (Eroğlu, 2014; Spellman, 2009).

Kum tutucularda giderilemeyen askıda katı maddelerden (AKM) oluşan tanecikler ağırlıkları değişmeden sabit bir hızla çökerek atıksudan uzaklaştırılması sağlanır. Diğer askıda katı madde olarak tanımlanan floklar ise büyümelerinin devam etmesi nedeniyle ağırlıkları ve çökme hızlarının da artması ile daha hızlı çökerek atıksudan uzaklaştırılırlar. Bu flokların büyümesine yardımcı olmak için eklenen kimyasallar ile daha büyük yapıya ulaşmaları ve daha hızlı çökmeleri de sağlanabilir. Aynı zamanda çökme esnasında kolloidal partikülleri de sararak çökmelerine vesile olurlar. Hidrolik yükleme, bekletme süresi, havuzun cinsi, atıksuyun karakteristiği, atıksu içerisindeki partiküllerin karakteristiği gibi çeşitli etmenler çökeltim havuzunun verimini etkiler (Eroğlu, 2014; TBB, 2015).

Fiziksel arıtım basamaklarında giderilen AKM organik içerikli olduğundan biyolojik arıtım basamaklarındaki organik yük azaltılarak bu basamaklarda

kullanılan havanın azalması sonucu enerji tasarrufu da sağlanmış olur (Öztürk, 2015).

Ön çöktürme havuzları dairesel veya dikdörtgen şeklinde inşa edilirler. Bu seçim tesisin kapasitesine, arazinin büyüklüğüne, tercih edilen ekipmana vs. şartlara göre değişir.



**Şekil 2.11.** Çöktürme havuzu plan şekilleri. (a. Yatay paralel akımlı, b. Yatay radyal akımlı, c. Düşey radyal akımlı) (Muslu, 1994)

Atıksu arıtımında çöktürme havuzları daire ve ya dikdörtgen planlı olarak yapılabilir. Suyun havuza türbülanssız girişi önemli olduğundan özel giriş yapıları yapılmaktadır. Dairesel planlı havuzlarda akım radyal olduğundan merkez de ve çevresinde hız farkı oluşacağından akımın stabilitesi sağlanamaz. Bu nedenden ötürü çöktürme verimi bakımından dikdörtgen havuzlar daha elverişlidir. Dikdörtgen havuzlar daha az yer kaplamasına rağmen çökelen çamurun tahliyesi dairesel havuzlardaki kadar verimli ve kolay olmaz. Çizelge 2.3. de çöktürme havuzu tasarımında havuz tipine göre kullanılacak değerler verilmiştir (Muslu, 1994).

**Çizelge 2.3.** Dairesel ve dikdörtgen planlı ön çöktürme havuzlarının tasarımında kullanılacak değerler. (Toprak, 2006)

Parametre	Aralık	Tipik Değer
Dikdörtgen planlı ön çöktürme havuzları		
Derinlik (m)	3.1 – 4.6	3.7
Uzunluk (m)	15.2 – 91.4	24.4 – 39.6
Genişlik (m)	3.1 – 24.4	4.9 – 9.8
Sıyırıcı Hızı (m/dakika)	0.6 – 1.2	0.9
Dairesel Ön Çöktürme havuzları		
Derinlik (m)	3.1 – 4.6	3.7
Çap (m)	3.1 – 61.0	12.2 – 45.7
Taban Eğimi (mm/m)	62.5 – 166.7	83.3
Sıyırıcı Hızı (devir/ dakika)	0.02 – 0.05	0.03

### 2.3.4 Aktif Çamur Süreci

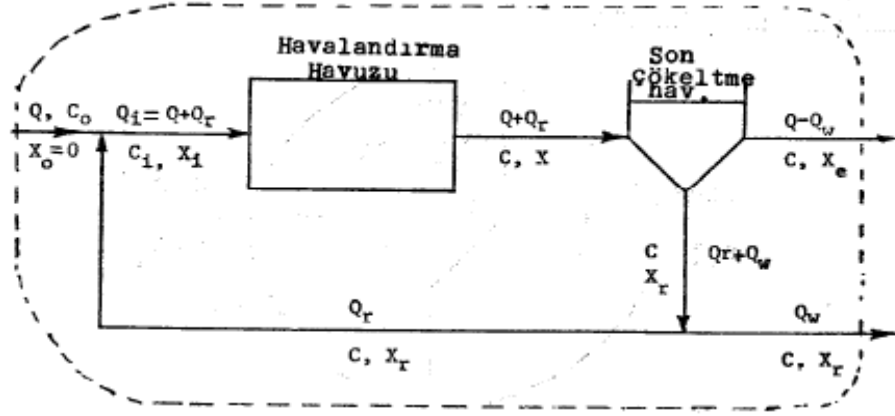
Canlı ve cansız mikroorganizmalar ile atıksu içerisindeki organik ve inorganik maddelerin karışımı aktif çamuru oluşturur. Biyolojik arıtma süreci başka bir deyişle aktif çamur süreci, mikroorganizmaların oksijen kullanarak organik maddeleri ayrıştırması esastından yararlanılmasıdır. Bu biyolojik süreç ikincil arıtım süreci olarak ta adlandırılır. Havalandırma havuzunda yüksek konsantrasyonlarda mikroorganizmalar bulunur. Bu havuza verilen atıksuyun içindeki organik maddeleri büyüme için bünyesine alan mikroorganizmalar yeni hücre sentezler. Organik maddeler hem enerji kaynağı hem de karbon kaynağı olarak kullanılır ve ayrışma ürünü olarak su ve karbondioksit oluşur (Toprak, 2006).

Klasik aktif çamur süreci ile işletilen sistemlerde havalandırma havuzunda, havalandırma işlemi ile atıksu ve geri devri yapılan biyokütleyi oluşturan aktif çamur karıştırılır. Biyolojik reaktör olarak ta adlandırılan havalandırma havuzu içeriğinde mikroorganizmalar, biyolojik olarak ayrışabilen maddeler, biyolojik olarak ayrışamayan maddeler ile çözülmüş organik ve inorganik maddeler vardır. Bunlardan partiküler maddeler, karışık sıvı askıda katı maddeler (MLSS), bu kirletici grubunun organik olanları veya uçucu askıda katı madde konsantrasyonu ise karışık sıvı uçucu askıda katı maddeler (MLVSS) olarak adlandırılır. Yani MLSS' in uçucu kısmı mikroorganizma varlığının göstergesidir. MLVSS/MLSS oranı 0,7- 0,8 aralığındadır (TBB, 2015).

Mikroorganizmalar, MLSS ölçümleri ile belirlenir ve organik maddenin %70-80' ini oluştururlar. Aktif olmayan ölü mikroorganizmalar inert organik madde içeriğini oluşturduğundan MLVSS nin bir kısmını oluşturur (TBB, 2015).

Biyolojik olarak ayrışabilen ve ya inert formda olan atıksu bileşenleri, biyolojik arıtma sürecinin işletilmesi sonucu karışık sıvı halinde son çökeltim havuzuna ulaşır. Bu havuzda MLSS çöker. Çöken biyokütlenin ki çamur olarak ta adlandırılır, belli bir kısmı havalandırma havuzundaki biyokütle konsantrasyonunun korunması amacıyla geri devri yapılır (RAS). Bu döngünün sürekliliği sonucu oluşan biyokütlenin geri devrettirilmeyen kısmı sistemden atılır. Bu işlem çamur çekme işlemi olarak bilinir. Çamur çekme işlemi işletmelerde azaltılarak ve ya artırılarak sürekli olarak kontrol edilir (TBB, 2015).





**Şekil 2.12.** Geri devirli ve tam karışımli bir aktif çamur reaktörü akım diyagramı (Muslu, 1994)

### 2.3.4.1 Aktif Çamurun Yapısı

Aktif çamur sisteminde kullanılan mikroorganizmaların önemi büyüktür. Mikroorganizma popülasyonları; karmaşık, birbiri ile bağıntılı ve kompleks haldedir. Zira bu mikroorganizmaların kendilerine özgü büyüme eğrileri ve etkinlik gösterme durumları vardır. Besin (nutrient) ve yiyeceğe bağlılık, sıcaklık, pH gibi faktörler ile ve sistemin aerobik/ anaerobik olması her bir mikroorganizmanın büyüme eğrisinin pozisyonu ve şekline bağlıdır (DEÜ, 2019; Samsunlu, 2011; Turan, 2017).

Yumaklaşmış bakteriler, mantarlar, protozoalar ve rotiferlerin karışımından oluşan bir süspansiyon havalandırma havuzunda karıştırılır. Süreç içerisinde karşılaşılabilecek sorunların çözümü için bu mikroorganizmaların bilinmesi önem arz etmektedir. (Turan, 2017) Süreç içerisinde görülen bir takım reaksiyonlar aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

Biyokimyasal reaksiyon:

Gıda + Besi Maddesi + Mikroorganizma + Elektron Alıcısı → Yeni Mikroorganizma + Yan Ürün

Kemoototrofik aerobik reaksiyon (dengelenmemiş formüldür):

Organik Madde + Oksijen (O<sub>2</sub>) + Besi Maddesi + Mikroorganizma → Yeni Mikroorganizma + Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) + Su (H<sub>2</sub>O)

Nitrifikasyon prosesinde meydana gelen kemoototrofik aerobik, iki adımlı reaksiyon:

Amonyum ( $\text{NH}_4^+$ ) + Oksijen ( $\text{O}_2$ ) + Karbondioksit ( $\text{CO}_2$ ) + Bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) + Mikroorganizma  $\rightarrow$  Yeni Mikroorganizma + Su ( $\text{H}_2\text{O}$ ) + Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ )

Oksijensiz bölmelerde gerçekleşebilecek kemootorofik anoksik reaksiyon:

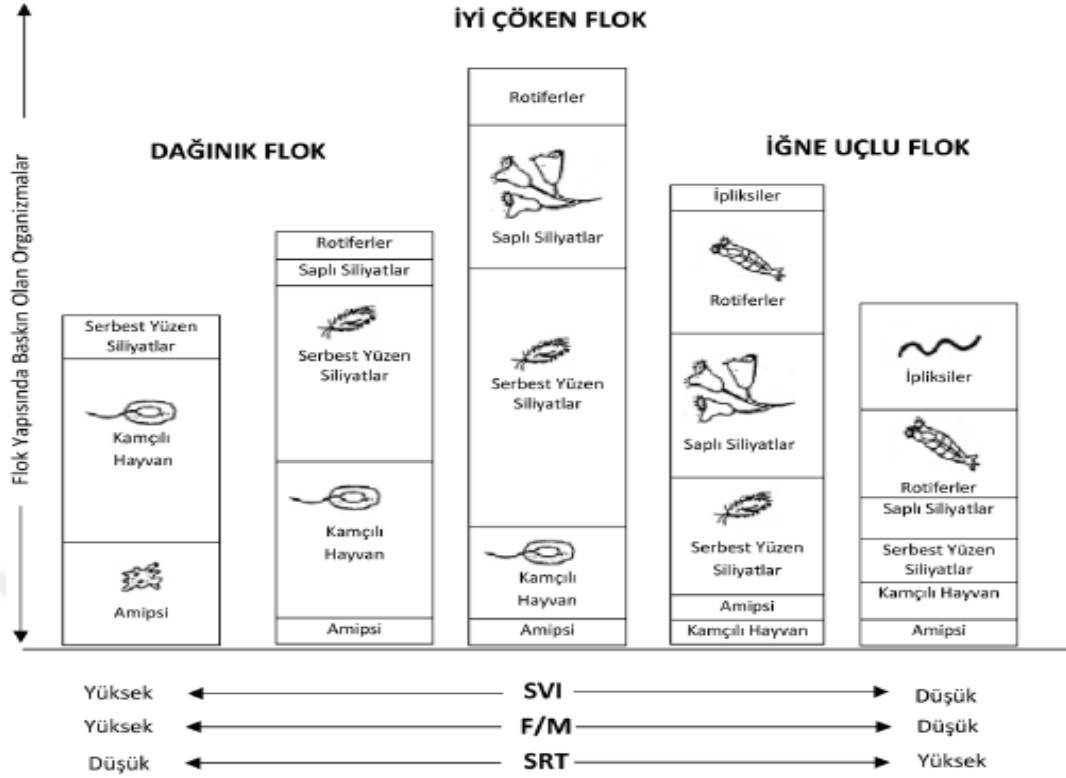
Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) + Organik Madde + Karbonik Asit ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) + Mikroorganizma  $\rightarrow$  Yeni Mikroorganizma + Azot ( $\text{N}_2$ ) + Su ( $\text{H}_2\text{O}$ ) + Bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ )

Havalandırma havuzuna giren atıksuyun biyokimyasal oksijen ihtiyacının (BOİ konsantrasyonunun), MLVSS' ye oranı, besin mikroorganizma oranı (F/M) olarak açıklanır. Geri devrin ve fazla çamurun miktarının belirlenmesinde yani havalandırma havuzu mikroorganizma konsantrasyonunun belirlenmesinde etkilidir. F/M değerinin yüksek oluşu kaliteli flok oluşumunu engellerken düşük oluşu da filamentli bakteri miktarını artırır. F/M değeri klasik aktif çamur proseslerinde 0,20-0,40 kgBOİ/ kgMLVSSgün aralığında projelendirilir.

Çamur yaşı (SRT); mikroorganizmaların besin kaynağı ile temasta kaldığı süre olarak tanımlanır ve kirlilik giderimini, çamur çökme kabiliyetini, oksijen gereksinimini, üretilen çamur miktarını etkiler. Klasik aktif çamur sistemlerinde SRT değerinin 3 ile 6 gün arasında olması istenir.

Arıtım sonucu oluşan çamurun çökme özelliği ile filamentli bakterilerin miktarı (şişkin çamur ve ya iğne uçlu flok oluşumları) hakkında bilgi ise 1 gr çamurun 30 dakikalık çökme zamanı sonunda kapladığı hacim şeklide tanımlanan çamur hacim indeksinden (SVI) elde edilir. SVI değeri 50-100 mg/L aralığında olması çamurun iyi çökme özelliğinin olduğunun göstergesidir.

Havalandırma havuzu içerisindeki flok yapısında baskın olan mikroorganizmaların değişiminde; besin mikroorganizma oranı (F/M), çamur yaşı (SRT) ve çamur hacim indeksi (SVI) önemli tasarım ve işletme parametreleridir. Bu işletme parametreleri tesis tasarımına uygun olarak ve tesis atıksu özelliklerinin değişimine bağlı olarak belirli aralıklarla kontrol edilmelidir. Bu sayede iyi çöken flok yapısı elde edilir. F/M, SRT, SVI' ya bağlı olarak flok yapısına baskın mikroorganizmalar şekil 2.13. de verilmiştir (Nas, 2017).

