

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

**ANTALYA İLİ MERKEZ BÖLGESİ ARITMA TESİSLERİNDE ÇAMUR
KABARMASI VE ŞİŞMESİNDEN SORUMLU FİLAMENLİ
MİKROORGANİZMALARIN KARAKTERİZASYONU VE ÇÖZÜM
ÖNERİLERİ**

Yasemin Büşra BAYRAK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

2014

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

**ANTALYA İLİ MERKEZ BÖLGESİ ARITMA TESİSLERİNDE ÇAMUR
KABARMASI VE ŞİŞMESİNDEN SORUMLU FİLAMENLİ
MİKROORGANİZMALARIN KARAKTERİZASYONU VE ÇÖZÜM
ÖNERİLERİ**

Yasemin Büşra BAYRAK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**Bu tez, Akdeniz Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından 2012.02.0121.031
numaralı proje ile desteklenmiştir.**

2014

T.C
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ANTALYA İLİ MERKEZ BÖLGESİ ARITMA TESİSLERİNDE ÇAMUR
KABARMASI VE ŞİŞMESİNDEN SORUMLU FİLAMENTLİ
MİKROORGANİZMALARIN KARAKTERİZASYONU VE ÇÖZÜM
ÖNERİLERİ

Yasemin Büşra BAYRAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez, .././2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Bülent TOPKAYA

Doç. Dr. Gökhan CİVELEKOĞLU

Yrd. Doç. Dr. Gönül TUĞRUL İÇEMER (Danışman)

ÖZET

ANTALYA İLİ MERKEZ BÖLGESİ ARITMA TESİSLERİNDE ÇAMUR KABARMASI VE ŞİŞMESİNDEN SORUMLU FİLAMENTLİ MİKROORGANİZMALARIN KARAKTERİZASYONU VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Yasemin Büşra BAYRAK

Yüksek Lisans Tezi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Gönül TUĞRUL İÇEMER
Haziran 2014, 97 sayfa

Bu çalışmada, Antalya İli Merkez Bölgesi Arıtma tesislerinde (Lara İleri Atıksu Arıtma Tesisi, Belek 1 – Belek 2 Atıksu Arıtma Tesisi, Kemer Atıksu Arıtma Tesisi) çamur şişmesi ve kabarmasına neden olan filamentli mikroorganizmaların karakterizasyonu yapılmış ve çamur şişmesi ve kabarmasına önlem olması amacıyla çözüm önerileri sunulmuştur. Analizlerde atıksu arıtma tesisleri havalandırma havuzlarından alınan aktif çamur örnekleri kullanılmıştır. Çalışmada Haziran 2012 - Mayıs 2013 arasında aylık numuneler alınarak çamur şişmesi ve kabarması problemine neden olan filamentli mikroorganizmalar incelenmiş ve dört tesis için aylık filament karakterizasyonu çıkarılmıştır. Ayrıca, çamur şişmesi ve kabarması probleminin çözümü için hidrojen peroksit ve ultrases uygulamalarıyla ön arıtım çalışmaları yapılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre yıl boyunca tesislerde en yoğun görülen türler sırasıyla; Type 0041, Type 0675, *Microthrix parvicella*' dır. Çamur örneklerinin% 99' u yaz döneminde çamur şişmesi ve kabarması problemini yaşanmaktadır. İncelenen tesislerde çamur hacim indeksi yıl boyunca 150 ml/g değerinin altına düşmemektedir. Yapılan ön arıtım uygulamalarıyla (ultrases ve hidrojen peroksit) çamur şişmesi ve kabarması probleminin çözümüne yönelik olarak hidrojen peroksit ve ultrases uygulamasının kullanılabileceği düşünülmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Filamentli mikroorganizmalar, Aktif çamur, Çamur kabarması, çamur şişmesi.

JÜRİ: Prof. Dr. Bülent TOPKAYA
Doç. Dr. Gökhan CİVELEKOĞLU
Yrd. Doç. Dr. Gönül TUĞRUL İÇEMER (Danışman)

ABSTRACT

CHARACTERIZATION AND SOLUTION PROPOSALS OF FILAMENTIOUS ORGANİZSM BULKING AND FOAMING IN ACTIVATED SLUDGE PLANTS IN ANTALYA, TURKEY

Yasemin Büşra BAYRAK

Msc Thesis in Environmental Engineering
Supervisor: Yrd. Doç. Dr. Gönül TUĞRUL İÇEMER
June 2014, 97 pages

In this study, Antalya Province, Central Region at the treatment plants (Lara Advanced Wastewater Treatment Plant, Belek 1 - Belek 2 Wastewater Treatment Plant, Kemer Wastewater Treatment Plant) sludge bulking and foaming causing filamentous microorganisms were characterized and sludge bulking and foaming to the measures meant to be solutions provided. Analysis of the wastewater treatment plant aeration tank, the activated sludge samples were used. In this study, June 2012 - May 2013 monthly samples of sludge taken bulking and foaming filamentous microorganisms that cause problems are examined and the filament-to-month characterization of four plants were removed. In addition, the sludge bulking and foaming to the problem of the pre-treatment with hydrogen peroxide and ultrasonic studies have been conducted.

According to the results obtained in the most intense seen in plant species throughout the year, respectively, Type 0041, Type 0675, *Microthrix parvicella*. 99% of the sludge samples during the summer period there is the problem of sludge bulking and foaming. Examined in facilities throughout the year sludge volume index of 150 ml / g value does not drop below. The preliminary treatment practices (ultrasound and hydrogen peroxide) sludge bulking and foaming in order to solve the problem of the application of hydrogen peroxide and ultrasound can be used is considered.

KEYWORDS: Filamentous microorganisms, activated sludge, sludge bulking, sludge foaming.

COMMITTEE: Prof. Dr. Bülent TOPKAYA
Doç. Dr. Gökhan CİVELEKOĞLU
Asst. Prof. Dr. Gönül TUĞRUL İÇEMER (Supervisor)

ÖNSÖZ

Bana bu konuda çalışma olanağı veren, her konuda yardımını ve desteğini esirgemeyen danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Gönül TUĞRUL İÇEMER' e çalışmam sırasında bana göstermiş olduğu ilgi, destek ve sabrından dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her döneminde olduğu gibi yüksek lisans çalışmam boyunca da beni maddi ve manevi destekleyen her zaman hayatımın en önemli parçası olan aileme özellikle canım kardeşim Buğra BAYRAK' a çok teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmalarım süresince her konuda desteğini esirgemeyen üniversite ve hayat arkadaşım Çevre Mühendisi Mert ÇAMLICA' ya çok teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarımda yardımcı dokunan Çevre Mühendisi arkadaşlarım; Elif Sinem AYGÜN, Özlem ERYİĞİT, Cansu KANAT ve Mustafa AY' a teşekkür ederim.

Kaynak ve örnek temin etme konusunda yardımlarından dolayı Antalya Lara Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi, Belek 1- Belek 2 Atıksu Arıtma Tesisi, Kemer Atıksu Arıtma Tesisi personellerine teşekkür ederim.

Tezimin yazım döneminde deneyim ve fikirleri ile bana yol gösteren manevi desteğini esirgemeyen sevgili hocam Dr. Aslı ÇIĞĞIN' a teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca malzeme temini konusunda desteğini esirgemeyen Sayın Hasan SARAÇ' a teşekkürlerimi sunarım.

Bu araştırmayı 2012.02.0121.031 numaralı proje ile destekleyen, Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi' ne teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL BİLGİLER.....	2
2.1. Biyolojik Arıtma	2
2.2. Biyolojik Arıtma Prosesleri.....	2
2.2.1. Anaerobik prosesler	2
2.2.2. Aerobik prosesler	3
2.2.2.1. Aktif çamur prosesi.....	4
2.3. Aktif Çamur Prosesi Tipleri	5
2.3.1. Uzun havalandırma	5
2.3.2. Kontakt stabilizasyon.....	6
2.3.3. Tam karışım	7
2.4. Aktif Çamur Mikrobiyolojisi	7
2.4.1. Aktif çamur sisteminde bulunan mikroorganizmalar.....	7
2.4.1.1. Bakteriler.....	8
2.4.1.2. Protozoalar	10
2.4.1.3. Mantarlar	11
2.4.1.4. Algler	12
2.4.1.5. Virüsler.....	13
2.4.1.6. Mayalar ve küfler	13
2.5. Flok Oluşumu ve Özellikleri	14
2.5.1. Çamur flok bileşenleri.....	14
2.5.2. Flokların morfolojik karakteristikler.....	14
2.5.3. Flok tipleri.....	16
2.5.3.1. Flok tipi 1	16
2.5.3.2. Flok tipi 2	16
2.5.3.3. Flok tipi 3	17
2.5.4. Flok oluşum mekanizması	17
2.6. Filamentli Bakteriler	19
2.6.1. Filamentli mikroorganizma türleri	19
2.6.1.1. Aktinomisetler.....	20
2.6.1.2. Beggiatoa	20
2.6.1.3. Cyanobacteria.....	21
2.6.1.4. Flexibacter.....	21
2.6.1.5. Haliscomenobacter hydrosis	21
2.6.1.6. Leucothrix	22
2.6.1.7. Microthrix parvicella.....	22
2.6.1.8. Nostocoida limicola I	23
2.6.1.9. Nostocoida limicola III	23

2.6.1.10. Sphaerotilus natans.....	23
2.6.1.11. Streptococcus	24
2.6.1.12. Thiothrix.....	24
2.6.1.13. Type 0041 / 0675	24
2.6.1.14. Type 0092	25
2.6.1.15. Type 0211	25
2.6.1.16. Type 021 N.....	25
2.6.1.17. Type 0411	25
2.6.1.18 Type 0581.....	25
2.6.1.19. Type 0803	26
2.6.1.20. Type 0914	26
2.6.1.21. Type 0961	26
2.6.1.22. Type 1701	27
2.6.1.23. Type 1702	27
2.6.1.24. Type 1851	27
2.6.1.25. Type 1852	28
2.6.1.26. Type 1863	28
2.6.1.27. Fungi	28
2.6.2. Filamentli bakterilerin aşırı gelişmesine neden olan faktörler.....	29
2.6.2.1. Atık su kompozisyonu.....	29
2.6.2.2. Substrat konsantrasyonu (F/M oranı).....	29
2.6.2.3. Çamur yükleme ve çamur yaşı.....	30
2.6.2.4. pH.....	30
2.6.2.5. Sülfür konsantrasyonu.....	30
2.6.2.6. Çözünmüş oksijen konsantrasyonu	30
2.6.2.7. Nutrient eksikliği.....	31
2.6.2.8. Sıcaklık.....	31
2.6.3. Aktif çamur proseslerinde karşılaşılan işletme problemleri	32
2.6.3.1. Filamentli bakterilerin neden olduğu işletme problemleri ve çözüm önerileri.....	32
2.6.3.2. Çeşitli nedenlerden kaynaklanan işletme problemleri ve çözüm önerileri.....	34
2.7. İpliksi Çamur Kabarmasının Kontrolü	36
2.7.1. Oksitleyici kullanımı ile kontrolü	36
2.7.2. Flokülant ve koagülantların kullanılması.....	36
2.7.3. Geri devir oranının arttırılması.....	37
2.7.4. Biyolojik selektörlerin kullanılması.....	37
2.7.4.1. Aerobik selektörler.....	37
2.7.4.2. Anoksik selektörler	38
2.7.4.3. Anaerobik selektörler	38
2.7.5. Biyolojik kontrol	39
2.7.6. Diğer özel önlemler	40
2.8. Konu İle İlgili Yapılan Çalışmalar	40
2.8.1. Filamentli bakterilerin neden olduğu sorunlar ile ilgili çalışmalar	40
2.8.2. Çamur kabarması ve şişme sorununa neden olan bakterileri azaltma yöntemleri ile ilgili çalışmalar	41
3. MATERYAL VE METOT	45
3.1. Çalışmada İncelenen Atıksu Arıtma Tesisleri.....	45

3.1.1. Lara ıleri atıksu arıtma tesisleri	45
3.1.2. Kemer atıksu arıtma tesisi.....	46
3.1.3. Belek 1 atıksu arıtma tesisi	47
3.1.4. Belek 2 atıksu arıtma tesisi	47
3.2. Deneysel Materyaller	48
3.2.1. Hassas terazi	48
3.2.2. Otoklav.....	48
3.2.3. Mikroskop.....	48
3.3. Deneysel Metotlar	48
3.3.1. Gram Boyama	49
3.3.2. Neisser Boyama	49
3.3.3. Filament sayımı ve yoğunluğu.....	49
3.3.4. Çamur kalitesinin değerlendirilmesi	50
3.4. Ön Arıtım Uygulamaları	51
3.4.1. Hidrojen peroksit ön arıtımı.....	51
3.4.2. Ultrases ön arıtımı.....	51
4. BULGULAR.....	53
4.1. Tesislerin Değerlendirilmesi	53
4.2. Lara İleri Atıksu Arıtma Tesisi	54
4.2.1. Fiziko-kimyasal parametreler	54
4.2.2. Mikrobiyolojik parametreler	55
4.3. Kemer Atıksu Arıtma Tesisi	56
4.3.1. Fiziko-kimyasal parametreler	56
4.3.2. Mikrobiyolojik parametreler	57
4.4. Belek 1 Atıksu Arıtma Tesisi	59
4.4.1. Fiziko-Kimyasal Parametreler	59
4.4.2. Mikrobiyolojik parametreler	60
4.5. Belek 2 Atıksu Arıtma Tesisi	61
4.5.1. Fiziko-Kimyasal Parametreler	61
4.5.2. Mikrobiyolojik parametreler	62
4.6. Çamur Hacim İndekslerinin Karşılaştırılması.....	63
4.7. Çamur Çökebilirliklerinin Karşılaştırılması.....	65
4.8. Aktif Çamur Havuzlarında Bulunan Filamentli Mikroorganizma Yoğunluğunun Değerlendirilmesi.....	65
4.9. Biyoçeşitlilik ve Bolluk Değerlendirmesi.....	69
4.10. Çamur İyileştirme Çalışmaları - Çözüm Önerileri	71
4.10.1. Hidrojen peroksit (H ₂ O ₂)	72
4.10.2. Ultrases	73
5. TARTIŞMA	75
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	78
6.1.Karakterizasyon Sonuçları.....	78
6.2.Çamur Kabarması ve Köpük Oluşumu Önleme Sonuçları.....	78
6.3.Öneriler.....	78
7. KAYNAKLAR	80
EKLER	
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

AAT	Atıksu Arıtma Tesisi
AKM	Askıda Katı Madde
Bio-P	Biyofosfor
BNR	Biyolojik Besi Maddesi (Azot, Fosfor) Giderimli Arıtma Tesisi
BOİ	Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
CST	Kapiler Emme Zamanı Testi
ÇHİ	Çamur Hacim İndeksi
ÇÇH	Çamur Çökebilirlik Hacmi
DEA	Darbeli Elektrik Alan
DNA	Deoksiribonükleik asit
EPS	Ekzopolisakkarit
FC	Filament Sayısı
FI	Filament İndeksi
KM	Katı Madde
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
MLSS	Karışık Sıvı Askıda Katı Madde
MLVSS	Karışık Sıvı Askıda Uçucu Katı Madde
RAS	Aktif Çamur Geri Devir Oranı
RNA	Ribonükleik asit
SRT	Sludge Rate Time (Çamur Alıkonma Süresi)
TKM	Toplam Katı Madde
US	Ultras

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Organik maddelerin aerobik parçalanma prosesinin şematik gösterimi	3
Şekil 2.2. Havalandırmalı ortamda biyolojik bozunmanın mekanizması	4
Şekil 2.3. Basit bir aktif çamur sistemi akım diyagramı	5
Şekil 2.4. Uzun havalandırmalı sistemin akım diyagramı	6
Şekil 2.5. Kontakt stabilizasyonlu aktif çamur sistemi	6
Şekil 2.6. Tam karışımli aktif çamur sistemi	7
Şekil 2.7. Mikroorganizmaların derişime göre zamanla değişimi	8
Şekil 2.8. Bakteri çeşitlerine bir örnek (Pseudomonas)	9
Şekil 2.9. Aktif çamur sistemlerinde bulunan önemli protozoalar	11
Şekil 2.10. Aktif çamur havuzlarında en çok gözlenen rotiferler	11
Şekil 2.11. Geotrichum	12
Şekil 2.12. Mavi- Yeşil alg örnekleri	13
Şekil 2.13. Aktif çamur yumağının görünümü	16
Şekil 2.14. Çamur flok bileşenleri ve işlem gördükten sonra ayrıştırılmış flok bileşenleri	19
Şekil 2.15. Sülfür granülleri içeren Beggiatoa	21
Şekil 2.16. a) Cyanobacteria' nın virgüle benzeyen bölmeli görüntüsü, b) Floğa yapışık haldeki süzülme hareketi gözlenmeyen tipik bir Flexibacter	21
Şekil 2.17. a) Biyokütle olarak gelişen H. Hydrosis' ler b) Leucothrix' e ait bir örnek	22
Şekil 2.18. Gram boyama uygulanmış M. parvicella örneği	22
Şekil 2.19. Nostocoida limicola I	23
Şekil 2.20. Sphaerotilus natans' a ait bir örnek	23
Şekil 2.21. Thiothrix' e ait bir örnek	24

Şekil 2.22. Type 0041' e ait bir örnek	24
Şekil 2.23. Tip 021N' e ait bir örnek	25
Şekil 2.24. a) Tip 0411' e ait bir örnek, b) Tip 0581' in diğer bazı bakteriler ile görünümü.....	26
Şekil 2.25. Tip 0803' e ait bir örnek	26
Şekil 2.26. a) Baskın haldeki Tip 0914' e ait bir örnek, b) Tip 0961' e ait bir örnek	27
Şekil 2.27. a) Tip 1701' e ait bir örnek, b) Tip 1851' e ait bir örnek	28
Şekil 2.28. a) Fungi' ye ait bir örnek	28
Şekil 2.29. Farklı substrat konsantrasyonlarında ipliksi bakterilerin ve yumak oluşturan bakterilerin büyüme hızları	29
Şekil 2.30. Çamur yaşı ve F/M oranı ile ipliksi bakterilerin gelişmeleri arasındaki ilişki.....	30
Şekil 2.31. Nocardia spp. ve Nocardia Köpüğü	33
Şekil 2.32. İpliksi mikroorganizmaları kontrol altına alabilmek için aktif çamur tesisine klor tatbik edilmesi.....	36
Şekil 2.33. Aerobik selektörlerin kullanılması ile ipliksi mikroorganizmaların kontrol altına alınması.....	37
Şekil 2.34. Anoksik selektörlerin kullanılması ile ipliksi mikroorganizmaların kontrol altına alınması.....	38
Şekil 2.35. Anaerobik selektörlerin kullanılması ile ipliksi mikroorganizmaların kontrol altına alınması.....	38
Şekil 2.36. Anaerobik ve aerobik koşullarda fosfat ve organik maddenin yumak oluşturan bakteriler tarafından kullanımı	39
Şekil 2.37. Protozoalar kullanılarak ipliksi bakterilerin kontrol altına alınması.....	39
Şekil 3.1. Lara İleri Atıksu Arıtma Tesisi Genel Görünümü.....	45
Şekil 4.1. Çalışmanın yapıldığı tesislerin Antalya İlinde buldukları konumlar.....	53

Şekil 4.2. (a)Çamur hacim indeksinin filament indeksine bağlı olarak yıllık değişimi, (b)Çamur çökebilirliğinin filament indeksine bağlı yıllık değişimi.....	55
Şekil 4.3. (a) Çamur hacim indeksinin filament indeksine bağlı olarak yıllık değişimi, (b) Çamur çökebilirliğinin filament indeksine bağlı yıllık değişimi.....	58
Şekil 4.4. (a) Çamur hacim indeksinin filament indeksine bağlı olarak yıllık değişimi, (b) Çamur çökebilirliğinin filament indeksine bağlı yıllık değişimi.....	60
Şekil 4.5. (a) Çamur hacim indeksinin filament indeksine bağlı olarak yıllık değişimi, (b) Çamur çökebilirliğinin filament indeksine bağlı yıllık değişimi.....	62
Şekil 4.6. Lara AAT, Kemer AAT, Belek 1 ve Belek 2 AAT ÇHI- FI ilişkisi a)Haziran, (b)Temmuz, (c)Ağustos, (d)Eylül, (e)Ekim, (f)Kasım.....	64
Şekil 4.7. Lara AAT, Kemer AAT, Belek 1 ve Belek 2 AAT ÇHI- FI ilişkisi (g)Aralık, (h)Ocak, (ı)Şubat, (j)Mart, (k)Nisan, (l)Mayıs.....	65
Şekil 4.8. Lara AAT, Kemer AAT, Belek 1 ve Belek 2 AAT mevsimsel ÇHI- FI ilişkisi (a)Yaz, (b)Sonbahar, (c)Kış, (d)İlkbahar.....	66
Şekil 4.9. Seçilen tesislerde gözlenen yıllık filamentli mikroorganizma popülasyonu ve yoğunluğu, (a) Lara AAT, (b) Kemer AAT, (c) Belek 1 AAT, (d) Belek 2 AAT	68
Şekil 4.10. Lara ATT’de belirlen türlerin aylara göre k-dominansi (baskınlık) (a) ve tür sayılarının sıralaması (b).....	70
Şekil 4.11. Kemer ATT’de belirlen türlerin aylara göre k-dominansi (baskınlık) (a) ve tür sayılarının sıralaması (b).....	70
Şekil 4.12. Belek 1 ATT’de belirlen türlerin aylara göre k-dominansi (baskınlık) (a) ve tür sayılarının sıralaması (b).....	71
Şekil 4.13. Belek 2 ATT’de belirlen türlerin aylara göre k-dominansi (baskınlık) (a) ve tür sayılarının sıralaması (b).....	71
Şekil 4.14. Kemer atıksu arıtma tesisi aktif çamur örneklerinin H ₂ O ₂ dozlamalarına bağlı olarak değişimi.....	72
Şekil 4.15. Lara ileri atıksu arıtma tesisi aktif çamur örneklerinin H ₂ O ₂ dozlamalarına bağlı olarak değişimi.....	72
Şekil 4.16. Kemer atıksu arıtma tesisi aktif çamur örneklerinin ultrases uygulama süresine bağlı olarak değişimi.....	73
Şekil 4.17. Lara ileri atıksu arıtma tesisi aktif çamur örneklerinin ultrases uygulama süresine bağlı olarak değişimi	74

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Aktif çamurda yaygın olarak rastlanan bazı bakteri genusları.....	9
Çizelge 2.2. Amerika’ da yapılan bir çalışmaya göre aktif çamur tesislerinde kabarmaya neden olan ipliksi bakterilerin gözlenme sıklıkları	20
Çizelge 2.3. Aktif çamur içerisinde bulunan filamentli mikroorganizmaların işletme koşullarına göre değişimi	31
Çizelge 2.4. Çamur kabarmasını etkileyen faktörler.....	32
Çizelge 3.1. Filament sayımı ve yoğunluğuna karşılık gelen filament indeks değerlendirilmesi.....	50
Çizelge 3.2. Çamur Hacim İndeksi ve çamur kalitesi arasındaki ilişki	51
Çizelge 3.3. Çamur arıtımında ön arıtımın avantaj ve dezavantajları.....	51
Çizelge 4.1. Çalışmanın yapıldığı tesislerin özellikleri.....	53
Çizelge 4.2. Arıtılmamış atıksuyun tipik kompozisyonu.....	54
Çizelge 4.3. Lara AAT Haziran 2012- Mayıs 2013 arası fiziko- kimyasal analiz sonucu değerleri.....	55
Çizelge 4.4. Lara AAT mevsimsel ortalamalar.....	55
Çizelge 4.5. Lara ileri atıksu arıtma tesisi havalandırma havuzunda ipliksi mikroorganizma görülme sıklığı	56
Çizelge 4.6. Kemer Haziran 2012- Mayıs 2013 arası fiziko- kimyasal analiz sonucu değerleri.....	57
Çizelge 4.7. Kemer AAT mevsimsel ortalamalar.....	57
Çizelge 4.8. Kemer atıksu arıtma tesisi havalandırma havuzunda ipliksi mikroorganizma görülme sıklığı	58
Çizelge 4.9. Belek 1 Haziran 2012- Mayıs 2013 arası fiziko- kimyasal analiz sonucu değerleri.....	59
Çizelge 4.10. Belek 1 AAT mevsimsel ortalamalar.....	60
Çizelge 4.11. Belek 1 atıksu arıtma tesisi havalandırma havuzunda ipliksi mikroorganizma görülme sıklığı.	61
Çizelge 4.12. Belek 2 Haziran 2012- Mayıs 2013 arası fiziko- kimyasal	

analiz sonucu değerleri.....	62
Çizelge 4.13. Belek 2 AAT mevsimsel ortalamalar.....	62
Çizelge 4.14. Belek 2 atıksu arıtma tesisi havalandırma havuzunda ipliksi mikroorganizma görülme sıklığı.....	63
Çizelge 4.15. Çalışmanın yapıldığı atıksu arıtma tesisleri (Lara AAT, Kemer AAT, Belek 1 ve Belek 2 AAT) havalandırma havuzunda yıllık ipliksi mikroorganizma sıralaması ve oranı	66
Çizelge 4.16. Lara AAT, Kemer AAT, Belek 1 AAT, Belek2 AAT Haziran 2012 – Mayıs 2013 arası tür dağılımı.....	67
Çizelge 4.17. Filamentli mikroorganizmaların aylara göre tür çeşitlilik indeksi(H'), düzenlilik indeksi (J')ve baskınlık indeksi(1-lambda).....	69
Çizelge 4.18. Hidrojen peroksit uygulaması süre, güç, enerji ve bulanıklık analiz sonuçları.....	73
Çizelge 4.19. Ultrases uygulaması süre, güç, enerji ve bulanıklık analiz sonuçları.....	74
Çizelge 5.1. Farklı ülkelerde bulunan arıtma tesisleri aktif çamur ünitelerinde baskın filament türleri.....	76

1. GİRİŞ

Ülkemizde nüfus artışıyla birlikte atıksu oluşumu da giderek artmaktadır. Son yıllarda atık ve atıksuların kontrolünü sağlamak amacıyla atıksu arıtma tesisleri yapımı hızlanmış ve çoğunluğu hizmete girmiştir. TÜİK 2008 verilerine göre, Türkiye’de toplam 236 adet atıksu arıtma tesisi bulunmakta olup bunların 158’i biyolojik, 32’si gelişmiş, 29’u fiziksel ve 17’si ise doğal arıtma tesisleridir. Toplam atıksu arıtma tesislerinin illere göre dağılımı incelendiğinde 27 adet arıtma tesisi ile Antalya ilk sırada yer almaktadır. Bunu İstanbul (22), Muğla (19) ve İzmir (17) izlemektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde, arıtma tesislerinin turizm ve hassas alanların bulunduğu kıyı illerimizde yoğunlaştığı görülmektedir.

Yukarıda belirtildiği gibi son 20 yıl içinde ülkemizde çok sayıda arıtma tesisi kurulmuş ve büyük çoğunluğunda da biyolojik arıtma tesisleri tercih edilmiştir. Bu tip arıtmalar oksijen ihtiyacına sahip olan maddelerin mikroorganizmaların metabolik faaliyetleri ile son ürünlere dönüştürülmesi ve yüksek kalitede çıkış suyu eldesine yönelik aktif çamur sürecine dayanmaktadır. Aktif çamur süreci, atıksuyun bünyesindeki çözünmüş, partiküler ve koloidal yapıdaki organik maddelerin arıtılmasında en yaygın kullanılan yöntemdir. Biyolojik atıksu arıtma tesislerinde rastlanan en önemli sorunların başında çamur kabarması ve şişmesi gelmektedir. Böyle tesislerin oksijen dengesindeki değişimlerle (mevsimsel sıcaklık, hidrolik ve organik madde yüklemeleri) aktif çamur içeriğindeki mikroorganizma türleri de değişir. Oksijenli ortamda yaşayan bakteriler yerine, oksijensiz ortamda yaşayan bakterilerin miktarı artar. Protozoon ve yüksek yapılı canlılar ise ölürlür. Mikroorganizma hakimiyetinin değişmesine paralel olarak tesiste koku oluşumu, pH dengesinde değişim, besin/mikroorganizma oranı değişimi, çökelme, geri dönüş çamuru, çıkış suyu bulanıklığı gibi pek çok sorun ortaya çıkar ve arıtma veriminde azalma gözlenmeye başlar. Oksijen, pH ve besi maddesi dengesi, bozulduğunda *Actinomyces spp.* ve *Nocardia spp.* gibi filamentli türlerin artışı gözlenir. Tesis proseslerinde gerek sıcaklık, gerekse oksijen ve besi maddesi eksikliği/fazlalığı sonucu yaz ve kış aylarında şişkin çamur ve/veya çamur kabarması sorunları oluşabilir. Filamentli bakterilerin (Type 021N, Type 1851, *Microthrix parvicella* vb.) neden olduğu aktif çamur kabarması, kentsel atıksu arıtma tesislerinde sıkça görülmektedir.

Yaz ve kış aylarında belirli dönemlerde gözlenen aktif çamur kabarması, şişmesi buna bağlı olarak çökelme sorunları sadece Türkiye’de değil tüm Dünya’nın sorunu haline gelmiştir. Türkiye ile benzer iklim kuşağındaki İtalya’da 167 arıtma tesisinin 165’inde köpük ve çamur şişmesi sorunun yaşandığını (Madoni vd.1999), daha tropikal iklim kuşağındaki Güney Afrika’da (Lacko vd 1995) ve Çin’de yaz ve kış aylarında yoğun olarak yaşandığını bildirilmiştir. Kuzey ülkelerinde de çamur şişmesi ve köpük oluşumu sorunu pek çok araştırmacı tarafından incelenmiştir (Xie vd 2006, Övez 2006, Martins vd 2004, More vd 2010).

Çok sayıda araştırmacı tarafından aktif çamurda köpük ve şişme sorunun çözümüne yönelik kimyasal (Yılmaz vd 2007, Yin Jun vd 2008, Hammadi vd 2012) ve fiziksel yöntemler (Chu vd 2000, Choi vd 2005, Koners vd 2007) uygulanmıştır. Sorunun çözümü için gelişen teknoloji ile birlikte araştırmalar devam etmekte fakat

iklim koşulları, tesis dizaynı ve karakteristiği nedeniyle kesin bir çözüm henüz bulunmuş değildir.

Sorun çözümünde genel çözümlerin oluşturulması amaçlanmakla birlikte her tür filamentli bakteri için farklı çözümler oluşturulması tartışılmaktadır. Bu çalışmada; öncelikli olarak Antalya İl sınırları merkez bölgesinde 1 adet, Antalya'nın doğusunda iki ve batısında bir adet arıtma tesisi seçilmek suretiyle toplam 4 arıtma tesisindeki arıtma tipleri, işletme prosesleri, sorunları ve filamentli bakterilerin karakterizasyonunun belirlenmesi ve akabinde fiziksel ve kimyasal olarak çamur kabarması ve köpürmesi sorununa çözüm oluşturulması amaçlanmıştır.

2. KURAMSAL BİLGİLER

2.1. Biyolojik Arıtma

Biyolojik arıtma, atıksuların içinde bulunan ve kirleticisi madde olarak tanımlanan askıda ve çözünmüş halde bulunan organik ve inorganik karakterli maddelerin mikroorganizmalar tarafından aerobik, anaerobik ve fakültatif şartlarda parçalanarak çevresel açıdan zararsız bileşiklere dönüştürülmesi işlemlerine verilen genel addır. Biyolojik arıtma, atıksu arıtma sistemlerinde en çok kullanılan terimdir ve hem bağlı büyüme, hem de süspanse büyüme arıtma sistemlerini içermektedir. Biyolojik arıtmada görev yapan mikroorganizmaların toplam kütlelerine "biyokütle"; mikroorganizmalar tarafından kullanılan besin maddelerine de "substrat" adı verilir (Kestioğlu 2001).

Biyolojik arıtımın temel amaçları;

- Temel olarak çözünmüş partiküller biyolojik olarak parçalanabilen bileşenleri, kabul edilebilir son ürünlere dönüştürmek veya okside etmek.
- Askıda ve çökelemeyen koloidal katıları biyolojik bir floğa ya da biyofilm tarafından yakalanmasını veya bir araya gelmesini sağlamak.
- Azot ve fosfor gibi besinleri dönüştürmek ve uzaklaştırmak.
- Bazı durumlarda toksik olabilecek iz organik bileşenleri ve bileşiklerini uzaklaştırmak. (Anonim IV)

2.2. Biyolojik Arıtma Prosesleri

2.2.1. Anaerobik prosesler

Anaerobik arıtma, anaerobik mikroorganizmalar tarafından organik maddelerin önce hidrolize edilerek sonra asitleştirilerek metan ve karbondioksit haline dönüştürülmesi ve ortamdan uzaklaştırılması prosesidir. Bu arıtma, genelde organik kirliliği yüksek olan atıksuların arıtılmasında kullanılmaktadır. Anaerobik sistemlerinde de süspanse ve bağlı büyüme prosesleri bulunmaktadır. Anaerobik proseslerde son ürün olarak H_2S , metan ve CO_2 gibi gazlarla anaerobik olarak parçalanamayan organik maddeler elde edilir. Anaerobik mikroorganizmalar ancak oksijensiz bir ortamda yaşayabilirler. Anaerobik proseslerde oksijen yerine başka elektron alıcı maddelerin kullanılması "Anaerobik Solunum" olarak adlandırılır. Elektron alıcıları olarak, NO_3^- , SO_4^{2-} , Fe^{+3} ve S gibi maddeler kullanılmaktadır (Kestioğlu 2001).

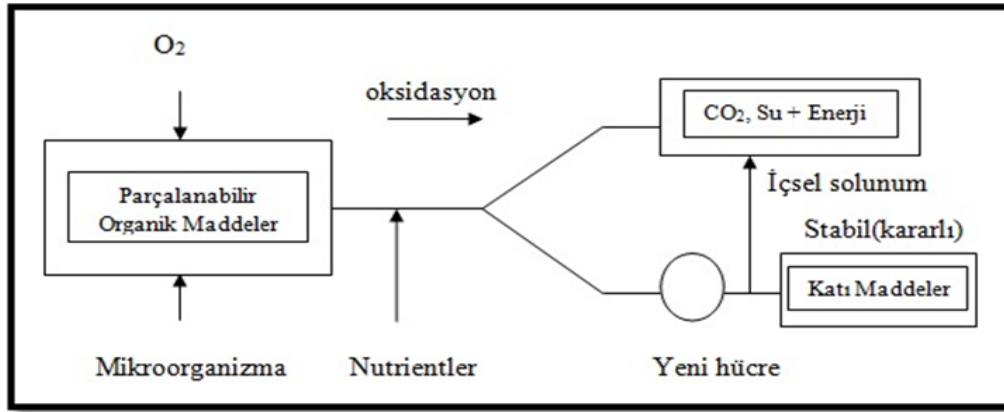
2.2.2. Aerobik prosesler

Aerobik parçalanma; çözülmüş oksijen varlığında mikroorganizmaların yaşamlarını sürdürebilmeleri için ortamda bulunan organik ve inorganik maddeleri okside ederek stabil hale getirmeleridir. Oksijen varlığında mikroorganizmalar, karbonlu bileşikleri parçalayarak CO₂ ve H₂O'ya dönüştürürler. Azotlu bileşikler ilk etapta amonyağa, daha sonra nitrat formuna dönüşürler. Karbonhidratlar, aerobik olarak en kolay parçalanmış karbon bileşikleridir. Aerobik ortamda biyolojik parçalanma prosesi:

Atıksu + Çamur (M.O) + Hava (O₂) + Nutrientler → C₅H₇O₂N (fazla çamur)+ diğer ürünler

şeklindeki denklemle ifade edilir. Bu ifade Şekil 2.1'de gösterilen şu şekilde de yorumlanabilir:

Org.madde+M.O+O₂+Nutrientler → Yeni M.O+ CO₂+ H₂O+NH₃+enerji



Şekil 2.1. Organik maddelerin aerobik parçalanma prosesinin şematik gösterimi (Kestioğlu 2001)

Aerobik büyüme proseslerini genel olarak aerobik süspansiyon büyüme prosesleri ve aerobik bağlı büyüme prosesleri olarak iki kısımda incelemek mümkündür (Kestioğlu 2001).