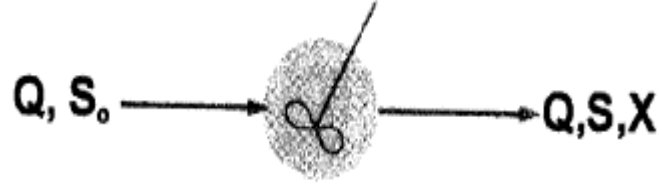


**Şekil 2.13.** F/M, SRT, SVI' ya bağlı olarak flok yapısına baskın mikroorganizmalar (Nas, 2017)

### 2.3.4.2 Arıtma Modelleri

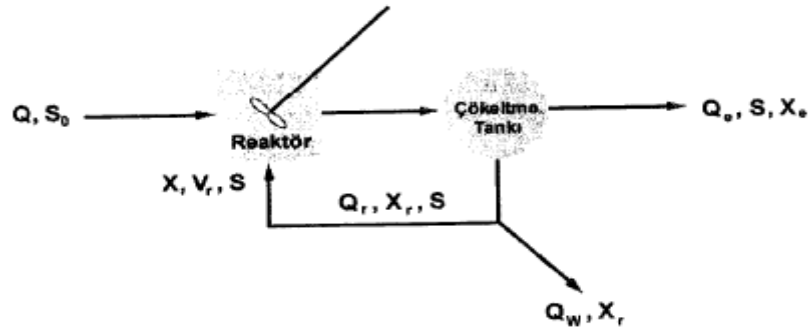
Biyolojik arıtma sistemlerinin, sürekli akımda, denge durumunu ifade eden bağıntılar, sisteme giren ve çıkan maddelerin korunumu prensibinden yararlanılarak geliştirilebilir. Atıksuların arıtılmasında temel alınan modeller geri devirsiz tam karışım, geri devirli tam karışım, geri devirli piston akım ve kesikli sistemlerdir (Davis, 2010; Samsunlu, 2011).

Geri devirsiz tam karışım modeli, geri dönüş çamuru olmayan, tam karışım sisteminin şekil 2.14. de verilmiştir. Bu sistemin tasarımında yapılan kabuller; havalandırma havuzuna gelen debinin sürekli olduğu, içerisinde mikroorganizma bulunmadığı, tam karışimli havuz içinde ani ve homojen olarak karışan giriş debisinin aynı hızla havuzdan çıktığı ile havuzdaki ve çıkış akımındaki mikroorganizma konsantrasyonlarının eşit olduğu şeklindedir (Samsunlu, 2011).



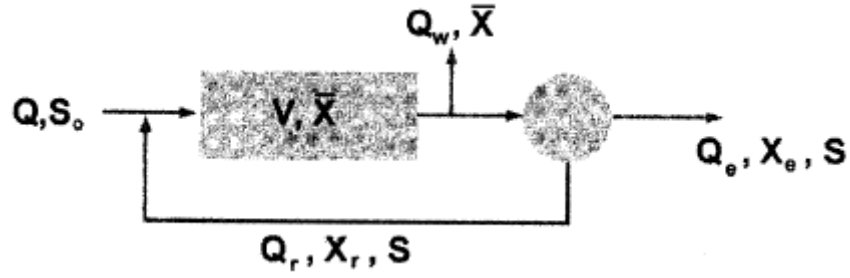
**Şekil 2.14.** Geri devirsiz tam karışım sistemi (Samsunlu, 2011)

Geridevirlit tam karışım modeli şekil 2.15. de görülmektedir. Bu modelin tasarımında yapılan kabuller havalandırma havuzuna gelen atıksuyun içinde mikroorganizma bulunmadığı, sistemin bir son çökeltme havuzu ihtiva ettiği, substrat tüketiminin havalandırma havuzunda olduğu, sistemdeki toplam mikroorganizma kütlesinin havuzdaki toplam mikroorganizma kütlesine eşit olduğu, yani çökeltim havuzunun küçük ve sirkülasyonunun sürekli olduğu şeklindedir. Ayrıca mikroorganizmaların son çökeltim havuzundaki faaliyetleri ihmal edilerek yalnızca havalandırma havuzunda gerçekleştiği kabul edilmiştir. Bekletme süresi hesabında da yalnızca havalandırma havuzu dikkate alınmakta ve geridevir ile havalandırma havuzu mikroorganizma konsantrasyonu istenilen seviyede tutulmaktadır. (Samsunlu, 2011)



**Şekil 2.15.** Geridevirlit tam karışım sistemi (Samsunlu, 2011)

Geridevirlit piston akım modeli şekil 2.16. da görülmektedir. Piston akım modelindeki kabuller ise reaktöre giren her bir partikül reaktör içinde eşit süre kalması ve geridevir nedeniyle partiküllerin bir kısmı reaktör içinden birden fazla geçiş yapmakla beraber her partikül reaktörden eşit sürede geçer şeklindedir. (Samsunlu, 2011)



**Şekil 2.16.** Geri devirli piston akım modeli (Samsunlu, 2011)

Kesikli reaktörler, atıksuyun havalandırma havuzuna doldurulup reaksiyon süresinin beklendiği ve arıtım tamamlanınca havuzun boşaltıldığı sistemlerdir. Bu modeller daha çok toksik madde içeriği yüksek olan atıksular için kullanılır. (Samsunlu, 2011)

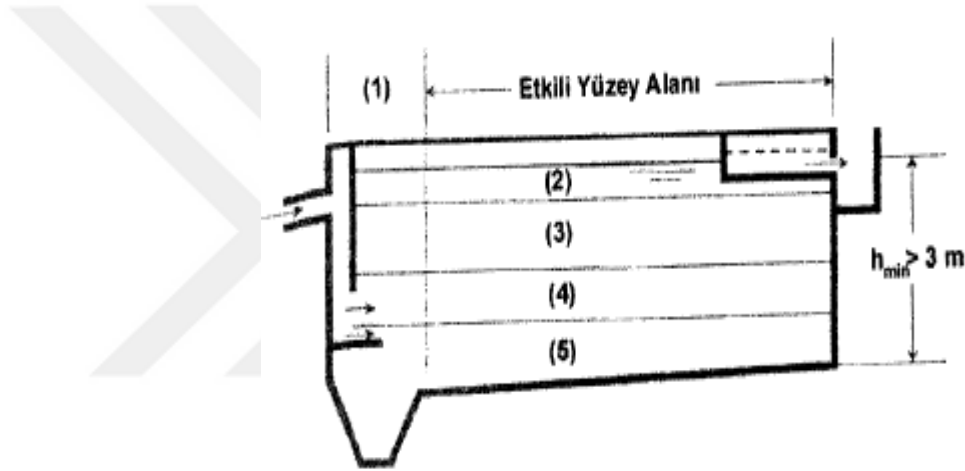
### 2.3.5 Son Çökeltim Tankı

Biyolojik olarak temizlenmiş sudan mikroorganizmaların yani çamurun çökeltme işlemi ile birbirinden ayrılması prosesinin yürütüldüğü yerdir. Çökeltme olayı; debiden, havuza gelen çamurun yapısından ve yüzey yükünden, floklaşmadan, geri devirden ve çamurun çekilmesinden etkilenir. Ön çökeltme havuzunda belirli zamanlarda yapılan çamur pompalama işlemi, son çökeltim havuzlarında sürekli yapılır. Çöken çamur mikroorganizma ihtiva ettiği için biyolojik kademeye geri devir çamuru olarak gönderilirken, havuzdan savaklanan su ile temizlenmiş su şeklini almış olur (Davis, 2010; Samsunlu, 2011).

Ön çökeltim havuzları gibi dikdörtgen ve dairesel şekilde olan son çökeltim havuzları genelde daha derindirler. Çamurun uzaklaştırılması sıklığı da bu havuzda bir diğer önemli husustur. Çamur bu havuzda yoğunlaştırılmış olur ve biyolojik kademeye geri devredilir. Geri devir miktarı genelde giriş suyu debisine eşittir. Denitrifikasyon gerçekleşmesi ve  $N_2$  gazının çıkması, çamurun oksijensiz bir ortamda son çökeltim havuzunda uzun süre kalması sonucu oluşur. Çıkan  $N_2$  gazı yükselerek çamurun yüzüp havuzu terk etmesine sebep olur (Samsunlu, 2011).

Son çökeltme havuzlarındaki çökeltmeyi açıklamak amacıyla birbirleri arasında kesin bir ayırım olmayan 5 farklı bölgeye ayrıldığı kabul edilir. Bunlar şekil 2.17. de gösterilmektedir.

1. giriş akım sakinleştirme bölgesi
2. Arıtılmış (berrak) atıksu bölgesi
3. ayırım bölgesi (atıksu ile çökebilir maddeler birbirinden ayrılır)
4. depolama bölgesi
5. koyulaşma ve sıyırma bölgesi



Şekil 2.17. Son çökeltme havuzundaki bölgeler (Guijer, 2002)

#### 2.4 Atıksu Arıtımında Başarıya Ulaşma

Verimli işletilmekte olan atıksu arıtma tesislerinde zamanla çeşitli sorunlarla karşılaşmaktadır. Hesaplanan debi değerinin üstünde atıksu alınması, gelişen endüstri sonucu tesise alınana atıksu özelliklerinin değişmesi gibi nedenler bu sorunlardan bazılarıdır. Bu sorunların giderilmesi için tasarım kriterleri tekrar incelenerek gelişen teknolojinin de sayesinde proses varyasyonları ve proses değişimleri geliştirilmektedir (Çınar, 2008).

Atıksu arıtma tesisi doğru projelendirilme aşamasında uygun proses seçimi doğru yapılarak alıcı ortam deşarj standartları sağlanır. Bunu sağlamak için doğru yaklaşımlar ve kabuller yapılarak uygun kapasite hesaplanır. Kaliteli ekipman seçimi

ile ilk yatırım maliyeti ve dolayısıyla işletim maliyetleri hesaplanır. İşletimin verimli olması için gerekli sayı ve nitelikteki personel istihdamı, enerji gideri, bakım-onarım gideri, kimyasal madde ihtiyacı vb. giderler ortaya çıkartılır. Doğru projelendirilen bir atıksu arıtma tesisi zemin etüt raporlarına uygun, hidrolik hesabına uygun, havuz sızdırmazlıklarının sağlanarak kaliteli bir şekilde inşaa edilmesi gerekir. Kaliteli inşaa edilmesi mekanik ekipmanlarının, elektrik pano ve kablolarlarının doğru montajını da içinde barındırır. Doğru projeye göre kaliteli inşaa edilip iyi bir şekilde işletilmesi yeterli sayı ve nitelikteki personel istihdamı ile olur. Tesis proses veriminin düzenli takip edilmesi laboratuvar varlığı ve işlevselliği ile sağlanır. Yine tesisteki bakım ve onarımların düzenli ve doğru yapılması, çeşitli işletme giderlerinin bütçelerinin doğru hesaplanması ve ayrılması da gereklidir (Nas, 2017).

Bir atıksu arıtma tesisi bağlı olduğu yasal standartları sağlaması ve verimli bir şekilde işletilmesi; doğru projelendirilmesi, bu doğru projeye göre kaliteli inşaa edilmesi ve doğru projeye göre kaliteli inşaa edilip iyi bir şekilde işletilmesi ile olur. Bu üç bileşen proje, inşaat ve işletme ortak noktada buluşması ile atıksu arıtma tesisinde başarıya ulaşılır. Aksi halde herhangi bir bileşende oluşan hata işletme sorunları yaşanan bir atıksu arıtma tesisi veya atıl bir atıksu arıtma tesisi örneği ile karşılaşılır (Nas, 2017).

### 3. MALZEME VE YÖNTEM

Tez çalışmasında Batı Karadeniz Havzasında bulunan arıtma tesislerinde meydana gelen işletimsel sorunlar ele alınacaktır. Batı Karadeniz Havzası iklimsel olarak Akdeniz iklimine girmekte; sıcaklıklar, yağış rejimi ve yağış şekli havzada benzerlik göstermektedir. Havza nüfus yoğunluğu düşük olup yerleşim dağınık şeklindedir. Dolayısıyla kanalizasyon sistemleri ve atıksu arıtım sistemleri de buna paralellik göstermektedir. Havzada irili ufaklı çoğunluğu doğal arıtma ya da paket arıtma şeklinde olan birçok arıtma tesisi bulunmaktadır.

22 Mart 2015 tarih ve 29303 sayılı Resmi Gazete’ de yayımlanarak yürürlüğe giren “Sürekli Atıksu İzleme Sistemleri Tebliği” kapasitesi 10.000 m<sup>3</sup>/gün ve üzerinde olan atıksu arıtma tesislerini kapsamaktadır. Yine 23 Mayıs 2019 tarih ve 30782 sayılı Resmi Gazete’ de yayımlanarak yürürlüğe giren “ Atıksu Arıtma Tesislerinde Çalışan Teknik Personele İlişkin Tebliğ” çerçevesinde de istihdam edilecek teknik personelin özellikleri verilmektedir. Havzada nüfusun kalabalık olduğu il merkezlerinde bulunan fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçlerin birlikte yürütüldüğü atıksu arıtma tesislerinin kapasiteleri ise 10.000 m<sup>3</sup>/gün ve üzerindedir. Atıksu arıtma tesislerinde yaşanabilecek problemleri irdelerken bu kapasitede işletilen tesisler üzerinden çalışılmıştır. Yine buradaki tesislerde bahsi geçen mevzuat çerçevesinde tesis sorumlusu olarak Çevre Mühendisi olması gerekmesi, tesislerin sorunlarının belirlenmesi açısından doğru verilerin elde edilmesini sağlamıştır.

Havzada beş adet 10.000 m<sup>3</sup>/gün kapasite üzerinde atıksu arıtma tesisi mevcut olup bir adet tesis ise yapım aşamasındadır. Bu nedenle bu çalışma kapsamında en az işletme bu kapasiteye sahip arıtma tesislerinden beş tanesi ile görüşülmüş ve işletim problemleri benzerlik ve farklılıkları değerlendirilmiştir.

Atıksu arıtma tesislerinde karşılaşılan işletme problemlerine çözüm önerileri getirebilmek için arıtımın ilk ünitesinden başlanılarak, biyolojik arıtım sonuna kadarki tüm ünitelerde gerçekleşmesi muhtemel problemler üzerine çalışılmıştır. Izgara, kum tutucu, ön çökeltme havuzu, havalandırma havuzu, son çökeltim tankı ve son çökeltim tankı çıkış suyu şeklinde problemler incelenmiştir. Karşılaşılan problemlerin havzada bulunan tesislerde incelemek için işletme sorunları



değerlendirme bilgi formu hazırlanmıştır. İşletme sorunları bilgi formları tesislerin işletilmesinde görevli kişilere ulaştırılarak ve cevaplandırmaları istenilmiştir.

Bilgi formları hazırlanırken amaçlanan çalışma kapsamının yeterli olup olmadığı ve maddelerin amaçlanan özelliği ölçüp ölçmediğine yönelik uzman görüşü alınarak net bir hale getirilmiştir. Arıtma tesislerinde tesis sorumlusu olarak çalışan görevlilerden, tesiste karşılaşılan olası sorunlar temel alınarak karşılaşılan durum seçeneklerinin verildiği ve bu seçeneklerin karşılaşma sıklığına göre sıralama istenilen kapalı uçlu sıralama soruları sorulmuştur. Verilen cevaplarda en sık karşılaşılan sorun (1), en az görülen sorun (4) olacak şekilde karşılaşma sıklığına göre 1, 2, 3 ve 4 olarak sıralama yapılması istenmiştir. Bilgi formlarının tamamlanması sonrasında elde edilen cevaplara; 1, 2, 3 ve 4 şekilde verilen numaralara sırası ile 100, 75, 50 ve 25 puanları verilerek değerlendirilmesi yapılmıştır. Verilen puanlara göre karşılaşılan problem seçenekleri yüzdeler dilimlerinde de gösterilmiştir. Puanlama sonrası yüksek puanı alan ya da yüksek yüzdeler dilimine sahip olan atıksu arıtımında karşılaşılan problemin muhtemel sebebi üzerinde durularak çözüm önerisi getirilmeye çalışılmıştır. Aynı zamanda Batı Karadeniz Havzası' nın iklimsel özellikleri temel alınarak karşılaşılan sorunlar ilişkilendirilmiştir.

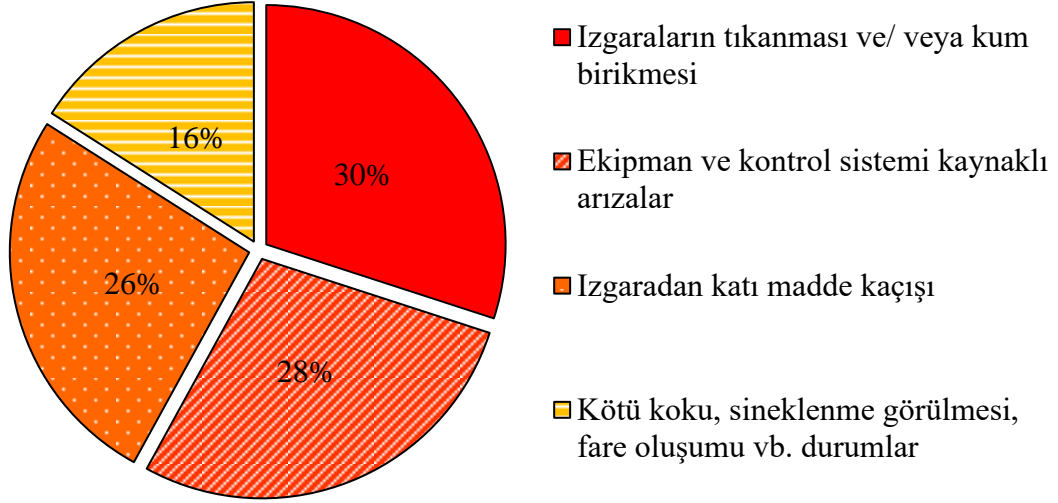
## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Batı Karadeniz Havzası'nda bulunan 10.000 m<sup>3</sup>/ gün ve üzeri kapasiteye sahip beş adet atıksu arıtma tesislerinden elde edilen veriler doğrultusunda atıksu arıtma ünitelerinde sıklıkla karşılaşılan işletme problemleri tespit edilmiştir. Tesislerde meydana gelebilecek muhtemel problemler ızgara, kum tutucu, ön çökeltim havuzu, havalandırma havuzu, son çökeltim tankı ve son çökeltim tankı çıkış suyunda olmak üzere gruplandırılmıştır. Bu problemlerin oluşmasına neden olan muhtemel sebepler üzerinde durulmuş ve çözüm önerileri getirilmiştir.

### 4.1 Izgara İşletim Sorunları ve Çözüm Önerileri

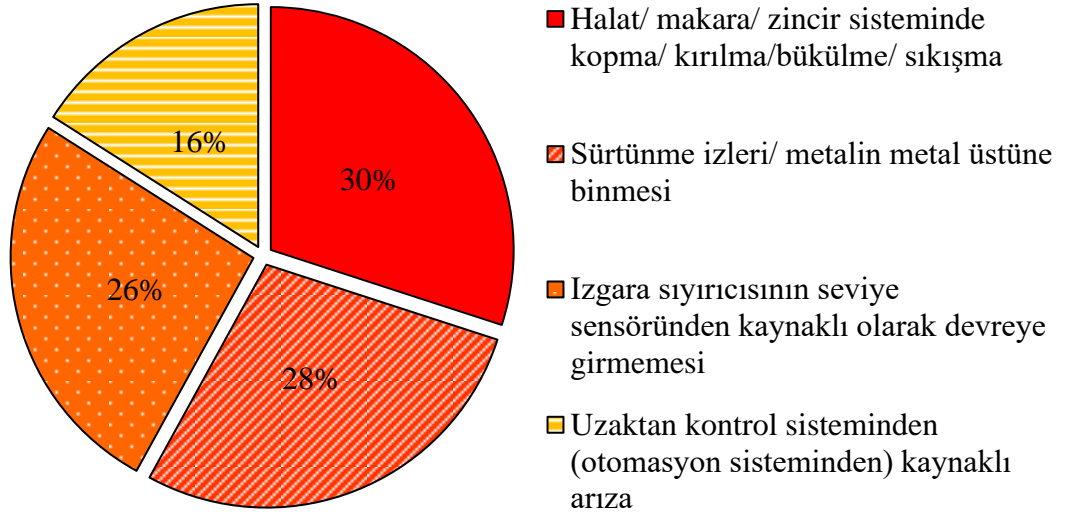
Batı Karadeniz Havzasında bulunan atıksu arıtma tesislerinde meydana gelen ızgara problemlerinin eşit dağılım gösterdiği gözlemlenmiştir (Şekil 4.1.). Sadece bu dağılımda kötü koku, sineklenme görülmesi, fare oluşumu vb. durumlar az görüldüğü tespit edilmiştir. En sık karşılaşılan ızgaraların tıkanması ve/ veya kum birikmesi problemi, gelen süprüntünün artması sonucu ızgaranın yetersiz temizlenmesi ve akım hızının düşük olması sonucu kum birikmesinin meydana gelmesi şeklinde görülür. Akım hızı kontrol edilmeli, ızgara temizleme sıklığı artırılmalı gerekli görülmesi halinde ızgara sistemine yıkama işlemi de yapılmalıdır.

Izgaralarda meydana gelen kum birikmesinin nedenlerinden birinin de söz konusu havzanın iklimsel olarak çok yağmur almasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü havzada bulunan arıtma tesislerinin genel özellikleri itibariyle kentsel nitelikli olduğundan sokaklarda bulunan çakıl, kum gibi malzemeleri tesise getirilebilmektedir.



**Şekil 4.1.** Izgara sisteminde karşılaşılabilecek işletme problemleri

İlk grafikte öncelikli olarak karşılaşılan sorunlar arasında ekipman ve kontrol sistemi kaynaklı problemler öne çıkmıştır. Bu sorunların özüne inmek amaçlı olarak problemler gruplara ayrılarak incelendiğinde ilk grafikte olduğu gibi sorunlar eşit dağılımlı olduğu görülmüştür (Şekil 4.2.). Sık karşılaşılan halat/ makara/ zincir sisteminde kopma/ kırılma/ bükülme/ sıkışma problemi ile karşılaşıldığında, elektrik motorunun zorlanarak çalışması, motorun çalışmasına rağmen ilgili mekanizma hareketsizliği, mekanizmanın zor işlemesi vb. durumlar gözlenir. Izgara sistemi kapatılmalı, motor elektrik bağlantıları kesilmeli ve mekanizmada bulunan halat, makara ve zincir sistemi kontrol edilmelidir. Deformasyona uğrayan parça yenisi ile değiştirilmelidir. Gerginlik kontrolleri ve yağlanması gereken parçalar yağlanarak sistem çalışır hale getirilmelidir.

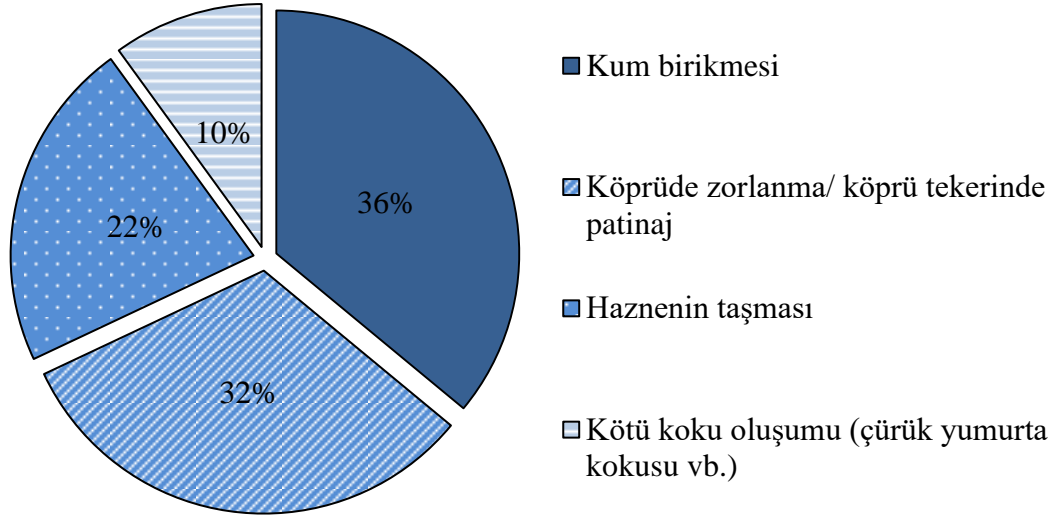


**Şekil 4.2.** Izgara sisteminde karşılaşılabilecek ekipman ve kontrol sistemi kaynaklı işletme problemleri

#### 4.2 Kum Tutucu İşletim Sorunları ve Çözüm Önerileri

Izgarada karşılaşılan öncelikli sorunlara benzer olarak kum tutucu ünitesinde de kum birikmesi ve kum birikmesine bağlı olarak köprüde zorlanma/ köprü tekerinde patinaj en sık karşılaşılan sorun olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.3.).

Kum birikmesi, pompa arızası ve akış hızının düşük olması sonucu gözlemlenir. Kum pompasında gerekli kontroller yapılmalı, tesis bakım ve onarım planında gerekli düzenlemeler yapılarak pompa çalışır halde tutulmalıdır. Akış hızı kontrol edilmeli gerekli görülmesi halinde hazne yıkanmalıdır.



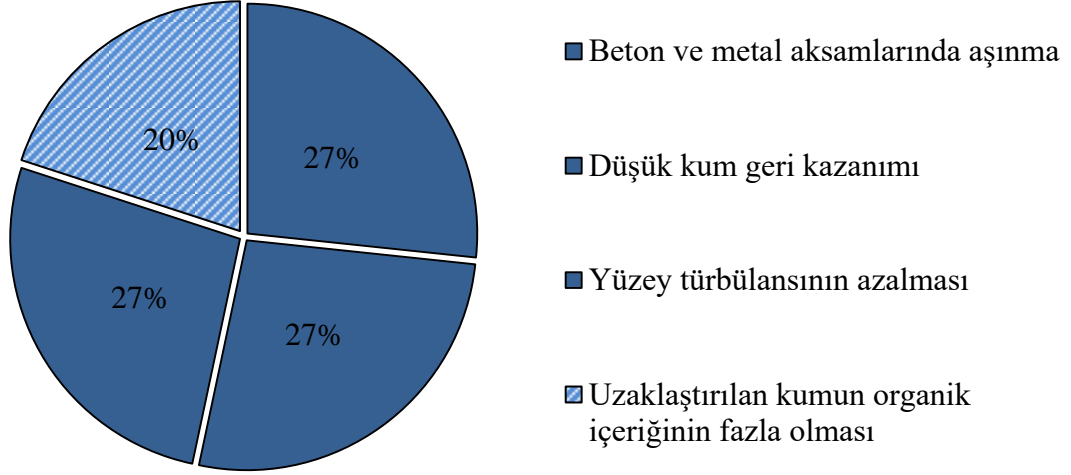
**Şekil 4.3.** Kum tutucu sisteminde karşılaşılan işletme problemleri

Havzada havalandırılmalı kum tutucu sistemine sahip olan atıksu arıtma tesislerinde bu üniteye baskın bir problem oluşmadığı; beton ve metal aksamalarında aşınma, düşük kum geri kazanımı ve yüzey türbülansının azalması problemlerinin birbirine yakın sıklıklarda görüldüğü gözlemlenmiştir (Şekil 4.4). Beton ve metal aksamalarda aşınma; yetersiz havalandırma sonucu oluşur ve çürük yumurta kokusu da gözlenir. Havalandırma sistemi kontrol edilerek artırılmalı, kum tutucu yıkanmalı ve gerekli görülmesi halinde klor çözeltisi de dozlanmalıdır. (Nas, 2017)

Aynı zamanda, havalandırılmalı kum tutucularda kum ve benzeri maddelerin gideriminin yanında kısmi de olsa organik madde giderimi de söz konusudur. Organik giderimi sıcaklığa bağlı bir parametre olduğundan havzanın iklimsel olarak ortalama sıcaklığı 12 °C' de değiştiği dikkate alındığından giderim sağlamak için daha fazla havalandırma ihtiyacı doğacaktır.

Düşük kum geri kazanımı ise tesislerde meydana gelen bir diğer önemli sorunlardan biridir. Aşırı havalandırmadan kaynaklanan bir problemdir. Bu noktada kum tutucu ünitesinde havalandırmanın önemli bir etken olduğu ve sağlıklı işletim için optimum havalandırma yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Tesislerin bulunduğu kentlerin iklimsel ortalama sıcaklıklarına ve hangi problem ile karşılaştıklarına göre havalandırma debisi belirlemeleri önerilir.