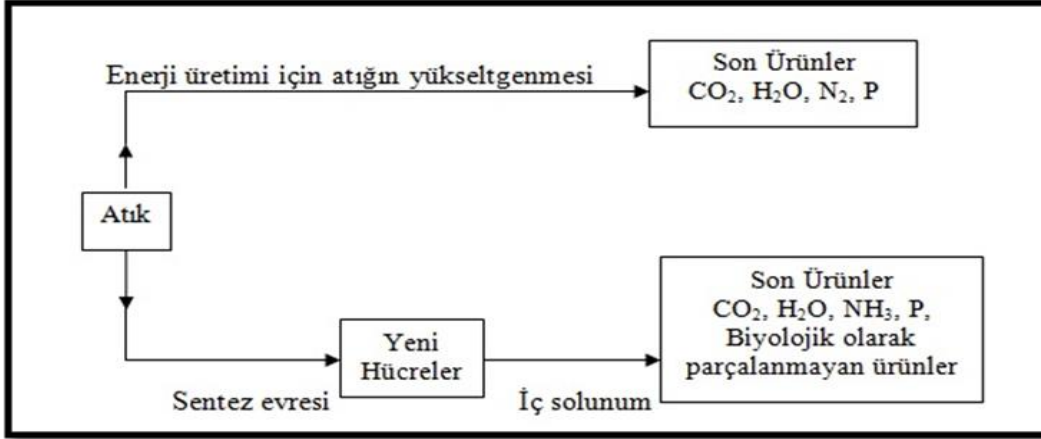
Aerobik prosesleri	Süspansiyon büyüme prosesleri	Aerobik Bağlı Büyüme Prosesleri
<ul style="list-style-type: none">• Nitrifikasyon prosesleri• Stabilizasyon havuzları• Oksidasyon hendekleri• Aktif çamur prosesi• Havalandırmalı lagünler		<ul style="list-style-type: none">• Damlatmalı filtre sistemleri• Biyodisk üniteleri

2.2.2.1. Aktif çamur prosesi

Aktif çamur, ham veya çökelmiş atıksuda bulunan mikroorganizmaların çözülmüş oksijenin mevcut olduğu havalandırma havuzlarında çoğalmasıyla meydana gelir. Aktif kelimesi flok partiküllerinin bakteri, mantar ve protozoa gibi canlıları ihtiva etmesinden dolayı verilmiştir.

Aktif çamur prosesi, atığın parçalanmasında mikroorganizmaların kullanıldığı bir biyolojik arıtma prosesidir. Mikroorganizmalar arıtma tesislerinin işçileri gibi düşünülebilir. Aktif çamur atıksuya ilave edildiğinde mikroorganizmalar atıksudaki atık partiküllerini yiyerek çoğalırlar. Mikroorganizmalar büyüyüp çoğaldıkça atıksudaki organik madde azalır. Bu sistemin verimli çalıştırılabilmesi için mikroorganizmaların kütlelerinin belli sabit bir oranda besine ve ayrıca oksijene ihtiyacı vardır.

İkinci arıtma olarak anılan aktif çamurla biyolojik arıtma; ön arıtmada giderilemeyen çözülmüş veya çok ince dağılmış askıdaki maddelerin oksidasyonu için yapılır. Aerobik mikroorganizmalar havalandırma tankında bu işlemi birkaç saatte gerçekleştirirler. Mikroorganizmalar çözülmüş ya da çok ince bir şekilde dağılmış olan askıda maddeleri kısmen su, CO₂, sülfata ve nitrata okside ederek stabil hale getirirler. Arta kalan katı maddeler, çökebilen bir forma dönüştürülüp çöktürme tankında çöktürülerek sistemden uzaklaştırılırlar. Havalandırmadan sonra atıksu ikinci bir çöktürme tankına gönderilir. Burada mikroorganizmaların sıvıdan ayrılması sağlanır. Çöktürülen mikroorganizmalar hızlı bir şekilde havalandırma tankına geri devir ettirilir. Bu mekanizma Şekil 2.2'deki şekilde de açıklanmaktadır.



Şekil 2.2. Havalandırılmalı ortamda biyolojik bozunmanın mekanizması (Kestioğlu 2001)

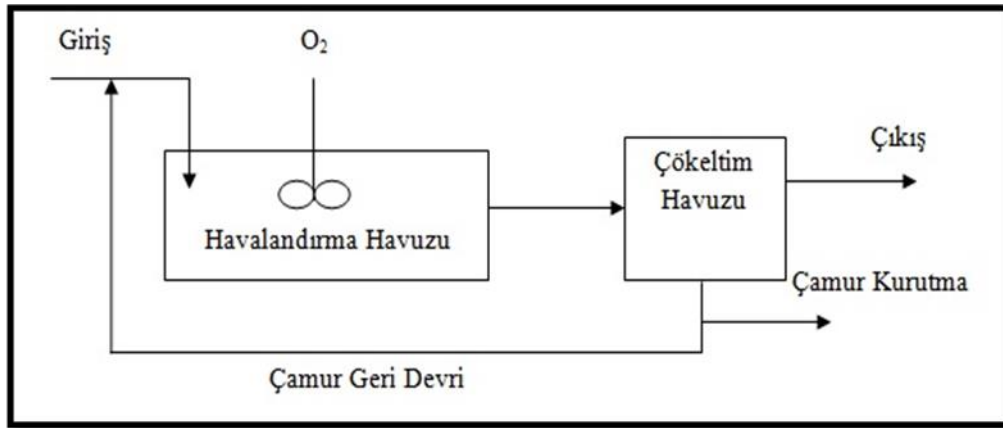
Reaktörün içeriği “karışık sıvı askıda katı madde” (mixed liquor suspended solids, MLSS) veya “karışık sıvı askıda uçucu katı madde” (mixed liquor volatile suspended solids, MLVSS) olarak tanımlanır ve büyük oranda mikroorganizmalardan, inert ve biyolojik olarak ayrışamayan maddelerden ibarettir. Mikroorganizmalar genellikle %70 ila %90 oranında organik, %10 ila %30 oranında ise inorganik maddelerden meydana gelmişlerdir. Mikroorganizmaların özellikleri atıksuyun kimyasal bileşimine ve organik maddeyi stabilize ettikleri ortamın çevresel özelliklerine

bağlıdır. Düşük pH, düşük azot, düşük oksijen ve/veya yüksek hidrokarbonlar, aktif çamur kütle içinde ipliksi bakterilerin ve mantarların baskın oluşuna neden olur. Bu organizmalar şişkin çamur sorunu yaratarak aktif çamurun çökeltme özelliklerini bozarlar ve son çökeltim havuzundan bakteri kaçmasına neden olurlar (Toprak 2006).

Bazı mikroorganizmalar atıksu içinde mevcut besin maddesini, verilen belirli bir konsantrasyonda gidermek için çok uzun zamana ihtiyaç duyarlar. Birçok mikroorganizma türleri mevcut besin maddeleri için birbirleriyle yarışır ve organik maddeyi hızlı şekilde davranmak suretiyle stabilize ederler. Aktif çamur prosesinde besin miktarının mikroorganizma miktarına oranı (F/M) esas kontrol parametrelerinden biridir.

2.3. Aktif Çamur Prosesi Tipleri

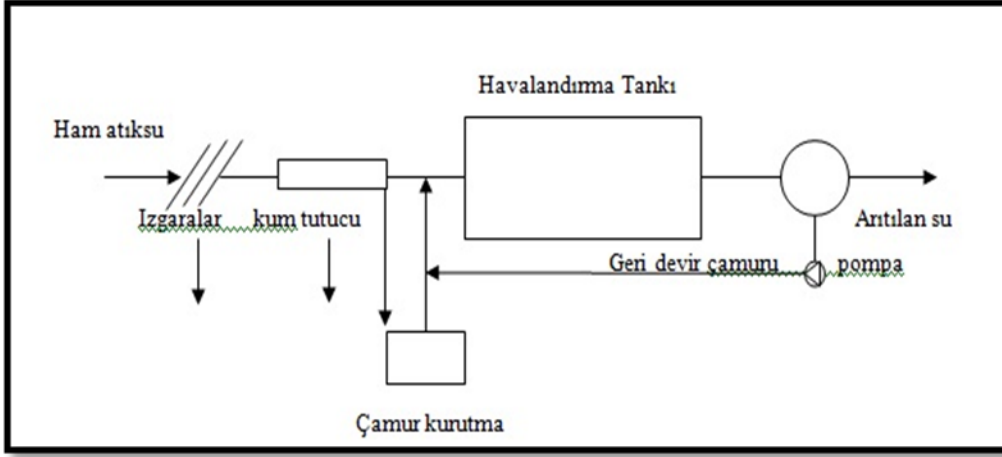
Basit olarak bir aktif çamur sistemi bir havalandırma havuzu, bir çökeltim havuzu, geri devir hattı ve atık çamur hattından oluşur (Şekil 2.3). Uzun havalandırma, kontakt stabilizasyonu ve tam karışım tipi prosesler klasik aktif çamur prosesinin bir modifikasyonu olup arıtma tesislerinde en yaygın kullanılan tiplerdir (Şakar 2009).



Şekil 2.3. Basit bir aktif çamur sistemi akım diyagramı (Şakar 2009)

2.3.1. Uzun havalandırma

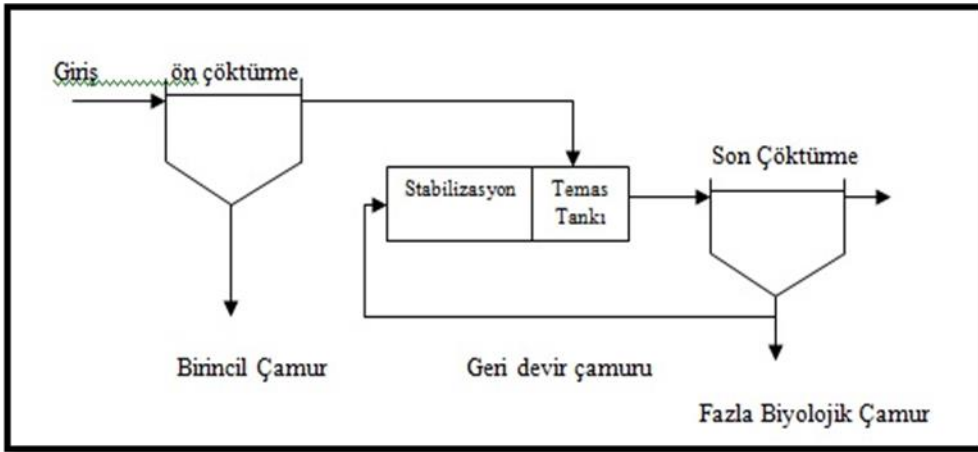
Uzun havalandırma, klasik aktif çamur tesisine benzemekle birlikte bir fark olarak havalandırma havuzunda mikroorganizmalar daha uzun süre bekletilirler ve daha az besin bulabilirler. Mikroorganizmaların daha az besin bulmalarının nedeni sayılarının fazla olmasındandır. AKM konsantrasyonu 2000 ile 2500 mg/L arasında değişir. Uzun havalandırma sistemi, klasik aktif çamur prosesleri kadar yüksek miktarda çamur üretmez (Topacık 2000). Uzun havalandırmalı aktif çamur sistemi diyagramı Şekil 2.4' de gösterilmektedir.



Şekil 2.4. Uzun havalandırmalı sistemin akım diyagramı (Anonim I)

2.3.2. Kontakt stabilizasyon

Kontakt stabilizasyonu da klasik aktif çamur sistemine benzemekle birlikte atıksu içindeki organik maddelerin mikroorganizmalar tarafından alındığı ve ayrıştırıldığı yerler ayrı havalandırma tanklarında meydana gelir (Şekil 2.5). Mikroorganizmalar 15 ile 30 dakika içinde mevcut organik maddeleri hücre duvarına absorbe edebilir. Fakat bunların hücre içine alınması ve ayrıştırılması saatler alır (Topacık 2000).



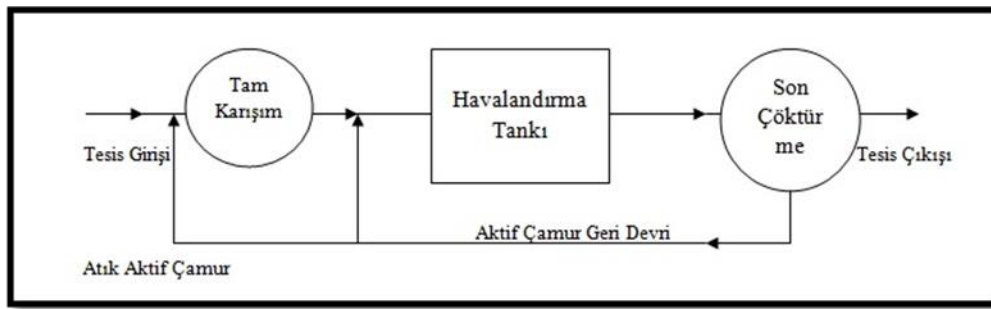
Şekil 2.5. Kontakt stabilizasyonlu aktif çamur sistemi (Anonim I)

Klasik aktif çamur sisteminde bu organik maddelerin adsorpsiyonu ve absorpsiyonu (ayrıştırılması) aynı tankta meydana gelir. Dolayısıyla atıksu havalandırma tankında daha uzun süre beklemek zorundadır. Her iki halde mikroorganizmalar atıksudan ayrılmak üzere bir çöktürme tankına geçerler. Fakat kontakt stabilizasyon havuzunda bu çöktürülmüş mikroorganizmalar hala depo ettikleri organik maddeyi ayrıştırmaya devam etmektedir. Bunun için stabilizasyon veya yeniden havalandırma tankı olarak adlandırılan bir diğer havalandırma tankına alınırlar. Burada mikroorganizmalar depo ettikleri organik maddeleri ayrıştırdıktan sonra aç bir şekilde

ilk başlangıçtaki havalandırma tankına geri devrettirilirler. Buraya kontakt tank denmektedir. Kontakt tankındaki akım konsantrasyonu 1500 ila 2000 mg/L arasındadır (Topacık 2000).

2.3.3. Tam karışım

İdeal tam karışımli aktif çamur tesisinde havalandırma tankı içindeki maddeler tam olarak karıştırılırlar. Yani MLSS konsantrasyonu bütün tank boyunca stabildir. Tam karışımli aktif çamur sistemi Şekil 2.6' da gösterildiği gibi bu sitemde tankın şekli ve karıştırmanın şiddeti oldukça önemlidir. Tam karışımli tanklardaki çamurların çökebilirliği, genellikle normal seviyede olmaktadır. MLSS havalandırma tankında 2000 ila 5000 mg/L arasında değişmektedir (Topacık 2000).



Şekil 2.6. Tam karışımli aktif çamur sistemi (Topacık 2000)

2.4. Aktif Çamur Mikrobiyolojisi

Aktif çamur prosesine dayalı biyolojik arıtmalarda yetişen mikroorganizmalar tipik olarak, % 95 bakteri ve % 5 ise yüksek mertebeli canlılardan (protozoa, rotifer, vb.) meydana gelir.

Optimum aktif çamur performansı; serbest yüzen siliatlar, askıda siliatlar ve rotiferlerin beraberliğinde meydana gelir (Anonim VIII).

2.4.1. Aktif çamur sisteminde bulunan mikroorganizmalar

Biyolojik arıtım prosesinin başarısı, sistemde çoğalmış olan mikroorganizmaların aktivitesine bağlıdır. Mikroorganizmaların aktivitesi ise, mikroorganizmanın cinsi ve bulunduğu atık suyun koşullarına adapte olabilmesiyle ilgilidir (Kestioğlu 2001). Şekil 2.7'de mikroorganizmaların derişime göre zamanla değişimi görülmektedir.



Şekil 2.7. Mikroorganizmaların derişime göre zamanla değişimi (Tanyolaç 1992)

2.4.1.1. Bakteriler

Bakteriler, biyolojik arıtımı sağlayan mikroorganizmalardır ve prokaryotik yapıdadırlar. Arıtma sistemlerinde bulunan bakterilerin boyu $10^2 - 10^4$ (nm) arasında değişir ve düz, küresel, silindirik, spiral, virgöl gibi değişik şekillere sahiptirler. Bakteriler tek başlarına ve grup halinde yaşamlarını sürdürmektedirler (Kestioğlu 2001).

Bakterilerin yapısı aynen hücrelerin yapısına benzemektedir. Bakteri sitoplazması içinde, ribozomlar, volutinler ve kromatoforlar bulunur. Bakterilerde gerçek bir hücre çekirdeği bulunmayıp yaşamlarını yönlendiren DNA mevcuttur. Bakteriler, salgıladıkları enzimlerle, ortamdaki organik maddeleri parçalayarak bu maddelerin tüketimini hızlandırmaktadırlar. Bakterilerin yapısında, %80 su ve %20 oranında katı madde bulunmaktadır. Katı madde içeriğinin de %50'si karbondan oluşmaktadır. Organik kısmın formüsel ifadesi $C_5H_7O_2N$ şeklindedir. Eğer bakteri bünyesindeki fosfor bileşiği de dikkate alınırsa bakteri hücresinin organik kısmının formülü daha ayrıntılı olarak $C_{60}H_{87}O_{23}N_{12}P$ şeklinde yazılabilir. Bakterilerin bünyesinde formülde gösterilen elementlerin haricinde Ca, S, Fe, K, Na gibi elementler de bulunmaktadır (Kestioğlu 2001).

Bakteriler, yapıtaşı olarak inorganik maddeleri bünyelerinde bulundurmalarından başka, yaşadıkları ortamdaki ağır metalleri bünyelerine alarak kendi aktif bölgelerine bağlarlar. Eğer yaşadıkları ortamlarda, istenenden fazla miktarda toksik madde bulunuyorsa, bu maddeler bağlandıkları aktif maddeleri inhibe ederek bakterilerin aktivitelerini düşürürler. Bakteriler belli şartlarda yaşamlarını sürdürebilirler. Atık su arıtma sistemlerinde istenen arıtma verimine ulaşılabilmesi için ortamın pH değeri 6,5 - 8,5 arasında, ortam sıcaklığı 15 - 45 $^{\circ}C$ ve ortamdaki çözülmüş oksijen derişiminin 2 mg/L değerinden büyük olması gerekmektedir.

Bakteriler buldukları atık su ortamına hava verilmezse bir süre sonra ölürlere ve arıtma aktivitelerini sürdürmezler. Bu nedenle aerobik aktif çamur sistemleri çalıştırılırken sisteme verilen havanın sürekliliği sağlanmalıdır (Kestioğlu 2001).

Reaktörde veya havalandırma tankındaki organik atıkların bir kısmı aerobik ve fakültatif bakteriler tarafından sentez için enerji elde etmede kullanılırken organik maddenin geri kalanı yeni hücrelere dönüştürülür (İçemer 2009).

Orijinal atığın sadece bir kısmı NO_3^- , SO_4^{2-} ve CO_2 gibi düşük enerjili bileşiklere okside edilir, geri kalanı hücrelere materyale çevrilir (İçemer 2009).

Aktif çamur içinde fizyolojik özelliklerine göre yaklaşık 300 civarında bakteri suyu yaşamaktadır. Bunlardan bazıları: *Pseudomonas*, *Zooglea*, *Achromobacter*, *Bacillus*, *Acinetobacter*, *Flavobacterium*, *Nocardia*, *Bdellovibrio*, *Cytophaga*, *Mycobacterium*, *Nitrosomonas*, *Nitrobacter* genuslarının üyeleri, *Escherichia coli*'dir. Ayrıca, *Sphaerotilus*, *Beggiatoa*, *Thiothrix*, *Lecicothrix* ve *Geotrichum* gibi çeşitli filamentli (ipliksi) formlarda bulunabilir (İçemer 2009). Bakteri çeşitlerinden biri olan *Pseudomonas* spp. Şekil 2.8'de gösterilmiş ve aktif çamurda yaygın olarak rastlanan bazı bakteri genusları ve görevleri Çizelge 2.1'de verilmiştir.



Şekil 2.8. Bakteri çeşitlerine bir örnek (*Pseudomonas* spp.) (Anonim II)

Çizelge 2.1. Aktif çamurda yaygın olarak rastlanan bazı bakteri genusları (İçemer 2009)

Genus	Görevi
<i>Pseudomonas</i> spp.	Karbonhidratların giderimi ve denitrifikasyon
<i>Arthobacter</i> spp.	Karbonhidratların giderimi
<i>Bacillus</i> spp.	Proteinlerin parçalanması
<i>Cytophaga</i> spp.	Polimerlerin parçalanması
<i>Zooglea</i> spp.	Cıvık matris oluşumu
<i>Acinetobacter</i> spp.	Polifosfat depolanması
<i>Nitrosomonas</i> spp.	Nitrifikasyon
<i>Nitrobacter</i> spp.	Nitrifikasyon
<i>Sphaerotilus</i> spp.	Filamentöz büyüme

2.4.1.2. Protozoalar

Protozoalar, bakterilerden daha iri, mikroskobik protista grubunda yer alan, tek hücreli organizmalardır. Genel olarak aerobik heterotrof olarak faaliyet gösterirler. Atık su arıtma sistemlerinde, süspanse haldeki maddeleri tükettikleri için olumlu etki

yapmaktadırlar. Ayrıca protozoalar, floküle olmamış olan serbest haldeki bakterileri tüketirler. Protozoalar'ın çıplak gözle görülenleri olduğu gibi mikroskopik boyutta olanları da mevcuttur ve hücre duvarları çeşitlidir (Şekil 2.9). Amip gibi bazı protozoalarda hücre zarı bulunmazken bazı protozoaların hücrelerinde rijit bir hücre kabuğu bulunabilmekte, bazılarında da esnek bir hücre zarı bulunmaktadır. Protozoalar, gruplar veya koloniler halinde yaşarlar, çoğunda klorofil bulunmadığından tükettikleri maddelerin enerjilerine muhtaçtırlar. Buna karşın bazı protozoalar sarı veya yeşil renkte fotosentetik pigmentler içerirler (Kestioğlu 2001).

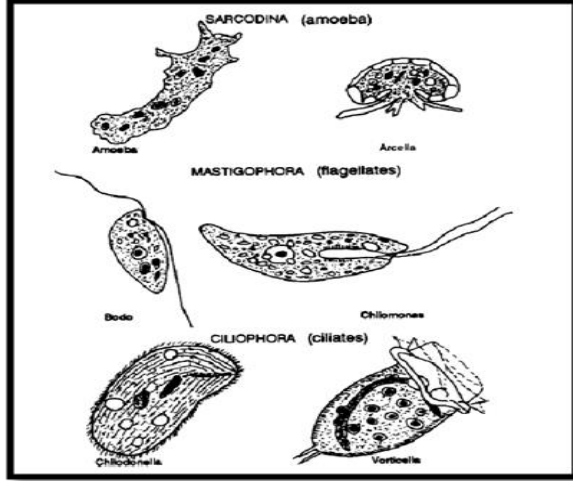
Protozoalar, bakterilerden farklı olarak hücrelerinde çekirdek bulundururlar. Hatta bazı protozoalarda birden fazla çekirdek bulunabilmektedir. Aktif çamur havuzunda en çok görülen protozoalar; Siliatlar (Ciliates), Flagellatlar (Flagellates), Rhizopoda (Amoeba) ve rotiferlerdir (Kestioğlu 2001). Diğer bir protozoa olan rotiferler, oldukça büyük organizmalardır. Çapları 100-500 mikrometre arası değişebilir. Aktif çamur ve damlatmalı filtrelerde en çok gözlenen rotiferler Şekil 2.10'da gösterilmektedir ve bu rotiferlerin aktif çamurda iki önemli rolü vardır;

Rotiferler serbest halde dolaşan bakteriler üzerinden geçinerek artılmış suyun berraklaşmasına yardım ederler ve ürettikleri maddeler ile bakterilerin yumak oluşumuna katkıda bulunurlar (Anonim IX).

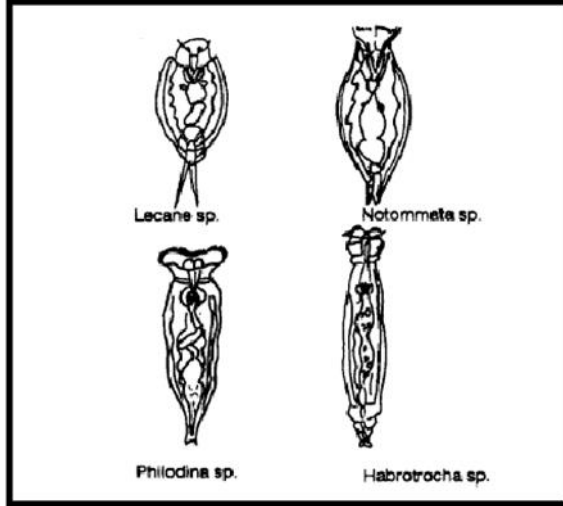
Oksidasyon havuzlarında fotosentez hızının şiddetini, dolayısıyla oksijen varlığı hakkında en iyi bilgiyi kabuklu mikroorganizmalar verir. Oksidasyon havuzlarında, Rotiferler, Su piresi ve kabuklu organizmalar görüldüğü zaman, havuzun yüklemesinin az ve sistemin çalışmasının çok iyi olduğu görülür (Anonim IX).

Protozoalar hareket cinslerine ve besin temin etme durumlarına göre üç gruba ayrılırlar:

- Kök Ayaklı Protozoalar: bunların hiçbir daimi hareket organelleri yoktur. Hareketlerini ve besinlerini yalancı ayak denilen organelleriyle sağlarlar. Kök ayaklı protozoalarda hareket, organizmadan protoplazmanın akması ile sağlanmaktadır (Kestioğlu 2001).
- Kamçılı Protozoalar: Kamçılı protozoaların (flagella), hareketlerini sağlayabilmeleri için bir veya daha fazla sayıda kamçı denilen organları vardır. Yaşamlarını başkalarına ihtiyaç duymadan sürdürebilirler. Genellikle asalak değildirlir (Kestioğlu 2001).
- Siliat Türü Protozoalar: hücreleri, belli kısımlarında veya bütün hücre yüzeylerinde siler içerir ve siler dalga şeklinde ilerlemelerini sağlarlar. Genelde serbest yüzerler, ancak bazı durumlarda saplara bağlanmış halde bulunabilirler (Kestioğlu 2001).



Şekil 2.9. Aktif çamur sistemlerinde bulunan önemli protozoalar (Şahinkaya 2012)



Şekil 2.10. Aktif çamur havuzlarında en çok gözlenen rotiferler (Şahinkaya 2012)

2.4.1.3. Mantarlar

Mantarlar, genel fizyolojik özellikleri bakımından tek hücrelilerden ziyade bakterilere daha yakındırlar. Bazı iplikli bakteriler şekil olarak mantarlara çok benzerler, bunlar mantarların, bitkisel ve çoğalabilen hücreleriyle ayırt edilebilirler (Kestioğlu 2001).

Bazı iplikli funguslar aktif çamur yumakları içinde gözlenebilir. Funguslar genellikle düşük pH'larda, toksik madde varlığında ve azot içeriği az olan atık sularda gözlenir. Aktif çamur havuzlarında en yaygın gözlenen fungus türleri; Geotrichum, Penicillium, Cephalosporium, Cladosporium ve Alternaria'dır. Şekil 2.11'de gösterilen Geotrichum'un fazla bulunması çamur kabarması (şişkin çamur) problemine neden olabilir (Şahinkaya 2012).



Şekil 2.11. Geotrichum (Anonim XIV)

Aktif çamur sistemlerinde mantarlar önemli yer tutmaktadırlar. Mantarlar hem pH hem de ortam sıcaklığı bakımından bakterilerden daha dayanıklıdır. Biyolojik arıtma sistemlerine herhangi bir inhibisyon maddesi geldiğinde, ortamın pH'ı düştüğünde veya yükseldiğinde, mantarlar 2 – 9 pH değeri arasında faaliyet gösterebilirken, aynı şartlarda bakteriler inaktif duruma geldiği için mantarlar dominant hale gelirler ve aktif çamur havuzunu tamamen doldurarak aktif çamurun çökmesini engellerler (Kestioğlu 2001).

Mantarlar heterotrofik organizmalar olup, enerjilerini organik maddelerin yükseltgenmesi ve indirgenmesinden sağlarlar. Karbonhidratları, selülozik maddeleri, yüksek karbonlu alkoller ve yağları enerji ve karbon kaynağı olarak kullanabilirler ve proteinleri parçalayabilirler. Arıtma sisteminde, karbonhidratlı maddeler yoksa karbon ve azot kaynağı olarak proteinli ve azotlu maddeleri kullanabilirler. Mantarlar aerobik ortamda optimum sıcaklık olarak 20 – 30 °C' lerde faaliyet gösterirler. Ayrıca düşük pH ortamında da yaşayabilirler (Kestioğlu 2001).

2.4.1.4. Algler

Algler fotosentetik pigmentler ihtiva eden ve atık su ortamında fotosentez yapabilen ilkel yapılı bitkilerdir. Sarı, yeşil, portakal rengi, mavi, kırmızı veya kahverengi pigmentler içerebilmektedirler (Şekil 2.12). Bu grubun fizyolojik özelliği, içerdikleri bu pigmentler yardımıyla güneş ışığı enerjisinden faydalanabilmeleridir. Alg hücreleri selülozik zarla çevrili olup, eşeyli ya da eşeysiz olarak üreyebilen türleri bulunmaktadır. Algler, su içerisinde bulunan inorganik maddeleri kullanarak fotosentez yapabilirler ve su ortamına oksijen verirler. Birçok yerde ortama bol oksijen temin etmek için özellikle alg yetiştirilir (Kestioğlu 2001).

Atık su arıtma sistemlerinde yeterli miktarda nutrient giderimi yapılamadığından özellikle çökeltme havuzu çıkışında ve savaklarında alg oluşumu gözlenebilmektedir. Bu durumda, savaklama sisteminde tıkanmalar olabilmekte ve kötü görünüme sebep olmaktadır. Biyolojik arıtma sistemlerinde alg oluşumunu engellemek için, ortama klor veya alg üremesine engel olan tuzlar (örneğin göztaş) ilave edilebilir (Kestioğlu 2001).

2.5. Flok Oluşumu ve Özellikleri

2.5.1. Çamur flok bileşenleri

Atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan biyolojik çamur flokları, kompleks yapıda agregalardır. Flok, koloidal materyal (inorganik ve organik), mikroorganizmalar, hücre dışı polimerik bileşenler-polisakkaritler, proteinler, humik maddeler, inorganik partiküller, katyonlar ve büyük miktarda su içermektedir. Çamur floklarının içine yerleşerek bir ağ oluşturan hücre dışı polimerik bileşenler, çamurların zor su verme özelliğinden sorumludur (Anonim VII).

Aktif çamur prosesinde normal şartlarda filamentli bakteriler ile flok oluşturan bakteriler arasında bir denge mevcuttur. Filamentli bakterilerin varlığı, iyi çökelen floklar için bir makro yapı oluşturduğundan dolayı önemlidir. Bununla beraber, şişkin çamur olarak bilinen filamentli mikroorganizmaların aşırı büyümesi aktif çamur proseslerinde karşılaşılan çökeltme problemlerinin başlıca nedenidir (Gürtekin 2009).

Çökeltme, aktif çamur floklarının yapısına, büyüklüğüne ve yoğunluğuna bağlıdır. Düşük çözünmüş oksijen konsantrasyonu, aktif çamurun flok yapısının bozulmasına ve daha bulanık bir çıkış suyu elde edilmesine neden olmaktadır. Çözünmüş oksijen konsantrasyonunun artmasıyla daha büyük floklar elde edilmektedir (Gürtekin 2009).

2.5.2. Flokların morfolojik karakteristikler

Şekil: Aktif çamur floklarının şekilleri düzensizliği gidermek için daha fazla ya da daha az dairesel olarak değiştirilebilir. Floklarının çökeltme hızının azalması düzensiz şekilli olmalarına bağlıdır. Daireleşmiş floklar genellikle çok zor sağlanır. Birçok tesiste floklar dairesele yakın ya da daha azdır. Bu çoğunlukla rastlanan flok tipidir. Floklar bazen belirgin ve düzensiz şekillenmektedir (Anonim V).

Yapı: Flok yapısını tanımlarken en önemli noktalar şu şekilde belirlenebilir:

Yoğun floklar; içlerinde kapalı bir yığından diğerine giden bakteriler bulunur. Floklar genellikle kahverengidir.

Açık floklar; içinde su akışı olan flok partikülleri vardır. Eğer daha seyrekse, floklar daha hızlı çöker (Anonim V).

Havalandırma kombinasyonu ve 0,3 kg BOİ / kg MLSS.gün'den küçük bir çamur yükü ile yoğun floklar sağlanmaktadır, bu durumda filamentli bakteriler ortaya çıkmaktadır. Yüksek çamur yükü ve bu havalandırma sistemi ile floklar genellikle düzensiz şekillenmiştir ve sonuç olarak daha açıktırlar (Anonim V).

Eğer yüzey aeratörleri uygulanmaktaysa daha az yoğun flok oluşmaktadır. Bunlar genellikle belirgindir. Çeşitli küçük flok partiküllerinin içeriği ana floğu oluşturur. Bu aeratör yanındaki bölgedeki türbülansın sonucudur. Böylece floklar daha küçük parçalara ayrılmaktadır (Anonim V).

Direnç: Dayanıklı bir flok bir yere bağlıdır; floğun kendindeki ve çevresindeki sıvı farklı biçimde ayrılmıştır. Bu ayrım zayıf bir flokta yapılamaz; flokla sıvı arasındaki ara yüzeyin yeri kesinlikle tanımlanamaz; çünkü eğer bakteri floklarla sınırlanırsa; bu kesin bir durum değildir ve birçok hücre flok kenarlarında ortaya çıkar. Zayıf floklar kolaylıkla zarar görebilirler (Anonim V).

Bakteriler flokları şekillendirir; bu yüzden onlar zayıf nutrientlerin bir çevrede yaşamlarını sürdürebilirler. Flokların direnci temelde çamur yükü uygulamasına dayanmaktadır ki yüksek çamur yükü zayıf flok oluşumuna neden olmaktadır. Yüksek yüklü tesislerden kaynaklanan floklar en çok Gram negatif bakterileri içermektedir. Birçok Gram pozitif hücreleri oluşmuşsa; düşük bir çamur yükü uygulanmış demektir. Gram pozitif bakteriler, hidrofobik hücre yüzeyi içermektedir. Bunun sonucu olarak; onlar bir diğer bakteriye bağlı olarak tercihen de su fazı içinde asılı şekilde bulunmaktadır (Anonim V).

Boyut: Bir çamur floğunun boyutu yerine bağlıdır. Flokların çapları standart bir mikrometre tarafından belirlenmektedir. Üç boyut sınıfı ayırt edicidir:

- Küçük floklar: çap $< 25 \mu\text{m}$
- Orta boyutlu floklar: çap $25-250 \mu\text{m}$
- Geniş floklar: çap $> 250 \mu\text{m}$

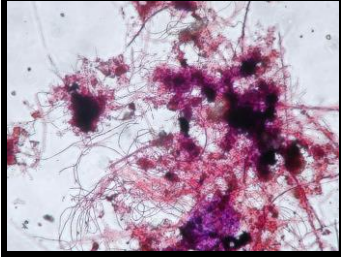
Normal bir aktif çamur yumağının görünümü Şekil 2.13'de görülmektedir. Makroskobik çamur floklarının boyutu çamur çöktüğü zaman şekillenmektedir fakat bu hedeflenen bir durum değildir. 10 mm'lik makroskobik çaplar hiç kohezyon olmadığında zorluk gösterirler ve kolay parçalanmazlar. Eğer genişlerse; yoğun flokların çökmesi daha hızlıdır. Verilen aktif çamur içindeki flok boyutları uyuşmazlık gösterir. Küçük floklar neredeyse her zaman ortaya çıkarlar. Eğer yüzdeleri çok yüksek değilse; çamur battaniyesi içinde tutularak sudan uzaklaştırılmaktadırlar. Küçük flokların yüksek bir yüzdesi (%25) çamur içindeki boşaltmayla ve akışla sonuçlanabilir (Anonim V).

Havalandırma sistemi kullanımı arıtma tesisi içindeki flok boyutu üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Yüzey aeratörleri kullanıldığı zaman flokların boyutu $25 \mu\text{m}$ 'den $250 \mu\text{m}$ 'ye ulaşabilir. Havayla temas etmek flokları genişletir (oran: $25-1000 \mu\text{m}$; genellikle $>500 \mu\text{m}$) (Anonim V).

Küçük flokların yüksek yüzdesi (%20-30) herhangi bir arıtma tesisi için farklı nedenlere sahip olabilir:

- Aşırı derecede düşük bir çamur yükü ($< 0.025 \text{ kg BOİ} / \text{kg MLSS.gün}$). Floklar; flok içindeki hücrelerin çevresindeki polimerik kapsüllerin indirgenmesi/ tüketiminden dolayı parçalara ayrılır.
- Havalandırma tankı içindeki aşırı türbülanslı şartlar.
- Çamurun zehirlenmesi.

Atıksuların biyolojik olarak arıtımında geçici şartlar meydana gelebilmektedir. Bu geçici şartlar; besi maddesi ve besi elementi konsantrasyonunda değişim veya toksik bileşikler, çözülmüş oksijen, pH ve sıcaklık gibi parametrelerde meydana gelen değişimler olup, çamurun flok yapısını bozduğu bilinmektedir (Anonim V).



Şekil 2.13. Aktif çamur yumağının görünümü

2.5.3. Flok tipleri

Büyük akımlar; flok karakterlerinin sağlanmasında paya sahiptir. Flok tipinin belirlenmesi tesis karakteristiklerini kapsamaktadır. Evsel arıtma tesislerinde tüm çamurun %90'ından fazlası 3 flok tipine aittir (Anonim V).

2.5.3.1. Flok tipi 1

0,2 kg BOI/kg MLSS.gün'lük bir çamur yükü ve yüzey aeratörlerinin oksijen temini ile bir tesis işletmesinin karakteristiğidir (Anonim V).

Eğer filamentli bakteriler fazla miktarda değilse floklar şu karakteristiklere sahiptir:

- Orta boyut (25-250 µm)
- Dayanıklı (az miktarda bağımsız yaşayan hücreler)
- Açısal olarak çevrelenmiş
- Çevrelenmiş
- Sıkışmış

- Gerçek olarak yoğunlaşmamış. Genellikle net olarak görülürler bu floklar ayrılmış yoğunluğun içinde "öncü-flok"lardır (Anonim V).

Filamentli bakteri varlığı (özellikle *M. parvicella*), aglomeratların biçimlenmesinin sonucu olarak belirmektedir ve ortalama flok boyutunun yükselmesine neden olurlar. *M. parvicellanın* gelişimi belirli bir mevsimsel özellik göstermektedir, yazın minimum miktarda kış sonunda maksimum miktarda ortaya çıkarlar. Biyolojik nutrient giderimi, özellikle yazın monokolonilerin miktarının artışı ile sonuçlanabilmektedir. Bağımsız yaşayan hücrelerin miktarı genellikle nutrient giderimi şartları, özellikle de uzun anoksik periyotların sonunda yükselmektedir (Anonim V).

2.5.3.2. Flok tipi 2

0,2 BOI/kg MLSS.gün'lük çamur yükünden küçük tesislerde belirgindir ve oksijen temini için havalandırmaya nüfuz etmektedir. Bu flokların karakteristikleri şunlardır:

- (Orta) Geniş; 25-1000 µm arasında, sıklıkla > 500 µm
- Dayanıklı (birkaç bağımsız yaşayan hücre)
- Çevreleyici
- Yoğun
- Bazen bir aşındırıcı ağız

Sudaki az miktardaki türbülansın açıklaması olarak floklar geniştir yani ortalamanın üzerindedir ve Flok Tipi 1'dekilerden daha yoğundur. Bu farklılık Flok Tipi 2'nin daha koyu bir renge sahip olması sonucunu doğurmaktadır (Anonim V).

Filamentli bakteriler genel anlamda bir zorlama ile flok morfolojisini etkilemektedir. Temel olarak flokların ağızlarında ya da su fazı ile floklar arasında yetişmektedirler.

Eğer filamentliler bağı bir biçimde yetişirlerse daha düzensiz floklar ortaya çıkar. Flokların morfolojik özellikleri üzerinde nutrient gideriminin etkileri konusunda daha fazla bilgi için Flok Tipi 1 tercih edilmektedir (Anonim V).

2.5.3.3. Flok tipi 3

0.2 ile 0.3 kg BOI/kg MLSS.gün'den küçük bir çamur yükü ile ortaya çıkan bir tesis işletme karakteristiğidir. Floklar tamamen dayanıklı değildir, birçok bağımsız yaşayan hücrenin ortaya çıkışına neden olmaktadır. Düşük çamur yaşı ile en önemli bakteriler ve protozoaların tüketimi (siliatlılar) tesis içinde sağlanamayabilir çünkü onlar yeterince hızlı gelişemezler. Ayrıca bu durum bağımsız yaşayan hücrelerin miktarının yükselişine de katkıda bulunmaktadır (Anonim V).

Bu durumda monokoloniler ortaya çıkabilir, özellikle de çok karakteristik olarak Zoogloea kolonileri ortaya çıkmaktadır. Boyut ve flokların şekilleri havalandırma sistemi uygulaması ile ortaya çıkmaktadır. Floklar genellikle geniştir fakat düzensiz şekillidirler, arıtma tesisi içinde havalandırma ile nüfuz ettirilmektedirler. Bu tür floklar daha küçük ve yüzey aeratörleri ile daha çevreleyicidirler. Eğer filamentliler yoksa floklar genellikle açık yapıdadırlar. Flok şekillerini ortaya çıkaran mikroskobik araştırmalar yapılmaktadır. Flok Tipi numaraları analiz şekilleri üzerine kaydedilmektedir (Anonim V).

2.5.4. Flok oluşum mekanizması

Flok oluşumu anaerobik proseslerde meydana gelmez çünkü anaerobik tanklar içindeki septikleşme flok yapısını bozar. Flok oluşumu aktif çamur proseslerinde meydana gelir ve prosesin başarılı olabilmesi için bu gereklidir (Gerardi 2006).

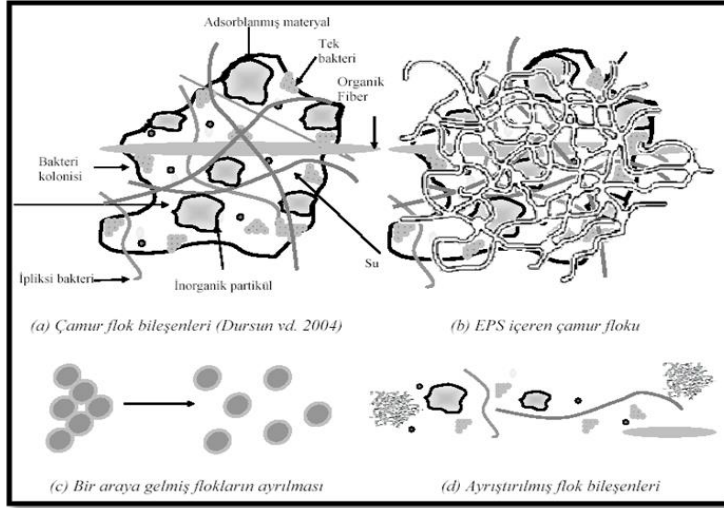
Aktif çamur, karışık, genellikle kontrolsüz, mikro ve makro organizmaların birlikte yaşadığı geniş bir mikrobiyoloji kültürüdür. Aktif çamur, atıksu içinde organik veya inorganik maddeleri uzaklaştırmakta veya onları çevresel olarak kabul edebilir forma dönüştürmektedir. Aktif çamur prosesinin temeli, flok yapan bakterilerin atıksudaki organikler üzerinde büyümesidir. Bu organik maddeler son çöktürme tankında yerçekimi ile çökmekte ve son çıkış suyundan ve yoğunlaşmış çamurdan ayrılmaktadır. Bununla birlikte, aktif çamur içindeki bütün bakteriler flok yapıcıdır. İpliksi bakterilerin çoğu (çoğunlukla bakteri veya fungi) atıksu içindeki gelişebilmekte ve bunlar bazı işletme problemlerine yol açmaktadır. Belli miktarlardaki ipliksi bakteriler, aktif çamur prosesine faydalı olabilmektedir. İpliksi bakterilerin eksik olması, küçük, kolay parçalanabilen floklara sebep olmaktadır. Bu durumda çamur iyi çöker fakat çıkış suyu bulanık olmaktadır. İpliksilerin flok yapısında, daha büyük ve dayanıklı flokların oluşmasına 'backbone' sırt kemiği işlevi gördüğü düşünülmektedir. Bazı ipliksilerin olması, çamurun çökmesi sırasında küçük parçaları tutma ve yakalama görevini üstlenmektedir. Böylece bulanıklığı daha az çıkış suyu elde edilmektedir. Sadece ipliksi organizmalar büyük oranda arttığı zaman çamurun çökmesine ve sıkışmasına engel olmaktadır (Özdemir 2008).

Ekzopolisakkaritler (EPS) bazı bakterilerin ürettiği ve hücre yüzeyinde birikmiş olan metabolik bir üründür. EPS dış etkilere karşı hücreyi korur ve yiyecek tükendiğinde karbon kaynağı görevi görerek enerji rezervi olarak kullanılmaktadır. EPS aktif çamur sisteminde, flokülasyon oluşumunda hayatsal rol oynamaktadır. EPS çok çeşitli organik maddelerden oluşmaktadır. Pek çok saf kültürün EPS'inde karbonhidratlar baskın karakterdir. Halbuki proteinde EPS içerisinde çok yüksek konsantrasyonlarda bulunmaktadır. EPS içerisinde hümik maddeler üronik asit, deksiribonükleik asit (DNA)'da mevcuttur (Özdemir 2008).

EPS bakterilerin içsel solunum fazında üretilmekte olup, mikroorganizmalar arasında bir köprü vazifesi görür (Şekil 2.14). Dolayısıyla, mikroorganizmaların yumaklaşması ile, bakteriler tarafından üretilen EPS arasında bir korelasyon vardır. Üretilen EPS miktarı ya da konsantrasyonu sistemde çamur yaşı arttıkça artmaktadır (Şahinkaya 2012).

Bakterinin dış yüzeyini kaplayan EPS kapsül veya slim formda olabilmektedir. Kapsüller EPS bakteri hücre yüzeyindeki fosfolipid veya lipid-A moleküllerine kovalent bağ ile bağlanmaktadır. EPS'ler suda çözünen polimerlerdir ve doğada iyonik ya da iyonik olmayan yapılarda bulunabilmektedirler. Bakteriyel EPS'lerin çoğunluğu düzenli oligosakkaridlerin tekrarlanan birimlerinden oluşmuş heteropolisakkarid yapıda, bazı bakteriyel EPS'ler ise tek tip şekerden meydana gelen bir homopolisakkarid yapıdadır. EPS'yi oluşturan homopolisakkaridlerin çoğunluğu nötr olmasına rağmen birçok bakteriyel EPS negatif yük taşır ve yüksek kütleye sahiptir. Ayrıca polisakkaridler hidrofilik özellik taşımakla birlikte çoğu polimerler lipofilik, hidrofilik ve biyofilm yapısında olabilen heterojenlerdir (Özdemir 2008).

Flok oluşumuna katkıda bulunan bir diğer etkenin de filamentli bakterilerin bir matriks veya iskelet oluşturduğu ve bunlara bakterilerin (özellikle cıvık ve kapsül oluşturan bakterilerin) bu yapılardaki ekzopolisakkaritler sayesinde tutunduğu belirlenmiştir (Haliki 2004).



Şekil 2.14. Çamur flok bileşenleri ve işlem gördükten sonra ayrıştırılmış flok bileşenleri (Şahinkaya 2012)

2.6. Filamentli Bakteriler

Filamentli bakteriler aerobik, tek hücreli bakteriler olup yan yana gelerek uzun zincirler oluştururlar. Oluşan bu bakteri zinciri tek hücreli bir canlı gibi davranış gösterir. Filamentler mikroskop ile görülebilir. Bazı türler, hücreyi tamamen kapatan saman benzeri yapıda olan ve kılıf denen koruyucu bir tabaka ile kaplıdır (Anonim X).

Filamentli mikroorganizmalar aktif çamur sistemlerinde çökme karakteristikleri üzerinde oldukça etkin olduklarından bu organizmaların yüksek yoğunlukta bulunması durumunda sistemi olumsuz yönde etkileyen sorunlar ortaya çıkmaktadır (Haliki 2004).

Aktif çamur sistemlerinde yaygın olarak bulunan filamentli bakterilerin tanımlanması ve sınıflandırılması için birkaç farklı çeşit yöntem geliştirilmiştir.

Sınıflandırma yöntemleri;

- Morfolojiye (hücre boyut ve şekli, filament uzunluğu ve şekli),
- Boyamaya karşı tepkiye,
- Genetik yapıya dayanmaktadır (Debik 2008).

2.6.1. Filamentli mikroorganizma türleri

Aktif çamur tesislerinde 20~30 çeşit ipliksi bakterilerin bulunabileceği bilinmektedir. Yapılan çalışmalara göre yaklaşık 15 çeşit ipliksi bakterinin çamur kabarma problemine sebep olduğu gözlenmiştir. Yapılan başka bir diğer çalışmaya göre ise, filamentli bakterilerin kabarma ya da köpük oluşumuna neden olduğu gözlenmiştir. En çok gözlenen ipliksi yapıdaki aktinomisetler; *Nocardia* (Gordonia) ve ipliksi bakteri Type 1701'dir. Ayrıca, Type 021N çamur kabarma problemi olan aktif çamur proseslerinde gözlenmiştir (Şahinkaya 2012). Amerika'da yapılan bir çalışmaya göre aktif çamur tesislerinde kabarmaya neden olan ipliksi bakterilerin gözlenme sıklıkları Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Amerika’da yapılan bir çalışmaya göre aktif çamur tesislerinde kabarmaya neden olan ipliksi bakterilerin gözlenme sıklıkları (Şahinkaya 2012)

Filamentli Bakteri	Kabarma gözlenen aktif çamur sistemlerinde gözlenme oranı (%)
<i>Nocardia</i> spp.	31
Type 1701	29
Type 021N	19
Type 0041	16
<i>Thiothrix</i> spp.	12
<i>Sphaerotillus natans</i>	12
<i>Microthrix parvicella</i>	10
Type 0092	9
<i>Haliscomenobacter hydrossis</i>	9
Type 0675	7
Type 0803	6
<i>Nostocoida limicola</i>	6
Type 1851	6
Type 0961	4
Type 0581	3
<i>Beggiatoa</i> spp.	< 1
Fungi	< 1
Type 0914	< 1
Diğerleri	< 1

2.6.1.1. Aktinomisetler

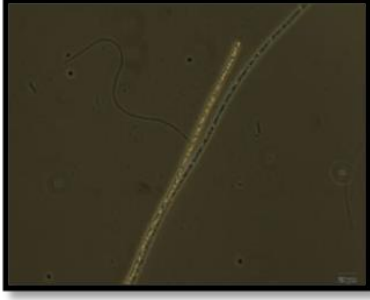
Aktinomisetler birkaç farklı türü içermektedir, bunlar diğerlerinden ileri araştırma ile ayırt edilebilmektedirler. Aşırı belirgin özelliği olan dallanma ile diğer türlerle karıştırılması imkansızdır (Anonim V).

Aktinomisetler köpük oluşumu açısından kötüdür. Yüzen materyallerin çamur sindirme tankına taşınması bu tank içinde köpüğe neden olabilmektedir. ÇHİ üzerindeki negatif etkileri sınırlıdır. Aktinomisetlerin köpük içindeki popülasyonu, süspansiyon içindeki bir popülasyonundan daha geniştir (Anonim V).

Gram pozitif bakteriler genellikle yağlar vb. ile ilişki içinde bulunan bir yüzeye sahiptirler, bu davranışları nedeniyle su fazından yağları seçip tutabilmektedirler. Yağlar ve yüzey aktif materyaller daima evsel atıksu içinde bulunmaktadırlar. Buna bağlı olarak aktinomisetler de evsel atıksu içinde daima bulunurlar, fakat bu yüksek su sıcaklıkları için geçerli değildir. Bu durum yüksek çamur yükü uygulaması ile açıklanabilmektedir. Aktinomisetler genellikle yüksek çamur yükü seviyelerinde bulunmaktadırlar (0.1-0.7 kg BOİ / kg MLSS.gün) (Anonim V).

2.6.1.2. Beggiatoa

Filamentliler içindeki sülfür granüllerinin kombinasyonu ve süzülme hareketleri oldukça karakteristiktir. Bu fonksiyonları diğer türlere benzememektedir (Anonim V). Sülfür granülleri içeren *Beggiatoa* Şekil 2.15’de görülmektedir.



Şekil 2.15. Sülfür granülleri içeren *Beggiatoa*.

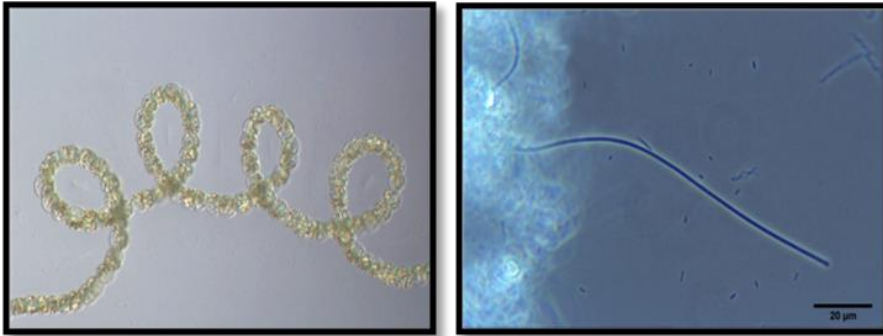
2.6.1.3. Cyanobacteria

Cyanobacteria filamentli organizmaların bir grubunu kapsamaktadır. Filamentlilerden bazıları çarpıcı şekilde büyük olan hücre çapları nedeniyle bu grup içinde sınıflandırılmaktadır. Hücre şekli ve boyanması değişebilmektedir; bu grubun belirgin özelliği farklı türler içermesidir (Anonim V).

Baş aşağı virgüllerin çevresinde yer alması bu filamentlilerin morfolojilerinin Cyanobacteria'ya benzediğini göstermektedir (Şekil 2.16.a). Fakat metabolik proseslere bağlı olarak birbirlerinden tamamen ayrılmaktadırlar. Güneş enerjisine bağlı olarak (fotosentez) organik bileşikleri büyüme için kullanmaktadırlar (Anonim V).

2.6.1.4. Flexibacter

Süzülme hareketleri yoktur ve sülfür granüllerini bulundurmazlar (Anonim V). Floğa yapışık haldeki süzülme hareketi gözlenmeyen tipik bir Flexibacter Şekil 2.16. b'de görülmektedir.



Şekil 2.16. a) Cyanobacteria'nın virgüle benzeyen bölmeli görüntüsü,
b) Floğa yapışık haldeki süzülme hareketi gözlenmeyen tipik bir Flexibacter (Anonim V)

2.6.1.5. *Haliscomenobacter hydrosis*

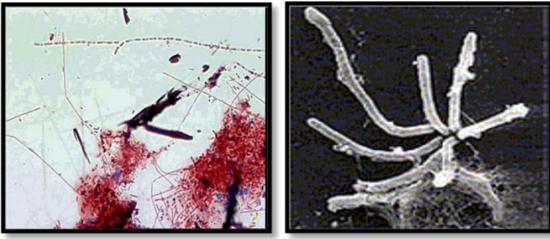
H. hydrosis'in zayıf fakat dayanıklı filamentleri oldukça karakteristiktir; bunlar diğer filamentli türlerle kolay kolay karıştırılmazlar. Hyphomicrobium hücrelerinin

zayıf gövdeleri (filamentli değil), *H. hydrosis* filamentlileri için sorun yaratabilir (Anonim V).

H. hydrosis genellikle aktif çamur tesislerinde gözlenmektedir (Şekil 2.17.a). Populasyonu nutrient giderimi ile evsel arıtma tesislerinde daima küçüktür. Bakterilerden ayrışabilen bileşenlerin akış içinde çoğunlukla kolayca bulunduğu yerlerde bu türler biokütle olarak gelişmektedirler (Anonim V).

2.6.1.6. Leucothrix

Leucothrix ileri araştırmalar gerçekleştirilerek benzer türlerden ('Cyanobacteria', Type 021 N) ayırt edilebilir (Şekil 2.17.b). *Leucothrix* taksonomik anahtarda bulunmamaktadır. (Anonim V).



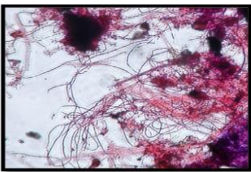
Şekil 2.17. a) Biokütle olarak gelişen *H. Hydrosis*,
b) *Leucothrix*'e ait bir örnek (Anonim V)

2.6.1.7. *Microthrix parvicella*

M. parvicella; *N. limicola* 'e benzemektedir. Bu organizma daha dirençli filamentliler olarak şekillenmektedir ve Neisser boyama ile mavi-yeşile boyanmaktadır (Anonim V).

Eğer Gram boyamada bir hata gerçekleşirse; bu filamentlilerin kırmızı ya da mavi dışında bir renge boyanmasına neden olur, bu da teşhis anahtarında Type 0581'i gösterir (Anonim V).

M. parvicella genellikle düşük yüklü evsel arıtma tesislerinde görülmektedir. Bu filamentli türlerin en önemli belirtisi tesislerde çamur kabarmasına neden olmalarıdır ve bunun yanında köpük oluşumuna da neden olabilirler. Çok miktarda *M. parvicella* içeren fazla çamurun, çamur uzaklaştırma tankına transferinde bu tankta bir köpük hattının oluşmasına neden olabilmektedir. Populasyon kış sonunda maksimum yazın ise minimumdur. Bunun nedeni su sıcaklığının 15 °C'den küçük olması sonucu *M. parvicella* genellikle sonbahar sonu ve kışın yetiştirilmesidir (Anonim V).

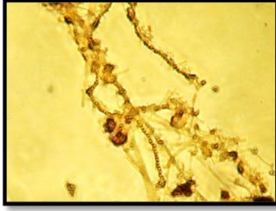


Şekil 2.18. Gram boyama uygulanmış *M. Parvicella* örneği

İndirgenmiş sülfür varlığı ve nitrojen bileşikleri olası sebeptir; evsel ve nutrient giderimi olan tesisler içinde *M. parvicella*'nın büyümesi aşırı şekilde gerçekleşmektedir (Şekil 2.18). Bu türler endüstriyel arıtma tesislerinde hemen hemen hiç görülmemektedir (Anonim V).

2.6.1.8. *Nostocoida limicola* I

N. limicola I; *M. parvicella*'ya benzemektedir (Şekil 2.19). Bu iki tür kolaylıkla karıştırılmaktadır (Anonim V).



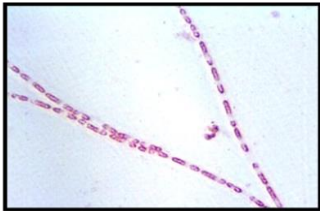
Şekil 2.19. *Nostocoida limicola* I örneği

2.6.1.9. *Nostocoida limicola* III

Nostocoida limicola III; filamentli türlerin bir grubu için ortak addır. *N. limicola* III tayininde problem boyama metotlarının sonuçlarının tutarsızlığında ortaya çıkmaktadır. Özellikle endüstriyel atıksu arıtma tesislerinden gelen çamur içindeki bütün kombinasyonlar gözlenebilmektedir. Çap olarak aşırı şekilde değişkendirler, *N. limicola* III karşılıklı olarak ilişkili bir grubu da içermektedir. Morfolojik karakteristiklerinin toplamına göre; bu türler diğer filamentli türlerden kolaylıkla ayırt edilebilmektedirler (Anonim V).

2.6.1.10. *Sphaerotilus natans*

Eğer dallanma yoksa bu türler, Type 0041 (Gram negatif, küçük hücreler), Type 021 N (küçük hücreler, bitişik büyüme yok, kılıf yok) veya Type 0961 (hücreleri oldukça uzun ve belirgin şekilde saydam) ile karıştırılabilmektedir (Anonim V). Şekil 2.20'de *Sphaerotilus natans*'a ait bir örnek görülmektedir.



Şekil 2.20. *Sphaerotilus natans*'a ait bir örnek

S. natans modern arıtma tesislerinde, biyolojik nutrient giderimi ile seyrek olarak gözlenebilmektedir. Bu akış içindeki bakterilerle kolaylıkla ayrışabilen bileşenlerin geniş bir fraksiyonunu içeren endüstriyel arıtma tesislerinde kabaran

çamura neden olmaktadır. Genellikle pilot tesislerde (sentetik akış) yetişmektedirler. *S. natans*'ın yetişmesi aşırı şekilde yüksek ÇHI'nin sonucudur (Anonim V).

2.6.1.11. Streptococcus

Bu filamentlilerin özellikleri Streptococi'ye benzemeleridir.

2.6.1.12. Thiothrix

Thiothrix filamentli bakterilerin bir grubu kapsamaktadır.



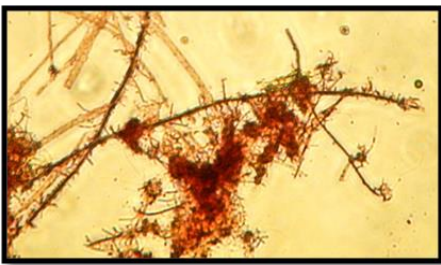
Şekil 2.21. *Thiothrix*'e ait bir örnek

Thiothrix filamentlileri genellikle floklara bağlıdır (Anonim V). Sülfür kabarcıkları çok karakteristiktir (Şekil 2.21). Düşük moleküler bileşenlerin yağlı asitler olarak kullanımının yanı sıra; *Thiothrix* büyümek için indirgenmiş sülfür de kullanmaktadır. Sülfidler okside edilmektedir ve saf sülfür geçici olarak bir ara ürün olarak hücre içinde depolanmaktadır. Bunlar mikroskobik olarak gözlenebilen parlak küreciklerdir (Anonim V).

Thiothrix düşük yüklü modern arıtma tesislerinde hemen hemen hiç görülmez (biyolojik nutrient giderimi sonucu). Kabaran çamura neden olan geniş *Thiothrix* populasyonları, yüksek çamur yükü seviyeleri ve endüstriyel arıtma tesislerinde görülmektedir (Anonim V).

2.6.1.13. Type 0041 / 0675

Type 0041; Gram pozitifdir, kılıf içindedir, öncelikle Type 0675'in tanımını içerir fakat bundan Type 1851 hariç tutulmaktadır. Bu türler Gram boyama ile açık mavidir ve çok uzun olarak meydana gelmektedir (Anonim V). Şekil 2.22'de Type 0041'e ait bir örnek görülmektedir.



Şekil 2.22. Type 0041'e ait bir örnek

Type 0041 aktif çamur içinde genellikle gözlenmektedir. Evsel atıksu arıtma tesislerinde akış içinde bulunan partikül parçaları üzerinde yetişmektedir. (Anonim V).

2.6.1.14. Type 0092

Type 0092'nin büyük bir parçası evsel arıtma tesisleri içindeki floklar içerisinde saklanmıştır, yani filamentlileri geniş ölçüde floklar içinde gizlenmektedir. Type 0092; *H. hydrosis* (Neisser negatif ve filamentlileri genellikle uzundur) ile karıştırılabilmektedir (Anonim V).

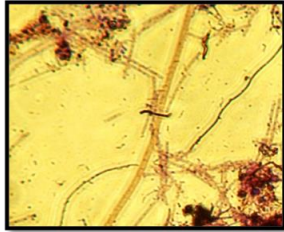
Type 0092 aktif çamur içinde genellikle görülmektedir. Bu türlerin büyümesini kontrol etmek için etkili faktörler henüz tam olarak bilinmemektedir. Popülasyon boyutu evsel atıksu içinde mevsimsel bir ritme göre tanımlanmaktadır; maksimum oldukları zamanlar yaz/sonbahar dönemleridir (Anonim V).

2.6.1.15. Type 0211

Type 0211; Type 1863 ile karıştırılabilmektedir, buna rağmen fark edilebilir kalınlığı ayırt edicidir. Type 0211 taksonomik anahtarda yer almamaktadır (Anonim V).

2.6.1.16. Type 021 N

Type 021 N kolaylıkla *Thiothrix* ile karıştırılabilmektedir. İki tür de birbiriyle ilişkilidir. *Thiothrix* birçok sülfür granülüyle şekillenmektedir, fakat Type 021 N'in sülfür depolaması zordur (Anonim V). Şekil 2.23'de Type 021 N'ye ait bir örnek görülmektedir.



Şekil 2.23. Type 021 N'ye ait bir örnek

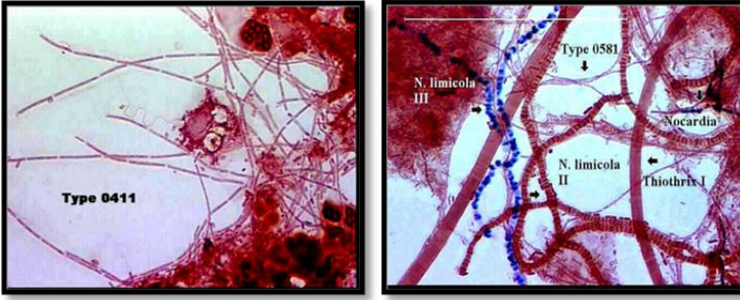
Type 021 N aktif çamur içinde genellikle gözlenmektedir. Düzenli büyümesi için substrat gerekmektedir. Type 021 N, genel olarak aerobiktir. Nutrient giderimi olmadığında endüstriyel arıtma tesisleri ve evsel tesislerde çamur kabarmasına neden olmamaktadır (Anonim V).

2.6.1.17. Type 0411

Type 0411 taksonomik anahtarda yer almamaktadır (Anonim V). Şekil 2.24.a'da Type 0411'e ait bir örnek gösterilmektedir.

2.6.1.18 Type 0581

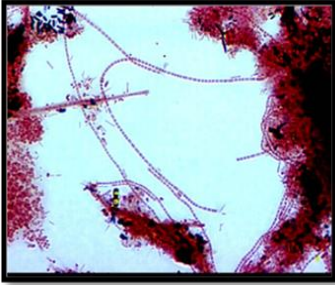
Type 0581 morfolojik olarak *M. parvicella*'ya benzemektedir (Şekil 2.24.a). İki organizma arasındaki net ayrımlar Gram ve Neisser boyama ile gözlenebilmektedir. Type 0581 biraz daha kalındır. Bu farklılıklara bağlı olarak aynı türlerin iki büyüme şekli arasında ilişki olması mümkündür (Anonim V).



Şekil 2.24. a) Type 0411'e ait bir örnek,
b) Type 0581'in diğer bazı bakteriler ile görünümü (Anonim V)

2.6.1.19. Type 0803

Şekil 2.25'de Type 0803'e ait bir örnek gösterilmektedir.



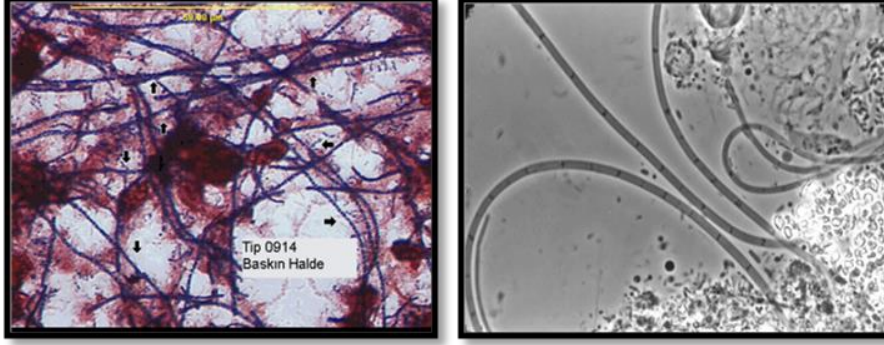
Şekil 2.25. Type 0803'e ait bir örnek (Anonim V)

2.6.1.20. Type 0914

Küçük, içi dolu sülfür kürecikleri Type 0914 filamentlilerinin çok önemli bir karakteristiğidir (Şekil 2.26.a). Türlerin bozulması, sülfür depolanmasına neden olabilir, fakat fazla miktarda değildir. Eğer sülfür granülleri Type 0914'ten uzaklaştırılırsa; bu filamentliler Type 0803'e benzemektedir. Her iki türün popülasyonları da sık sık bir diğerine tamamlayıcı olmaktadır. Eğer bunlardan biri yok olursa; diğeri ortaya çıkmaktadır. Type 0914 ve 0803 aynı bakterinin formlarının gelişimini temsil etmektedir (Anonim V).

2.6.1.21. Type 0961

Type 0961; dayanıklı *Thiothrix* filamentlileri (dayanıklı ve çok saydam olmayan) ve Type 1852 (hücre çapı 0.7 μm) ile karıştırılabilmektedir (Anonim V). Şekil 2.26.b'de Type 0961'e ait bir örnek gösterilmektedir.



Şekil 2.26. a) Baskın haldeki Type 0914'e ait bir örnek,
b) Type 0961'e ait bir örnek (Anonim V)

2.6.1.22. Type 1701

Eğer dallanma gözlenmekteyse; teşhis anahtarı *S. natans*'ı (oldukça yoğun filamentliler) belirtmektedir (Anonim V).

Eğer bölme gözlenmemekteyse; Type 1701; Type 1851 (Gram pozitif), *H. hydrossis* (bitişik büyüme olmadan kalın filamentliler) veya Type 0092 (Neisser pozitif) ile karıştırılabilmektedir (Anonim V). Type 1701 ve Type 1851 örnekleri Şekil 2.27'de gösterilmektedir.