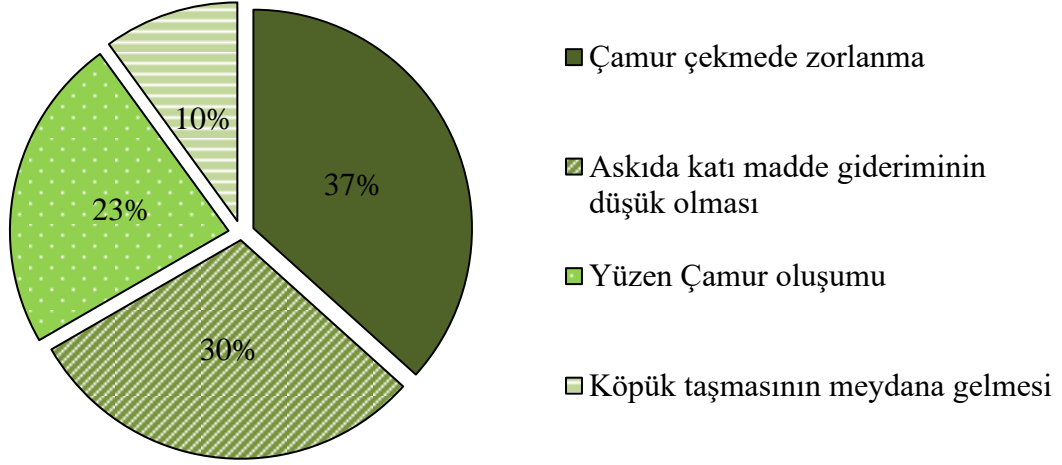
Yüzey türbülansının azalması ise difüzörlerin tıkanması sonucu oluşur. Havalandırma sistemi kontrol edilmeli ve difüzörler temizlenmelidir. Yine de çözüm elde edilemiyor ise ızgara sistemi de kontrol edilmelidir.



**Şekil 4.4.** Havalandırılmalı kum tutucu sisteminde karşılaşılan işletme problemleri

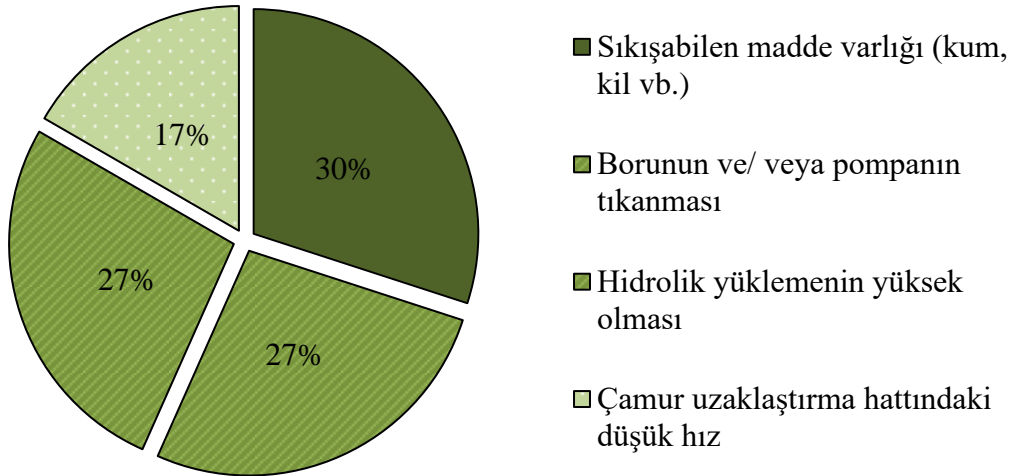
### 4.3 Ön Çökeltme Havuzu İşletim Sorunları ve Çözüm Önerileri

Havzada bulunan ön çökeltme havuzuna sahip atıksu arıtma tesislerinden elde edilen verilere göre bu ünite de karşılaşılan işletme problemleri incelenmiş ve Şekil 4.5' te de görüldüğü üzere; çamur çekmede zorlanma en yoğun karşılaşılan işletme problemi olarak tespit edilmiştir. Bunu sırası ile askıda katı madde gideriminin düşük olması, yüzen çamur oluşumu ve köpük taşmasının meydana gelmesi takip etmektedir. Bu problemler ayrı ayrı irdelenerek, muhtemel sebepleri ve çözüm önerileri sunulmuştur.



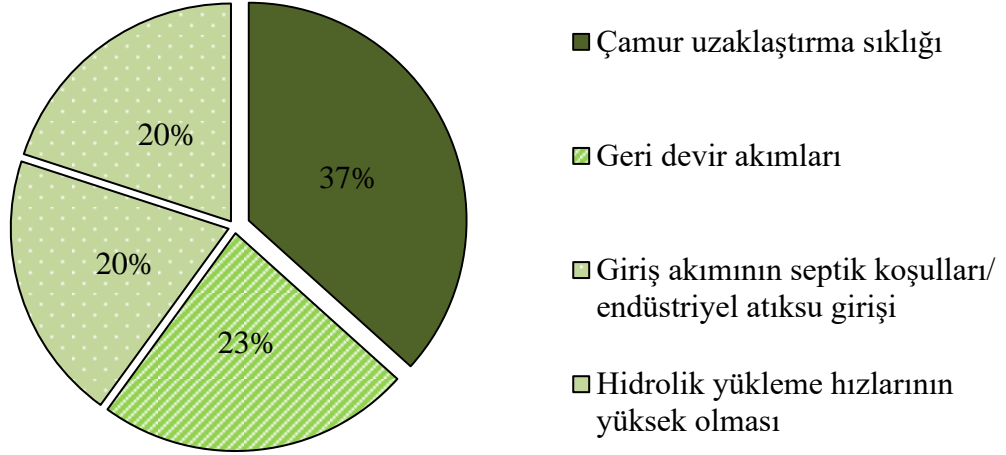
**Şekil 4.5.** Ön çökeltme havuzunda karşılaşılan işletme problemleri

Ön çökeltme havuzunda en yoğun karşılaşılan problem olan çamur çekmede zorlanma probleminin sıklıkla havzadaki tesislerde yaşanmasında kolayca sıkışabilen maddelerin (kil, kum vb.) varlığı etkilidir. Şekil 4.6. incelendiğinde sıkışabilen madde varlığı, borunun ve/ veya pompanın tıkanması, hidrolik yüklemenin yüksek olması gibi benzer sorunların yakın yoğunluklarda görüldüğü belirlenmiştir. Bu problem kum tutucu sisteminin işletilmesindeki aksaklıklardan (kumun tutulamaması) meydana geleceği için kum tutucu sisteminin işletilmesindeki aksaklıklar kontrol edilerek verimli işletilmesi sağlanmalıdır. Böylece çamur çekimindeki en etkili etmenler yok edilmiş olacaktır.



**Şekil 4.6.** Ön çökeltme havuzunda karşılaşılan çamurun zor çekilmesi problemlerinin nedenleri

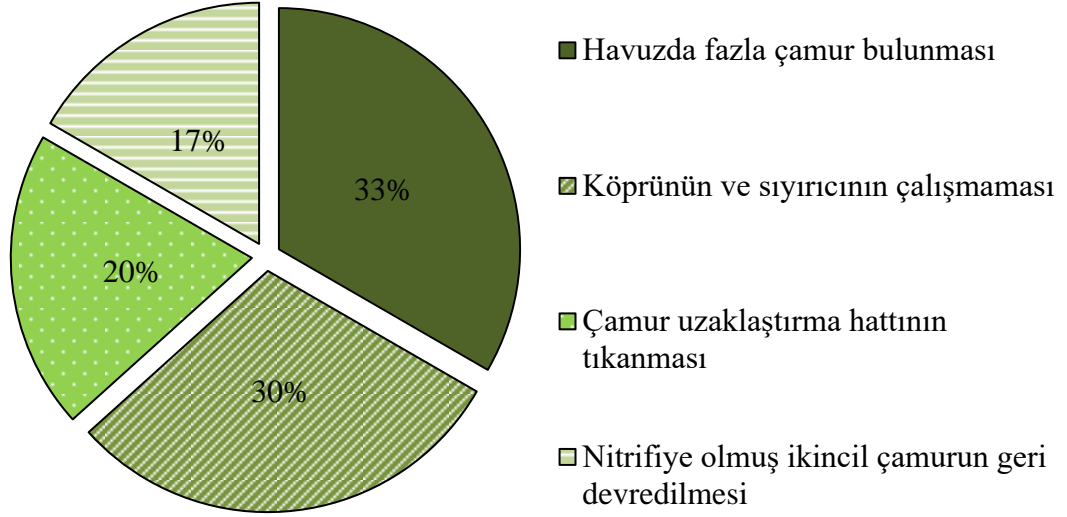
Ön çökeltme havuzunda çamur çekmede zorlanmadan sonra havzadaki tesislerde çoğunlukla karşılaşılan askıda katı madde gideriminin düşük olması problemi incelendiğinde; çamur uzaklaştırma sıklığı en çok karşılaşılan işletme problemi olarak öne çıkmıştır (Şekil 4.7.). Çamur uzaklaştırma sıklığının değişimi atıksu karakterizasyonuna bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca iklimsel koşullar da etkilemektedir. Çamur seviyesi izlenmeli ve uzaklaştırma sıklığı düzenlenmelidir.



**Şekil 4.7.** Ön çökeltme havuzunda karşılaşılan askıda katı madde gideriminin düşük olması problemleri

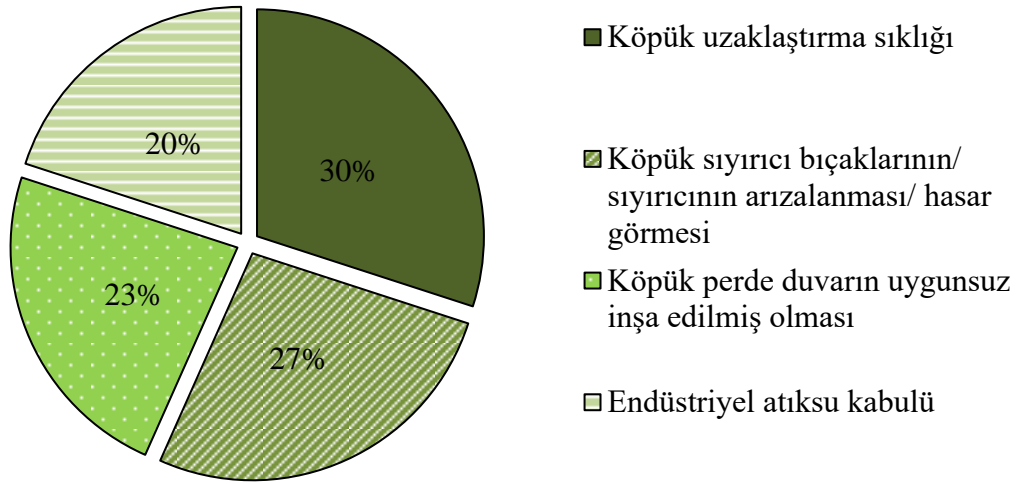
Ön çökeltme havuzunda havzadaki tesislerde sıklıkla karşılaşılan bir diğer problem olan yüzen çamur oluşumu problemi incelendiğinde; havuzda fazla çamur bulunması en sık karşılaşılan problem olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.8). Çökeltme havuzundaki çamurun uzun süre beklemesi sonucu septik koşulların da oluşabileceği durumdan kaynaklı olduğundan, çamur uzaklaştırılması sıklığının artırılması gereklidir. Çamur atım sıklığına rağmen bu problemin devam etmesi halinde ise köprü ve sıyırıcı sistemlerinde olası arızalar kontrol edilmelidir.





**Şekil 4.8.** Ön çökeltme havuzunda karşılaşılan yüzen çamur problemleri nedenleri

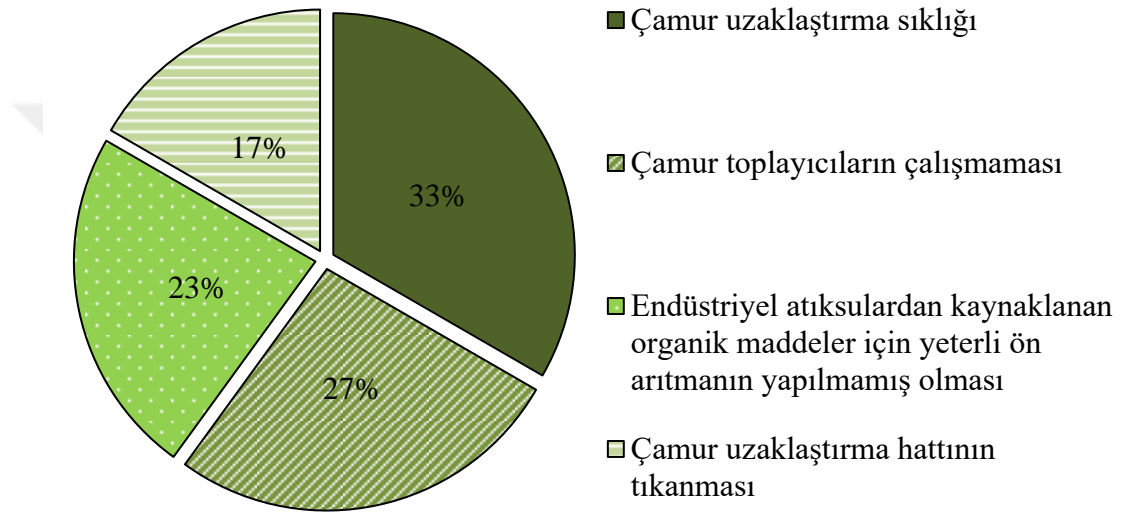
Havzada bulunan tesislerde ön çökeltme havuzunda karşılaşılan köpük taşması problemleri dikkate alındığında tüm olası nedenlerin yaklaşık olarak eşit dağıldığı ancak etkinlik olarak en fazla köpük uzaklaştırma sıklığının öne çıktığı görülmüştür. (Şekil 4.9.). Köpük uzaklaştırma sıklığı kontrol edilerek daha sık uzaklaştırma işlemi uygulanmalıdır.



**Şekil 4.9.** Ön çökeltme havuzunda karşılaşılan köpük taşması problemini nedenleri

Ön çökeltim tanklarında siyah renkte ve kokulu çamur, sistemde anaerobik şartların oluştuğunun bir işareti olarak sayılabilir. Bu problemin Batı Karadeniz Havzasında muhtemel nedenini araştırmak için ankette sunulan nedenler arasında %33 'lük bir payla (Şekil 4.10.) tesislerden çamur uzaklaştırma sıklığının az olması

nedeni ön görülmüştür. Aynı zamanda işletim mühendisinin müdahale edemeyeceği ancak siyah renk ve kötü koku oluşturan bir diğer etmende yeterince arıtılmadan tesise ulaşan endüstriyel atıksulardır. Bu tür atıksuların tesise girmeden önce debileri ve konsantrasyon değerleri sıkı denetim altına alınmalıdır. Bu nokta da işletim mühendisi ancak uzaklaştırma sıklığı kontrolü yaparak bu sorunun üstesinden gelmeye çalışabilir. Sistemde atıksu tasarım hidrolik bekleme süresini aşmadan havalandırma ünitesine yönlendirilmesi önerilir. Çamurun uzaklaştırma sıklığı kontrol edilerek daha sık uzaklaştırma işlemi uygulanmalıdır.