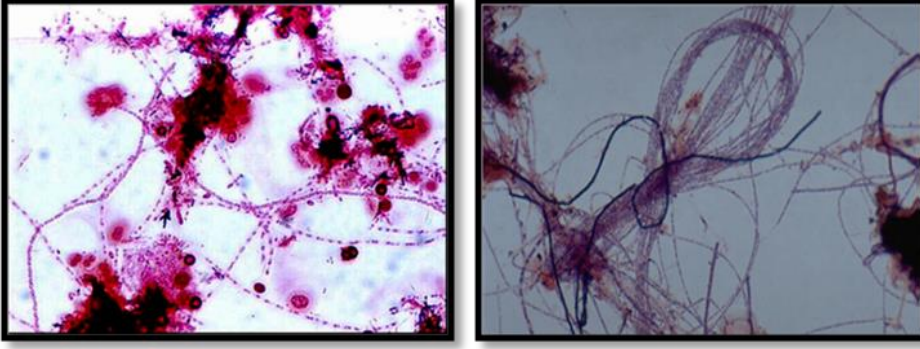
Type 1701 pratik olarak nutrient gideriminin uygulandığı evsel atıksu arıtma tesisleri içerisinde asla gözlenmemektedir. Type 1701 temel olarak zirai endüstrilerden kaynaklanan atıksuyun işlenmesinde yetişmektedir ve yüksek ÇHİ değerlerine neden olabilmektedir (Anonim V).

2.6.1.23. Type 1702

Type 1702, *H. hydrossis* (yoğun filamentliler) ve Type 0092 (Neisser pozitif) için zararlı olabilmektedirler. Type 1702 taksonomik anahtarda yer almamaktadır (Anonim V).

2.6.1.24. Type 1851

Type 1851; zayıf filamentli Type 0041 (Gram boyamadan sonra koyu mavi ve küçük hücreler) ile karıştırılabilmektedir. Eğer Type 1851'in içinde bölmeler gözlenmekteyse; teşhis anahtarı Type 1701'i (çubuk şekilli hücreler ve Gram negatif) belirtebilmektedir (Anonim V).



Şekil 2.27. a) Type 1701'e ait bir örnek,
b) Type 1851'e ait bir örnek (Anonim V)

2.6.1.25. Type 1852

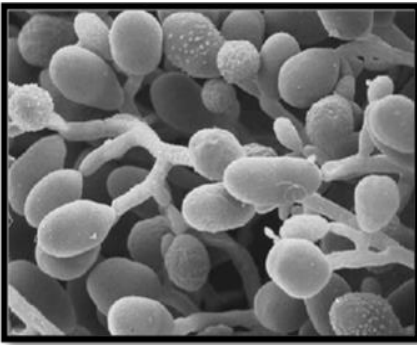
Type 1852; zayıf *Thiothrix* türleri (sülfür depolayan) ve Type 0961 (hücre çapı > 10 µm) ile karıştırılabilmektedir (Anonim V).

2.6.1.26. Type 1863

Type 1863'ün küçük zincirleri Streptococci (Gram pozitif) ve Type 0211 (zayıf filamentliler) için hatalı olabilmektedirler. Buna göre; belirtilmelidir ki; Type 1863 birkaç morfolojik teşhisi içerir fakat bunun yanında fizyolojileri türler arasında değişmektedir (Anonim V).

2.6.1.27. Fungi

Fungiler filamentli mikroorganizmalardır. Fungilerin mikroskoptaki görünümü Şekil 2.28'de görülmektedir.



Şekil 2.28. a) Fungiye ait bir örnek (Anonim V)

Aşağıdaki özelliklere sahiptirler:

- Gerçek dallanma
- Hareketsiz
- Düz/yay şekilli
- Filament uzunluğu > 200 µm
- Hücre çapı genellikle > 2.5 µm
- Bitişik büyüme yok

- Kılıf yok
- Bölmeler net olarak görülebilir
- Dik açılı hücreler
- Sülfür depolama yok
- Gram ‘negatif’: mantar filamentliler genellikle eşit olarak boyanmaz
- Neisser negatif
- Dayanıklı formdaki mantar, düşük büyütmadaki dallanmış filamentliler ve diğer filamentli mikroorganizmalardan kolaylıkla ayrılabilir (Anonim V).

Eğer funguslar çamur popülasyonunda baskın duruma gelirse; bunun nedeni genellikle çok düşük bir pH seviyesidir (Anonim V).

2.6.2. Filamentli bakterilerin aşırı gelişmesine neden olan faktörler

İplikli bakteriler normal olarak aktif çamurda bulunmakla beraber, fazla bulunması halinde problemlere neden olur. İplikli bakterilerin fazla sayıda olmalarına aşağıda nedenlerden bir veya birkaçı beraber sebep olabilir (Şahinkaya 2012).

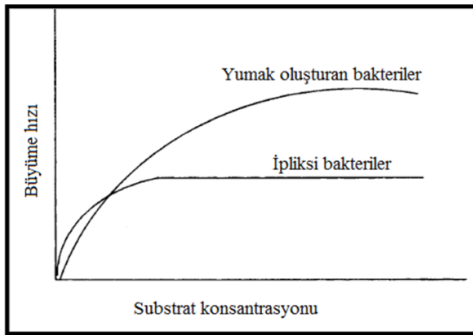
2.6.2.1. Atık su kompozisyonu

Yüksek karbonhidrat içerikli sular iplikli bakterilerin oluşumuna neden olabilirler. Karbonhidratlar, glikoz, maltoz, laktoz gibi maddeleri içermekte olup iplikli bakterilerin aşırı derecede büyümesine yol açabilir (Şahinkaya 2012).

2.6.2.2. Substrat konsantrasyonu (F/M oranı)

Düşük substrat konsantrasyonu ya da düşük F/M oranı iplikli bakterilerin gelişmesine neden olan en önemli sebeplerden biridir (Şekil 2.29). İplikli bakteriler yavaş büyüyen bakteriler olup düşük K_m ve μ_m değerlerine sahiptir. Dolayısıyla düşük substrat konsantrasyonlarında ya da düşük F/M oranlarında iplikli bakteriler (örnek: *Microthrix parvicella*) ortama hakim olacaklardır (Şahinkaya 2012).

Havalandırma havuzlarında yüksek substrat konsantrasyonu biyolojik selektörler kullanılmasıyla mümkün olabilmektedir.



Şekil 2.29. Farklı substrat konsantrasyonlarında iplikli bakterilerin ve yumak oluşturan bakterilerin büyüme hızları (Şahinkaya 2012)

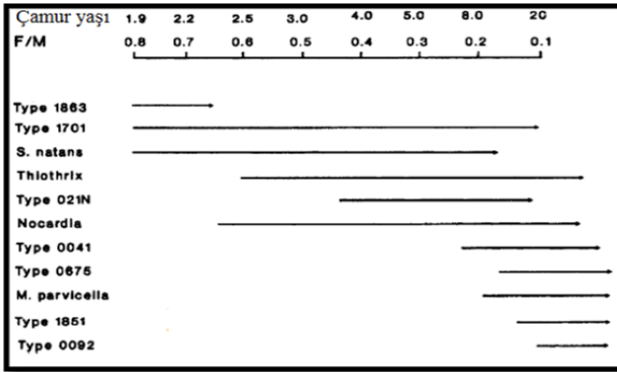
2.6.2.3. Çamur yükleme ve çamur yaşı

Bu iki parametre;

$$1/\theta = Y*B - K_d$$

formülüne göre birbiri ile ilişkilidir. Burada θ = çamur yaşı, B = çamur yükleme hızı, Y = ürün katsayısı (dönüşüm faktörü), K_d = bakteri ölüm hızıdır.

Düşük çamur bekletme zamanına sahip reaktörlerde bütün ipliksi bakteriler yıkanarak atılır ve iyi bir yumak oluşumu gözlenemez. Netice olarak oldukça bozuk bir çıkış suyu elde edilir. İpliksi bakterinin çeşidine bağlı olarak bazıları düşük bazıları yüksek çamur bekletme zamanlarında ortama hakim olabilirler (Şahinkaya 2012). Çamur yaşı ve F/M oranı ile ipliksi bakterilerin gelişmeleri arasındaki ilişki Şekil 2.30'da gösterilmektedir.



Şekil 2.30. Çamur yaşı ve F/M oranı ile ipliksi bakterilerin gelişmeleri arasındaki ilişki (Şahinkaya 2012)

2.6.2.4. pH

Normal şartlarda aktif çamur tesisi için optimum pH 7-7.5 olup, düşük pH değerlerinde mantarlar ürer ve ipliksi çamur kabarması ortaya çıkar (Şahinkaya 2012).

2.6.2.5. Sülfür konsantrasyonu

Havalandırma yüksek sülfür konsantrasyonu *Thiothrix*, *Beggiatoa*, ya da Type 021N gibi ipliksi bakterilerin büyümesine sebep olur. Bu mikroorganizmalar sülfürü elementel kükürt'e oksitler ve bu elementel kükürt mikroorganizma içinde depolanır. *Beggiatoa* genellikle biyofilm reaktörlerde gözlenir (Şahinkaya 2012).

2.6.2.6. Çözünmüş oksijen konsantrasyonu

Bazı ipliksi mikroorganizmaların (*Sphaerotilus natans*, Type 1701, *H. hydrossis*) büyümesi düşük oksijen konsantrasyonlarında artar.

Havalandırma tankında yüksek organik yüklemeler düşük oksijen konsantrasyonlarına sebep olabilir. Dolayısıyla, aktif çamur tesislerine ait havalandırma havuzlarında çözünmüş oksijen konsantrasyonu ipliksi bakterilerin gelişmesini engellemek amacıyla 2 mg/L civarında tutulur (Şahinkaya 2012).

2.6.2.7. Nutrient eksikliği

Atık su içerisinde azot, fosfor, demir ve iz elementlerin eksikliği çamur kabarmasına sebep olabilir. Bazı ipliksi bakteriler düşük substrat konsantrasyonlarında yaşayabilirken, yumak oluşturan bakteriler yaşayamayabilir. Dolayısıyla, düşük substrat konsantrasyonlarında ipliksi bakteriler ortama hakim olabilir. *S. Natans* ve *Thiothrix* özellikle düşük azot ve fosfat konsantrasyonlarında büyüyebilirler (Şahinkaya 2012).

İyi bir atıksu arıtımı için C/N/P oranının 100/5/1 olması tavsiye edilir.

2.6.2.8. Sıcaklık

Yüksek sıcaklıklarda havalandırma havuzlarında oksijen konsantrasyonunun düşmesi nedeniyle ipliksi bakteriler gelişebilir.

M. parvicella gibi ipliksi bakteriler ise düşük sıcaklıklarda gelişebilir ve aktif çamur tesislerinde köpüklenme gözlenebilir (Şahinkaya 2012).

Bu bilgiler ışığında aktif çamur yumaklarının üç grup bakteriden meydana geldiği söylenebilir.

- Hızlı büyüyen yumak oluşturan bakteriler,
- Yavaş büyüyen fakat yüksek substrat affinitesine (düşük Km) sahip ipliksi bakteriler,
- Hızlı büyüyen ve düşük oksijen konsantrasyonlarında yaşayabilen ipliksi bakteriler.

Dolayısıyla, yüksek substrat konsantrasyonlarında, yeterli oksijen bulunması durumunda birinci kategoriye ait yumak oluşturan bakteriler gelişecektir. Düşük substrat konsantrasyonlarında ise, yüksek substrat affinitesine sahip (düşük Km değerine sahip) ipliksi bakteriler ve üçüncü kategoriye ait ipliksi bakteriler gelişecektir (Şahinkaya, 2012). Aktif çamur içerisinde bulunan filamentli mikroorganizmaların işletme koşullarına göre değişimi Çizelge 2.3.'de görülmektedir.

Çizelge 2.3. Aktif çamur içerisinde bulunan filamentli mikroorganizmaların işletme koşullarına göre değişimi (Metcalf ve Eddy 2003)

Filament Tipi	Filament Sebebi
<i>S. natans</i> , <i>H. hydrossis</i> , <i>M. parvicella</i> , Type 1701	Düşük çözünmüş oksijen konsantrasyonu
<i>M. parvicella</i> , Type 0041, 0092, 0675, 1851	Düşük F/M
<i>H. hydrossis</i> , <i>Nocardia</i> spp. <i>N. limicola</i> , <i>S. natans</i> , <i>Thiotrix</i> spp., Type 021 N, 0914	Tam karışımli reaktör şartlar
<i>Beggiatoa</i> , <i>Thiothrix</i> spp., Type 021N, 0914	Septik atıksu

<i>S. natans</i> , <i>Thiothrix</i> spp., Type021N, <i>H. Hyrossis</i> , Type0041, 0675	Nutrient eksikliği
Mantar	Düşük pH, nutrient eksikliği

2.6.3. Aktif çamur proseslerinde karşılaşılan işletme problemleri

Arıtma sistemleri devamlı olarak kararlı halde çalışmayabilir. İşletme esnasında bazı parametreler zamanla değişime uğrayabilir. Bazı parametreler ise sürekli değişime uğrarlar. Çünkü sisteme gelen atık suyun özelliği devamlı değişiklik gösterebilir. Dolayısıyla arıtma sistemlerindeki bu değişiklikler mevsimsel, aylık, günlük hatta saatlik bile olabilir (Şahinkaya 2012).

2.6.3.1. Filamentli bakterilerin neden olduğu işletme problemleri ve çözüm önerileri

Aktif çamur tesislerinde en yaygın karşılaşılan problemler: çamur kabarması ve *Nocardia*'dan dolayı köpük oluşumudur (Şahinkaya 2012).

- **Çamur kabarması**

Çamur kabarması; çoğu zaman düşük çökeltme özelliğine sahip MLSS'in çöktürme ünitesinde iyi çökelememesi ve çıkış suyunda askıda katı konsantrasyonunun yüksek çıkması olarak tanımlanır. Çamur kabarması meydana geldiğinde MLSS flokları sıkışmaz veya iyi çökelmez. Bu sebeple çöktürülmüş çıkış suyu ile çamur partikülleri de deşarj edilir. Sistemde iyi çöken çamur meydana geldiğinde, çöktürücünün dibinde çamur seviyesi 10-30 cm kadar olabilir. Ekstrem çamur kabarması hallerinde ise MLSS'in büyük bir miktarı sistem çıkış suyuna karışır ve bu da eğer kullanılıyorsa yetersiz dezenfeksiyona ve çıkış suyu filtrelerinin bozulmasına neden olur (Şakar, 2009).

Çizelge 2.4. Çamur kabarmasını etkileyen faktörler (Metcalf ve Eddy 2003)

Faktör	Tanım
Atıksu Karakteristikleri	Debi değişimi Kompozisyon değişimi pH Sıcaklık Septiklik derecesi Nutrient içeriği Atık bileşenlerinin doğası
Dizayn Hataları	Yetersiz hava sağlanması Yetersiz karıştırma Kısa devre (havalandırma tankları ve çöktürücüler) Çöktürücü dizaynı (çamur toplama ve geri devri) Geri devir çamur pompalama kapasitesinin yetersizliği
İşletme Koşulları	Düşük çözülmüş oksijen konsantrasyonu Nutrientlerin yetersizliği Düşük F/M oranı Yetersiz çözülmüş BOİ

Çamur kabarması başlıca iki tiptir. Bunların biri, filamentli organizmaların sistemde meydana gelen olumsuz koşullar sebebiyle baskın tür olarak gelişmesidir ve filamentli kabarma olarak isimlendirilir. Kabarmanın diğer tipi ise, viskoz kabarmadır (Şakar 2009).

Filamentli bakterilerin gelişimi sebebiyle çamur kabarması problemleri daha yaygındır. Filament gelişimiyle, tek hücreli organizmaların filamentleri çamur floğunun dışına taşar. Bu yapı, iyi çökeltme özelliği olan floğun yetersiz çökeltmeyle sonuçlanan, yüzey alanı - kütle oranının artmasına sebep olur. (Şakar 2009).

Çamur kabarmasına atıksu karakteristikleri, dizayn limitleri ve işletme şartlarındaki herhangi bir değişiklik neden olabilir (Şakar 2009). Çamur kabarması ve şişmesini etkileyen faktörler Çizelge 2.4’de görülmektedir.

Beggiatoa ve *Thiothrix* gibi filamentli bakteriler sırasıyla hidrojen sülfür etkisi ve düşük substrat konsantrasyonu sebebiyle daha iyi gelişirler. Bu bileşenler daha çok septik atıksularda bulunur (Şakar 2009).

Giriş atıksuyu fermantasyon ürünleri ve düşük sülfür bileşenleri içerirse *Thiothrix* oluşumu artabilir. Atıksuyun ön klorlaması bu problemin önüne geçebilir. Bu bakteriler aktif çamur sistemlerinin yanında damlatmalı filtre ve döner disklerde de benzer problemlere sebep olabilir (Şakar 2009).

- **Nocardia köpüğü**

Nocardia, çamur kabarmasına değil, çamur köpürmesine neden olur. Arıtma tesislerinde köpürmeye neden olan *Nocardia* ve *M. parvicella* gibi mikroorganizmalar da filamentlidir. *Nocardia*’nın. filamentleri çok kısırdır ve flok partiküllerinin içinde bulunur (Şekil 2.31). *M. parvicella* flok partiküllerinden uzanan ince filamentlere sahiptir (Şakar 2009).

Bu organizmaların sebep olduğu köpük; kalıcı, kalın (0,5~1 m) ve koyu kahve renkli olup tazyiksiz suyla veya kimyasal köpük kesicilerle yok edilmesi olanaksızdır. Zaman zaman köpük seviyesi 180 cm’e kadar ulaşabilir. Ayrıca soğuk hava şartlarında bu köpük katılarak temizlenmesini daha zor bir hale getirir. Bu organizmalar hidrofobik hücre yüzeyine sahiptir ve hava kabarcıklarına tutunarak köpüğe neden olurlar. Organizmalar köpük içerisinde MLSS’dekinden daha yüksek konsantrasyonlarda bulunabilirler. Her iki bakteri çeşidi de mikroskopik çalışmalarla belirlenebilir (Şakar 2009).



Şekil 2.31. *Nocardia* spp. ve *Nocardia* Köpüğü

Köpük oluşumu hem difüzörlü hem de mekanik havalandırmada meydana gelebilir fakat yüksek debili difüzörlü havalandırmada daha fazla meydana gelmektedir. Aktif çamurda rastlanan *Nocardia* köpüğü problemleri anaerobik ve aerobik çamur çürütücülerde de görülmektedir. *Nocardia* gelişimi havalandırma tankı veya son çöktürmedeki yüzey köpüğünde yaygındır. *Nocardia* kontrolü için şu metotlar kullanılır:

- 1) Köpüğün son çöktürmede tutulmasını engellemek,
- 2) Sıyrılan maddelerin geri devrinden kaçınmak,
- 3) *Nocardia* köpüğü üzerine klor spreyi uygulamak.

Selektör ünitelerinin kullanımı *Nocardia* köpüğünü bertaraf edebilir. Selektör; RAS ve ham atıksuyun havalandırma havuzuna girmeden önce karıştığı ayrı bir hazne/havuz/yapıdır. Selektörde özellikle F/M oranı üzerinde değişiklikler yapılır. Küçük miktarlarda katyonik polimer kullanımı da bir diğer çözüm olarak düşünülebilir. Atıksu kanallarına lokantalardan, et işleme tesisleri gibi endüstrilerden yağ ve gresin girişinin önlenmesi de *Nocardia* probleminin çözümüne yardımcı olur (Şakar 2009).

2.6.3.2. Çeşitli nedenlerden kaynaklanan işletme problemleri ve çözüm önerileri

• Zayıf flok oluşumu (Pinpoint flok)

Sistemde büyük floklar hızla dibe doğru batarken 100 µm'den daha küçük çaplı flokların çökelemeyip suda kalması sonucu meydana gelir. Çökme hızı sıfıra yakın olduğundan çıkış suyunda bulanıklık gözlenir (Anonim VIII).

En büyük sebebi özellikle uzun havalandırma sistemlerinde aşırı derecede havalandırılıyor olmasıdır. Diğer bir sebep, flokların filamentli iskeletini oluşturan filamentli organizmaların azlığı veya yokluğudur. Atık suyun yük miktarı ve çözünmüş oksijen seviyesi değiştirilerek filamentli büyümenin zenginleştirilmesi ile bu sorun çözülebilir. Ayrıca yetersiz glikokaliks üretimi veya yüksek çamur yaşına sahip sistemlerde düşük organik yükleme sonucunda flokların iç kısmındaki bakterilerin glikokaliksi tüketmesi sebebiyle de oluşmaktadır. Son olarak, uygun olmayan mekanik aeratörlerin kullanımı sonucunda kesici kuvvetlerin etkisi ile meydana gelen parçalanma sebebiyle de zayıf flok oluşumu görülebilmektedir (Anonim VIII).

• Dağınık büyüme

Belirli koşullarda aktif çamur bakterileri floklar şeklinde birleşmeyerek bireysel hücreler veya küçük kümeler şeklinde büyümektedir. İkincil çökeltim tanklarında sedimentasyon zonu oluşmadığı için bireysel hücreler veya kümeler çökeltim tankından kaçır ve son çıkış suyunda bulanıklık oluştururlar (İçemer 2009).

Dağınık büyümenin en önemli sebeplerinden birisi çok yüksek organik yüke karşılık, oldukça düşük çamur yaşıdır. Bu durumda bakteriler pekişmiş aktif çamur floklarının polimer matrisini oluşturan glikokaliksini üretmeye zorlanmamaktadır. Ayrıca atıksudaki H₂S konsantrasyonu da bu duruma sebebiyet verebilir. Dağınık büyüme için belirlenmiş olan diğer bir sebep de toksisitedir (İçemer 2009).

Çözüm için ön havalandırma işlemi yapılmalı veya organik yüklemeye azaltılmalıdır (İçemer 2009).

- **Zooglea kabarması (Şişmesi)**

Filamentli olmayan şişme, bazı bakteriler (*Zooglea* sp. *Acinetobacter* sp.) tarafından aşırı miktarda viskoz ekstraselüler polimerlerin üretilmesi sonucu meydana gelen bir olaydır. Bu olayda çamur, yüksek çamur indeksi gösterir ve akış yeteneğini kaybeder (İçemer 2009).

- **Besi eksikliği nedeniyle kabarma ve köpürme (Viskoz kabarma)**

Hücre dışı biyopolimerlerin ayrı miktarda çoğalmasıyla jel kıvamında çamur meydana gelir. Biopolimerler hidrofilik olduğundan aktif çamur daha fazla su tutar ve bu şartlarda da sulu kabarma meydana gelir. Sonuçta çamur, düşük çöktürme hızları ve düşük sıkışma özelliğine sahiptir (Debik 2008).

Viskoz kabarma genellikle, sınırlı nutrient durumlarında veya kolay ayrışabilen KOİ'nin yüksek miktarına sahip atık suların çok yüksek yüklemeye verilmesi hallerinde meydana gelmektedir. Bu sorunu engellemek için BOİ₅/N/P oranı 100/5/1 olarak sağlanmalıdır (Debik 2008).

- **Denitrifikasyon kaynaklı yüzen çamur**

Bazen, iyi çökme özelliklerine sahip çamur nispeten kısa çökme sürelerinde yüzme özelliği gösterebilir. Bunun başlıca nedeni, atıksudaki nitrit ve nitratların azot gazına dönüştürüldüğü denitrifikasyon prosesidir. Oluşan azot gazı, çöktürme tankında yukarıya çıkarken beraberinde çamur floklarını da tank yüzeyine taşır. Çoğu zaman azot gazı, floklar arasında sıkışarak flokların yoğunluğunu azaltmaktadır (Debik 2008).

Yüzen çamurla kaba çamur arasındaki fark yüzen çamurda, flokların üzerine tutunmuş gaz kabarcıklarının olmasıdır (Debik 2008). Çözünmüş oksijen konsantrasyonunun azaldığı durumda bu sorun ortaya çıkmaktadır. Oksijen konsantrasyonunun azalması ile anoksik denitrifikasyon fazlaşmakta ve bunun sonucunda azot gazı yukarı doğru çıkarken flokları da yüzeye taşımaktadır. Geri dönüş çamurunun akış hızının artırılması ile sorun çözülebilir. Çamur yüzmesi düşük SRT'li sistemlerde daha çok görülmektedir (Debik 2008).

Çamur yüzmesini önlemenin yolları şu şekildedir:

- Geri devir çamuru çekme hızını artırarak, çamurun çöktürme tankındaki bekleme süresini azaltmak,
- İlk yöntemin işe yaramadığı durumlarda, havalandırmadan gelen atıksuyun hızını azaltmak,
- Mümkün olduğu durumlarda çamur toplama mekanizmalarının hızını artırmak,
- SRT değerini nitrifikasyonun gerçekleşmeyeceği değerlere kadar düşürmek (Debik, 2008).

2.7. İpliksi Çamur Kabarmasının Kontrolü

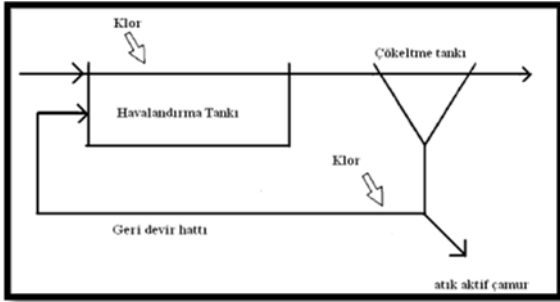
2.7.1. Oksitleyici kullanımı ile kontrolü

İpliksi bakteriler klor ve hidrojen peroksit gibi oksitleyicilerin aktif çamur geri devir hattına uygulanmasıyla kontrol altına alınabilmektedir. İpliksi bakteriler, yumakların dışını tamamen kaplayıp bu oksidantlara daha fazla maruz kalmaktadır. Yumak oluşturan bakteriler ise, yumakların iç kısmında yer alıp sisteme verilen oksidantlara daha az maruz kalırlar. Böylece kullanılan oksidantlarla seçici olarak ipliksi bakteriler öldürülmüş olur (Şahinkaya 2012).

Geri devir hattının klorlanılmasıyla ipliksi bakterilerin kontrolü uzun süredir uygulanmakta olup, kısa zamanda sonuç veren bir prosestir ve maliyeti bakımından avantajlıdır. Klor geri devri hattına veya aktif çamur hattına günde üç defa tatbik edilebilir (Şekil 2.32). Klor konsantrasyonu 10-20 mg/L arasında olmalıdır. 20 mg/L üzerindeki konsantrasyonlarda klor yumak oluşturan bakterilere de zarar verebilir (Şahinkaya 2012).

Klorun uygulanmasıyla birlikte filamentli bakteriler ilk olarak hücre içi kükürt granüllerini kaybederler. Bunun sonucunda hücre deforme olur, sitoplazma büzüşür ve enzim faaliyetleri durur. Sonuç olarak da hücre parçalanarak olumsuz etkisi yok edilmiş olur (Şahinkaya 2012).

Klora benzer şekilde ozon ve hidrojen peroksit oksidantları da ipliksi bakterilerin kontrolü amacıyla kullanılabilir. Geri devir hattına uygulanacak hidrojen peroksit konsantrasyonu 100-200 mg/L arasında olabilir. Ayrıca, hidrojen peroksit oksijen kaynağı olarak da kullanılabilir (Şahinkaya 2012).



Şekil 2.32. İpliksi mikroorganizmaları kontrol altına alabilmek için aktif çamur tesisine klor tatbik edilmesi (Şahinkaya 2012)

2.7.2. Flokülant ve koagülantların kullanılması

Sentetik organik polimerler; kireç ve demir tuzları yumakları bir araya getirmek için kullanılabilir. Fakat bu uygulama hem çamur hacmini arttırması hem de pahalı bir uygulama olması bakımından dezavantaj oluşturur. Havalandırma tankına 15-20 mg/L katyonik polimer ilave edilerek çamur kabarması kontrol altına alınabilir. Fakat bu uygulama kısa süreli uygulamalar için geçerlidir. Çünkü polimer ilavesi ipliksi bakterilerin ölümüne sebep olmamakta ve polimer ilavesine son verilir verilmez problem tekrar kendini göstermektedir (Şahinkaya 2012).

2.7.3. Geri devir oranının arttırılması

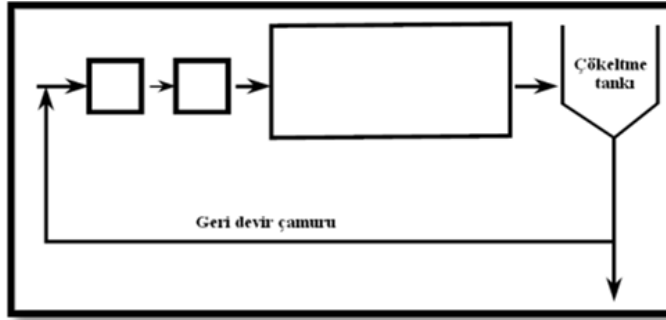
Çamur kabarması nedeniyle çökeltme tankı dibindeki çamur konsantrasyonu azalır. Dolayısıyla geri devrettirilen çamur ile aktif çamur havuzu içerisinde yeterli mikroorganizma konsantrasyonuna ulaşamayabilir. Hem aktif çamur verimini arttırmak, hem de çökeltme tankındaki katı miktarını azaltmak amacıyla, geri devir oranı arttırılabilir (Şahinkaya 2012).

2.7.4. Biyolojik selektörlerin kullanılması

Biyolojik selektörler, ipliksi mikroorganizmaların büyümelerini engelleyerek yumak oluşturan bakterilerin büyümelerini destekleyen yapılardır. Böylece, çamur kabarma problemini kontrol altına alır. Biyolojik selektörde çeşitli parametreler (F/M ya da elektron alıcısının konsantrasyonu) kontrol altına alınarak, istenmeyen ipliksi bakterilerin büyümeleri engellenir (Şahinkaya 2012).

2.7.4.1. Aerobik selektörler

İpliksi bakteriler düşük K_s ve μ_m değerlerine sahip olup, düşük substrat konsantrasyonlarında ipliksi bakteriler yumak oluşturan bakterilerden daha hızlı büyürler. Bu nedenle; aerobik selektörlerin kullanılması ile F/M oranı havalandırma havuzuna girmeden önce yüksek tutularak, yumak oluşturan bakterilerin substratın çoğunu tüketmesi sağlanır (Şekil 2.33). Selektörden sonra havalandırma havuzuna gelen suda çok düşük substrat olduğundan ipliksi bakterilerin ortamda aşırı çoğalması için substrat yetmeyecek ve yumak oluşturan bakteriler dominant olacaktır (Şahinkaya 2012).



Şekil 2.33. Aerobik selektörlerin kullanılması ile ipliksi mikroorganizmaların kontrol altına alınması (Şahinkaya 2012)

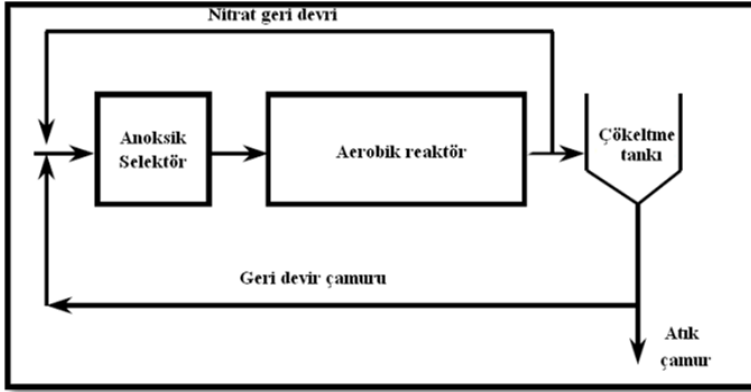
Selektörler havalandırma havuzundan çok daha küçük olup bekletme süresi 10-30 dakikadır. Havalandırma havuzunda ise bekletme süresi 4-6 saat kadardır.

2.7.4.2. Anoksik selektörler

Anoksik koşul ortamda elektron alıcısı olarak oksijenin bulunmayarak, nitrat ve/veya nitritin bulunması durumudur. Bu durumun sonucunda, anoksik selektörlerde yumak oluşturan bakteriler gelişir. Çünkü ipliksi bakterilerin büyük bir kısmı nitrat veya

nitriti elektron alıcısı olarak kullanamaz. Bazı ipliksi bakteriler nitrit ve nitratı elektron alıcısı olarak kullansalar bile kullanım hızları yumak oluşturan bakterilere kıyasla çok yavaş olup, ortama hakim olamazlar (Şahinkaya 2012).

Nitrat direkt olarak havalandırma tankına veya geri devir hattına ilave edilebilir veya havalandırma havuzunda oluşan nitrat anoksik selektöre geri devrettirilebilir (Şekil 2.34).

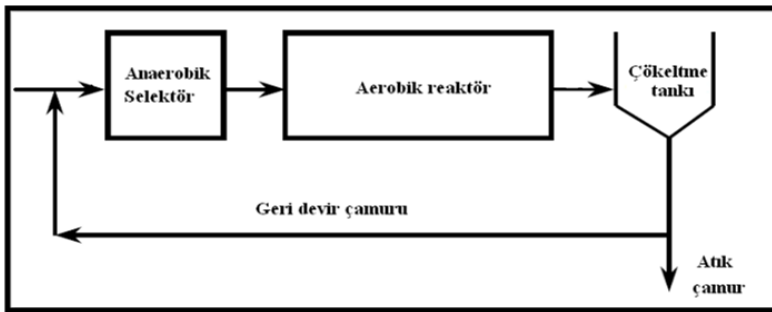


Şekil 2.34. Anoksik selektörlerin kullanılması ile ipliksi mikroorganizmaların kontrol altına alınması (Şahinkaya 2012)

Yapılan çalışmalar anoksik koşulların çamur çökebilirliğini artırdığını göstermiştir. Anoksik selektörden hemen sonra oksijenin elektron alıcısı olarak kullanıldığı havalandırma havuzları gelir. Anoksik tanktan sonra, atıksu içerisinde çok az organik madde kalmış olup, ipliksi bakterilerin büyüerek dominant olmasına yetmeyecektir (Şahinkaya 2012).

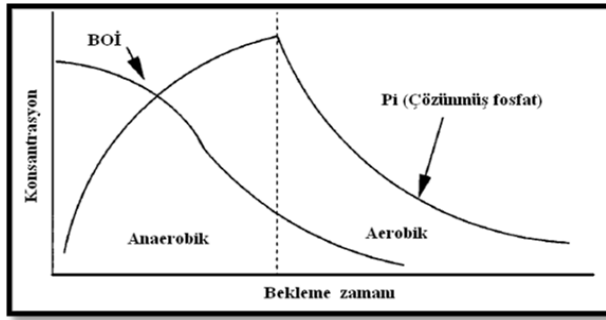
2.7.4.3. Anaerobik selektörler

Anaerobik selektörlerde hiçbir elektron alıcı bulunmaz. Anaerobik selektörlerden hemen sonra ise aerobik havalandırma havuzları gelir (Şekil 2.35). Anaerobik selektör ve aerobik havalandırma havuzuyla, fosfat depolayabilen yumak oluşturan bakteriler çoğaltılarak ipliksi bakterilerin aşırı derecede çoğalması engellenir (Şahinkaya 2012).



Şekil 2.35. Anaerobik selektörlerin kullanılması ile ipliksi mikroorganizmaların kontrol altına alınması (Şahinkaya 2012)

Bu sistemde, fosfat biriktirebilen bakteriler anaerobik koşullarda fosfat bırakarak organik maddeyi anaerobik koşullarda alarak depolarlar. Yumak oluşturan bakteriler, anaerobik şartlarda organik madde alabilmek için enerjiye ihtiyaç duyar. Bu enerjiyi, fosfat depolarındaki fosfatı hidrolize ederek karşılarlar. İpliksi bakteriler ise fosfatı depolayamadıkları ve anaerobik koşullarda enerji üretmedikleri için anaerobik selektörde organik madde alamazlar ve büyüyemezler (Şekil 2.36). Devamında gelen aerobik koşullarda ise organik madde konsantrasyonu azalmıştır ve fosfat biriktirebilen yumak oluşturan bakteriler depoladıkları organik maddeleri kullanarak hücrelerini yeniler ve büyürler. Çok az organik madde kaldığı için ipliksi bakteriler aerobik koşullarda büyüyemezler ve böylece ipliksi bakteriler kontrol altına alınmış olur (Şahinkaya 2012).

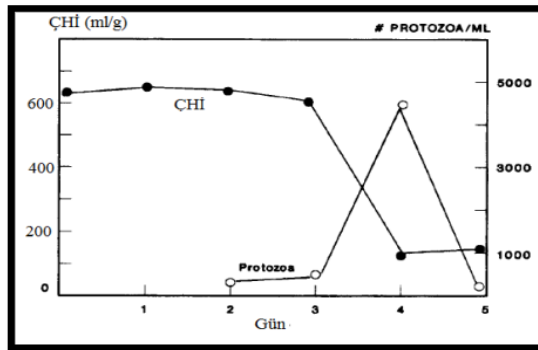


Şekil 2.36. Anaerobik ve aerobik koşullarda fosfat ve organik maddenin yumak oluşturan bakteriler tarafından kullanımı (Şahinkaya 2012)

2.7.5. Biyolojik kontrol

Bazı bakteriler ve protozoalar ipliksi bakterileri tüketme özelliğine sahiptirler (Şekil 2.37). Bunların aktif çamur havuzunda çoğaltılması ipliksi bakterilerinin sayılarının azalmasını ve böylece çamur kabarma probleminin çözümünü sağlayabilir (Şahinkaya 2012).

Silli protozoalar Type 021N ipliksi bakteri sayısının azaltılmasında kullanılabilir. Bu protozoanın havalandırma havuzunda büyütülmesi çamur hacim indeksini (ÇHI) de düşürecektir (Şahinkaya 2012).



Şekil 2.37. Protozoalar kullanılarak ipliksi bakterilerin kontrol altına alınması (Şahinkaya 2012)

2.7.6. Diğer özel önlemler

Filamentli sülfür bakterileri (*Thiothrix*, *Beggiatoa*, Type 021N vb.) sülfür varlığında büyümekte olup, tesise suların alınmadan önce bir ön havalandırmadan geçirilmesi bu tür bakterilerin gelişmesini engelleyebilir. Ancak bu önlem Type 0961 türü filamentlilerin azaltılmasını sağlayamamaktadır (Şahinkaya 2012).

Filamentli sülfür bakterileri düşük pH koşullarında yaşayamamaktadırlar. Atık suyun pH miktarının 5,5 civarına ayarlanması bu bakterilerin kontrolünü sağlar. Ancak bu önlem sonucunda fungusların gelişmesi de muhtemeldir (Şahinkaya 2012).

Demir bileşikleri bazı iplikli bakterileri (*S.natans*, *Thiothrix*, Type 021N) önemli derecede inhibe ederken yumak oluşturan bakterilere daha az zarar verir. Bu nedenle çamur kabarma probleminin kontrolü amacıyla kullanılabilir (Şahinkaya 2012).

2.8. Konu İle İlgili Yapılan Çalışmalar

2.8.1. Filamentli bakterilerin neden olduğu sorunlar ile ilgili çalışmalar

Madoni vd (1999) tarafından aktif çamurda köpürme ve şişme problemi araştırması yapılmıştır. Şişme ve köpürme probleminin tespiti için İtalya'da 167 tane arıtma tesisi incelemişlerdir. İncelemede bu tesislerin 84'ünde köpük problemi, 81'inde şişme problemi ve 55'inde de iki problemin birlikte görüldüğünü tespit etmişlerdir. *M. parvicella* (%53,2), Type 0041 (%11,3) ve Type 021N (%9,71) mikroorganizmalarının aktif çamur karışımında en yaygın bulunduğunu ve *M. parvicella* (%75), GALOs (%16) ve Type 0675 (%3,4) mikroorganizmalarının ise Köpük oluşumunda baskın türler olduğunu belirlemişlerdir. *M. parvicella* ve Type 0092 türlerinin biyolojik (ileri) ve geleneksel arıtımda baskın olduğu, *Nostocoida limicola* ve Type 1701 türlerinin ise sadece geleneksel arıtımda baskın olduğu sonuçlarına varmışlardır.

Lacko vd (1999) tarafından Kwazulu Natal'da arıtma tesisi tüm yıl boyunca incelenmiştir. Aktif çamurda baskın türlerin *Nocardia* spp. Type 0041, Type 0675, Type 1851, Type 021N, *S.natans*, *N.nimicola*, *Thriotrix* ve *Beggiatoa* olduğunu belirlemişlerdir. Kış aylarında ise *M. parvicella* ve *Nocardia* spp.'nin daha baskın olduğu ve sezonluk değişimler ile giriş suyu farklılıklarının filamentli mikroorganizma popülasyonu üzerinde son derece önemli etkiye sahip olduğu sonuçlarına varmışlardır.

Haliki vd (2004) tarafından aktif çamur sistemlerinde sorun yaratan filamentli organizmaların izolasyonu ve kontrol stratejileri üzerinde çalışılmıştır. Nötr pH'ta ve 25 °C'de en iyi büyüme sağlamışlardır.

Martins vd (2004) tarafından aktif çamurda gözlenen şişkin çamur sorunu araştırılmıştır. Çamur şişme sorununa bir grup bakterinin spesifik morfolojisinin neden olduğunun bilinmesine rağmen çözümün spesifik bir fizyolojiyle değil genel bir yaklaşımla yapılabileceğini ileri sürmüşlerdir. İnceleme sonucuna göre; filamentli çamurda şişme sorunu besin konsantrasyonunun artmasından dolayı olduğunu görmüşlerdir ve çözüm olarak da son yapılmış model olan BNR sisteminin kullanılmasını önermişlerdir.

Övez vd (2006) tarafından deri endüstrisi aktif çamur havuzundaki çamur kabarması ve köpük oluşumuna neden olan filamentli bakterilerin popülasyon dinamiğine etkisi incelenmiştir. Çözünmüş oksijen, uzun çamur yaşı, besi elementleri, yağ ve gresin filamentli kabarmaya neden olduğunu belirlemişlerdir.

Xie vd (2006) tarafından Çin'de (Kuzey Tangshan) bulunan bir atıksu arıtma tesisindeki üçlü oksidasyon hendeğinde köpük ve şişme sorununun nedeni araştırılmıştır. Köpük ve şişme sorunundan sorumlu bakterinin *M. parvicella* olduğunu bulmuşlardır. Sezonluk gözlemler sonucu aşırı *M. parvicella* büyümesinin soğuk kış günleri ve bahar aylarında olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmalar sonucunda ise şişme ve köpük sorununun çözümü için biyolojik strateji seçiminde, F/M oranının artırılması ya da çamur yaşının düşürülmesinin etkili olduğu ve aynı zamanda bu stratejinin ekonomik bir strateji olarak kullanılmaya uygun olduğu görüşüne varılmıştır.

Öztürk (2007) tarafından yüksek lisans tez çalışmasında fiziksel, biyolojik arıtma ve çamur susuzlaştırma üniteleri bulunan ve uzun havalandırılmalı bir tesiste uzun süreli aktif çamur havuzu ve su kalite parametlerinin filamentli organizmalar ile ilişkisi incelenmiştir. Filamentli bakterilerde Şubat ve Mart aylarında fark edilir düzeyde bir artış meydana geldiğini, flok yapısındaki bozuklukların Nisan ve Mayıs aylarında da devam ettiğini fakat çamur kabarması ve şişme sorunu yaşanmadığını tespit etmiştir.

2.8.2. Çamur kabarması ve şişme sorununa neden olan bakterileri azaltma yöntemleri ile ilgili çalışmalar

Ramirez ve Alonso (2000) tarafından filamentli bakteri olan Type 021N'e klor uygulanmıştır. Hücre içi florasan boyama yöntemi kullanılarak hücreye ve floklara klorun etkisini bu yöntem ile belirlemişlerdir. Araştırmalar sonucunda belli bir dozaja kadar klorun, filamentlilerin neden olduğu şişmiş aktif çamur floklarının giderilmesinde kullanılabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Chu vd (2000) tarafından atık aktif çamurun ultrasonikasyon yöntemiyle fiziksel, kimyasal, biyolojik karakteristiğini belirlemek için aşamalı ultrases uygulanmıştır. İlk aşamada gözenekli flokların aralıksız flok haline geldiğini, ikinci aşamada flok boyutunda neredeyse hiç değişme olmamakla birlikte heterotrofik bakteriler ve toplam koliform etkili bir şekilde dezenfekte edildiğini ve belli bir kritik ultrasonik güç seviyesinin üstüne çıkıldığında çamur yapısının içindeki çift değerlikli katyonların serbest kaldığını, flok yapısının etkili bir şekilde bozulduğunu, mikrobiyal aktivitenin kolayca dezenfekte edildiğini ve partikül haldeki organik bileşiklerin çözünebilir hale geçtiklerini gözlemlemişlerdir.

Choi vd (2005) tarafından farklı iki arıtma tesisinin yoğunlaştırıcısından alınmış aktif çamura 19 kV Darbeli elektrik alan (DEA) uygulanmıştır. Çamur flok yapısında parçalanma olduğu, çözünebilir kimyasal oksijen ihtiyacı/toplam kimyasal oksijen ihtiyacı oranında 4,5 kat ve hücre dışı polimer miktarında 6,5 kat artış olduğu saptanmıştır.

Koners vd (2007) tarafından Darbeli elektrik alanının (DEA) aktif çamurdaki partikül boyutuna etkisini incelemek amacıyla aktif çamura 14–18 kV/cm elektrik alan ve 100-200 kJ/kg enerji uygulanmıştır. Uygulama sonucunda floğun iç yapısında belli bir değişim görülmezken suda daha fazla partikül madde olduğunu saptamışlardır. Ayrıca 200 kJ/kg enerji uygulandığında 100 kJ/kg'a göre partikül madde büyüklüğünde daha fazla azalma olduğunu belirlemişlerdir.

Fialkowska ve Pajdak-Star (2008) tarafından aktif çamur kabarma sorununda *Lecane* sp. rotiferinin rolü ve etkisi üzerine bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada bakterilerle beslenen *Lecane* sp. ile deneyler yapılmış ve deneylere göre; *Lecane* sp.'nin *M. parvicella* gideriminde etkili ve kullanılabilir bir yöntem olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak; *Lecane* sp. rotiferinin aktif çamur içerisinde filamentli bakterilerin sayısını azaltmak için önemli role sahip olduğu, bu sayede çamurun çökeltme özelliklerini önemli ölçüde iyileştirildiği, rotiferin etkisinin filamentli mikroorganizmaların türüne göre değişiklik gösterdiği görüşlerine varmışlardır.

More vd (2010) tarafından toksik maddelerin çözünmesi, ortadan kalkması, katı maddelerin ve patojenlerin azaltılması için; çamur arıtımında kabul edilmiş belirli filamentli mantarlar ve bu suşların eş zamanlı biyoflokülasyonla yararlanılabilmesiyle ilgili bir çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmada, mantar potansiyelinin etkisiyle, aktif çamurda çöktürme, susuzlaştırma ve çözünme yeteneğinin arttığı gözlemlenmiştir. Fakat filamentli mantarların aktif çamur arıtımında susuzlaştırma, çöktürme ve çözünürlük açısından tam olarak çok iyi verimler sağlamadığı sonucuna varmışlardır.

Gündüz vd (2010) tarafından ileri bir oksidasyon tekniği olan ultrasonik arıtmanın yüksek yağ içeriğine sahip çamurların anaerobik çürütme öncesinde bir ön arıtma işlemi olarak kullanılabilirliği üzerine çalışılmıştır. İzmir' de bulunan entegre et tesisi atıksuların arıtıldığı bir biyolojik arıtma tesisinden alınan çamur örnekleri ultrasonik ön arıtma işlemi uygulamışlardır. 20 kHz ultrasonik frekans uygulaması ve 0 ile 100000 kJ/kg KM arasında değişen özgül enerji değerleri kullanılarak flok dezentegrasyonu açısından en uygun enerji seviyesi, dezentegrasyon derecesi parametresi dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Ayrıca ultrasonik ön arıtma işleminin biyolojik çamurların üst suyu özellikleri, çamur katılarının çözünürlüğü ve çamurların filtrenabilirlik özellikleri üzerine olan etkisi değerlendirilmiştir.

Andreasen ve Nielsen (2000) tarafından *M. parvicella*'nın geniş toleransı nedeniyle nutrient giderim ünitelerinde elektron reseptörü olarak nitrit ve nitratı kullanabilmesi sayesinde diğer heterotrofik bakterilerin yerini alabildiğini bu nedenle de aşırı üreyebildiği hipotezi ileri sürülmüştür. Yaptıkları deneylerin sonuçlarına göre, güçlü bir gösterge tür olan *M. parvicella*'nın bulunduğu ortam koşullarında normal heterotrofik bakteriler gibi elektron reseptörleri olarak oksijen, nitrit ve nitratı kullandığını gözlemlenmişlerdir. Demir (3) elektron reseptörü olarak kullanılamamakta ve ototrofik ve miksotrofik olmayan büyüme de inorganik karbon hidrojen ile birlikte elektron kaynağı olarak bulmuşlardır.

Wang vd (2010) tarafından yüksek konsantrasyonda sürekli olarak Ni ilavesinin şişmiş aktif çamura etkisini, bununla birlikte tür üzerinde ve çamurun iyileştirilmesi için ardışık kesikli reaktörde amonyum ve organik kirlilik giderilmesi konuları üzerinde

çalışılmıştır. Yaptıkları çalışmada; yüksek konsantrasyonlu Ni eklenmesinden sonra hücre dışı polimerik madde (EPS) kompozisyonu ve şişmiş aktif çamur miktarı içindeki değişiklikler incelenmişler ve ardışık kesikli reaktörde yaşayan ve etkili olan filamentlilerin yarattığı aktif çamur şişme sorununun, sürekli olarak yüksek konsantrasyonlu Ni (60 mg/l) verilerek inhibe edildiği ve ÇHI çamurda yavaş yavaş azaldığı, çökme ve susuzlaştırmanın önemli ölçüde düzeldiği, şişkin aktif çamurun organik maddeler ve amonyak-azotu gibi kirleticilerin giderilmesinde güçlü bir yeteneği olduğu, atıksu içinde çözünmüş KOİ değerinin inhibisyon periyodunda 653 mg/l den 62 mg/L düştüğü ve 40 günlük ortama alıştırma sonrasında, 60 mg/L Ni adapte olan mevcut ve yeni üretilen bakteriler organik atıkları ayrıştırdıkları fakat Nitrobacteria ve Nitrosobacteria'nın 80 günlük ortama alışma sonrasında ve 60 mg/L Ni eklenerek beklendiğinde ortama adapte olamadıkları sonuçlarına varmışlardır.

İçemer vd (2007) tarafından Antalya şehrinde bulunan bir atıksu arıtma tesisinde filamentli bakteri karakterizasyonunu belirlemek ve ultrasonikasyon kullanarak filamentli bakterilerle mücadele etmek için bir çalışma yapılmıştır. Filamentli bakterilere ultrases uygulaması sonucunda flokların parçalanmasının sağlandığı fakat bu parçalanmanın bulanıklık ve yüzen madde oranını artırdığı sonucuna varmışlardır.

Yılmaz vd (2007) tarafından ise filamentli bakterilerin aşırı üremesine çözüm oluşturmak amacıyla aynı tesiste aktif çamura çeşitli dozlarda klor ve ultrases uygulamalarının karşılaştırması yapılmıştır. Optimal klor dozunu 2,5 g/kgMLSS/g, ultrases dozunu 10Wh/l 120 saniye belirlemişler ve sonuç olarak geri dönüş çamuruna ultrases uygulamasının çamur kabarmasına çözüm olabileceğini önermişlerdir.

Yin Jun vd (2008) yaptıkları çalışmada; çamur azaltma yöntemi olarak en önemli teknolojilerden biri olan hidrojen peroksit/ozon' un çamur arıtımındaki etkileri araştırılmıştır. Çamur hacminde ve su içeriğinde önemli bir azalma gözlemleyen araştırmacılar; çamurun çökebilirliğinin uygulama sonrasında 39'dan 14'e düştüğünü bununla birlikte CST değerine göre çamurun filtrelenebilirliği 17.2s'den 120.4s'e yükseldiği söylemişlerdir. Ozonla çamur arıtımının dezavantajları göz önüne alınırsa; hidrojen peroksit ile ozonlama sistemi sonucunda gelişmiş bir oksidan süreci oluşturduğunu söylemiş ve sonuç olarak hidrojen peroksit ve ozonun birlikte kullanımının çamurun yapısının ayrıştırılmasında etkili olabileceğini önermişlerdir.

Hammadi vd (2012) tarafından atıksu arıtma tesisinde ısıl işlem uygulanarak aktif çamur üzerinde kullanılan hidrojen peroksitin kimyasal ve reolojik davranışları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Sıcaklığın artırılması ve hidrojen peroksit dozunu artırılması her ikisinin de çamurun kimyasal oksijen ihtiyacında azalmaya neden olduğu aynı zamanda süspansiyon içinde uçucu madde ve toplam askıda madde oranının (VM/SM) azalmasına neden olduğunu görmüşlerdir. Hidrojen peroksit ilavesi ile askıda madde miktarında doğrusal bir azalma ve kimyasal oksijen ihtiyacında doğrusal bir artış ile %12'den %45'e ulaşana bir artış gözlemlenmiş ve bu durumu organik maddelerin bozulması ile ilişkilendirmişlerdir. Sonuç olarak; çalışma yapılan 95 °C sıcaklıkta aktif çamurdaki kimyasal oksijen ihtiyacının en verimli şekilde giderildiği görülmüştür.

Barbusinski ve Filipek (2002) yaptıkları çalışmada; aktif çamurun aerobik olarak giderimde hidrojen peroksit ve fentonun karşılaştırmalı deney sonuçları

açıklamaktadırlar. Fenton reaktifinin hidrojen peroksit ile karşılaştırıldığında daha yüksek bir oksidasyon potansiyeli ve sonuç olarak giderim sürecinde daha yüksek bir verime sahip olduğu ayrıca fenton reaktifinin çamurun sedimentasyon özelliklerinin geliştirilmesinde ve çözünebilir KOİ'nin azaltılmasında hidrojen peroksitten daha verimli olduğunu görmüşlerdir. Öte yandan bu uygulamanın en belirgin dezavantajları ilave kimyasal sedimentinin ve çamur yumaklarının oluşması sonucu supernatant sıvısının bulanıklaşması ve çamur susuzlaştırmanın zorlaşması olmuştur. Çalışma sonucunda a bu reaktiflerin dozlarının her bir çamur için ayrı ayrı optimize edilmesi gerektiği, dayanıklılığı olmayan ya da biyolojik olarak çözünebilir kirliliği olmayan endüstriyel atıksu arıtımı yapan biyolojik atıksu arıtma tesislerinde hidrojen peroksit ya da özel bir fenton reaktifi aerobik giderimde çamur yoğunlaştırılması için kullanılabileceğini öne sürmüşlerdir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Çalışmada İncelenen Atıksu Arıtma Tesisleri

Çalışmada Haziran 2012- Mayıs 2013 tarihleri arasında Lara ileri atıksu arıtma tesisi, Kemer atıksu arıtma tesisi, Belek 1 atıksu arıtma tesisi ve Belek 2 atıksu arıtma tesisleri aktif çamur havuzlarından alınan örnekler incelenmiştir.

3.1.1. Lara ileri atıksu arıtma tesisleri

Lara İleri Atıksu Arıtma Tesisi, kent merkezine 17 km mesafede, Lara plajının 250 m kuzeyinde bulunmaktadır. ASAT Genel Müdürlüğü tarafından planlanan Doğu Bölgesi projesi, Lara Atıksu Arıtma Tesisi 2 adet terfi pompa istasyonu ve derin deniz deşarjı projesini kapsamaktadır. Söz konusu proje ile Büyükşehir Belediyesi sınırları içerisinde Batı Bölgesinin dışında kalan nüfus ile bölgede bulunan turistik tesislerin atıksuları arıtılmaktadır. Bölgedeki atıksular kanalizasyon şebekesi ile toplanıp arıtma sonrasında Derin Deniz Deşarjı ile bertaraf edilmektedir. 180 dönüm arazi üzerine inşa edilmiş olan arıtma tesisinde 80 dönüm yeşil alan ve havalandırma havuzlarının üstünde 12 dönüm olimpik ölçülerde çim futbol sahası bulunmaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Lara ileri atıksu arıtma tesisinin genel görünümü

Lara İleri Atıksu Arıtma Tesisi deşarj standartlarında tanımlı parametreleri sağlayacak kalitede atıksu arıtımını gerçekleştireceği şekilde 4 kademe olarak tasarlanmıştır. Her bir kademe 31.250 m³/gün kapasitede olup, ön arıtma ünitesi 500.000, biyolojik arıtma 250.000 eşdeğer nüfus kapasitesine sahip olarak yatırımı gerçekleştirilmiş ve işletmeye alınmıştır. Tesis Ön Arıtma (Fiziksel Arıtma), Biyolojik Arıtma ve Çamur Susuzlaştırma Ünitelerinden oluşmaktadır.

Tesise gelen atıksu içerisinde bulunan kaba malzemelerin tutulması amacıyla ilk etapta ön arıtmadan geçirilmektedir. Ön arıtma 2 adet 5 cm aralıklı Halatlı Kaba Izgara, suyun terfisi için 4 adet asil ve 2 adet yedek 802 m³/saat kapasiteli dalgıç pompanın

bulunduğu terfi haznesi, 3 cm aralıklı 2 adet arka taramalı ızgara ve 6 mm aralıklı 2 adet plastik konveyör ızgara ve %30 yağ gres giderimini sağlayan 2 adet havalandırılmalı kum tutucudan oluşmaktadır. Ön arıtmadan geçen atıksu biyolojik arıtma ünitelerine geçmektedir.

Biyolojik arıtma üniteleri 1500 m³ hacimli 1 adet selektör tank, 3 adet toplamda 4500 m³ hacme sahip anaerobik reaktör, 4 adet her biri 17.000 m³ hacme sahip havalandırılma havuzu, 2 adet her biri 5000 m³ hacme sahip çökeltim havuzu ve 2 asil 1 yedek 830 m³/ saat kapasiteli dalgıç pompadan oluşan geri devir haznesinden oluşmaktadır.

Biyolojik arıtmada tam nitrifikasyon ve denitrifikasyon ile azot gideriminin anaerobik ve aerobik havuzlarda fosfor gideriminin sağlandığı Bardenpho sistemi uygulanmaktadır.

Çamur susuzlaştırma üniteleri 2 adet her biri 1600 m³ hacimli çamur tankı, 2 adet 100 m³/saat hacimli dekantörden oluşmaktadır. Sistemden çekilen % 0,85 katı madde içeren fazla çamur dekantörler vasıtası ile %25 kuruluğa getirilerek kamyonlar ile Hürmada bulunan Termal Kurutma Tesisinde işlenmektedir.

Lara İleri Atıksu Arıtma Tesisi, arıtma teknolojisinde dünyaca kabul görmüş Alman ATV-131 Standartlarına göre işletilmektedir.

Tesiste arıtılan yüksek kalitedeki çıkış suyu atıksu deşarj pompa istasyonundan başlayarak 1200 mm çapındaki boru hattından oluşan derin deniz deşarj sistemi ile karadan 950 metre, Antalya Lara sahilinden 2250 metre uzaklıkta ve 22 metre derinlikte deşarj edilir.

Lara İleri Atıksu Arıtma Tesisinin çevreye bir diğer kazanımı, arıttığı atıksuyu sulama sisteminde kullanabilmesidir. Tesisteki mevsimlik bitkiler kurulan serada peyzaj personelleri tarafından yetiştirilmektedir.

3.1.2. Kemer atıksu arıtma tesisi

Kemer Atıksu Arıtma Tesisi, üç etaptan oluşmuştur. 1. ve 2. etap oksidasyon havuzlarındaki havalandırıcılar yüzeyseldir. 3. etap oksidasyon havuzları ise tabandan difüzörler ile havalandırılmaktadır. Her etap kendi içinde geri devir yapmakta ve aynı zamanda da birbirleri ile bağlantılıdır. Bu tesiste iki adet 7,5 ve 18 m³ /saat kapasiteli belt pres mevcuttur. Bu belt presler içinde bir adet yoğunlaştırıcı bulunmaktadır. Tesisin derin deniz deşarj hattı yapılmış olup faal durumdadır.

1. etap proje debisi 4.714 m³/gün, 2.etap proje debisi 8.061 m³/ gün, 3. etap proje debisi 8.640 m³/gün, toplam proje debisi ise 21.415 m³/gün ve 7.923,55 kg/gün.BOD₅ kirlilik yükü ile 73.591 eşdeğer nüfusa hizmet edecek şekilde dizayn edilmiştir. Derin deniz deşarjı ise 313,88 lt/ sn debi ile 90.431 eşdeğer nüfusa hizmet edecek şekilde 630 mm çapında boru ile karada 1.850 m, denizde 850 m uzunluğunda ve -31,5 m derinlikte dizayn edilmiştir.

3.1.3. Belek 1 atıksu arıtma tesisi

Atıksu Arıtma Tesisi, kanalizasyon, terfi merkezi, içme ve kullanma suyu temini ve dağıtımını olmak üzere su ve atıksu ile ilgili tüm altyapı hizmetleri 10 yıldır profesyonel olarak yapılmaktadır. 1992 yılında faaliyete geçen Arıtma tesisinin tevsi inşaatı 2003 yılında tamamlanmıştır. Proje raporlarında belirtilen kapasite 13.100 m³/gün (65.500 E.N) atıksu arıtacak kapasiteye ulaşmıştır. Arıtma sistemi olarak uzun havalandırılmalı sistem kullanılmaktadır. Arıtılmış sular 3.645 metre uzaklıktaki Beşgöz deresine deşarj edilmektedir.

Belek 1 Atıksu Arıtma Tesisi Üniteleri aşağıda sıralanmıştır:

- Kaba ve Izgara
- Havalandırılmalı Kum ve Yağ Tutucu
- Parshal Savağı (Atıksu Ölçümü)
- Dağıtım Yapısı
- Koku Giderme Ünitesi
- Kimyasal Madde Dozlama Üniteleri
- Kum Ayırma Helezonu
- Biyolojik Arıtma Üniteleri, (Nitrifikasyon-Denitrifikasyon)
- Çökertme Havuzları
- Çamur Yoğunlaştırma Havuzları,
- Çamur Susuzlaştırma Ekipmanları
- Klorlama Ünitesi
- Basınçlı Kum Filtreleri ve Deşarj Sistemi

3.1.4. Belek 2 atıksu arıtma tesisi

Atıksu Arıtma Tesisi, kanalizasyon, terfi merkezi, içme ve kullanma suyu temini ve dağıtımını olmak üzere su ve atıksu ile ilgili tüm altyapı hizmetleri 10 yıldır profesyonel olarak yapılmaktadır. 1994 yılında faaliyete geçen Atıksu Arıtma Tesisinin kapasitesi 2001 yılında yapılan revizyon ile 12.600 m³/gün (63.000 E.N.) ulaşmıştır. Ancak otel yatak kapasitesindeki artışlar ve yeni tahsisler nedeniyle 2004 yılı sezonunda tesise kapasitesinin üzerinde atıksu gelmiştir. Bu nedenle planlanan yatak sayılarında dikkate alınarak 10.000 m³/gün kapasitesinde tevsi inşaatı başlamış olup, Eylül 2005 de tevsi tamamlanmış ve kapasite 22.600 m³/gün (113.000 E.N) ulaşmıştır. Arıtma sistemi olarak uzun havalandırılmalı sistem kullanılmaktadır.

Belek 2 Atıksu Arıtma Tesisi Üniteleri aşağıda sıralanmıştır:

- Kaba ve Izgara
- Havalandırılmalı Kum ve Yağ Tutucu
- Parshal Savağı (Atıksu Ölçümü)
- Dağıtım Yapısı
- Koku Giderme Ünitesi
- Kimyasal Madde Dozlama Üniteleri
- Kum Ayırma Helezonu
- Biyolojik Arıtma Üniteleri, (Nitrifikasyon-Denitrifikasyon)

- Çökeltme Havuzları
- Çamur Yoğunlaştırma Havuzları,
- Çamur Susuzlaştırma Ekipmanları
- Klorlama Ünitesi
- Basınçlı Kum Filtreleri ve Deşarj Sistemi

3.2. Deneysel Materyaller

Bu çalışma, evsel atıksu arıtımının gerçekleştirildiği Kemer Atıksu Arıtma Tesisi, Belek 1, Belek 2 Atıksu Arıtma Tesisleri ve Lara Atıksu Arıtma Tesisi'nin havalandırma havuzundan alınan örneklerle gerçekleştirilmiştir. Örnekler +4°C'de soğuk zincirde laboratuara getirilmiş ve deney öncesinde oda sıcaklığına getirilmiştir. Filament bolluğu ve baskınlığı haricindeki deneyler Standart Metot (2000)'e göre yapılmıştır. Filamentli mikroorganizmaların bolluğu ve baskınlığı ise; Jenkins ve ark. (2003) tarafından önerilen kriterler kullanılarak değerlendirilmiştir.

3.2.1. Hassas terazi

Gram Boyama (Kristal Violet, Gram İyodür, Safranin) ve Neisser Boyama (Metilen Mavisi, Bismark Brown) yöntemlerinde kullanılan boyaların hazırlanması sırasında kullanmıştır.

3.2.2. Otoklav

Deneyde kullanılan malzemelerin sterilizasyonunu sağlamak amacıyla STIK marka, MJ serisi otoklav kullanılmıştır. Malzemeler 121 °C'de 15 dakika steril edilmiştir.

3.2.3. Mikroskop

Bu çalışmada deneyin her aşamasında (ham atıksu, besiyer gelişimleri, ultrases öncesi ve sonrası, santrifüj sonrası örnekler) filamentli bakterilerin varlığının, gelişiminin, ultrases ve hidrojen peroksit uygulamalarının filamentli mikroorganizmalar üzerindeki etkisinin incelenmesi amacıyla Olympus BX50 marka Faz- Kontrast mikroskop kullanılmıştır.

3.3. Deneysel Metotlar

Bu çalışmada, içeriğinde birçok mikroorganizma barındıran atıksulardan alınan örneklerle filament karakterizasyonu, filament sayımı ve yoğunluğu, çamur kalitesinin değerlendirilmesi çalışmaları yapılmıştır.

İlk aşamada Lara Atıksu Arıtma, Belek 1, Belek 2 Atıksu Arıtma ve Kemer Atıksu Arıtma tesislerinden gelen ham atıksu numunelerine, %100, %50 ve %25'lik seyreltmeler yapılarak gram ve neisser boyama öncesi ve sonrasında incelenmiştir. Gram ve neisser boyamalarda kullanılan solüsyonlar hazırlanmıştır (Jenkins 2003).

Filamentli mikroorganizmaların; Mikroskopik gözlemleri ışık ve Faz-Kontrast mikroskopta Eikelboom ve Van Buijsen (1983)'e göre tayinleri yapılmıştır.

3.3.1. Gram Boyama

- **Solüsyon 1:** Kristal Violet
- **Solüsyon 2:** Gram İyodür
- **Solüsyon 3:** Safranin

İncelenmek istenen atıksu örneğinden bir damla pastör pipeti yardımıyla alınarak lam üzerine koyulmuş ve havada kuruyana kadar beklenmiştir. Kuruyan örnekler Solüsyon 1 ile 1 dakika muamele yapılmıştır. Saf su ile durulandıktan sonra Solüsyon 2 ile 1 dakika bekletilmiş ve yine saf su ile durulanmıştır. Daha sonra yaklaşık 25 saniye, %95'lik etanol damla damla uygulanarak gram negatif bakteriler renksizleştirilmiştir. Son olarak Solüsyon 3 ile 1 dakika muamele yapılarak saf su ile durulanmıştır. Numunelerin kuruması beklendikten sonra mikroskop altında, 40x (400 kat) büyütme ile incelenmiştir.

3.3.2. Neisser Boyama

- **Solüsyon 1:** Metilen Mavisi
- **Solüsyon 2:** Bismark Brown

İncelenmek istenen atıksu örneğinden bir damla pastör pipeti yardımıyla alınarak lam üzerine koyulmuş ve havada kuruyana kadar beklenmiştir. Kuruyan örnekler Solüsyon 1 ile 30 saniye muamele yapılmıştır. Saf su ile durulandıktan sonra Solüsyon 2 ile 1 dakika bekletilmiş ve yine saf su ile durulanmıştır. Numunelerin kuruması beklendikten sonra mikroskop altında, 40x (400 kat) büyütme ile incelenmiştir.

3.3.3. Filament sayımı ve yoğunluğu

Filament sayımı ve yoğunluğu Jenkins ve ark. (2003) tarafından belirtildiği gibi yapılmıştır (Çizelge 3.1). Lam üzerine 50 µl karıştırılmış aktif çamur örneği damlatılır ve üzerine 22 x 30 mm lamel kapatılır. Mikroskop x40'e getirilerek, gözlem yapılır. Lam üzerinde bulunan floklar sanki ortasından bir çizgi geçtiği kabul edilerek bu çizgiyi kesen filament sayısı belirlenir. Bu filament sayısı FC olarak kabul edilmektedir. Tüm filament sayısının bulunabilmesi için FC aşağıda belirtilen formüle konarak hesap yapılmaktadır (Jenkins 2003).

$$\frac{\text{Birim filament sayısı}}{\mu L} = \frac{FC * \text{lam genişliğindeki alan sayısı}}{50} \quad (3.1)$$

FC: Filament sayısı

50: Lam üzerine konulan atıksuyun hacmi, µl

Çizelge 3.1. Filament sayımı ve yoğunluğuna karşılık gelen filament indeks değerlendirilmesi (Jenkins,2003)

Filament İndeks	Yoğunluk	Açıklama
0	Yok	
1	Çok az miktarda	Filamentler var ama çok nadir flokta görülmektedir
2	Bir miktar	Filamentler yaygın şekilde var ama bütün floklarda yok
3	Yaygın	Bütün floklarda filamentliler var ama düşük yoğunlukta (ör, flok başına 1-5 filament)
4	Çok yaygın	Bütün floklarda filamentliler var ve orta yoğunlukta (ör, flok başına 5-20 filament)
5	Bol miktarda	Bütün floklarda yüksek yoğunlukta filamentliler var (ör, flok başına >20 filament)
6	Aşırı miktarda	Bütün floklarda floklardan daha fazla miktarda filamentliler var (ör, flok başına >25 filament)

3.3.4. Çamur kalitesinin değerlendirilmesi

Çamur genellikle çökebilme özellikleri ile karakterize edilir. Çökme testleri 1 litrelik mezürlerde yapılır. Önce çamur içindeki katı maddeleri homojen olarak dağıtmak için numune iyice karıştırılır. Katı maddeler çökerken katılar ve sıvı arasındaki arakesit dikkatle izlenir ve zamana göre arakesit yüksekliği kaydedilir (Filibeli 2005).

Analitik olarak, atık sudaki tüm katı maddeler 103 ila 105 derece buharlaşmada erimeyip, tortu, kalıntı halinde kalan maddeler olarak tarif edilir. Belirli bir çamur numunesinin çökme hızı çamur katı madde konsantrasyonunun bir fonksiyonudur. Seyreltik çamurlar daha hızlı, konsantre çamurlar daha yavaş çökerler. Çamurun çökebilme özelliği özellikle bir aktif çamur tesisinin işletilmesinde en önemli parametrelerden biridir. Tesisin işletilmesi sırasında, çamurun çökme özelliklerinin belirlenmesinde ucuz ve kolay bir ölçüm yöntemi olduğundan 'Çamur Hacim İndeksi, ÇHİ' parametresi kullanılır (Çizelge 3.2). Çamur hacim indeksi, (ÇHİ), 1 gr kuru maddenin ml cinsinden işgal ettiği hacim olarak ifade edilir (Filibeli 2005).