**Şekil 4.10.** Ön çökeltme havuzunda karşılaşılan siyah renkte ve kokan çamur problemi nedenleri

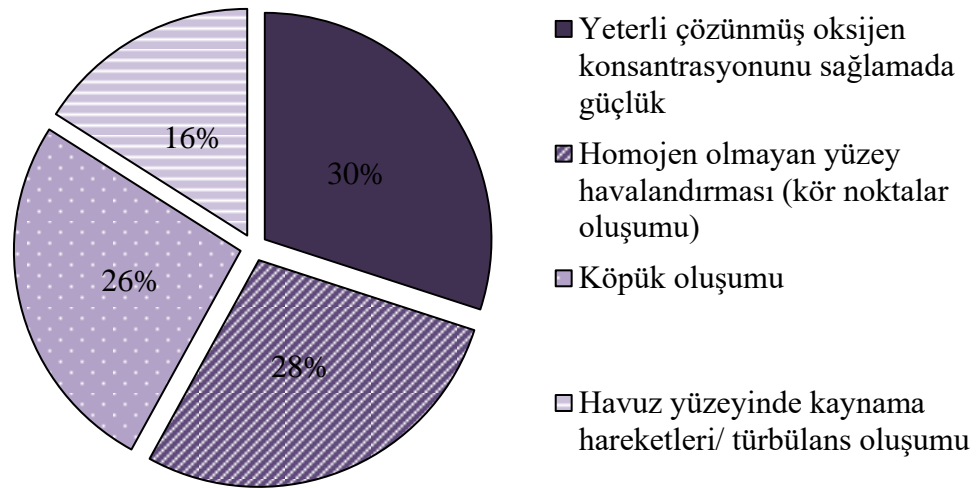
#### 4.4 Havalandırma Havuzu İşletim Sorunları ve Çözüm Önerileri

Havalandırma havuzu aerobik arıtım sürecinde en önemli arıtma şekli olan aktif çamur sistemlerinin en önemli ögesidir. Bu nedenle havalandırma havuzlarında meydana gelen en küçük problem tüm sistem için büyük önem taşımaktadır. Bu sebepten havalandırma havuzları ile ilgili olarak genel problemi görmek amacıyla havalandırma havuzunda görülen dört ana problem belirlenerek sıralama yapılmaları için işletim mühendislerine sunulmuştur.

Havzada biyolojik arıtımın gerçekleştirildiği havalandırma havuzunda, havuz havalandırma sistemi için karşılaşılan işletme problemleri şekil 4.11 de görüldüğü

üzere; yeterli çözünmüş oksijen konsantrasyonunu sağlamada güçlük en sık karşılaşılan problem olarak başı çekmektedir. Homojen olmayan yüzey havalandırması (kör noktalar oluşumu), köpük oluşumu ve havuz yüzeyinde kaynama hareketleri/ türbülans oluşumu karşılaşma sıklığına göre sırası ile karşılaşılan diğer işletme problemleridir.

Üç temel sorun olarak gözlenen nedenlerden iki tanesi oksijenin yeterince sağlanamaması ve dağılmaması olarak görülmektedir. Sistemde aerobik mikroorganizmaların temel ihtiyaçları arasında başta oksijen, makro ve mikro nütrientler gelmektedir. Diğer önemli bir hususta nem, sıcaklık, pH ve ışık gibi çevresel koşullar gelmektedir (Davis, 2010). Bu temel ihtiyaçlar dikkate alındığında oksijen problemi temel ve önemli problemdir. Bu noktada difüzör ve blowerlerin temizliği ve bakımının ihmal edilmemesi önerilir. Aynı zamanda nem ve sıcaklığında düşük olduğu kış aylarında bu bakım mecburiyeti bir kat daha önem kazanacaktır.

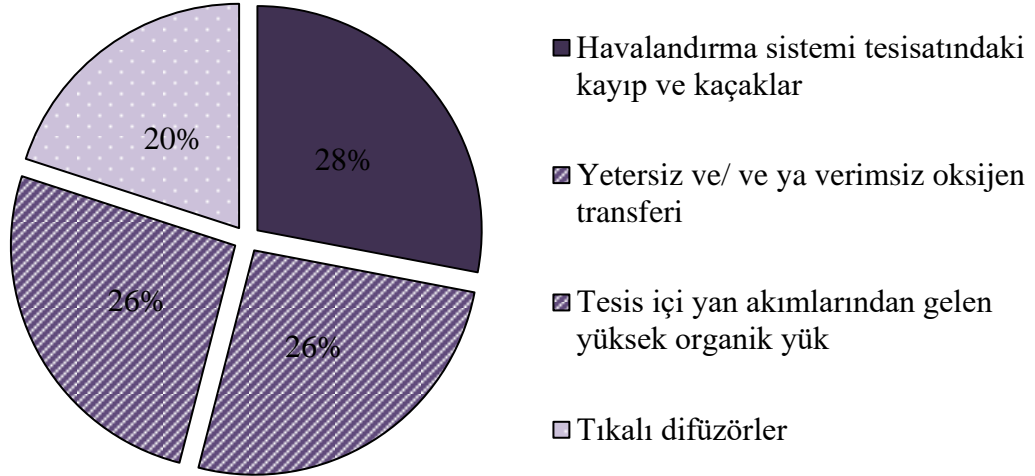


**Şekil 4.11.** Havalandırma havuzu havalandırma sistemi için karşılaşılan işletme problemleri

Havalandırma havuzunda yeterli çözünmüş oksijen konsantrasyonlarını sağlamada güçlük incelendiğinde; havalandırma sistemi tesisatındaki kayıp ve kaçaklardan en sık kaynaklandığı havza tesislerinden elde edilen verilerden tespit edilmiştir (Şekil 4.12.). Oksijen eksikliği ve homojen dağılmaması havalandırma ünitesinde en önemli problem olduğu dikkate alınarak bu sorunun sebebine yönelik yeterli çözünmüş oksijen sağlayan tesisatlarındaki aksamalardan kaynaklandığını görmekteyiz. Tesisatlarda ki kayıp ve kaçakların yerlerinin tespit edilmesi

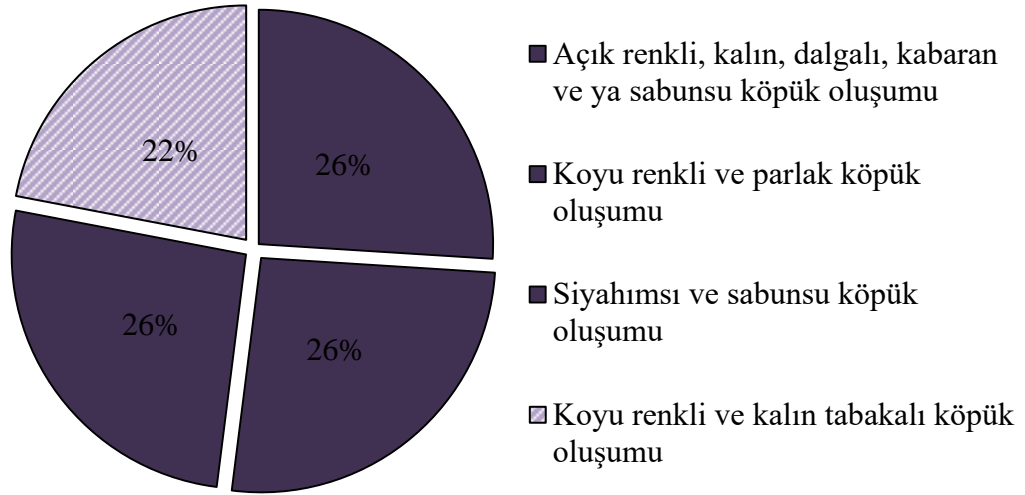
gerekmektedir. Bunun için oluşan ses, kabarcık vb. noktalar belirlenir. Flanşlar sıkılabilir, bağlantı yerlerindeki contalar ya da tesisat yenilenebilir.

Aynı zamanda yan akımlardaki yüksek organik yükte göz ardı edilemez. Bu noktada sistemde yan akımların debileri ve konsantrasyon seviyeleri belirlenip havalandırma havuzuna yönlendirmek yerine ayrı olarak arıtılmaları önerilir.



**Şekil 4.12.** Havalandırma havuzunda yeterli çözünmüş oksijen konsantrasyonlarını sağlamada karşılaşılan işletme problemleri

Havalandırma havuzunda karşılaşılan bir diğer önemli problem olan köpük oluşumunun nedeni araştırıldığında ise işletim mühendislerine hangi tür köpük ile sık karşılaştıkları sorulmuştur. Batı Karadeniz Havzasında bulunan atıksu arıtma tesisleri havalandırma havuzunda köpük oluşumu için karşılaşılan işletme problemleri incelendiğinde; açık renkli, kalın, dalgalı, kabaran ve ya sabunsu köpük oluşumu; koyu renkli ve parlak köpük oluşumu; siyahımsı ve sabunsu köpük oluşumu eşit sıklıkla görülen işletme problemi olarak gözükmek ile birlikte; bu problemlere nazaran daha az sıklıkla görülen işletme problemi ise koyu renkli ve kalın tabakalı köpük oluşumudur (Şekil 4.13.). Bu noktada her tesiste farklı tür köpük oluşabileceği belirlenmiştir. Bu nedenle çözüm önerileri her bir köpük için sıralanmıştır.



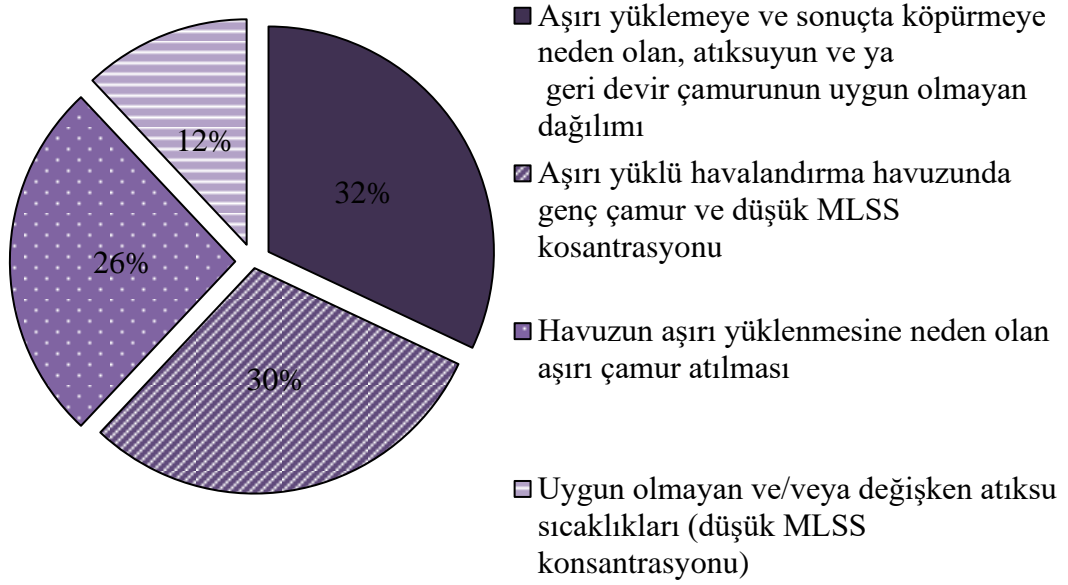
**Şekil 4.13.** Havalandırma havuzunda köpük oluşumu için karşılaşılan işletme problemleri

Havza tesislerinde havalandırma havuzunda açık renkli, kalın, dalgalı, kabaran ve ya sabunsu köpük oluşumu probleminin yaşanması nedenlerinin başında aşırı yüklemeye ve sonuçta köpürmeye neden olan, atıksuyun ve ya geri devir çamurunun uygun olmayan dağılımı görülmüştür (Şekil 4.14.). Bu problem yaşandığında havalandırma havuzuna giren atıksu ve çamur geri devir debisi kontrol edilmelidir. MLSS ve çözünmüş oksijen değerleri de takip edilmelidir.

Havalandırma havuzunda koyu renkli ve parlak köpük oluşumu problemi ile karşılaşıyor ise reaktörün az yüklenmesi sonucu yüksek MLSS konsantrasyonu oluşması muhtemel sebeptir. MLSS deki artış ve F/M oranındaki düşüş kontrol edilerek havuz yüzeyinde açık renkli köpük gözlemlenene kadar çamur uzaklaştırma sıklığı artırılmalıdır.

Havalandırma havuzunda siyahımsı ve sabunsu köpük oluşumu gözleniyor ise biyolojik reaktöre anaerobik şartların oluşması muhtemel sebeptir. Yine çamur uzaklaştırma sıklığı artırılarak problem giderilebilir.

Havalandırma havuzunda koyu renkli ve kalın tabakalı köpük oluşumu gözleniyor ise biyolojik reaktörün kritik seviyede az yüklenmesi muhtemel sebebidir. MLSS konsantrasyonundaki aşırı artış, F/M oranındaki artış ile birlikte gözlenir ve çamur uzaklaştırma sıklığı artırılarak çözüm getirilebilir.

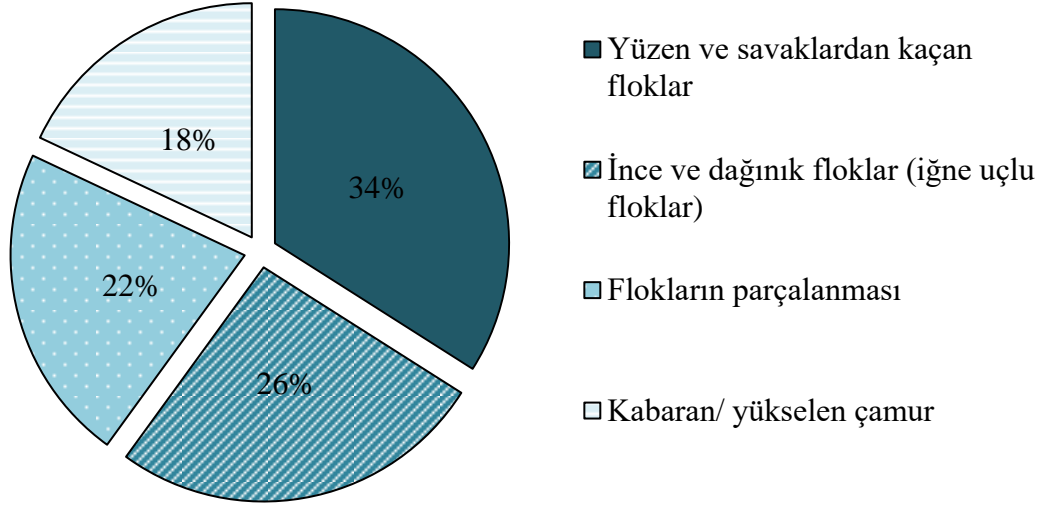


**Şekil 4.14.** Havalandırma havuzunda açık renkli, kalın, kabaran veya sabunsu köpük oluşumu için karşılaşılan işletme problemleri

#### 4.5 Son Çökeltim Tankı İşletim Sorunları ve Çözüm Önerileri

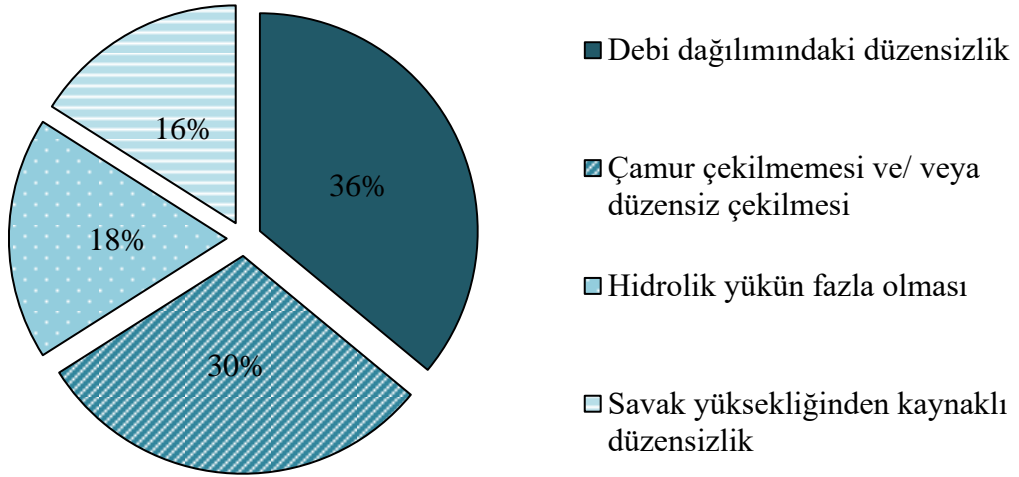
Şekil 4.15' te görüldüğü üzere Batı Karadeniz Havzasında bulunan atıksu arıtma tesisleri son çökeltim tankında meydana gelen işletme problemlerinden; yüzen ve savaklardan kaçan floklar problemi en yoğun karşılaşılan problem olarak öne çıkmaktadır. İnce ve dağılık floklar (iğne uçlu floklar) bu probleme göre daha az sıklıkla karşılaşılmakta olup flokların parçalanması ve kabaran/ yükselen çamur problemleri karşılaşıma sıklığına göre sırası ile takip etmektedir.

Son çökeltim tankında karşılaşılan bu problemler kendi içerisinde görülme nedenlerine göre araştırılmıştır.



**Şekil 4.15.** Son çökeltim tankında meydana gelen işletme problemleri

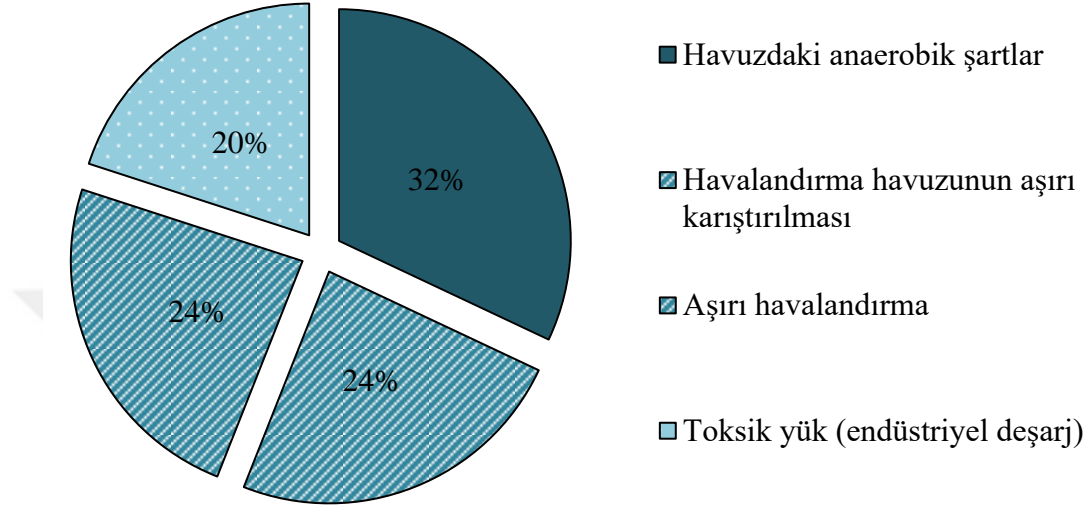
Son çökeltim tankında yüzen ve savaklardan kaçan floklar şeklinde karşılaşılan işletme problemleri incelendiğinde; debi dağılımındaki düzensizlik havzadaki tesislerde en çok karşılaşılan işletme problemidir (Şekil 4.16.). Debi dağıtım yapısı kontrol edilerek debinin eşit dağılımı sağlanmalıdır. Çamur çekme düzeninden kaynaklı problemlerde yoğun bir şekilde görülmekte olup uygun bir düzenleme ile bu sorun da çözüme kavuşturulacaktır.



**Şekil 4.16.** Son çökeltim tankında yüzen ve savaklardan kaçan floklar şeklinde karşılaşılan işletme problemleri

Son çökeltim tankında yüzen ve savaklardan kaçan floklar şeklinde görülen işletme probleminden sonra en sık ince ve dağınık floklar (iğne uçlu floklar) oluşumu şeklinde karşılaşılan işletme problemleri havzadaki tesislerde görülmektedir. Bu

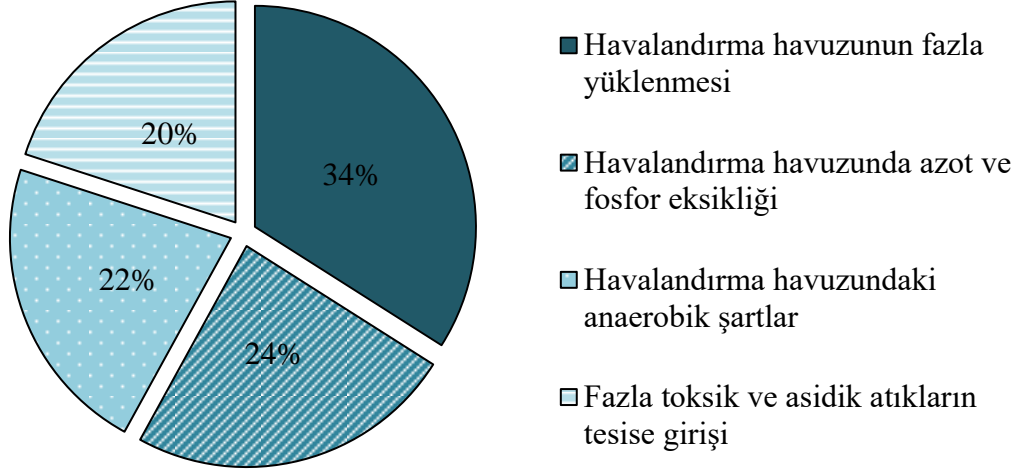
problem incelendiğinde; havuzdaki anaerobik şartlar en çok karşılaşılan problem olarak başı çekmektedir (Şekil 4.17.). Havalandırma havuzundaki çözünmüş oksijen miktarının düşmesi sonucu olarak son çökeltme tanında görülür. Havalandırma sisteminden kaynaklı bir problem görülüyor ise çözünmüş oksijen miktarı yükseltilmelidir.



**Şekil 4.17.** Son çökeltim tankında ince ve dağılık floklar (iğne uçlu floklar) oluşumu şeklinde karşılaşılan işletme problemleri

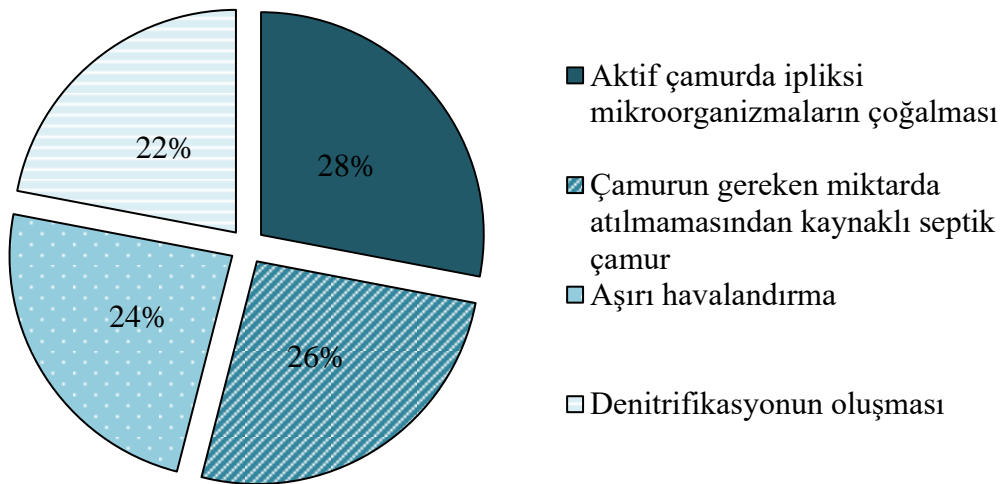
Son çökeltim tankında görülen bir diğer işletme problemi ise flokların parçalanması şeklinde karşılaşılan işletme problemler olup incelendiğinde; havalandırma havuzunun fazla yüklenmesi şeklindeki işletme problemi en sık görülen işletme problemi olarak havzadaki tesislerde öne çıkmaktadır (Şekil 4.18.). Debi değerleri kontrol edilmelidir. Mümkün olması halinde diğer havalandırma havuzu da devreye alınmalıdır.





**Şekil 4.18.** Son çökeltim tankında flokların parçalanması şeklinde karşılaşılan işletme problemleri

Havzadaki tesislerde son çökeltim tankında kabaran/ yükselen çamur şeklinde karşılaşılan işletme problemleri incelendiğinde ise aktif çamurda ipliksi mikroorganizmaların çoğalması problemi ile en sık karşılaşılmaktadır (Şekil 4.19.). SVI kontrol edilerek ipliksi bakterilerin varlığı incelenir. İncelemede mantar varlığı tespit edilir ise endüstriyel atıksu kontrol edilmelidir. İpliksi bakteri varlığında ise giriş akımları ve yan akımlar ipliksi bakteriler açısından kontrol edilmez. Giriş atıksuyu klorlanmalı (5 -10 mg/L dozlarında), geri devir ettirilen çamur da klorlanmalıdır (TBB, 2015). Yan akımlardan kaynaklandığı düşünülüyorsa tesis işletim performansı optimize edilmelidir.

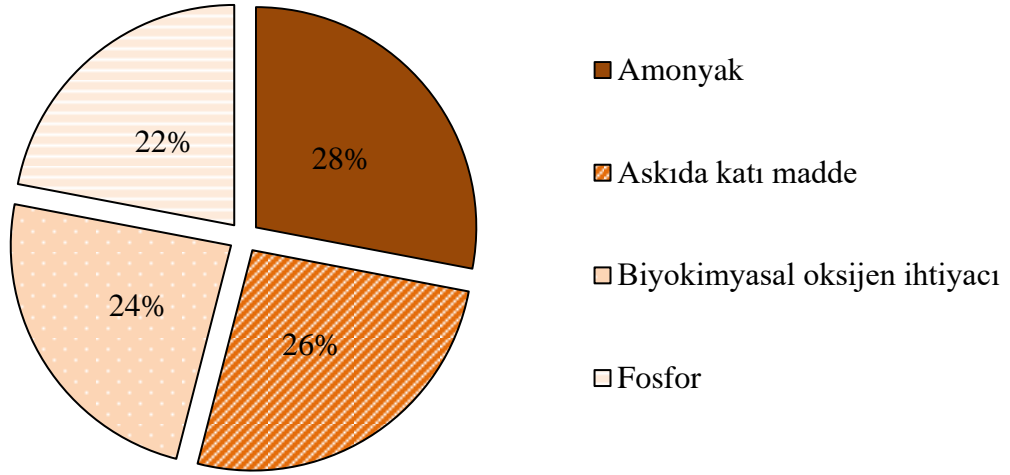


**Şekil 4.19.** Son çökeltim tankında kabaran/ yükselen çamur şeklinde karşılaşılan işletme problemleri

#### 4.6 Son Çökeltim Tankı Çıkış Suyunda Karşılaşılan İşletim Sorunları ve Çözüm Önerileri

Aktif çamur süreçlerinde giderilmesi amaçlanan amonyak, askıda katı madde (AKM), biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) ve fosfor parametrelerinin yüksek konsantrasyona sahip olması şeklinde işletme problemleri ile havzada ki tesislerde karşılaşılmaktadır.

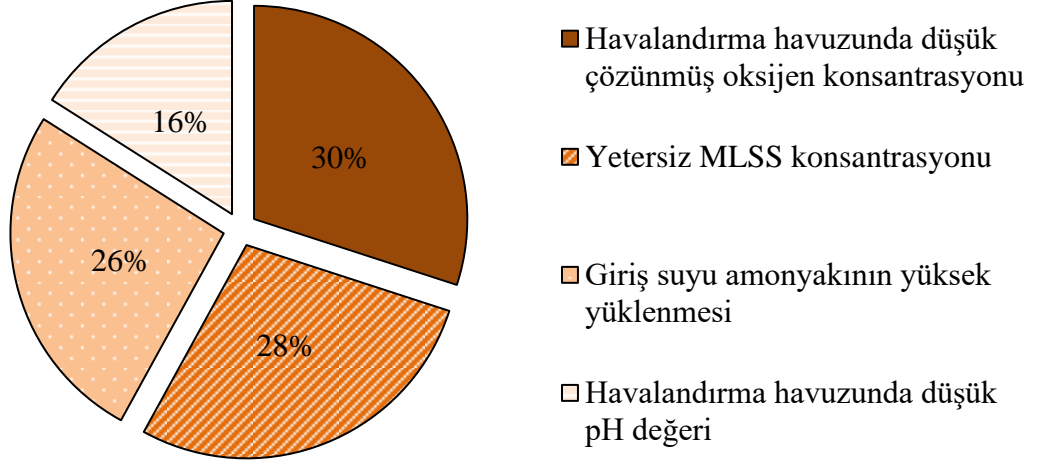
Son çökeltim tankı çıkış suyunda karşılaşılan bu problemler kendi içerisinde görülme nedenlerine göre araştırılmıştır. Bu parametrelerin yaklaşık olarak birbirine yakın değerlerde görülme sıklığı belirlenmiştir. Ancak amonyak kaçıışı diğer kaçan parametrelere göre daha fazla olduğu görülmüştür (Şekil 4.20.).