Çamur hacim indeksini hesaplamak için; alınan çamur numunesi 1 litrelik mezürde 30 dakika süre ile çökmeye bırakılır, ml olarak çamur miktarı ölçülür ve mg/l çamur askıda katı madde konsantrasyonuna bölünür:

Çamur Hacmi İndeksinin Hesabı:

$$CHİ\left(\frac{mL}{mg}\right) = \frac{\text{Çöken katı hacmi} \left(\frac{mL}{L}\right) * 1000}{AKM\left(\frac{mg}{L}\right)} \quad (3.2)$$

Çizelge 3.2. Çamur Hacim İndeksi ve çamur kalitesi arasındaki ilişki (Filibeli 2005)

ÇHI	< 100 ml/g	İyi çöken çamur
ÇHI	> 100 ml/g	Şişkin çamur
ÇHI	>150 ml/g	Aşırı şişkin çamur

3.4. Ön Arıtım Uygulamaları

Filamentli bakterilerin kimyasal olarak giderim yöntemleri klor, ozon, hidrojen peroksit, perasik asit ve kireçtir. Fiziksel olarak giderim yöntemlerinde ise; ultraviyole, hidrostatik basınç, ultrases gibi yöntemler kullanılmaktadır.

Çamur ön arıtımında farklı proseslerin kullanımının avantaj ve dezavantajları Çizelge 3.3'de görülmektedir. Arıtma tesislerinden aldığımız aktif çamur örnekleri için kimyasal ve fiziksel giderim çalışmaları yapılmış, sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Çizelge 3.3. Çamur arıtımında ön arıtımın avantaj ve dezavantajları (Anonim VI)

Metot	Hücre Parçalanma (%)	Avantaj	Dezavantaj
Ultrases	100	Tam parçalanma	Yoğun enerji
Isıl	30 - 50	Proses esnekliği	Korozyon, koku
Termokimyasal	5 - 60	Nispeten basit	Korozyon, koku
Biyolojik	5 - 50	Basit işletme, düşük maliyet	Çok düşük verim, koku
Oksidatif (H ₂ O ₂)	90	Yüksek parçalanma verimliliği	Düşük pH, korozyon, yüksek maliyet

3.4.1. Hidrojen peroksit ön arıtımı

Hidrojen peroksit (H₂O₂) soluk mavi renkte; sulandırıldığında ise renksiz hale gelen bir bileşiktir. Hidrojen peroksitin akmazlık değeri, sudan daha yüksektir. Çok güçsüz bir asit olan bileşik; özellikle kâğıt sanayinde kâğıtlara beyaz renk vermek için üretilmektedir. Bileşik ayrıca dezenfeksiyon, oksitleme, antiseptik üretimi ve roket yakıtı üretiminde de kullanılmaktadır.

Hidrojen peroksit belli dozlarda (5 mg/l, 10 mg/l, 15 mg/l, 20 mg/l, 25 mg/l ve 30 mg/l) aktif çamur örneklerinin üzerine eklenerek karıştırılmış ve filamentli mikroorganizmalar üzerindeki hücre yapısına etkisi faz- kontrast mikroskop altında incelenmiştir. Aktif çamurda göstereceği etki ise bulanıklık ölçümleri ile belirlenmiştir.

3.4.2. Ultrases ön arıtımı

Ultrases, insan kulağının işitemeyeceği kadar yüksek frekanslı ses dalgalarına verilen addır. Ultrases akustik bir dalgadır. Frekansı 20.000 Hz. ile 1 GHz. arasındadır (Büyüktanır 2010).

Kavitasyon genellikle sıvılar içinde herhangi bir küçük basınçta oluşur. Kavitasyon olayının oluş sırası şöyledir: Ultrases dalgalarının seyrelme fazında boşluk biçiminde bir kesilme olur. Bu boşluk ise verilen sıvının doymuş buharı ile doludur. Sıkıştırma fazında buhar yoğunlaşır ve boşluk, çeperlerin üst yüzey geriliminin, artan basıncın etkisi ile düşmesi sonucu bozunur. Sıkışma son bulduğunda ortamda hızla buharlaşan etrafı çevrili sıvı içinde, saniyelik şok dalgaları oluşur. Kavitasyon olarak adlandırılan bu olay sonucunda 1000 atm'nin üzerinde basınç ve büyük bir enerji açığa çıkar. Bu enerji, kabarcıkların bulunduğu bölgeyi ısıtır ve kimyasal reaksiyonlara neden olur. Sonuç olarak, ultrasesin temel prensibi açığa çıkan bu yüksek ısı ve enerjinin kullanılabilirliği üzerinedir (Anonim XI).

Kavitasyon 20-40 kHz frekansında daha kolay oluşur. Oluşan küçük kabarcıklar küçük bir reaktör olarak da düşünülebilir. Kavitasyon olayı sonucu oluşan ve $H\cdot OH_2O_2$ gibi oksitleyici türlerin yardımı ile ve oluşan sıcaklık ve basıncın etkisi ile meydana gelen fiziksel ve kimyasal faktörlerin birlikte etkili olması ile kirleticiler kısmen veya tamamen oksitlenmesi mümkün olur. Sonokimyasal dönüşümü yaratan asıl olay akustik kavitasyondur. US parçalanma işlemine katkı sağlayan en önemli mekanizmanın, oksitleyici etkisinin yanında hidro-mekanik kesme kuvveti olduğu ifade edilir (Genç 2007).

Günümüzde sudaki tehlikeli kirleticilerin arıtımında ileri oksidasyon prosesi olarak ultrases uygulamasına ilgi giderek artmaktadır.

Ultrases; belli sürelerle (2 dk., 4 dk., 8 dk., 16 dk.) aktif çamur örneklerine uygulanmış ve filamentli mikroorganizmalar üzerindeki etkisi faz-kontrast mikroskop altında incelenmiştir. Ultrases uygulaması 34 watt güç ve 20 khZ frekansta gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR

4.1. Tesislerin Değerlendirilmesi

Antalya İlinde bulunan çalışmaların yapıldığı; ikisi doğu, biri batı, biri merkez olmak üzere dört farklı tesisin konumu Şekil 4.1’de gösterilmektedir.



Şekil 4.1. Çalışmanın yapıldığı tesislerin Antalya İlinde buldukları konumlar

Çalışmanın yapıldığı tüm tesisler; arıtma sistemi olarak uzun havalandırmalı aktif çamur sistemini kullanmaktadır. Tesislerin arıtma sistemleri, kapasiteleri ve diğer özellikleri Çizelge 4.1’de belirtilmektedir.

Çizelge 4.1. Çalışmanın yapıldığı tesislerin özellikleri

Tesis	Kapasite		İşletim sistemi	Çamur Miktarı (Ton/gün)	
	Eşdeğer Nüfus	m ³ /gün		YAZ	KIŞ
Lara AAT	130000	22.000	Uzun Havalandırmalı Aktif Çamur Sistemi	20	20
Kemer AAT	90341	21.415	Uzun Havalandırmalı Aktif Çamur Sistemi	24	7
Belek I AAT	55000	13.500	Uzun Havalandırmalı Aktif Çamur Sistemi	15	5
Belek II AAT	75000	22.600	Uzun Havalandırmalı Aktif Çamur Sistemi	33	10

4.2. Lara İleri Atıksu Arıtma Tesisi

4.2.1. Fiziko-kimyasal parametreler

Lara ileri atıksu arıtma tesisinde yapılan deneyler sonucu alınan bir yıllık ortalama değerler aşağıda verilmektedir. Lara AAT’de yıllık sıcaklık 18-29 °C arasında değişmektedir. Çizelge 3.2’de verilen ÇHİ sınıflandırmasına göre, aylık ÇHİ konsantrasyonları incelendiğinde, temmuz ayında >100 ml/g ile şişkin çamur, diğer aylarda ise >150 ml/g değeri aşan aşırı şişkin çamur özelliği sergilemektedir. Çizelge 4.3’de görüldüğü üzere en yüksek atıksu giriş suyu sıcaklıkları temmuz ve ağustos aylarında ölçülmüştür. Sıcaklığın yüksek olduğu aylarda ÇHİ ve AKM, BOİ₅ yükü de yüksek olması gerekirken kış aylarında bu değerler daha yüksektir. Çizelge 4.2’de belirlenen BOİ₅ ve KOİ giriş değerleri incelendiğinde, Metcalf ve Eddy’nin (2004) arıtılmamış atıksu karakteri sınıflandırmasına göre yüksek organik yüklü atık su olduğu görülmektedir. Metcalf ve Eddy (2004) sınıflandırmasında BOİ/KOİ oranı 0,3-08 aralığında verilmiştir. Lara AAT’de BOİ/KOİ oranları kış aylarında 0,5 iken, yaz aylarında bu oran 0,6 yükselmiştir. Tesiste AKM konsantrasyonları 100-180 mg/l aralığındadır. Çizelge 4.2’deki sınıflandırmaya göre düşük ve orta atıksu tipine sahip olduğunu göstermektedir. Çalışma sonucunda hesaplanan ÇHİ konsantrasyonları 101-210 ml/g aralığındadır. Atıksu yükünün az olmasının umulması nedeniyle kış aylarında iyi çöken çamur özelliği göstermesi beklenirken, sadece temmuz ayında, 101 mg/l ile iyi çöken çamur sınıfına yakın bir değerdedir. Kasım ve aralık aylarında en yüksek ÇHİ konsantrasyonları gözlenmiştir. Çizelge 4. 4’de verilen mevsimsel ortalamalara göre, en yüksek ÇHİ değerleri sırasıyla sonbahar (339 mg/l) ve yaz (278 mg/l) aylarında hesaplanmıştır. Tesis yıl boyunca değerlendirildiğinde, nisan ayı hariç aşırı şişkin çamur sınıfında olduğu belirlenmiştir. Oteller ve meskenlerden gelen atıksu yükü yaz aylarında daha fazla olduğundan ve çamur şişmesi sorunun önlemek amacıyla sistemden fazla çamur alımı yaz aylarındaki düşük AKM konsantrasyonlarını açıklamaktadır. Bu nedenle, kış aylarında tek havuzda gerçekleşen arıtma prosesi sonucu tesise giriş yükü ve parametrelerinde ve pH’da da değişim gözlenmektedir.

Çizelge 4.2. Arıtılmamış atıksuyun tipik kompozisyonu (Metcalf&Eddy 2004)

Parametre	Düşük konsantrasyon	Orta konsantrasyon	Yüksek yüksek konsantrasyon
AKM (mg/l)	120	210	400
BOİ ₅ (mg/l) (20°C)	110	190	350
KOİ(mg/l)	250	430	800
TOK(mg/l)	80	140	260

Çizelge 4.3. Lara AAT Haziran 2012- Mayıs 2013 arası aylık fiziko- kimyasal analiz sonucu değerleri

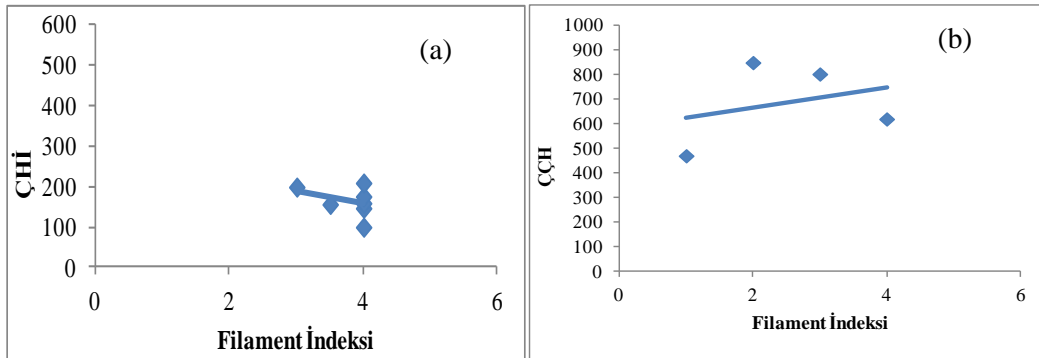
Parametre/Aylar	06/12	07/12	08/12	09/12	10/12	11/12	12/12	01/13	02/13	03/13	04/13	05/13
ÇHİ (ml/g)	-	101	-	-	177	210	200	157	-	-	148	160
AKM (mg/l)	150	180	-	-	140	120	100	100	-	-	160	180
BOİ ₅ Giriş (mg/l)	470	530	-	-	430	410	390	390	-	-	500	520
KOİ Giriş(mg/l)	900	920	-	-	830	805	780	760	-	-	820	890
BOİ ₅ /KOİ	0,52	0,57			0,52	0,50	0,50	0,51			0,60	0,58
pH	7,5	7,4	7,2	7,2	7,1	7,6	7,9	7,6	7,5	7,4	7,5	7,9
Sıcaklık (°C)	23	28	29	26	23	20	18	19	19	19	21	24

Çizelge 4.4. Lara AAT mevsimsel ortalamalar

Mevsimsel ortalama	KOİ Giriş mg/L	BOİ Giriş mg/L	AKM Giriş mg/L	ÇÇH ml/L	ÇHİ mg/L	Baskın Türler	Filament İndeks (FI)
Yaz	481	270	223	750	278	<i>Nocardia</i> spp. Type 0041/0675	5
Sonbahar	342	177	210	915	339	<i>M.parvicella</i> <i>N.limicola</i>	4
Kış	245	133	115	455	169	Type 0041/0675 <i>M.parvicella</i>	3
İlkbahar	541	300	268	303	169	<i>M.parvicella</i> Type 0041/0675	4

4.2.2. Mikrobiyolojik parametreler

Lara ileri atıksu arıtma tesisinden alınan aktif çamur örneklerinde yıllık ortalama değerlere göre, çamur çökebilirliği ve çamur hacim indeksinin filament indeksi ile ilişkileri Şekil 4.2 ve Çizelge 4.4'de verilmektedir.



Şekil 4.2. (a) Çamur hacim indeksinin filament indeksine bağlı olarak yıllık değişimi, (b) Çamur çökebilirliğinin filament indeksine bağlı yıllık değişimi

Şekil 4.2 (a)'da görüldüğü üzere çamur hacim indeksi 101-210 ml/g arasında değişirken filament indeksinin 3- 4 aralığında olduğu tespit edilmiştir. ÇHI >100 ml/g şişkin çamur oluşumuna yönelim olduğunu ve 3- 4 aralığındaki filament indeksi de bu yönelimi doğrulamaktadır. Jenkins vd.(1986) göreceli filament bolluk skorunda flokta 1-5 filament varsa yaygın, 5-20 filament varsa çok yaygın bollukta olduğunu göstermektedir. Tesiste yıl boyunca çizelge 4.4'de verilen filament boyları uzun türlerin aşırı bollukta olduğu gözlenmiştir.

Şekil 4.2 (b)'de görülen çamur çökebilirlik hacmi incelendiğinde ise çamur çökebilirliğinin filament indeksi ile doğru orantılı olduğu görülmektedir. Çizelge 4.5'te verilen baskın türler dikkate alındığında, filamentli bakterilerin köpüklenmeye neden olan türler olduğu ve bu türlerin ÇHI'ni yükselttiği gözlenmektedir.

Çizelge 4.5. Lara ileri atıksu arıtma tesisi havalandırma havuzunda ipliksi mikroorganizma görülme sıklığı

Yıllık Ortalama	Sıra	%
Type 0041	1	27
<i>M.parvicella</i>	2	26
Type 0675	3	23
<i>S.natans</i>	4	7
Type 021N	4	7
<i>Nocardia spp.</i>	5	5
<i>N.limicola</i>	5	5

Çizelge 4.5'de görüldüğü üzere Lara İleri Atıksu Arıtma tesisinde yıl boyunca Type 0041, *Microthrix parvicella* ve Type 0675 türleri baskın olduğu tespit edilmiştir.

4.3. Kemer Atıksu Arıtma Tesisi

4.3.1. Fiziko-kimyasal parametreler

Kemer atıksu arıtma tesisinde yapılan deneyler sonucu alınan bir yıllık ortalama değerler Çizelge 4.6'da verilmektedir. Sıcaklığın yüksek olduğu aylarda ÇHI, AKM, BOİ₅ yükünün yüksek olması kış aylarında ise düşük olması gerekmektedir. Çizelge 3.2'de verilen ÇHI sınıflandırmasına göre, aylık ÇHI konsantrasyonları incelendiğinde temmuz ayında >100 ml/g ile şişkin çamur, diğer aylarda ise >150 ml/g değeri aşan aşırı şişkin çamur özelliği sergilemektedir. Normal koşullarda BOİ ile KOİ arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Tüm atıksular için KOİ değeri BOİ değerinden daha büyük olup, KOİ/BOİ oranı 1,5-3 arasındadır. Bu aralıktan daha yüksek orana sahip olan atıksular, biyolojik parçalanabilirliği zor atıksulardır. Bu nedenle KOİ/BOİ 1,5-3 aralığından yüksek olan atıksular için biyolojik atıksu arıtma tesisi yerine kimyasal atıksu arıtma tesisi tercih edilmesi daha sağlıklı olacaktır. Örneğin, KOİ/ BOİ₅ oranı 1.5-2.0 arasında ise bu atıksuya biyolojik arıtma sistemleri başarıyla uygulanabilmektedir (Türkman, 1986).

Ancak, AKM konsantrasyonları ocak, şubat ve mart aylarında atıksu giriş debisinin de düşük olması nedeniyle orta derecede, mayıs ayından itibaren ise yüksek konsantrasyonlara ulaşmaktadır. Çizelge 4.2’de verilen konsantrasyon aralıkları dikkate alındığında, BOİ₅ ise sadece ocak aylarında orta konsantrasyonda, diğer aylarda ise yüksek konsantrasyonda tespit edilmiştir. BOİ₅ ve KOİ konsantrasyonu benzer oranlarda yüksek konsantrasyonda olduğu görülmektedir. BOİ₅ ve KOİ konsantrasyonları ve oranları sadece mart, nisan ve mayıs ayında oldukça yüksek değerlere ulaştığı Çizelge 4.4’de görülmektedir. Bu durumun tesise çöp sızıntı suyunun verilmesi nedeniyle oluştuğu bildirilmiştir. Tesisin hesaplanan mevsimsel ortalama değerleri (Çizelge 4.7), yaz ve sonbahar aylarında atıksu parametrelerinin en yüksek giriş değerlerinde olduğunu ve sıcaklığın ise temmuz ve ağustos aylarında 30°C-32°C’ye ulaştığı görülmektedir.

Çizelge 4.6. Kemer Haziran 2012- Mayıs 2013 arası aylık fiziko- kimyasal analiz sonucu değerleri

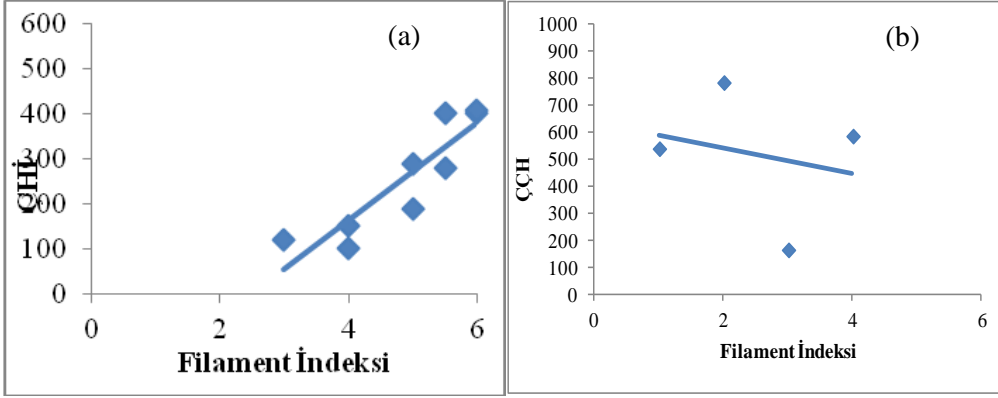
Parametre/Aylar	06/12	07/12	08/12	09/12	10/12	11/12	12/12	01/13	02/13	03/13	04/13	05/13
ÇHİ (ml/g)	406	189	-	288	-	400	-	120	100	150	400	280
AKM (mg/l)	320	383	-	430	-	610	-	160	150	180	210	220
BOİ ₅ Giriş (mg/l)	220	280	-	290	-	270	-	130	200	310	280	480
KOİ Giriş(mg/l)	312	490	-	408	-	387	-	288	450	630	570	860
BOİ ₅ /KOİ	0,70	0,57		0,71		0,69		0,45	0,44	0,47	0,49	0,55
pH	7,1	7,1	6,8	7	7,1	7,4	7,1	7	7,1	6,9	7,3	7,2
Sıcaklık (°C)	26	30	32	29	28	21	18	18	19	17	20	23

Çizelge 4.7. Kemer AAT mevsimsel ortalamalar

Mevsimsel ort.	KOİ Giriş mg/L	BOİ Giriş mg/L	AKM Giriş mg/L	ÇÇH ml/L	ÇHİ mg/L	Baskın Türler	Filament İndeks (FI)
Yaz	754	473	249	540	240	Type 0041/0675 Nocardia spp.	4
Sonbahar	632	250	304	785	349	Type 021N Type 0675/0041	5
Kış	151	100	256	165	73	Type 0041/0675 N.limicola	3
İlkbahar	458	287	183	587	391	Nocardia spp. Type 0041/0675 N.Limicola M.parvicella	4

4.3.2. Mikrobiyolojik parametreler

Kemer atıksu arıtma tesisinden alınan numuneler üzerinde yapılan deney sonuçları Şekil 4.3 ve Çizelge 4.8’de verilmektedir.



Şekil 4.3. (a) Çamur hacim indeksinin filament indeksine bağlı olarak yıllık değişimi, (b) Çamur çökebilirliğinin filament indeksine bağlı yıllık değişimi

Şekil 4.3 (a)'da görüldüğü üzere çamur hacim indeksi 100-400 ml/g arasında değişirken filament indeksinin 2- 6 aralığında olduğu tespit edilmiştir. Filament indeksinde 5 skoru flok başına >20 filament ve 6 skoru ise, şişmiş çamuru ifade etmektedir. Oldukça büyük boyutta olan baskın filamentli bakterileri yanında üçüncü derecede baskın aktinomiset *Nocardia* spp. türü ile filamentlerin floklar arasında köprüler oluşturarak birleşip şişmiş çamur ve aşırı şişkin çamur özelliği sergilemektedir.

Şekil 4.3 (b)'de görülen çamur çökebilirlik hacmi incelendiğinde ise çamur çökebilirlik değerinin 400-600 ml/L/sa aralığında olduğu görülmektedir. Şişkin çamur özelliği nedeniyle çamur çökebilirliği de azalmakta hatta çökelememektedir.

Çizelge 4.8. Kemer atıksu arıtma tesisi havalandırma havuzunda ipliksi mikroorganizma görülme sıklığı

Yıllık Ortalama	Sıra	%
Type 0675	1	28
Type 0041	1	28
Type 021N	2	13
<i>Nocardia</i> spp.	3	12
<i>Nostocoida limicola</i>	4	8
<i>Microthrix parvicella</i>	5	6
<i>Sphaerotilus natans</i>	6	3
<i>Thiothrix</i>	7	1
Diğerleri	8	0,34

Çizelge 4.8'de görüldüğü üzere Kemer atıksu arıtma tesisinde yıl boyunca Type 0041, ve Type 0675 türlerinin baskın olduğu tespit edilmiştir. Çamur kabarmasından sorumlu olan bu türler tüm yıl boyunca gözlenmiştir. Bu türlerin yanında Type 021N ve *Nocardia* spp. türlerinin de ikincil baskın türler olduğu görülmektedir. Bu türlerden özellikle *Nocardia* spp. hidrofobik bir aktinomiset türüdür ve aktif çamur havuzlarında köpüklenmeye neden olmaktadır. Çamur kabarması ve köpürmesinden sorumlu bu türler arıtma tesisleri operatörleri için ciddi bir sorun teşkil etmektedir.

4.4. Belek 1 Atıksu Arıtma Tesisi

4.4.1. Fiziko-Kimyasal Parametreler

Belek 1 atıksu arıtma tesisinde yapılan deneyler sonucu alınan bir yıllık ortalama değerler Çizelge 4.9’da, mevsimsel ortalamalar ise çizelge 4.10’da verilmektedir. Belek 1 AAT’de ÇHİ, AKM, BOİ₅ yüklerinin yaz aylarından kış aylarına doğru azaldığı, ve sonra tekrar yaz aylarına doğru artış gösterdiği görülmektedir. Yaz ve bahar aylarında kabarma ve köpürme probleminin artışı ile tesise gelen yüklerin artışı doğru orantılı seyretmekte olduğu gözlenmiştir. Çizelge 3.2’de verilen ÇHİ sınıflandırmasına göre, aylık ÇHİ konsantrasyonları incelendiğinde nisan ve mayıs aylarında < 100 ml/g iyi çöken çamur, diğer tüm aylarda ise >150 ml/g değeri aşan aşırı şişkin çamur özelliği sergilemektedir. Ocak ayında AKM’de düşük konsantrasyon gözlenmiş olup aşırı yağmur ve sel oluşması ile açıklanabilir. Yaz aylarında BOİ₅, KOİ ve BOİ₅/KOİ oranları sıcaklık artışı ile birlikte temmuz (32°C) ve ağustos (35°C) aylarında yüksek konsantrasyonlara ulaşmış ancak, AKM konsantrasyonu bu değerlere göre düşük kalmaktadır. Tesisler, yaz aylarında çöp sızıntı suyunu belirli oranlarda atıksu girişine karıştırmakta ve AKM konsantrasyonlarında azalma yaşamaktadırlar. *Nocardia* spp. türü, ikincil baskın tür yer almakta ve temmuz ve ağustos aylarında pH azalması aktinomiset türünün artmasına neden olabilir. Tesisin fiziko-kimyasal parametreleri dikkate alınarak Metcalf&Eddy (2004)’e göre değerlendirildiğinde yüksek konsantrasyonlu atıksu giriş suyu özelliğinde olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.9. Belek 1 Haziran 2012- Mayıs 2013 arası aylık fiziko- kimyasal analiz sonucu değerleri

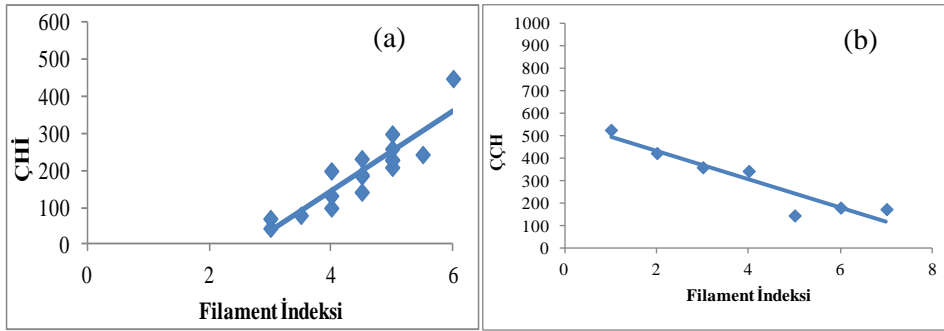
Parametre/Aylar	06/12	07/12	08/12	09/12	10/12	11/12	12/12	01/13	02/13	03/13	04/13	05/13
ÇHİ (ml/g)	138	172	265	247	210	300	230	210	200	187	71	45
AKM (mg/l)	130	190	150	220	228	120	-	90	120	140	180	230
BOİ ₅ Giriş (mg/l)	470	420	440	500	340	100	-	340	390	480	520	550
KOİ Giriş(mg/l)	660	570	800	880	836	490	-	690	700	660	850	900
BOİ ₅ /KOİ	0,71	0,73	0,55	0,56	0,40	0,20		0,49	0,55	0,72	0,61	0,61
pH	7,2	6,9	6,9	7	7,1	7,5	7,2	6,9	7,5	7,2	7,4	7,3
Sıcaklık (°C)	28	32	35	27	27	23	19	17	18	20	22	25

Çizelge 4.10. Belek 1 AAT mevsimsel ortalamalar

Mevsimsel ort.	KOİ Giriş mg/L	BOİ Giriş mg/L	AKM Giriş mg/L	ÇÇH ml/L	ÇHİ mg/L	Baskın Türler	Filament İndeks (FI)
Yaz	677	443	157	527	263	<i>N.Limicola</i>	5
Sonbahar	670	393	153	360	180	<i>Nocardia</i> spp. Type 0041/0675 <i>M.parvicella</i>	5
Kış	586	267	184	145	48	<i>Nocardia</i> spp. Type 0041/0675 <i>M.parvicella</i>	3
İlkbahar	664	387	151	173	87	Type 0041/0675 <i>M.Parvicella</i> <i>Nocardia</i> spp.	4

4.4.2. Mikrobiyolojik parametreler

Belek 1 atıksu arıtma tesisinden alınan numuneler üzerinde yapılan deney sonuçları Şekil 4.4 ve Çizelge 4.11’de verilmektedir.



Şekil 4.4. (a) Çamur hacim indeksinin filament indeksine bağlı olarak yıllık değişimi, (b) Çamur çökebilirliğinin filament indeksine bağlı yıllık değişimi

Şekil 4.4 (a)’da görüldüğü üzere çamur hacim indeksi 50-400 ml/g arasında değişirken filament indeksinin 2-6 aralığında olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.4 (b)’de görülen çamur çökebilirlik hacmi incelendiğinde ise çamur çökebilirlik değerinin 100-500 ml/L/sa aralığında olduğu, filament indeksinin ise 1-6 arasında değişim gösterdiği görülmektedir. Tesisin aktif çamurunda hesaplanan filament indeksi ve ÇHİ değerleri yaz ve sonbahar aylarında aşırı şişkin çamur olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.11. Belek 1 atıksu arıtma tesisi havalandırma havuzunda ipliksi mikroorganizma görülme sıklığı

Yıllık Ortalama	Sıra	%
Type 0041	1	22
Type 0675	1	22
<i>Nocardia spp.</i>	2	19
<i>M.parvicella</i>	2	19
<i>N.limicola</i>	3	13
<i>S.natans</i>	4	2
Diğerleri	5	2
Type 0914	6	1
Type 1851	7	1

Çizelge 4.11’de görüldüğü üzere Belek 1 atıksu arıtma tesisinde yıl boyunca Type 0041 ve Type 0675 türlerinin baskın olduğu tespit edilmiştir. Bu türlerin yanında *Nocardia spp.*, *M. parvicella* ve *N. limicola* türlerinin de ikincil baskın türler olduğu görülmektedir.

4.5. Belek 2 Atıksu Arıtma Tesisi

4.5.1. Fiziko-Kimyasal Parametreler

Belek 2 atıksu arıtma tesisinde yapılan deneyler sonucu alınan bir yıllık ortalama değerler Çizelge 4.12’de ve mevsimsel ortalama değerler Çizelge 4.13’de verilmektedir. Belek 2 AAT’de ÇHI, AKM, BOİ₅ yüklerinin yaz aylarından kış aylarına doğru azaldığı, ve sonra tekrar yaz aylarına doğru artış gösterdiği görülmektedir. Yaz ve bahar aylarında kabarma ve köpürme probleminin artışı ile tesise gelen yüklerin artışı doğru orantılı seyretmekte olduğu gözlenmiştir. Fakat Mart ayında BOİ₅ yükünün yüksek olmasına rağmen ÇHI değerindeki önemli düşüş aktif çamur havuzunda mikroorganizma popülasyonunu etkileyen önemli bir inhibitör maddenin olabileceğine işaret etmektedir.

Çizelge 3.2’de verilen ÇHI sınıflandırmasına göre, aylık ÇHI konsantrasyonları incelendiğinde tüm aylarda ise >150 ml/g değeri aşan aşırı şişkin çamur özelliği sergilemektedir (Çizelge 4.8). Yaz aylarında en yüksek giriş suyu sıcaklıklar temmuz (32°C) ve ağustos (36°C) aylarında, en düşük sıcaklıklar ise, ocak ve şubat aylarında 18°C olarak ölçülmüştür. Yüksek konsantrasyonda BOİ₅ ve KOİ girişine karşın düşük AKM konsantrasyonları gözlenmiştir. Tesis fiziko-kimyasal parametreler dikkate alınarak Metcalf & Eddy (2004)’e göre değerlendirildiğinde yüksek konsantrasyonlu atıksu giriş suyu özelliğinde olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.12. Belek 2 Haziran 2012- Mayıs 2013 arası aylık fiziko- kimyasal analiz sonucu değerleri

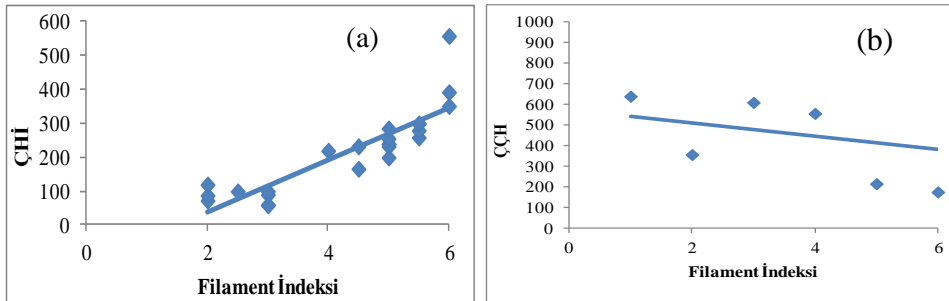
Parametre/Aylar	06/12	07/12	08/12	09/12	10/12	11/12	12/12	01/13	02/13	03/13	04/13	05/13
ÇHİ (ml/g)	230	476	227	267	260	82	194	170	100	60	237	304
AKM (mg/l)	120	195	140	220	290	100	-	80	120	120	190	210
BOİ ₅ Giriş (mg/l)	460	430	410	480	320	90	-	300	400	470	540	530
KOİ Giriş(mg/l)	700	600	770	790	810	480	-	640	750	650	890	890
BOİ ₅ /KOİ	0,65	0,71	0,53	0,60	0,39	0,18	-	0,46	0,55	0,72	0,60	0,59
pH	7,4	7,2	6,9	7,2	7,1	7,7	7,2	7	7,47	7,4	7,5	7,3
Sıcaklık (°C)	28	32	36	28	26	23	19	18	18	20	22	25

Çizelge 4.13. Belek 2 AAT mevsimsel ortalamalar

Mevsimsel ort.	KOİ Giriş mg/L	BOİ Giriş mg/L	AKM Giriş mg/L	ÇÇH ml/L	ÇHİ mg/L	Baskın Türler	Filament İndeks (FI)
Yaz	587	400	130	640	320	<i>Nocardia</i> spp. <i>M.parvicella</i> <i>N.limicola</i>	5
Sonbahar	606	387	157	610	305	Type 0041/0675 <i>M.parvicella</i>	5
Kış	525	307	171	215	72	Type 0041/0675 <i>N.Limicola</i> <i>M.Parvicella</i>	3
İlkbahar	556	360	235	470	235	<i>Nocardia</i> spp. Type 0675 <i>M.parvicella</i>	4

4.5.2. Mikrobiyolojik parametreler

Belek 2 atıksu arıtma tesisinden alınan numuneler üzerinde yapılan deney sonuçları Şekil 4.5 ve Çizelge 4.9’da verilmektedir.