**Şekil 4.20.** Son çökeltim tankı çıkış suyunda yüksek konsantrasyona sahip olunan parametreler

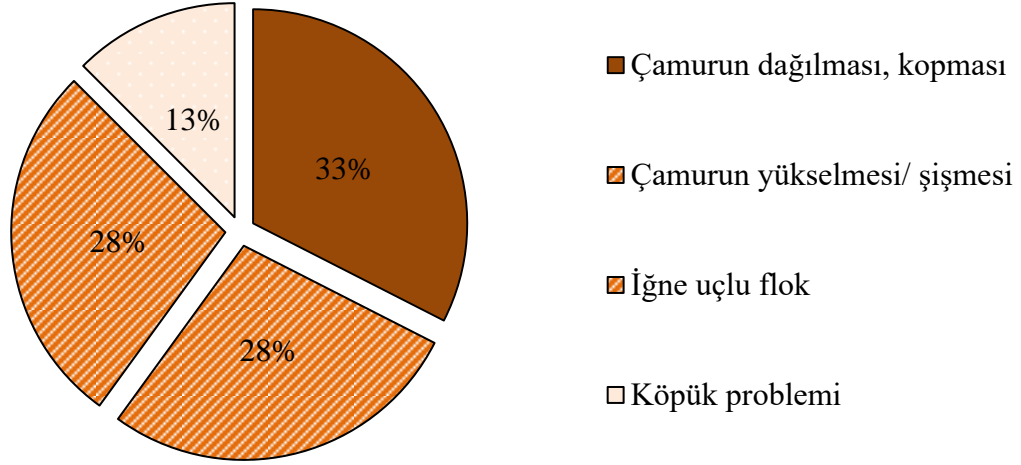
Son çökeltim tankı çıkış suyundan kaçan, çıkış suyu kalitesini bozan bu parametreler ile birlikte karşılaşılan işletme problemleri incelenmiştir. Havzada son çökeltim tankı çıkış suyunda yüksek amonyak konsantrasyonu şeklinde görülen işletme problemi, havalandırma havuzunda düşük çözünmüş oksijen konsantrasyonu problemi ile birlikte en sık karşılaşılmaktadır (Şekil 4.21.). Havalandırma havuzundaki oksijen miktarının artırılması ile problem çözüme kavuşacağı için; havalandırma oranı, havalandırma sistemi kaynaklı yetersiz oksijen sağlanması ve aşırı oksijen tüketimi kontrol edilerek bu problem çözüme kavuşturulabilir.

Yetersiz MLSS konsantrasyonu tespit ediliyor ise de fazla çamur akışı azaltılmalı, geri devir çamur miktarı artırılmalıdır. Ayrıca geri devir pompasının da arızalı olup olmadığı kontrol edilmelidir.



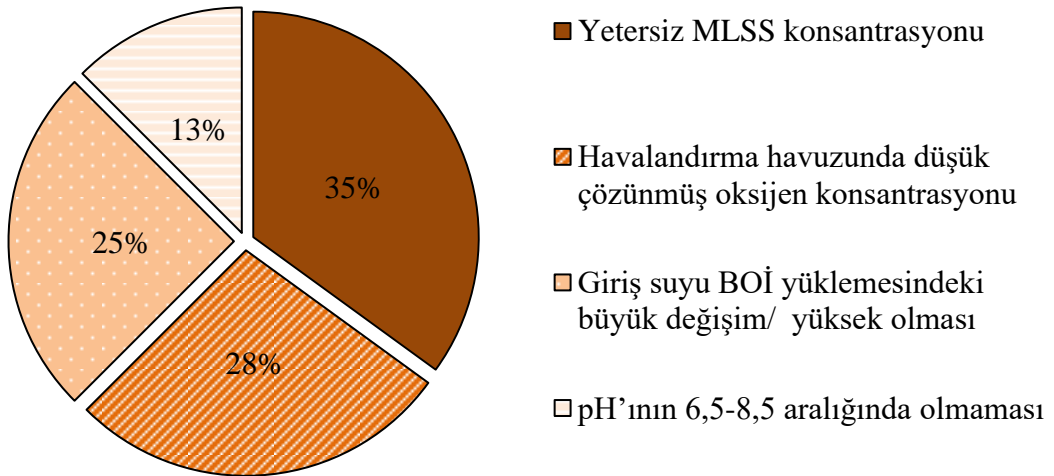
**Şekil 4.21.** Son çökeltim tankı çıkış suyunda yüksek amonyak konsantrasyonu problemi ile birlikte karşılaşılan işletme problemleri

Son çökeltim tankı çıkış suyunda yüksek askıda katı madde konsantrasyonu problemi ile karşılaşıldığında çamurun dağılması, kopması problemi ile birlikte havzadaki tesislerde en sık karşılaşılmaktadır (Şekil 4.22.). Bu problem meydana geldiğinde; hidrolik türbülans kaynaklı aşırı kesme kaynaklı ise aşırı güçlü havalandırma yapıldığından havalandırma seviyesi düşürülmelidir. Eğer bakterilerin flok oluşturamaması kaynaklı ise toksik madde girişi, şok yüklemeler, düşük çözülmüş oksijen konsantrasyonu ve pH değeri kontrol edilmelidir (Sperling, 2007). Çamur basmada kullanılan santrifüj pompanın çamurun suyunu alması da bir diğer neden olabilir.



**Şekil 4.22.** Son çökeltim tankı çıkış suyunda yüksek askıda katı madde konsantrasyonu problemi ile birlikte karşılaşılan işletme problemleri

Son çökeltim tankı çıkış suyunda yüksek biyokimyasal oksijen ihtiyacı konsantrasyonu problemi ile karşılaşıldığında yetersiz MLSS konsantrasyonu problemi ile birlikte havzadaki tesislerde en sık karşılaşılmaktadır. Çamur uzaklaştırma sıklığı azaltılarak ve geri devir çamur miktarı artırılarak bu probleme çözüm getirilebilir (Şekil 4.23.).



**Şekil 4.23.** Son çökeltim tankı çıkış suyunda yüksek biyokimyasal oksijen ihtiyacı konsantrasyonu problemi ile birlikte karşılaşılan işletme problemleri

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Batı Karadeniz Havzası içerisinde bulunan fiziksel ve biyolojik arıtımın birlikte yürütüldüğü atıksu arıtma tesislerinden kapasitesi 10.000 m<sup>3</sup>/gün üzerindeki tesislerde yaşanan işletme problemleri incelendiğinde ızgara sisteminin tıkanması ve kum birikmesinin görüldüğü akabinde yine bu sistemde halat/ makara/ zincir sisteminde kopma/ kırılma/ bükülme/ sıkışma şeklindeki ekipman ve kontrol sistemi problemin oluştuğu görülmüştür. Yine Kum tutucu sisteminde karşılaşılan işletme problemi de kum birikmesi sonucu meydana gelmektedir. Havzanın yağış rejimi sonucu süprüntü şeklinde yüzeyden gelen (özellikle yollardan gelen kum, çakıl vb.) maddelerin kanalizasyon sistemine karışması ve buradan da atıksu arıtma tesislerine ulaşması sonucu meydana geldiği düşünülmektedir. Havzada bulunan yerleşim yerlerinde ki kanalizasyon sisteminin ayırık hale getirilmesi ile bu problem önemli ölçüde giderilebilir. Yine ayırıklaştırılmayan sistemler nedeniyle yüksek yeraltı suyu seviyesi, yağışın bol olduğu ve kar erimelerin yaşandığı mevsimlerde F/M oranı da düşeceği için arıtımın ileriki basamaklarında da sorunların kaynağı olabilmektedir. Havalandırmalı kum tutucu sistemi ile işletilen tesisler de havalandırma sisteminin debisi ideal şartlarda çalıştırılması ile havzadaki tesislerde meydana gelen tıkanma, aşınma ve kum geri kazanım miktarı kontrol altına alınabilir.

Havzada ön çökeltim havuzuna sahip olan tesislerde meydana gelen işletme problemlerinin büyük bir bölümü havuzdaki çamurun uzaklaştırma işlemindeki düzensizlikten kaynaklandığı görülmüştür. Yeterli miktarda uzaklaştırılmayan çamur sıkışabilen maddeler nedeniyle uzaklaştırma işlemi zorlaştırdığı ve septik koşulların meydana gelmesi sonucu yüzen çamur ve uzaklaştırılan çamurun koyu renkte ve kokulu olması problemini meydana geldiği görülmüştür. Havuzdaki çamur seviyesinin takip edilerek çamur uzaklaştırma sıklığının düzenlenmesi ile bu problemlerin yaşanmasının önüne geçilebilir. Çamurun çökeltme veriminin atıksu sıcaklığından da etkilenebileceği de göz ardı edilmemelidir.

Biyolojik arıtımın gerçekleştirildiği havalandırma havuzlarında havzadaki tesislerde yeterli çözünmüş oksijen konsantrasyonunu sağlamada güçlük ve çeşitli özelliklerde köpük oluşumu probleminin (açık renkli, kalın, dalgalı, kabaran veya

sabunsu; koyu renkli ve parlak köpük; siyahımsı ve sabunsu köpük) yaşanması görülmektedir. Özellikle açık renkli, kalın, dalgalı, kabaran ve ya sabunsu köpük oluşumu; aşırı yüklemeye ve sonuçta köpürmeye neden olan atıksuyun veya geri devir çamurunun uygun olmayan dağılımından yaşanmaktadır. Havalandırma havuzunda bulunan mikroorganizmaların meydana getirdiği reaksiyonlar sonucu biyolojik arıtım gerçekleşmekte ve oluşan çamur çökelmektedir. Bu nedenle, havzadaki tesislerde havuzun ideal şartlarda havalandırılması ve oluşan çamurun kontrolü bir şekilde uzaklaştırılması önem arz etmektedir. Havzada yıl içerisinde kar yağışlı ve karın yerde kaldığı gün sayısı 1-40 gün olması, ortalama sıcaklığın 12 °C olması ve günlük sıcaklık farkları da düşünülerek havalandırma sistemlerinin mevsim şartlarına göre düzenlenmesi önem arz etmektedir. Özellikle yaz aylarında sıcaklığın yükselmesi ve buharlaşmanın artması sonucu havalandırma havuzlarındaki çözülmüş oksijen değerinin 2-4 mg/L arasında olması sağlanması için havalandırma sistemlerinin yaz ayları öncesinde bakımlarının yapılması ihmal edilmemelidir. Çamurun uzaklaştırılma sıklığındaki yetersizlik, havuzda bahsi geçen özelliklerde köpük oluşumunu gözlemlenmesine neden olabilir. Bu problemlerin giderilmesi için sıkı kontrollerin (MLSS, F/M, SVI, SRT gibi değerlerin takibi, geri devir ve çamur uzaklaştırma sıklığının düzenlenmesi) birlikte yapılmasını gerektirebilir.

Son çökeltim tankındaki yaşanan problemlerden yüzen ve savaklardan kaçak floklar, debi dağılımındaki düzensizlikten; ince ve dağınık floklar, havuzdaki anaerobik şartlardan; flokların parçalanması, havalandırma havuzunun fazla yüklenmesinden; kabaran yükselen çamurun, ipliksi mikroorganizmaların çoğalması nedenlerinden ötürü havzadaki tesislerde sıklıkla görülmektedir. Son çökeltim havuzu çıkış suyunda yüksek konsantrasyonda amonyak ve AKM problemi yaşandığında uygun olmayan havalandırmadan kaynaklandığı görülmektedir. Yine çıkış suyunda yüksek konsantrasyonda BOİ problemleri ile karşılaşıldığında ise çamur uzaklaştırma sıklığının düzenlenmesi gerekmektedir.

Havzadaki atıksu arıtma tesislerinde benzer arıtma problemleri yaşanmaktadır. Atıksu arıtma tesislerinin başarılı bir şekilde işletilmesi için projenin ve inşaatının da başarılı uygulanmış olması gereklidir. Projelendirme aşamasında alışıl gelmiş kabuller ve yaklaşımlar yerine hizmet verilecek bölgenin atıksu karakterizasyonuna uygun arıtım prosesleri seçilmelidir. Zira söz konusu

havza içerisindeki tesislere ulaşan atıksu turizm, endüstri, halkın yaşam biçimi vb. etkenlere göre de değişiklik gösterebilecektir. Tesisin hizmet vereceği bölgenin coğrafi, meteorolojik ve iklimsel özellikleri de hem projelendirmesinde hem de işletilmesinde göz önünde tutulmalıdır. Bahsi geçen işletme problemlerinin yaşanmaması için azami yaklaşımlarda bulunulmalı ekipman seçimi ve ünite inşasında bu yaklaşımlar titizlikle uygulanmalıdır. Yine atıksu arıtma konusunda yeterli eğitimleri almış kişilerin görevlendirilmesi ve gerekli kontrollerin takip edilmesi için laboratuvarında kurulmuş olması önerilir.



## 6. KAYNAKLAR

- Aküzüm T, Çakmak B ve Gökalp Z (2010) “Türkiye’ de Su Kaynakları Yönetiminin Değerlendirilmesi” Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 3(1): 67-74.
- Akyüz İ N (2011) Osmanbey Atıksu Arıtma Tesisinin İşletilmesi, Yüksek Lisans Tezi, HÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Arceivala S J (2002) Çevre Kirliliği Kontrolünde Atıksu Arıtımı, Tata McGraw-Hill Company Limited, 1. Baskı, New Delhi.
- Azman A M (2007) Avrupa Birliği Kentsel Atık Su Arıtımı Deşarj Standartları Ve Türkiye İle Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, AÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Çınar A (2008) Biyolojik Atıksu Arıtma Tesislerinin Verimlilik Kontrolü Ve Karşılaşılan Önemli İşletme Sorunlarına Çözüm Yaklaşımları, Yüksek Lisans Tezi, KÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- ÇŞB (2017) Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Atıksu Arıtımı Eylem Planı (2017-2023), Ankara.
- Davis M L (2010) Su Ve Atıksu Mühendisliği Tasarım Esasları Ve Uygulamaları, The Mc Graw-Hill Companies.
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Toprak Su Kaynakları, <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>, 06 Mart 2019.
- Dokuz Eylül Üniversitesi, [http://web.deu.edu.tr/erdin/pubs/mikro/bolum\\_04.pdf](http://web.deu.edu.tr/erdin/pubs/mikro/bolum_04.pdf), 06 Mart 2019.
- Eroğlu V (2014) Atıksuların Tasfiyesi, Genişletilmiş 3. Basım, Orman Ve Su İşleri Bakanlığı Yayınları, Yayın No:4, Ankara.
- Gujer W (2002) Seidlungswasserwirtschaft, Springer Verlag, Berlin.
- <https://docplayer.biz.tr/10708541-Temel-islemler-i-doc-dr-senar-aydin.html>, 11 Mart 2019.
- İller Bankası Genel Müdürlüğü (2010) Türkiye’ de Ki Küçük Ve Orta Ölçekli Belediyelerde Atıksu Arıtım İçin Rehber El Kitabı, İller Bankası, Ankara.
- Kıran B Ş (2013) Ordu İlinde Sürdürülebilir Su ve Atıksu Yönetimi, Yüksek Lisans Tezi, OMÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.