Şekil 4.5. (a) Çamur hacim indeksinin filament indeksine bağlı olarak yıllık değişimi, (b) Çamur çökebilirliğinin filament indeksine bağlı yıllık değişimi

Şekil 4.5 (a)'da görüldüğü üzere çamur hacim indeksi 100-400 ml/g arasında değişirken filament indeksinin 2-6 aralığında olduğu tespit edilmiştir. Tesisin aktif çamurunda hesaplanan filament indeksi ve ÇHİ değerleri yaz ve sonbahar aylarında aşırı şişkin çamur olduğunu göstermektedir. Şekil 4.5 (b)'de görülen çamur çökebilirlik hacmi incelendiğinde ise çamur çökebilirlik değerinin 400-500 ml/L/sa aralığında olduğu, filament indeksinin ise 2-6 arasında değişim gösterdiği görülmektedir.

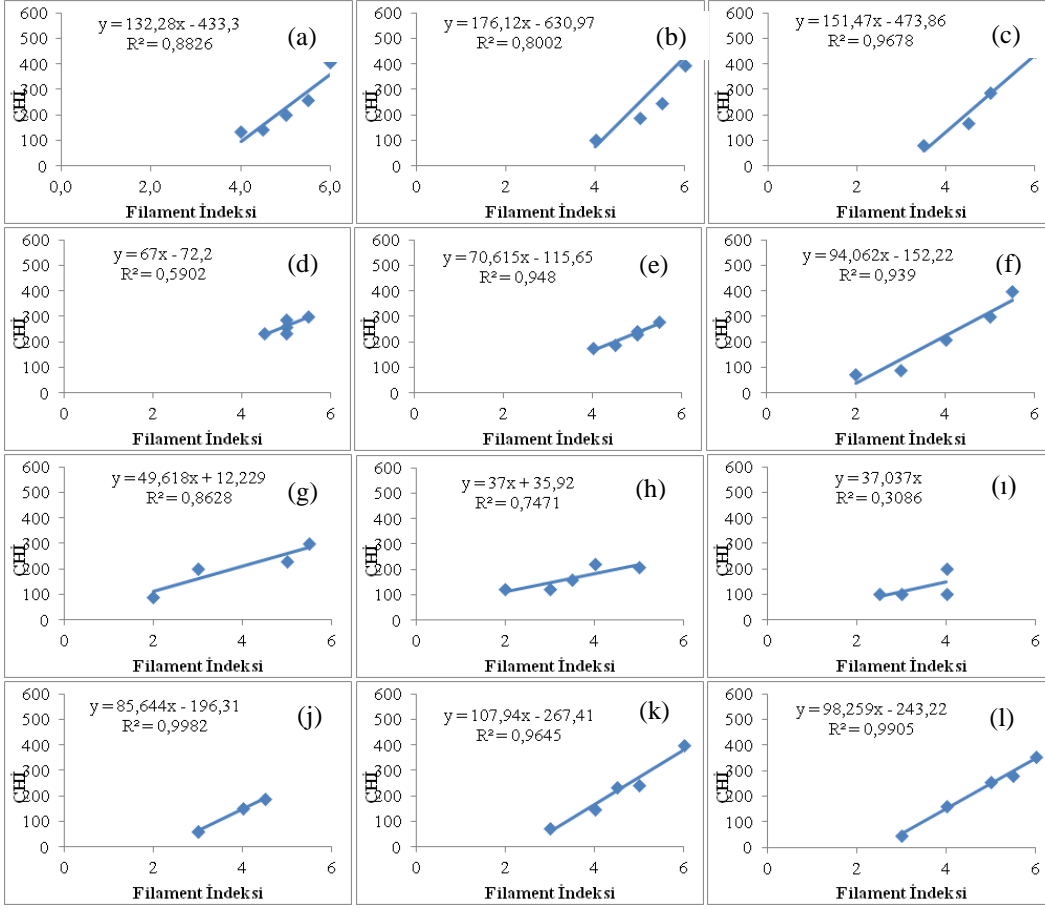
Çizelge 4.14. Belek 2 atıksu arıtma tesisi havalandırma havuzunda ipliksi mikroorganizma görülme sıklığı

Yıllık Ortalama	Sıra	%
Type 0675	1	23
Type 0041	1	23
<i>M. parvicella</i>	1	23
<i>N. limicola</i>	2	12
<i>Nocardia spp.</i>	3	10
<i>S.natans</i>	4	5
Diğerleri	5	2
Type 1851	6	1

Çizelge 4.14'de görüldüğü üzere Belek 2 atıksu arıtma tesisinde yıl boyunca Type 0041 ve Type 0675 türlerinin baskın olduğu tespit edilmiştir. Bu türlerin yanında *Nocardia spp.*, *M. parvicella* ve *N. limicola* türlerinin de ikincil baskın türler olduğu görülmektedir. Hidrofobik özelliğe sahip türler çamur köpürmesinden sorumlu türler olarak bilinmektedir.

4.6. Çamur Hacim İndekslerinin Karşılaştırılması

Antalya İlinde bulunan arıtma tesisleri içinden seçilen dört tesisin aktif çamur havuzlarından alınan örneklerle yapılan deneyler sonucunda bulunan çamur hacim indeksi ve filament indeksi değerleri aylık olarak Şekil 4.6 ve Şekil 4.7'de değerlendirilmiştir. Grafiklere bakıldığında çamur hacim indeksinin (ÇHİ), filament indeksle (FI) doğrusal olarak arttığı görülmektedir.

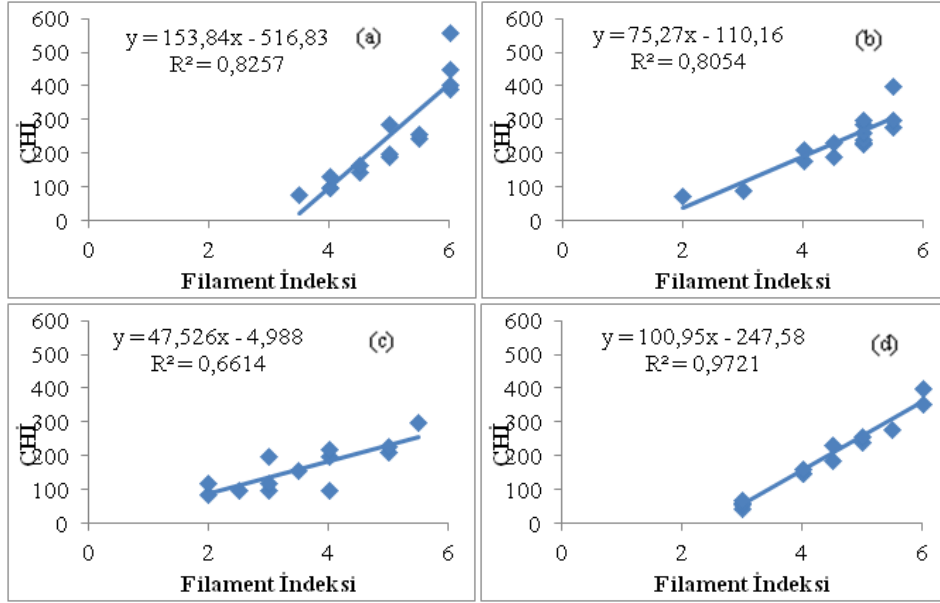


Şekil 4.6. Lara AAT, Kemer AAT, Belek 1 ve Belek 2 AAT ÇHI- FI ilişkisi (a)Haziran, (b)Temmuz, (c)Ağustos, (d)Eylül, (e)Ekim, (f)Kasım, (g)Aralık, (h)Ocak, (i)Şubat, (j)Mart, (k)Nisan, (l)Mayıs

Tesislerin ÇHI – FI ilişkisi aylık olarak göz önüne alındığında; en iyi ilişki sırasıyla Mart, Mayıs 2013 ($R^2 = 0,9982$, $R^2 = 0,9905$) ve Ağustos 2012 tarihlerinde ($R^2 = 0,9678$) gözlenmiştir. Diğer aylarda da yüksek oranda bir ilişki olduğu göze çarpmaktadır. Bu verilere göre çamur hacim indeksi ve filament indeksteki artış tesislerde çamur kabarması ve köpürmesi probleminin bahar ve yaz aylarında artış gösterdiğinin gözler önüne sermektedir.

Aktif çamur numuneleri alınan dört tesisin mevsimsel olarak ÇHI-FI ilişkisi Şekil 4.8’de gösterilmektedir. Çamur hacim indekslerine mevsimsel olarak bakıldığında filament indeksle doğru orantılı olarak arttığı görülmektedir.

Filament indeksi ile ÇHI arasında en iyi ilişki Şekil 4.8 (d)’de görüldüğü üzere ilkbahar aylarında ($R^2 = 0,9721$) gözlenmiştir. İlkbahar aylarını sırasıyla yaz ve sonbahar ayları ($R^2 = 0,8257$, $R^2 = 0,8054$) takip etmektedir. Kış aylarında ise bu değer $R^2 = 0,6614$ ’e düşmekte olduğu görülmektedir.



Şekil 4.7. Lara AAT, Kemer AAT, Belek 1 ve Belek 2 AAT mevsimsel ÇHİ- FI ilişkisi
(a)Yaz, (b)Sonbahar, (c)Kış, (d)İlkbahar

4.7. Çamur Çökebilirliklerinin Karşılaştırılması

Antalya İlnde bulunan arıtma tesisleri içinden seçilen dört tesisin aktif çamur havuzlarından alınan örneklerle yapılan deneyler sonucunda bulunan çamur çökebilirlik hacmi ve filament indeksi değerleri mevsimsel olarak Şekil 4.9'da değerlendirilmiştir. Grafiklere bakıldığında çamur çökebilirlik hacminin (ÇÇH), filament indekse (FI) ile genelde bir ilişki oluşmadığı gözlenmiştir. Şekil 4.9'a bakıldığında ÇÇH- FI arasındaki iyi ilişkinin sonbahar aylarında olduğu görülmektedir.

4.8. Aktif Çamur Havuzlarında Bulunan Filamentli Mikroorganizma Yoğunluğunun Değerlendirilmesi

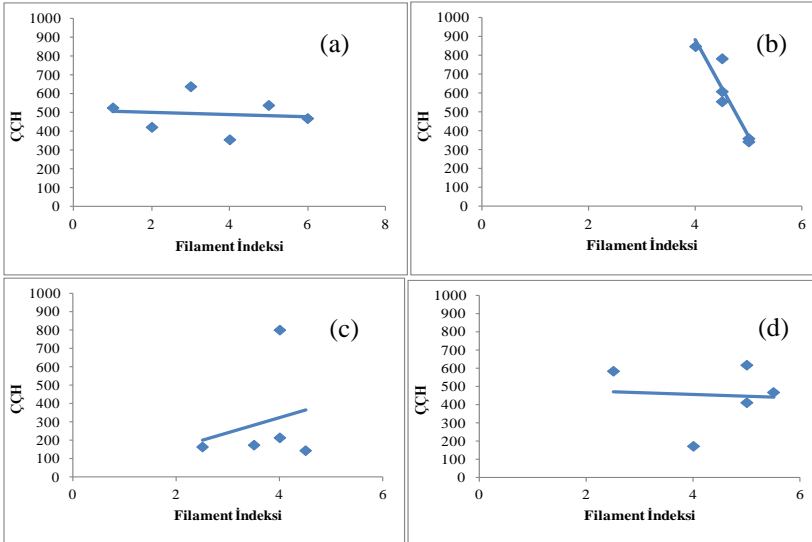
Antalya İlnde bulunan dört arıtma tesisinin aktif çamur örneklerinde yapılan deneyler sonucunda bir yıllık tür karakteristiği ortaya çıkarılmıştır. Bu karakteristik içerisinde yıl boyunca gözlenen ve baskın olan türler Çizelge 4.10 ve Çizelge 4.11'de görülmektedir.

Mayıs 2012 – Haziran 2013 arasında aylık olarak Lara AAT, Kemer AAT, Belek 1 ve Belek 2 AAT aktif çamur havuzlarında alınan örnekler incelenmiş ve aylık olarak filament karakterizasyonu çıkarılmıştır. Çıkarılan bu karakterizasyon sonucunda Mayıs 2012- Haziran 2013 ayları arasında tüm tesislerde en baskın türler Type 0041 ve Type 0675 dir. İkincil baskın filament türünün ise *M.parvicella*, üçüncül baskın türün ise *Nocardia spp.* olduğu görülmektedir (Çizelge 4.15, Çizelge 4.16).

Çizelge 4.15. Çalışmanın yapıldığı atıksu arıtma tesisleri (Lara AAT, Kemer AAT, Belek 1 ve Belek 2 AAT) havalandırma havuzlarında yıllık ipliksi mikroorganizma sıralaması ve oranı

Yıllık Ortalama	Sıra	%
Type 0041	1	25
Type 0675	2	23
<i>M.parvicella</i>	3	19
<i>Nocardia spp.</i>	4	11
<i>N. limicola</i>	5	10
<i>S.natans</i>	6	5
Type 021N	6	5
Type 1851	7	1
Diğerleri	7	1
Thiothrix	8	0,32

Çizelge 4.11’de görüldüğü gibi tüm atıksu arıtma tesislerinde yıl boyunca en baskın görülen türler Type 0041 ve Type 0675’dir. Şekil 4.11. (a) ve (b)’de Belek 1 ve Belek 2 atıksu arıtma tesislerinde *Nocardia spp.* ise ikincil baskın tür olarak görülmektedir. Şekil 4.10 (c)’de ise Kemer atıksu arıtma tesisinde ikincil baskın tür Type 021N’dir. Şekil 4.10 (d)’de Lara ileri atıksu arıtma tesisinde yıl boyunca ikincil baskın tür ise *M. parvicella* olduğu görülmektedir.

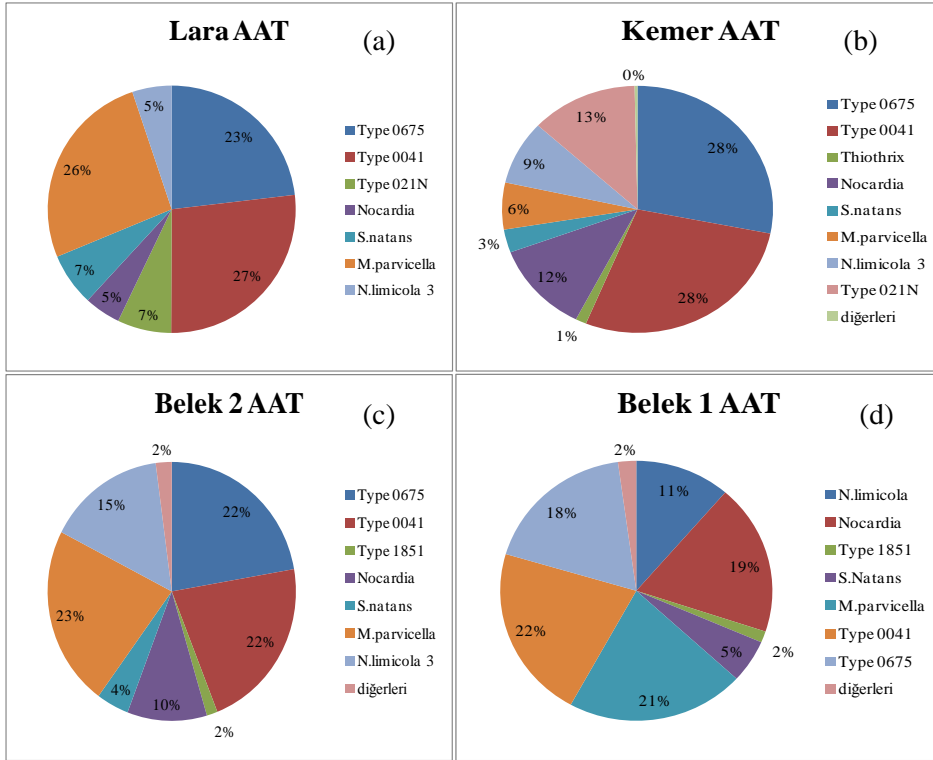


Şekil 4.8. Lara AAT, Kemer AAT, Belek 1 ve Belek 2 AAT mevsimsel ÇÇH- FI ilişkisi (a)Yaz, (b)Sonbahar, (c)Kış, (d)İlkbahar

Şekil 4.8’e bakıldığında ise; tesislerin mevsimsel olarak çamur çökebilirlikleri ve filament indeksleri arasındaki önemli bir ilişki bulunmadığı göze çarpmaktadır.

Çizelge 4.16. Lara AAT, Kemer AAT, Belek 1 AAT, Belek2 AAT Haziran 2012 – Mayıs 2013 arası tür dağılımı

Belek 1/Haziran		% Temmuz		% Ağustos		% Eylül		% Ekim		% Kasım		% Aralık		% Ocak		% Şubat		% Mart		% Nisan		% Mayıs		% Haziran	
Tür	%	Tür	%	Tür	%	Tür	%	Tür	%	Tür	%	Tür	%	Tür	%	Tür	%	Tür	%	Tür	%	Tür	%	Tür	%
N.limicola 2	47	N.limicola 2	49	N.limicola 3	42	Type 0041	0	Type 0675	38	Type 0041	39	Type 0041	45	Nocardia	48	Nocardia	45	M.parvicella	36	M.parvicella	36	Type 0675	33	M.parvicella	27
Nocardia	36	Nocardia	36	Type 0675	27	Type 0041	0	Type 0041	36	Type 0675	37	Type 0675	41	M.parvicella	34	M.parvicella	40	M.parvicella	40	Type 0041	25	M.parvicella	27	Type 0041	26
S.nataans	6	Type 0914	5	Type 0041	26	M.parvicella	23	M.parvicella	14	M.parvicella	23	M.parvicella	12	Type 0041	10	Type 0041	10	Type 0041	25	Type 0041	25	Type 0041	25	Type 0675	25
Type 0914	5	S.nataans	4	Diger	3	Diger	1	Diger	10	Diger	1	Diger	2	Type 0675	8	Type 0675	5	Nocardia	14	Nocardia	14	Nocardia	12	Nocardia	18
Type 1851	5	Type 1851	3	Opeculara	2	Diger	2	Diger	2	Diger	2	Diger	2	Diger	0	Diger	0	Diger	0	Diger	0	Diger	3	Diger	4
Diger	1	Diger	3	Diger	2	Diger	2	Diger	2	Diger	2	Diger	2	Diger	0	Diger	0	Diger	0	Diger	0	Diger	3	Diger	4
Belek 1/Haziran		% Temmuz		% Ağustos		% Eylül		% Ekim		% Kasım		% Aralık		% Ocak		% Şubat		% Mart		% Nisan		% Mayıs		% Haziran	
Nocardia	49	N.limicola 3	37	N.limicola 3	35	Type 0041	0	Type 0041	30	Type 0041	32	Type 0041	32	Nocardia	45	Nocardia	45	M.parvicella	36	M.parvicella	36	Type 0675	33	M.parvicella	27
N.limicola 2	25	Nocardia	35	Type 0041	24	Type 0675	28	Type 0675	28	Type 0675	28	Type 0675	28	M.parvicella	24	M.parvicella	20	M.parvicella	20	Type 0041	25	M.parvicella	27	Type 0041	26
Type 1851	15	Type 0675	14	Type 0675	22	M.parvicella	26	M.parvicella	24	M.parvicella	24	M.parvicella	24	Type 0041	11	N.limicola 3	17	Type 0675	25	Type 0041	25	Type 0041	25	Type 0675	25
S.nataans	6	Type 0041	11	M.parvicella	18	S.nataans	13	S.nataans	14	S.nataans	14	S.nataans	14	Type 0675	10	Type 0675	15	Nocardia	14	Nocardia	14	Nocardia	12	Nocardia	18
Diger	5	Diger	3	Diger	1	Diger	3	Diger	3	Diger	2	Diger	2	S.nataans	3	Type 0041	14	Type 0675	15	Type 0041	14	Diger	3	Diger	4
Belek 2/Haziran		% Temmuz		% Ağustos		% Eylül		% Ekim		% Kasım		% Aralık		% Ocak		% Şubat		% Mart		% Nisan		% Mayıs		% Haziran	
Nocardia	32	M.parvicella	28	N.limicola 3	28	Type 0041	0	Type 0041	28	Type 0041	28	Type 0041	28	N.limicola 2	27	N.limicola 2	27	M.parvicella	32	M.parvicella	32	Type 0675	33	M.parvicella	27
Type 0675	24	N.limicola 3	22	Type 0041	23	Type 0675	28	Type 0675	28	Type 0675	28	Type 0675	28	Nocardia	25	Nocardia	25	M.parvicella	21	Type 0041	25	M.parvicella	25	Type 0675	25
Type 0041	24	Type 0041	19	M.parvicella	22	M.parvicella	28	M.parvicella	28	M.parvicella	25	M.parvicella	25	M.parvicella	20	Nocardia	18	Nocardia	18	Type 0675	25	Type 0041	25	Type 0041	24
Type 1851	15	Type 0675	19	Type 0675	20	S.nataans	13	S.nataans	13	N.limicola	11	N.limicola	11	Type 0041	11	Type 0041	11	Type 0675	15	Nocardia	18	N.limicola	15	Nocardia	20
Diger	5	S.nataans	12	S.nataans	7	S.nataans	3	S.nataans	3	S.nataans	8	S.nataans	8	Type 0675	10	Type 0675	10	Type 0041	14	Type 0675	15	Diger	2	Diger	0
Diger	5	Diger	0	Diger	0	Diger	0	Diger	0	Diger	0	Diger	0	Diger	7	S.nataans	7	S.nataans	7	S.nataans	7	S.nataans	2	Diger	0
Belek 2/Haziran		% Temmuz		% Ağustos		% Eylül		% Ekim		% Kasım		% Aralık		% Ocak		% Şubat		% Mart		% Nisan		% Mayıs		% Haziran	
Nocardia	32	M.parvicella	28	N.limicola 3	28	Type 0041	0	Type 0041	28	M.parvicella	25	M.parvicella	25	N.limicola 2	27	N.limicola 2	27	M.parvicella	32	M.parvicella	32	Type 0675	33	N.limicola 1	24
Type 0675	24	N.limicola 3	22	Type 0041	23	Type 0675	28	Type 0675	28	Type 0041	20	Type 0041	20	Nocardia	25	Nocardia	25	M.parvicella	24	Type 0041	25	M.parvicella	25	Type 0041	22
Type 0041	24	Type 0041	19	M.parvicella	22	M.parvicella	28	M.parvicella	28	M.parvicella	20	M.parvicella	20	M.parvicella	20	Nocardia	17	Nocardia	17	Type 0675	25	Type 0041	25	Type 0675	22
Type 1851	15	Type 0675	19	Type 0675	20	S.nataans	13	S.nataans	13	Type 021N	19	Type 021N	19	Type 0041	11	Type 0041	11	Type 0675	15	Nocardia	18	N.limicola	15	Nocardia	18
Diger	5	S.nataans	12	S.nataans	5	S.nataans	3	S.nataans	3	N.limicola	11	N.limicola	11	N.limicola	11	Type 0675	10	Type 0675	15	Type 0675	15	Diger	2	M.parvicella	10
Diger	5	Diger	0	Vorticella	2	Diger	0	Diger	0	S.nataans	5	S.nataans	5	S.nataans	5	Diger	7	S.nataans	5	S.nataans	5	S.nataans	2	Diger	4
Kemer		% Temmuz		% Ağustos		% Eylül		% Ekim		% Kasım		% Aralık		% Ocak		% Şubat		% Mart		% Nisan		% Mayıs		% Haziran	
Nocardia	27	Type 0041	30	Type 0041	38	Type 0041	31	Type 021N	31	Type 021N	30	Type 021N	30	Type 0675	40	Type 0675	40	Type 0041	28	N.limicola 1	28	Type 0041	26	Nocardia	32
Type 0041	21	Type 0675	30	Type 0675	35	Type 0675	29	Type 0041	29	Type 0041	29	Type 0041	29	Type 0041	38	Type 0041	38	Type 0675	28	Type 0041	26	Type 0675	26	N.limicola 2	24
Type 0675	21	Type 021N	24	Type 021N	27	Type 021N	27	Type 0675	29	Nocardia	20	Nocardia	20	Nocardia	20	N.limicola 1	26	N.limicola 1	26	Type 0675	26	M.parvicella	25	Type 0041	22
Thiotrix	15	N.limicola	16	M.parvicella	23	M.parvicella	23	M.parvicella	23	Diger	2	Diger	2	Diger	2	Nocardia	18	Nocardia	18	Type 021N	23	Type 021N	23	Type 0675	22
Type 021N	13	Type 021N	13	S.nataans	17	S.nataans	17	S.nataans	17	S.nataans	18	S.nataans	18	S.nataans	18	Nocardia	2	Nocardia	2	Nocardia	20	Nocardia	20	Type 021N	22
N.limicola 2	3	N.limicola 2	3	M.parvicella	28	M.parvicella	28	M.parvicella	28	M.parvicella	28	M.parvicella	28	M.parvicella	28	Type 0041	25	Type 0041	25	Type 0041	26	Nocardia	26	Nocardia	31
Nocardia	35	Nocardia	35	M.parvicella	28	M.parvicella	28	M.parvicella	28	M.parvicella	26	M.parvicella	26	M.parvicella	26	Type 0041	25	Type 0041	25	Type 0675	25	Type 0041	26	Type 0041	26
Type 0041	21	Type 0675	21	Type 0675	25	Type 0675	25	Type 0675	25	Type 0041	23	Type 0041	23	Type 0041	25	M.parvicella	25	M.parvicella	25	M.parvicella	25	M.parvicella	25	Type 0675	26
Type 0675	21	N.limicola 2	10	Type 021N	8	Type 021N	8	Type 021N	8	Type 0675	23	Type 0675	23	Type 0675	23	N.limicola	11	N.limicola	11	N.limicola	17	N.limicola	17	S.nataans	17
Type 021N	8	Type 021N	8	Diger	5	Diger	5	Diger	5	S.nataans	8	S.nataans	8	S.nataans	8	S.nataans	8	S.nataans	8	S.nataans	8	S.nataans	8	S.nataans	17
Diger	5	Diger	5	Diger	5	Diger	5	Diger	5	Diger	5	Diger	5	Diger	5	Diger	5	Diger	5	Diger	5	Diger	5	Diger	5



Şekil 4.9. Seçilen tesislerde gözlenen yıllık filamentli mikroorganizma popülasyonu ve yoğunluğu, (a) Lara AAT, (b) Kemer AAT, (c) Belek 1 AAT, (d) Belek 2 AAT

Lara AAT’de yaz aylarında *Nocardia* spp birincil baskın tür iken Type 0041 ve Type 675 ikincil baskın türlerdir. Sonbahar aylarında *M. parvicella*, Type 0041, Type 675, Type 021N benzer oranlarda baskınlık sıklığı görülmektedir. Kış aylarında, baskınlık sıralamasında, Type 0041 ve Type 675 türlerini *M. parvicella* ve *N. limicola* izlemektedir. İlkbahar aylarında ise birincil baskınlıkta *M. parvicella* ve benzer oranlarda Type 0041, Type 675 ve *S.natans* ikincil baskın türler olarak görülmektedir.

Kemer AAT’de yaz aylarında *Nocardia* spp, type 0041 birincil baskın türler iken type 675 ve type 021N hemen hemen benzer oranlarda ikincil baskınlığı paylaşmaktadır. Sonbahar aylarında type 021N birincil baskınlığa geçmekte diğerleri ise benzer oranlarda aktif çamurda bulunmaktadır. Kış aylarında ise type 675 ve type 0041 birincil baskınlıkta yerini alırken *N. limicola* ikincil baskınlığa geçmektedir. İlkbahar aylarında türler birbirine yakın oranlarda bulunurken *N. limicola*, Type 0041 ve *Nocardia* spp birincil baskın türler olarak yerini almaktadır. İkincil baskın türler Type 675, *M. parvicella* ve Type 021N olarak aktif çamurda bulunmaktadır.

Belek 1 AAT’inde aylara göre tür dağılımı incelendiğinde (Çizelge 4.11) haziran temmuz ve ağustos aylarında *N. limicola 2* ve *N. limicola 3* (sırasıyla %47-49-42) birincil baskın tür iken ekim ve kasım aylarında baskınlıkta yerini Type 0675 ile Type 0041 (sırasıyla %38, %39) türlerine bırakmıştır. Yine bu aylarda filament boyları uzun olan *S. Natans* ve Type 914 floklar arasında köprü oluşturarak çamurun çökmesini engellemektedir. Sonbahar aylarında Type 0675 ile Type 0041 birincil baskın türler, *S.*

natans ve *M. parvicella* ikincil baskın türler olarak aktif çamurda yerini almaktadır. Kış aylarında ise birincil baskın *Nocardia* spp ve *M. parvicella* türleri Type 0041 ve Type 0675 ikincil baskın türler olarak izlemektedir. İlkbahar aylarında, *M. parvicella*, *Nocardia* spp. birincil baskın türler, Type 0041 ve Type 0675 ise ikincil baskın türlerdir.

Belek 2 AAT'de aylara göre tür dağılımı incelendiğinde (Çizelge 4.12) haziran, temmuz ve ağustos aylarında *Nocardia* spp, *N. limicola* 3 ve *M. parvicella* (sırasıyla %47-49-42) birincil baskın tür iken ekim ve kasım aylarında baskınlıkta yerini Type 0041 ve Type 0675 ile türlerine bırakmıştır. Yine bu aylarda filament boyları uzun olan *S. natans* ve *M. parvicella* floklar arasında köprü oluşturarak çamurun çökmesini engellemektedir. Kış aylarında ise birincil baskın Type 0041, *N. limicola* 2 ve *M. parvicella* türleri ve *M. parvicella*, *Nocardia* spp. ikincil baskın türler olarak izlemektedir. İlkbahar aylarında, *M. parvicella* ve Type 0675 birincil baskın türler, Type 0041 ve Type 0675 ise ikincil baskın türlerdir.

4.9. Biyoçeşitlilik ve Bolluk Değerlendirmesi

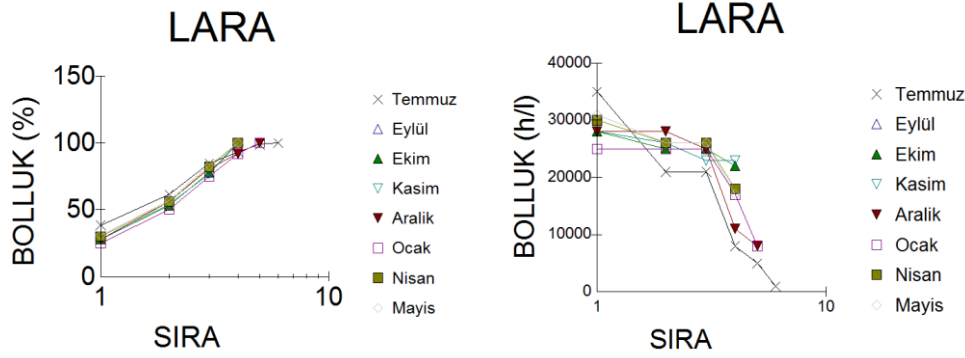
Tüm AAT'inde filamentli mikroorganizmaların Shannon Weiner'in tür çeşitliliği indeksi (H'), Pielou düzenlilik indeksi (J') ve Simpson baskınlık indeksi ($1-\lambda'$) hesaplanmış ve Çizelge 4.17'de sunulmuştur.

Çizelge 4.17. Filamentli mikroorganizmaların aylara göre tür çeşitlilik indeksi(H'), düzenlilik indeksi (J')ve baskınlık indeksi($1-\lambda'$).

	LARA			KEMER			BELEK1			BELEK2		
	H'	1- λ'	J'	H'	1- λ'	J'	H'	1- λ'	J'	H'	1- λ'	J'
Haziran				0,72	5,17	0,93	0,54	2,84	0,69	0,64	4,26	0,92
Temmuz	0,70	4,51	0,90	0,74	5,33	0,95	0,52	2,71	0,67	0,68	4,87	0,98
Ağustos				0,59	3,83	0,97	0,54	3,21	0,78	0,67	4,61	0,95
Eylül	0,60	4,09	1,00	0,69	4,96	0,99						
Ekim	0,60	4,09	1,00				0,57	3,37	0,82	0,63	4,07	0,90
Kasım	0,60	4,09	1,00	0,69	5,00	0,99	0,49	2,98	0,81	0,65	4,35	0,94
Aralık	0,65	4,35	0,94	0,49	2,96	0,82	0,43	2,53	0,89	0,65	4,35	0,94
Ocak	0,67	4,65	0,96	0,49	2,96	0,82	0,50	2,81	0,83	0,73	5,15	0,94
Şubat				0,60	4,01	0,99	0,48	2,71	0,80	0,75	5,63	0,97
Mart				0,60	4,06	1,00	0,58	3,75	0,96	0,59	3,96	0,99
Nisan	0,60	4,00	0,99	0,60	4,12	1,00	0,62	3,97	0,89	0,62	4,01	0,88
Mayıs	0,59	3,96	0,98	0,60	4,01	0,99	0,65	4,36	0,92	0,65	4,41	0,93

Kemer AAT'de tür çeşitlilik indeksi ve baskınlık indeksi diğer tesislere göre daha yüksek olduğu Çizelge 4.17'de görülmektedir.

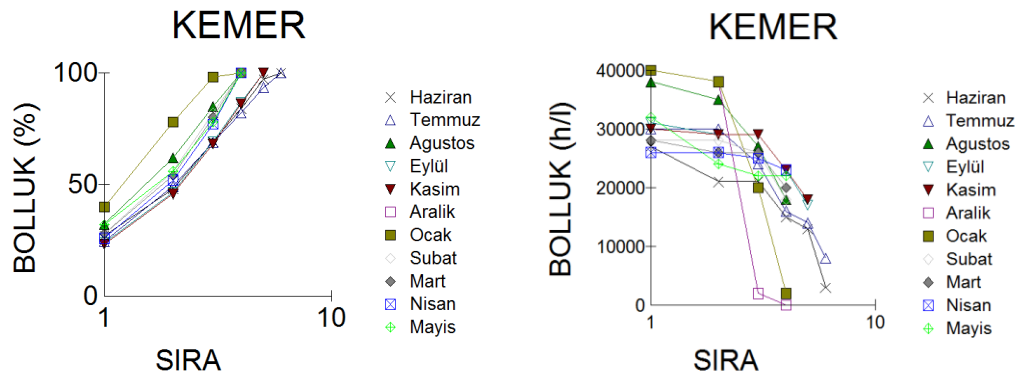
Tür çeşitliliği gösteren k-dominansi eğrisi, tür sırasına ilişkin kümülatif yüzdesini göstermektedir. Bu k'ncı en baskın yüzde ve daha baskın türlerin sırası olarak da ifade edilebilir. Sıra/ bolluk eğrisi iyi bilinen ve en bilgilendirici yöntemlerden biridir. Bu türler, yatay (veya x) eksenini boyunca en çoktan en az bolluğa kadar dizinde sıralanmaktadır.