- Lofrano G and 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.
- Metcalf L and Eddy H P (1991) Wastewater Engineering: Treatment And Reuse, Third Edition, McGraw-Hill, New York.
- Muslu Y (1994) Atıksuların Arıtılması, 1. Baskı, İTÜ Yayınları, 1535, İstanbul.
- Nas B (2017) ÇŞB Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Atıksu Arıtma Tesislerinde İşletme Sorunları ve Çözümleri, Ankara
- OSİB (2012) Su Yönetimi Genel Müdürlüğü Atıksu Arıtma Tesisleri Tasarım Rehberi, Ankara.
- Öz A (2009) Atıksu Arıtma Tesislerinde Verimlilik Kontrolü ve İşletme Sorunları, Yüksek Lisans Tezi, KÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Öztürk İ (2015) İSTAÇ A.Ş. Teknik Kitaplar Serisi-5 Atıksu Arıtma Tesislerinde Enerji Verimliliği Ve İyi İşletim Pratikleri, Acar Matbaacılık Pro. Ve Yayın. San. Ve Tic. A.Ş., İstanbul.
- Samsunlu A (2011) Atıksuların Arıtılması, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Spellman F R (2009) Handbook Of Water And Wastewater Treatment Plant Operations, Second Edition, CRC Pres Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- Sperling M V (2007) Activated Sludge And Aerobic Biofilm Reactors, Volume 5, IWA Publishing Alliance House, London.
- Şermet F (2012) Atıksu Arıtma Tesislerinin Yapılandırılması, Yüksek Lisans Tezi, CBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.
- TBB (2015) Atıksu Arıtma Tesisleri İşletimi (El Kitabı), Ankara.
- T.C. Resmi Gazete, Atıksu Arıtma Tesislerinde Çalışan Teknik Personele İlişkin Tebliğ (30782), 23.05.2009 , 1-7.
- T.C. Resmi Gazete, Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği (26047), 08.01.2006 , 1-8.
- T.C. Resmi Gazete, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (25687), 31.12.2004 , 1-10.
- T.C. Resmi Gazete, Sürekli Atıksu İzleme Sistemleri Tebliği (29303), 22.03.2015 , 1-9.
- Toprak H (2000) Aktif Çamur Sürecinin İşletilmesi, Genişletilmiş 2. Baskı, DEÜ Mühendislik Fakültesi Yayınları, İzmir.

- Toprak H (2006) .Aktif Çamur Sürecinin Tasarım Uygulamaları Cilt- I, DEÜ Mühendislik Fakültesi Yayınları, İzmir.
- Toprak H (2006) .Aktif Çamur Sürecinin Tasarım Uygulamaları Cilt- II, DEÜ Mühendislik Fakültesi Yayınları, İzmir.
- Torun F (2011) Türkiye’ deki Kentsel Atıksu Arıtma Tesisleri Envanteri, Yüksek Lisans Tezi, AÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Turan N B ve Altuğ G (2017) Biyolojik Arıtma Sistemlerinde Atıksu Mikrobiyolojisi Ve Mikrobiyolojik Analizlerle Proses Yönetimi, BİLİG Döngüsel Hizmetler, İstanbul.
- TÜBİTAK MAM (2013) Çevre Ve Temiz Üretim Enstitüsü Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi Batı Karadeniz Havzası Nihai Raporu, 5118601 (ÇTÜE.13.152), Kocaeli.
- Yıldız S, Namal O Ö ve Çekim M (2013) “ Atıksu Arıtma Teknolojilerindeki Tarihsel Gelişimler” SÜ Müh. Bilim ve Tekn. Derg., 1( s1 ): 55-67.
- Yorulmaz İ (2016) Arıtma Tesislerinde İşletme Problemleri, Yüksek Lisans Tezi, AÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.



# **EKLER**

## 7. EKLER

### EK A İşletme Sorunları Değerlendirme Bilgi Formu Soruları

Tipi :

Kapasitesi :

Lütfen Aşağıdaki İşletme Problemlerini Karşılaşılan Sıklığa Göre 1 Den 4'e Kadar Numaralandırınız. En Sık Karşılaşılan "1", Sonrakilere Karşılaşma Sıklığına Göre 2, 3 ve 4 Olacak Şekilde Numaralandırınız.

1. Izgara sisteminde karşılaşılabilecek işletme problemlerini karşılaşma sıklığına göre sıralayınız.

- (....) Kötü koku, sineklenme görülmesi, fare oluşumu vb. durumlar
- (....) Izgaraların tıkanması ve/ veya kum birikmesi
- (....) Izgaradan katı madde kaçıışı
- (....) Ekipman ve kontrol sistemi kaynaklı arızalar

2. Izgara sisteminde karşılaşılabilecek ekipman ve kontrol sistemi kaynaklı işletme problemlerini karşılaşma sıklığına göre sıralayınız.

- (....) Izgara sıyırıcısının seviye sensöründen kaynaklı olarak devreye girmemesi
- (....) Halat/ makara/ zincir sisteminde kopma/ kırılma/bükülme/ sıkışma
- (....) Uzaktan kontrol sisteminden (otomasyon sisteminden) kaynaklı arıza
- (....) Sürtünme izleri/ metalin metal üstüne binmesi

3. Kum tutucu sisteminde en sık karşılaşılabilecek işletme problemlerini sıralayınız.

- (....) Kum birikmesi
- (....) Kötü koku oluşumu (çürük yumurta kokusu vb.)
- (....) Haznenin taşması
- (....) Köprüde zorlanma/ köprü tekerinde patinaj

*Havalandırılmalı kum tutucu sistemi var ise 4. Soruyu da cevaplayınız. Yok ise 5. Sorudan devam ediniz.*

4. Havalandırılmalı kum tutucu sisteminde en sık karşılaşılabilecek işletme problemlerini sıralayınız.

- (....) Uzaklaştırılan kumun organik içeriğinin fazla olması
- (....) Beton ve metal aksamalarında aşınma
- (....) Düşük kum geri kazanımı
- (....) Yüzey türbülansının azalması

5. Ön çökeltme havuzunda karşılaşılan işletme problemlerini aşağıdaki nedenlere göre sıralayınız.

- (....) Yüzen Çamur oluşumu
- (....) Köpük taşmasının meydana gelmesi
- (....) Çamur çekmede zorlanma
- (....) Askıda katı madde gideriminin düşük olması

6. Ön çökeltme havuzunda karşılaşılan yüzen çamur problemini aşağıdaki nedenlere göre sıralayınız.

- (....) Havuzda fazla çamur bulunması
- (....) Köprünün ve sıyırıcının çalışmaması
- (....) Nitriye olmuş ikincil çamurun geri devredilmesi
- (....) Çamur uzaklaştırma hattının tıkanması

7. Ön çökeltme havuzunda karşılaşılan siyah renkte ve kokan çamur problemini aşağıdaki nedenlere göre sıralayınız.

- (....) Çamur toplayıcıların çalışmaması
- (....) Çamur uzaklaştırma sıklığı
- (....) Endüstriyel atıksulardan kaynaklanan organik maddeler için yeterli ön arıtmanın yapılmamış olması
- (....) Çamur uzaklaştırma hattının tıkanması

8. Ön çökeltme havuzunda karşılaşılan köpük taşması problemini aşağıdaki nedenlere göre sıralayınız.

- (....) Köpük uzaklaştırma sıklığı
- (....) Endüstriyel atıksu kabulü
- (....) Köpük sıyırıcı bıçaklarının/ sıyırıcının arızalanması/ hasar görmesi
- (....) Köpük perde duvarın uygunsuz inşa edilmiş olması

9. Ön çökeltme havuzunda karşılaşılan çamurun koniden zor çekilmesi problemini aşağıdaki nedenlere göre sıralayınız.

- (....) Sıkışabilen madde varlığı (kum, kil vb.)
- (....) Çamur uzaklaştırma hattındaki düşük hız
- (....) Borunun ve/ veya pompanın tıkanması
- (....) Hidrolik yüklemenin yüksek olması

10. Ön çökeltme havuzunda karşılaşılan askıda katı madde gideriminin düşük olması problemini aşağıdaki nedenlere göre sıralayınız.

- (....) Hidrolik yükleme hızlarının yüksek olması
- (....) Giriş akımının septik koşulları/ endüstriyel atıksu girişi
- (....) Çamur uzaklaştırma sıklığı
- (....) Geri devir akımları

11. Havalandırma havuzu havalandırma sistemi için karşılaşılan işletme problemlerini öncelik sırasına göre sıralayınız.

- (....) Havuz yüzeyinde kaynama hareketleri/ türbülans oluşumu
- (....) Homojen olmayan yüzey havalandırması (kör noktalar oluşumu)
- (....) Yeterli çözünmüş oksijen konsantrasyonunu sağlamada güçlük
- (....) Köpük oluşumu

12. Havalandırma havuzunda yeterli çözünmüş oksijen konsantrasyonlarını sağlamada karşılaşılan işletme problemlerini aşağıdaki nedenlere göre sıralayınız.

- (....) Havalandırma sistemi tesisatındaki kayıp ve kaçaklar
- (....) Tıkalı difüzörler
- (....) Yetersiz ve/ ve ya verimsiz oksijen transferi
- (....) Tesis içi yan akımlarından gelen yüksek organik yük

13. Havalandırma havuzunda köpük oluşumu için karşılaşılan işletme problemlerini aşağıdaki nedenlere göre sıralayınız.

- (....) Açık renkli, kalın, dalgalı, kabaran ve ya sabunsu köpük oluşumu
- (....) Koyu renkli ve parlak köpük oluşumu
- (....) Koyu renkli ve kalın tabakalı köpük oluşumu
- (....) Siyahımsı ve sabunsu köpük oluşumu

14. Havalandırma havuzunda açık renkli, kalın, kabaran veya sabunsu köpük oluşumu için karşılaşılan işletme problemlerini aşağıdaki nedenlere göre sıralayınız.

(....) Aşırı yüklü havalandırma havuzunda genç çamur ve düşük MLSS konsantrasyonu

(....) Havuzun aşırı yüklenmesine neden olan aşırı çamur atılması

(....) Aşırı yüklemeye ve sonuçta köpürmeye neden olan, atıksuyun ve ya geri devir çamurunun uygun olmayan dağılımı

(....) Uygun olmayan ve/veya değişken atıksu sıcaklıkları (düşük MLSS konsantrasyonu)

15. Son çökeltim tankında meydana gelen işletme problemlerini aşağıdaki nedenlere göre sıralayınız.

- (.....) Kabaran/ yükselen çamur
- (.....) İnce ve dağıntık floklar (iğne uçlu floklar)
- (.....) Yüzen ve savaklardan kaçan floklar
- (.....) Flokların parçalanması

16. Son çökeltim tankında kabaran/ yükselen çamur şeklinde karşılaşılan işletme problemlerini aşağıdaki nedenlere göre sıralayınız.

- (.....) Aktif çamurda ipliksi mikroorganizmaların çoğalması
- (.....) Denitrifikasyonun oluşması
- (.....) Aşırı havalandırma
- (.....) Çamurun gereken miktarda atılmamasından kaynaklı septik çamur

17. Son çökeltim tankında ince ve dağıntık floklar (iğne uçlu floklar) oluşumu şeklinde karşılaşılan işletme problemlerini aşağıdaki nedenlere göre sıralayınız.

- (.....) Havalandırma havuzunun aşırı karıştırılması
- (.....) Aşırı havalandırma
- (.....) Havuzdaki anaerobik şartlar
- (.....) Toksik yük (endüstriyel deşarj)

18. Son çökeltim tankında yüzen ve savaklardan kaçan floklar şeklinde karşılaşılan işletme problemlerini aşağıdaki nedenlere göre sıralayınız.

- (.....) Çamur çekilmemesi ve/ veya düzensiz çekilmesi
- (.....) Debi dağılımındaki düzensizlik
- (.....) Savak yüksekliğinden kaynaklı düzensizlik
- (.....) Hidrolik yükün fazla olması

19. Son çökeltim tankında flokların parçalanması şeklinde karşılaşılan işletme problemlerini aşağıdaki nedenlere göre sıralayınız.

- (.....) Fazla toksik ve asidik atıkların tesise girişi
- (.....) Havalandırma havuzundaki anaerobik şartlar
- (.....) Havalandırma havuzunda azot ve fosfor eksikliği
- (.....) Havalandırma havuzunun fazla yüklenmesi

20. Aşağıdaki parametrelerin hangisinin son çökeltim tankı çıkış suyunda yüksek konsantrasyona sahip olma durumu ile daha sık karşılaşıyorsunuz, sıralayınız.

- (.....) Askıda katı madde
- (.....) Biyokimyasal oksijen ihtiyacı
- (.....) Amonyak
- (.....) Fosfor

21. Son çökeltim tankı çıkış suyunda yüksek askıda katı madde konsantrasyonu problemi ile karşılaştığınızda diğer hangi işletme problemi ile birlikte görülmektedir. Karşılaşma sıklığına göre sıralayınız.

- (.....) Çamurun yükselmesi/ şişmesi
- (.....) İğne uçlu flok
- (.....) Çamurun dağılması, kopması
- (.....) Köpük problemi

22. Son çökeltim tankı çıkış suyunda yüksek biyokimyasal oksijen ihtiyacı konsantrasyonu problemi ile karşılaştığınızda diğer hangi işletme problemi ile birlikte görülmektedir. Karşılaşma sıklığına göre sıralayınız.

- (.....) Havalandırma havuzunda düşük çözünmüş oksijen konsantrasyonu
- (.....) Yetersiz MLSS konsantrasyonu
- (.....) Giriş suyu BOİ yüklemesindeki büyük değişim/ yüksek olması
- (.....) pH'nın 6,5-8,5 aralığında olmaması

23. Son çökeltim tankı çıkış suyunda yüksek amonyak konsantrasyonu problemi ile karşılaştığınızda diğer hangi işletme problemi ile birlikte görülmektedir. Karşılaşma sıklığına göre sıralayınız.

- (.....) Havalandırma havuzunda düşük çözünmüş oksijen konsantrasyonu
- (.....) Yetersiz MLSS konsantrasyonu
- (.....) Giriş suyu amonyakının yüksek yüklenmesi
- (.....) Havalandırma havuzunda düşük pH değeri



## 8. ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı** : Erol ARSLAN

**Doğum Yeri ve Tarihi** : Bolu 1985

**Lisans Üniversite** : Gazi Üniversitesi

**Elektronik posta** : erolarsln@gmail.com

**İletişim Adresi** : Sümer Mah. Şehit Dursun Değirmencioğlu  
Sok. Nilüfer Apt. B Blok D:7 Merkez/ BOLU