Şekil 4.10. Lara ATT’de belirlen türlerin aylara göre k-dominansı (baskınlık) (a) ve tür sayılarının sıralaması (b)

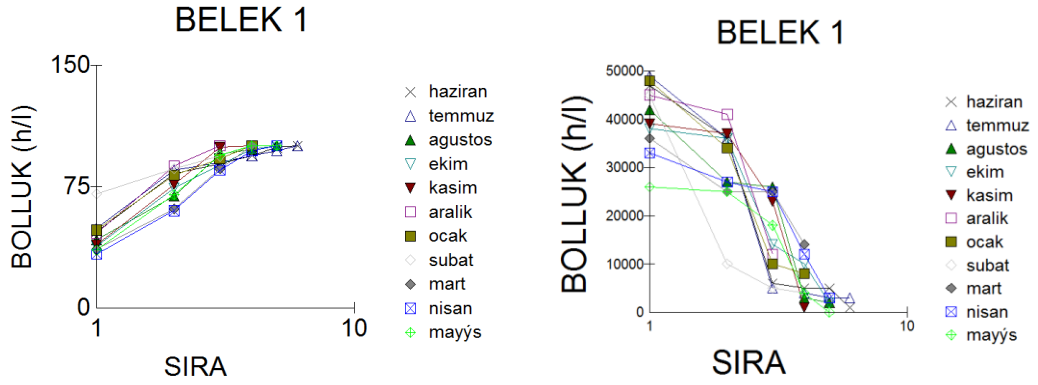
Şekil 4.10 (a)’da aylara göre tür çeşitliliğini gösteren k-dominansı eğrisi tür sırasına ilişkin kümülatif yüzdesini göstermektedir. Lara AAT’de filamentli organizmaların orta düzeyde tür çeşitlilik ve benzer sıraya sahip olduğunu Şekil 4.10 (a)’da görülmektedir.

Sıra/ bolluk eğrisi iyi bilinen ve en bilgilendirici yöntemlerden biridir. Bu türler, yatay (veya x) eksenini boyunca en çoktan en az bolluğa kadar dizinde sıralanmaktadır. En yüksek eğri en düşük diversiteyi gösterir. Lara AAT’de en yüksek tür çeşitliliği Temmuz ayında en düşük ise sonbahar aylarında gözlenmektedir (Şekil 4.10 (b)).



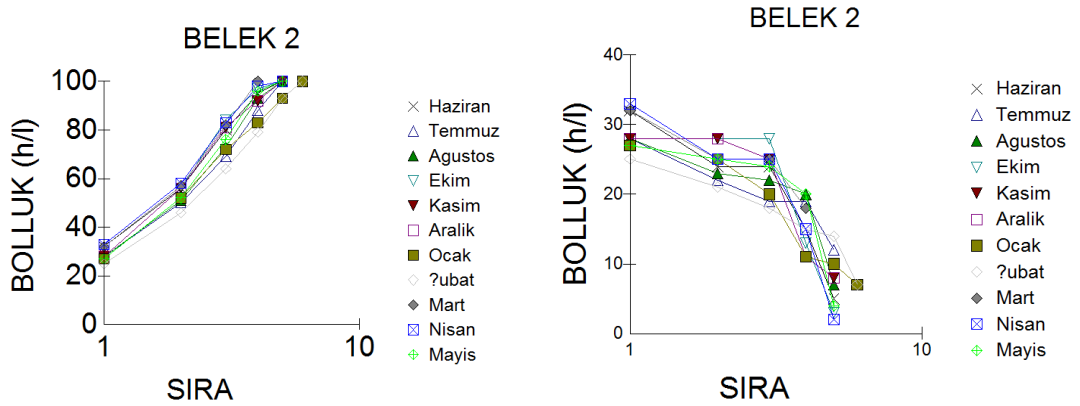
Şekil 4.11. Kemer ATT’de belirlen türlerin aylara göre k-dominansı (baskınlık) (a) ve tür sayılarının sıralaması (b)

Kemer AAT’de belirlenen k-baskınlık eğrisine (Şekil 4.11 (a)) göre, en fazla tür çeşitliliği haziran, eylül ve kasım aylarında gözlenmiştir. Aralık ve ocak aylarında düşük düzeyde tür çeşitliliği ve baskınlığı gözlenmektedir. Bolluk olarak Ağustos (Type 0041) ve ocak (Type 0675) aylarında yüksek düzeyde diğer aylarda ise daha düşüktür (Şekil 4.11 (b)).



Şekil 4.12. Belek 1 ATT’de belirlen türlerin aylara göre k-dominansı (baskınlık) (a) ve tür sayılarının sıralaması (b)

Belek 1 AAT’de belirlenen k-baskınlık eğrisine (Şekil 4.12 (a)) göre, en fazla tür çeşitliliği haziran ve temmuz aylarında gözlenmiştir. Kasım ve Aralık aylarında düşük düzeyde tür çeşitliliği ve baskınlığı gözlenmektedir. Bolluk olarak haziran ve temmuz aylarında yüksek düzeyde diğer aylarda ise daha düşüktür (Şekil 4.12 (b)).



Şekil 4.13. Belek 2 ATT’de belirlen türlerin aylara göre k-dominansı (baskınlık) (a) ve tür sayılarının sıralaması (b)

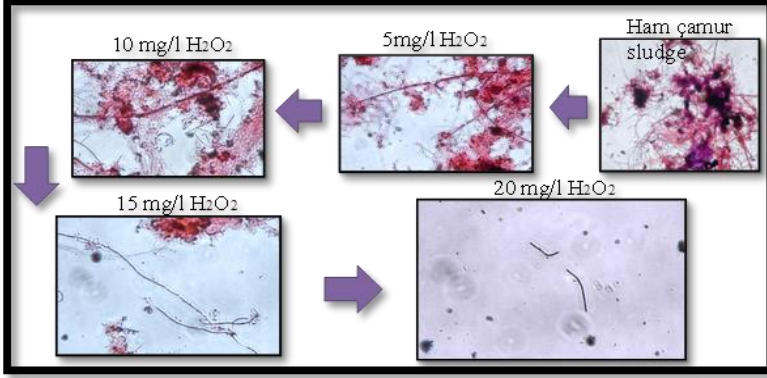
Belek 2 AAT’de belirlenen k-baskınlık eğrisine (Şekil 4.13 (a)) göre, en fazla tür çeşitliliği haziran, ve temmuz aylarında gözlenmiştir. Kasım ve Aralık aylarında düşük düzeyde tür çeşitliliği ve baskınlığı gözlenmektedir. Bolluk olarak haziran ve temmuz aylarında yüksek düzeyde diğer aylarda ise daha düşüktür (Şekil 4.13 (b)).

4.10. Çamur İyileştirme Çalışmaları - Çözüm Önerileri

Çamur iyileştirme çalışmaları kapsamında Kemer ve Lara atıksu arıtma tesislerinden alınan aktif çamur örneklerine hidrojen peroksit ve ultrases ön arıtım uygulamaları uygulanmış, örneklerde bulanıklık ölçümleri yapılarak değerlendirilmiştir.

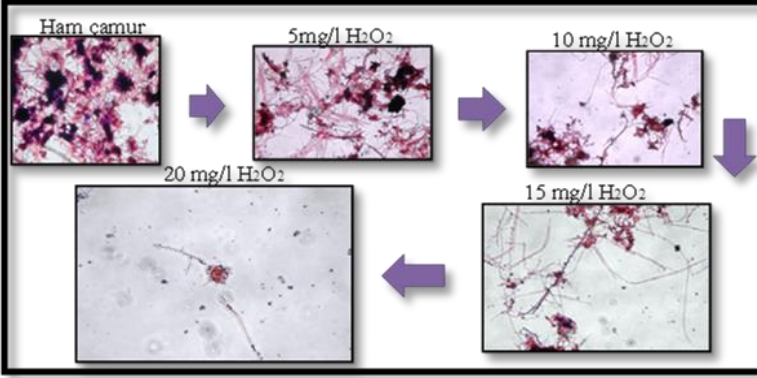
4.10.1. Hidrojen peroksit (H_2O_2)

Hidrojen peroksit uygulaması Kemer atıksu arıtma tesisi ve Lara atıksu arıtma tesisleri aktif çamur havuzundan alınan örneklerle gerçekleştirilmiştir. İki tesisden alınan örneklere sırasıyla 5mg/l, 10 mg/l, 15 mg/l, 20 mg/l H_2O_2 dozlamaları yapılmıştır. Yapılan dozlamalara bağlı olarak Kemer atıksu arıtma tesisi aktif çamur havuzundan alınan örnekteki filamentli mikroorganizmaların parçalanmaları Şekil 4.14’de gösterilmektedir.



Şekil 4.14. Kemer atıksu arıtma tesisi aktif çamur örneklerinin H_2O_2 dozlamalarına bağlı olarak değişimi

Yapılan dozlamalara bağlı olarak Lara ileri atıksu arıtma tesisi aktif çamur havuzundan alınan örnekteki filamentli mikroorganizmaların parçalanmaları Şekil 4.15’de gösterilmektedir.



Şekil 4.15. Lara ileri atıksu arıtma tesisi aktif çamur örneklerinin H_2O_2 dozlamalarına bağlı olarak değişimi

Hidrojen peroksit uygulaması sonucunda yapılan incelemelerde her iki tesis örneklerinde filamentler üzerinde parçalanmalar gözlenmiştir. Hidrojen peroksitin filamentli bakterileri parçalama oranının uygulama dozu arttıkça arttığı görülmüştür.

Bulanıklık, suyun ışık yayma özelliğinin ölçümü, jelatinli madde mevcudiyetinin anlaşılması bakımından, atıksu ve tabii su kalitesini belirlemek üzere, diğer bir test

yöntemidir. Jelatinli maddeler ışığı dağıtacak veya emecek ve ışığın geçmesini engelleyecektir. Bu nedenle, uygulama öncesi ve sonrası bulanıklık ölçümleri yapılmış ve Çizelge 4.18’de sunulmuştur. Uygulanan hidrojen peroksit konsantrasyonu arttıkça bulanıklıkta artış gözlenmiştir.

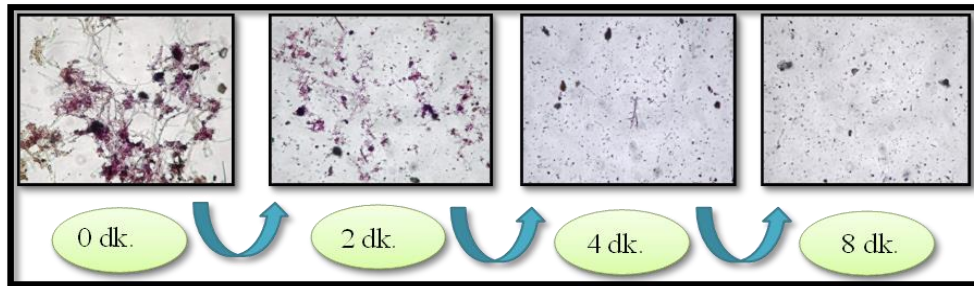
Çizelge 4.18. Hidrojen peroksit uygulaması süre, güç, enerji ve bulanıklık analiz sonuçları

H₂O₂ Konsantrasyonu	LARA AAT		KEMER AAT	
	pH	Bulanıklık (NTU)	pH	Bulanıklık (NTU)
Ham atıksu	7,73	41,0	6,89	29,2
5 mg/l	7,30	41,2	6,77	30,1
10 mg/l	6,86	42,3	6,50	32,4
15 mg/l	6,70	42,5	6,33	33,5
20 mg/l	6,46	45,6	6,10	36,7

Hidrojen peroksitin aktif çamur üzerindeki etkisi 15 mg/l den fazla dozlanması sonucu filament parçalanma oranının çok fazla değişmediği gözlenmiştir. Belli bir doza kadar dozu arttıkça verimi artmakta fakat daha sonrasında verim değişmemektedir. Bu nedenle optimum doz olarak 15 mg/l önerilmektedir.

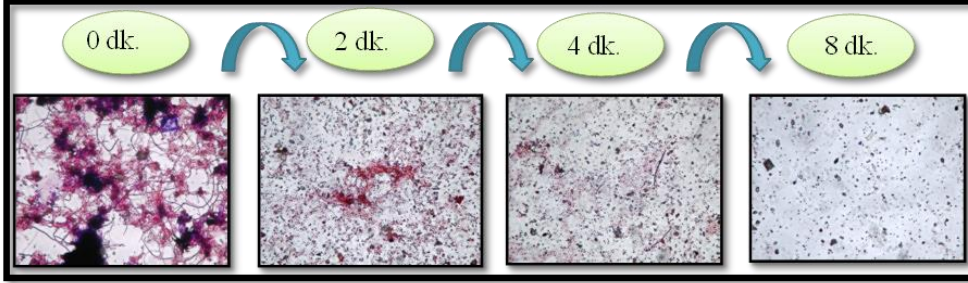
4.10.2. Ultrases

Ultrases uygulaması Kemer atıksu arıtma tesisi ve Lara atıksu arıtma tesisleri aktif çamur havuzundan alınan örneklerle gerçekleştirilmiştir. İki tesisten alınan örneklere sırasıyla sabit güç değerinde (34 watt), değişen sürelerle (2 dk., 4 dk., 8 dk.) ultrases uygulanmıştır. Değişen sürelerle bağlı olarak Kemer atıksu arıtma tesisi aktif çamur havuzundan alınan örnekteki filamentli mikroorganizmaların parçalanmaları Şekil 4.16’da gösterilmektedir.



Şekil 4.16. Kemer atıksu arıtma tesisi aktif çamur örneklerinin ultrases uygulama süresine bağlı olarak değişimi

Değişen sürelerle bağlı olarak Lara ileri atıksu arıtma tesisi aktif çamur havuzundan alınan örnekteki filamentli mikroorganizmaların parçalanmaları Şekil 4.17’de gösterilmektedir.



Şekil 4.17. Lara ileri atıksu arıtma tesisi aktif çamur örneklerinin ultrases uygulama süresine bağlı olarak değişimi

Şekil 4.16 ve Şekil 4.17’de görüldüğü üzere ultrases uygulaması sonucunda uygulanan sürenin artmasıyla parçalanmanın arttığı ve iki tesis örneklerinde de gözle görülür oranda parçalanma ve dağılmalar olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.19. Ultrases uygulaması süre, güç, enerji ve bulanıklık analiz sonuçları

Süre (dk.)	Güç(W)	Enerji (Joule)		Bulanıklık (NTU)	
		LARA AAT	KEMER AAT	LARA AAT	KEMER AAT
0	34	0	0	41	29,2
2	34	3617	3582	38	26,2
4	34	7085	7200	35	23,9
8	34	14373	14284	32	23,2

Uygulama öncesi ve sonrasında bulanıklık ölçümleri yapılmış ve Çizelge 4.19’da sunulmuştur. Uygulanan ultrases uygulaması sonucunda süre arttıkça bulanıklıkta azala olduğu görülmektedir.

Ultrases uygulamasında en iyi filament parçalanması 8 dakikada sağlamıştır. 4 dakikalık uygulamada da filament parçalanma oranının yaklaşık olarak aynı olduğu görülmüş fakat hücre parçalanmalarından dolayı bulanıklığın artması dezavantaj olarak önümüze çıkmaktadır. 8 dakikalık uygulamada bulanıklığın da azaldığı gözlemlendiği için en uygun süre 8 dakika olarak görülmektedir.

5. TARTIŞMA

Türkiye’de ve Dünya’da arıtma tesislerinde şişkin çamur ve köpük problemi oldukça yaygın olarak gözlenmektedir. Çamur kabarmasının ve köpürmesinin başlıca nedeni filamentli mikroorganizmaların ortamda gereğinden fazla miktarda bulunmasıdır. Filamentlerin floklar arasında gelişmesi ile floğun yüzey hacim indeksi artmakta ve çökeltme kalitesi düşmektedir. Bunun sonucunda da çamur atıksu yüzeyine ilerleyerek tabaka oluşumuna neden olmaktadır. Özellikle Antalya İli gibi sıcak iklim şartlarına sahip bölgelerde ise kabarma ve köpük problemi tesisler için ciddi işletme sorunları oluşturmaktadır.

Bu çalışmada, öncelikle Lara İleri Atıksu Arıtma Tesisi, Kemer Atıksu Arıtma Tesisi, Belek 1 ve Belek 2 Atıksu Arıtma Tesisleri aktif çamur havuzlarında aylık numuneler alınarak, problemin çözümü için ilk aşamada kabarma ve köpürmeye neden olan filamentli mikroorganizmaların karakterizasyonu belirlenmiş ve ikinci aşamada kabarma ve köpürme problemlerine çözüm önerisi oluşturmak amacıyla fiziksel ve kimyasal ön arıtım uygulamaları yapılmıştır.

Dört tesiste gerçekleştirilen çalışmada Çamur Hacim İndeksi (ÇHİ) değerinin yıl boyu 200 ml/g değerinin altına düşmediği tespit edilmiştir. Çamur hacim indeksinin 150 ml/g ve üzerinde olması tesislerde çökeltme problemi yaşandığı ve şişkin çamur probleminin var olduğunu açıkça göstermektedir (Filibeli 2005).

Yıl boyunca 4 tesis ve 6 adet havalandırma havuzundan alınan örneklerle yapılan çalışmalarda tespit edilen türler; Type 0041 (%25), Type 0675 (%23), *M.parvicella* (%19), *Nocardia* (%11), *N. Limicola* (%10), *S. natans* (%5), Type 021N (%5), Type 1851 (%1) ve *Thiothrix* spp. (%0,32) türleri tespit edilmiştir. İncelemede bu tesislerin tamamında köpük problemi gözlenmiştir. Madoni vd.(1999) yaptıkları çalışmada İtalya’da bulunan 167 arıtma tesisinde; *M.parvicella* (%53,2), Type 0041 (%11,3) ve Type 021N (%9,71) en yaygın türler olduğunu gözlemlemişlerdir. Çalışmamızın sonuçları iklimsel mevsimsel olarak benzer özellik gösteren İtalya’da yapılan çalışma ile benzerlik taşımaktadır.

Soğuk kış günleri ve bahar aylarında tespit edilen türler *M.parvicella*, Type 0041, Type 0675, *Nocardia* türleridir. Mevsimsel sıcaklıkların benzer olduğu İtalya ve Güney Afrika’da baskın türler karşılaştırıldığında; Lacko vd (1999) tarafından kış aylarında *M.parvicella* ve *Nocardia* spp. türlerinin baskın olduğu, Madoni vd (1999) tarafından *M.parvicella* ve Type 0041’in en yaygın türler olduğu tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada; yaz aylarında çamur şişme ve kabarma problemi tesislerin %99’unda görülmüş fakat kış aylarında tesislerin %30’unda sorunun diğer aylara oranla azaldığı gözlenmiştir. Sonuçların yukarıda verilen araştırmacıların çalışmalarıyla karşılaştırıldığında sonuçların birbirleriyle uyum sağladığı görülmektedir.

Çalışmada tespit edilen türlerin baskınlık düzeyine göre dağılımları Çizelge 5.1’de gösterilmekte olup, tür dağılımı Avrupa ülkelerinde yapılmış olan çalışma sonuçlarıyla uyum göstermektedir.

Amerika, Hollanda, Danimarka, Fransa gibi daha soğuk ülkelerde *Nocardia* spp. ve *M.parvicella* baskınlık olarak ilk sıralarda yerini alırken, daha sıcak ülkeler olan İtalya, Güney Afrika ve Türkiye’de Type 0041, Type 0675, *M. parvicella* ve Type 0092’nin daha baskın türler olduğu görülmektedir. Sıcaklık arttıkça şişme ve kabarma problemleri artmakla birlikte, atıksuyun yağlı karakterde olması da köpüklenme problemini artırmaktadır. Örneğin köpüklenmeye en yoğun neden olan tür olan *Nocardia* spp. yağlı, hazır gıda ve hızlı yemeklerin sık tüketildiği Amerika’da en baskın tür halini almaktadır. Type 0041, Type 0675, *M.parvicella* türlerinin yoğun görülmesi ise bize tesislerde düşük F/M oranının olduğunu göstermektedir.

Çizelge 5.1. Farklı ülkelerde bulunan arıtma tesisleri aktif çamur ünitelerinde baskın filament türleri

Sıra	Amerika	Güney Afrika	Hollanda	Danimarka	İtalya	Fransa	Türkiye (Antalya)
1	<i>Nocardia</i>	Type 0092	<i>M.parvicella</i>	<i>M.parvicella</i>	<i>M.parvicella</i>	Type 0092	Type 0041
2	Type 1701	Type 0675	Type 021N	Type 0041	Type 0041	<i>M.parvicella</i>	Type 0675
3	Type 021N	Type 0041	<i>H. hydrossis</i>	<i>N.limicola</i>	<i>N.limicola</i>	<i>Thiothrix</i>	<i>M.parvicella</i>
4	Type 0041	<i>M.parvicella</i>	Type 0092	Type 0092	<i>H.hydrossis</i>	Type 0041	<i>Nocardia</i>
5	<i>Thiothrix</i>	Type 0914	Type 1701	Type 0803	Type 021N	<i>H.Hydrossis</i>	<i>N. limicola</i>
6	<i>S.natans</i>	Type 1851	Type 0041	Type 0914	<i>Thiothrix</i>	Type 1851	<i>S.natans</i>
7	<i>M.parvicella</i>	Type 0803	<i>S.natans</i>	Type 021N	Type 1701	Type 1701	Type 021N
8	Type 0092	<i>Nocardia</i>	Type 0581	<i>Thiothrix</i>	Type 0092	Type 0675	Type 1851
9	<i>H. hydrossis</i>	<i>H. hydrossis</i>	Type 0803	Type 1851	<i>Nocardia</i>	<i>Nocardia</i>	Diğerleri
10	Type 0675	<i>N.limicola</i>	Type 0961	Diğerleri	Type 0675	<i>N.limicola</i>	<i>Thiothrix</i>

Tüm tesislerin çamur hacim indeksleri ile filament indekslerine mevsimsel olarak bakıldığında doğru orantılı olarak arttığı görülmektedir. Çamur çökebilirlikleri ve filament indeks değerlerini karşılaştırdığımızda ise net bir bağlantı olmadığı görülmüştür. Antalya İlinin mevsimsel sıcaklıklarının yüksek olması filament indeksinde yıl boyunca yüksek seyretmesini açıklamaktadır. Gelen atıksu karakteristiği değişmesi ve buna bağlı türlerin değişimi sıcaklık etkisiyle birlikte filament indeksinin yıl boyu yüksek olmasının nedeni olmaktadır.

Çamur şişmesi ve kabarması probleminin çözümü için yeni teknikler denemiş ve çalışmada Lara AAT ve Kemer AAT’den alınan örnekler farklı dozlarda H₂O₂ uygulanmıştır. Örneklerde uygulanan dozlara göre farklı oranlarda oranlarda parçalanma ve kopmalar gözlenmiştir. Lara İleri Atıksu Arıtma Tesisi’nden alınıp incelenen örneklerde H₂O₂ uygulamasının daha verimli olduğu belirlenmiştir. Bunun nedeni, atıksu içerisinde bulunan filamentli bakteri oranının daha yoğun olmasıdır.

Hidrojen peroksit uygulamalarında, 15 mg/ l dozunda; ultrases uygulamasında ise 8 dakika uygulama süresinde etkinin daha fazla olduğu gözlenmiştir.

Martins vd (2004) aktif çamur üzerinde yaptıkları çalışmada; çamur şişme probleminin tesislere özel yaklaşımdan öte genel yaklaşımlarla giderilebileceğini öne sürmüş ve çözüm olarak da son model BNR sisteminin kullanılmasını önermişlerdir. Xie vd.(2006) Çin’de bir arıtma tesisinde yaptıkları çalışmada; köpük sorununun çözümü için F/M oranının artırılması ya da çamur yaşının düşürülmesinin etkili olduğunu öne sürmüşlerdir. Çamur yaşının düşürülmesi ve F/M oranının artırılması tesislerde şişme ve kabarma problemlerine çözüm olabilmektedir fakat her tesisin işletim şartları aynı olmadığı için her tesise uygulanmasının zor olduğu görülmektedir. Yapılan çalışmada; yeni bir yaklaşım olması ve tesislerin işletim şartları, su karakteristikleri fark etmeksizin büyük çoğunluğuna uygulanabilmesi açısından tesislerin geri dönüş çamuruna ultrases ve hidrojen peroksit uygulaması yapılması önerilmektedir.

Filamentli mikroorganizmaların hidrojen peroksit ve ultrases ile parçalandığı gözlenirken, diğer bazı yüksek mertebeli mikroorganizmaların (örn: Hydrachnidia nematode) yapısının hidrojen peroksit uygulamasıyla bozulmadığı görülmüştür. Böylece bu canlıların kimyasallara daha dayanıklı olduğu söylenebilir.

Görüldüğü üzere çamur iyileştirme çalışmaları kapsamında uygulanan kimyasal ve fiziksel ön arıtım prosesleri filamentli mikroorganizmaların giderilmesinde etkili proseslerdir. En uygun doz, süre ve proses koşullarının tespiti için daha detaylı çalışmalara gerek duyulmaktadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

6.1. Karakterizasyon Sonuçları

- Yıl boyunca 4 tesis ve 6 adet havalandırma havuzundan alınan örneklerde yapılan değerlendirmeler sonucu yıl boyunca baskın görülen türler sırasıyla; Type 0041 > Type 0675 > *M.parvicella* > *Nocardia* spp. > *N.limicola* 'dır.
- Yaz ayları ve sıcak havalarda tesislerin tümünde kabarma ve köpük problemine rastlanmıştır, FI değerinin ise; 4 ile 6 arasında değiştiği görülmüştür.
- Kış ayları ve soğuk havalarda ise; *M.parvicella* ve *Nocardia* spp. türlerinin tesislerde arttığı, FI değerinin ise; 2 ile 6 arasında değiştiği görülmüştür.
- Özellikle yaz aylarında atıksu giriş suyu sıcaklıkları 26-36°C arasında değişirken, havalandırma havuzlarındaki >36°C sıcaklık artışları filamentli mikroorganizmaların aşırı çoğalmalarına neden olduğu görülmüştür.
- Ç.Ç.H ve Ç.H.İ'in yaz ve ilkbahar aylarında tesislerde 200 ml/g değerinin altına düşmediği ve aşırı kabarmış ve köpüren çamur görülmüştür.

6.2. Çamur Kabarması ve Köpük Oluşumunu Önleme Sonuçları

- Ultrases uygulaması sonucunda uygulanan sürenin artmasıyla parçalanmanın arttığı ve iki tesis örneklerinde de gözle görülür oranda parçalanma ve dağılmalar olduğu görülmüştür.
- Ultrases uygulamasında avatajı, en iyi filament parçalanması 8 dakikada sağlanması ve büyük molekülle organik maddelerin daha parçalanmasına yardım etmesi, dezavantajı ise; yüksek maliyet ve gürültü olduğu görülmektedir.
- Hidrojen peroksit uygulaması sonucunda yapılan incelemelerde her iki tesis örneklerinde filamentler üzerinde parçalanmalar gözlenmiş ve 15 mg/l den fazla dozlanması sonucu filament parçalanma oranının çok fazla değişmediği gözlenmiştir.
- Hidrojen peroksit uygulaması sonucu bulanıklığın yüksek oranda arttığı ve pH değerini düşürdüğü gözlenmiştir. Hidrojen peroksit uygulamasının dezavantajı; pH değerini düşürmesi ve asidik hale gelmesi nedeniyle Aktinomisetlerin (*Nocardia* spp.) artışına neden olmasıdır.

6.3. Öneriler

- Tesislerde tür karakterizasyonları mevsimlere göre ayrı ayrı yapılmalı ve her tesise özel olarak karakterizasyon tabloları oluşturulması,

- Tesislerde kum ve yağ tutucular stabil olarak sürekli çalışmalı ve yağ- gres analizi rutin bir analiz haline gelerek haftada bir uygulanması,
- Tesisler açısından köpük problemi için; erken uyarı sistemleri geliştirilmeli ve işletmeler anında müdahale yapabilir hale getirilmesi,
- Tesisler yapılırken normal sıcaklık değerleri harici olarak Antalya gibi sıcak bölgelerde yüksek su sıcaklık değerlerinin dizayn esnasında dikkate alınması,
- Ultrases uygulamasında süre olarak 34 watt ve 20 kHz sabit tutularak 8 dakika uygulanması,
- Hidrojen peroksit uygulamasında ise; optimum doz olarak 15 mg/l uygulanması, asitditeyi arttırdığı için *Nocardia* spp. ve *M. parvicella* türlerinin yoğun görüldüğü tesislerde uygulanması önerilmemektedir.
- Ultrases ve hidrojen peroksit uygulamalarının avantaj ve dezavantajları göz önüne alındığında; ultrases uygulamasının tesislerde filament parçalanması için daha etkin bir çözüm olacağı düşünülmektedir.
- Bölgesel iklim faktörüne bağlı yüksek hava sıcaklıkları koyu renk olan aktif çamurun ısınmasını sağlayarak köpüklenme ve çamur kabarmasını hızlandırdığı ve aktif çamur havuzlarının ısınmasını önlemek amacıyla gölgelendirme yapılması önerilmektedir.

7. KAYNAKLAR

- ANONİM I: http://www.biokim-aritma.com/Bolum_5_Biolojik_Arytma.pdf (Son erişim tarihi: 15.11.2013)
- ANONİM II: <http://www.akuaturk.com/2011/04/mikrobiyal-bulasma-kaynaklari/> (Son erişim tarihi: 12.09.2013)
- ANONİM III : <http://www.biyolojidunyasi.com/Alg.asp> (Son erişim tarihi: 15.11.2013)
- ANONİM IV: <http://www.cevregorevlisi.biz/belgeIndir/AtiksuAritma.pdf> (2011) (Son erişim tarihi: 05.10.2013)
- ANONİM V: http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/7d16d00201083a2_ek.pdf? (Son erişim tarihi: 01.06.2013)
- ANONİM VI: <http://www.e-kutuphane.imo.org.tr/pdf/11743.pdf> (Son erişim tarihi: 25.04.2013)
- ANONİM VII: http://itudergi.itu.edu.tr/index.php/itudergisi_e/article/viewFile/609/546 (Son erişim tarihi: 09.01.2013)
- ANONİM VIII: <http://www.scribd.com/doc/61993286/BULKING-and-FOAMING-Camur-Kabarmas%C4%B1-ve-Kopurma> (Son erişim tarihi: 15.01.2013)
- ANONİM IX: <http://www.agaclar.net/forum/temel-konular-toprak-gubre-tohum-sulama/22451.htm> (Son erişim tarihi: 17.03.2013)
- ANONİM X: <http://www.aks ltd.com.tr/Egitim%20Notlari/Mikrobiyoloji.pdf> (Son erişim tarihi: 24.02.2013)
- ANONİM XI: <http://www.scribd.com/doc/27401258/Ultrasound-Proje> (Son erişim tarihi: 21.05.2013)
- ANONİM XII: <http://www.asat.gov.tr/index.php?page=pages&PID=301> (Son erişim tarihi: 08.01.2013)
- ANONİM XIII: http://www.gatab.gov.tr/index.php?option=com_content&view=article&id=9 (Son erişim tarihi: 14.06.2013)
- ANONİM XIV: <http://quizlet.com/5109839/mycology-photos-flash-cards/>) (Son erişim tarihi: 22.11.2013)
- ANDREASEN, K. and NIELSEN, P.H. 2000. Growth Of *Microthrix Parvicella* in Nutrient Removal Activated Sludge Plants: Studies of in Situ Physiology, *Water Research*. 34, 5, 1559 – 1569.
- APHA, AWWA. 2000. Standart Methods for the Examination of Water and

Wastewater, 20. Edition. USA.

BARBUNSKI, K. and FILIPEK, K. 2003. Aerobic Sludge Digestion in the Presence of Hydrogen Peroxide and Fenton's Reagent. *Polish Journal of Environmental Studies*, 12(1): 35-40.

BÜYÜKTANIR, A. 2010. Ultrases. Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Fizik Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara, 21 s.

CHOI, H., JEONG, S. and CHUNG, Y. 2005. Enhanced anaerobic gas production of waste activated sludge pretreated by pulse power technique. *Bioresource Technology*, 97: 198-203.

CHU, C.P., CHANG, B., LIAO, G.S., JEAN, D.S. and LEE, D.J. 2001. Observations On Changes In Ultrasonically Treated Waste-Activated Sludge. *Water Research*, 35(4):1038-46.

DEBİK, E. 2008. Biyolojik Temel İşlemler Ders Notları.

EIKELBOOM D.H. and VAN BUIJSEN H.J.J. (1983). Microscopic Sludge Investigation Manual. TNO Research Institute of Environmental Hygiene, Delft, 81 p.

FIALKOWSKA, E. and PAJDAK-STAR, A. 2008. The Role of Lecane Rotifers in Activated Sludge Bulking Control, *Water Research*. 42, 2483 – 2490.

FİLİBELİ, A. 2005. Arıtma Çamurlarının İşlenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No: 255, İzmir, 254 s.

GENÇ, N. 2007. Atıksu ve Arıtma Çamurlarının Biyolojik Parçalanabilirliğinin Geliştirilmesinde Ön Arıtımın Önemi. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, 28 s.

GERARDI, M.H. 2006. Wastewater Bacteria, John Wiley & Sons, Inc, NJ, 255 p.

GÜNDÜZ, Ç. 2009. Ultrasonic Disintegration Of Sewage Sludge. Master Thesis, Dokuz Eylul University Graduate School Of Natural And Applied Sciences, 61 p.

GÜRTEKİN, E. 2009. Ardışık Kesikli Reaktörde Aktif Çamurun Çökebilirliğine Sıcaklığın Etkisi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 25 (1-2) 99 - 107.

HALİKİ, A., ÖZDEMİR, G. and UZEL, A. 2004. Aktif Çamur Sistemlerinde Sorun Yaratan Filamentli Mikroorganizmaların İzolasyonu ve Kontrol Stratejileri Üzerine Bir Araştırma. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 21(3-4), 275- 277.

HAMMADI, L., PONTON, A. and BELHADRI, M. 2012. Effects of Heat Treatment

and Hydrogen Peroxide (H₂O₂) on the Physicochemical and Rheological Behavior of an Activated Sludge from a Water Purification Plant. ISWEE'11, Procedia Engineering, 33: 293 – 302.

İÇEMER, T.G. 2009. Çevre Mikrobiyolojisi Dersi Ders Notları.

İÇEMER, G., YILMAZ, İ., KELEŞ, C., YILDIRIM, M. and TOPKAYA, B. 2007. Combating Filamentous Bacteria Found in Activated Sludge Systems, Facing Sludge Diversities. IWA Specialist Conference, pp. 487- 93, Antalya.

JENKINS, D. 2004. Manual On The Causes and Control of Activated Sludge Bulking, Foaming and Other Solids Separation Problems. 216 p.

JUN, Y., YU-XIN, Z., LEI, L., JIAN-HAN, W. and YING-ZI, L. 2008. Sludge Treatment by Hydrogen Peroxide/Ozone. Bioinformatics and Biomedical Engineering, ICBBE, The 2nd International Conference on Shanghai, pp. 4247 – 4250, Shanghai.

KESTİOĞLU, K. 2001. Atıksu Arıtımında Biyokimyasal Prosesler. ISBN: 975-564-110-6, VIPAŞ İnş. Turizm. Eğt. A.Ş., Bursa, 274 s.

KONERS, U., SCHMIDT, W., LOFFLER, M., SCHWARTZ, F., HEINZ, V. and KNORR, D. 2007. Impact of Pulsed Electric Field (Pef) Application on Particle Size of Activated Wastewater Treatment Sludge. Partec, Nuremberg, Almanya.

LACKO, N., BUX, F. and KASAN, H.C. 1999. Survey Of Filamentous Bacteria in Activated Sludge Plants in Kwazulu Natal. *Water Research*, 25(1): 63-68.

MADONI, P., DAVOLI, D. and GIBIN, G. , 2000. Survey Of Filamentous Microorganisms From Bulking and Foaming Activated-Sludge Plants in Italy. *Water Research*, 34, 6, 1767-1772.

MARTINS, M.P.A., PAGILLA, K., HEIJNEN, J.J. and LOOSDRECHT VAN, C.M.M. 2004. Filamentous Bulking Sludge: A Critical Review. *Water Research*, 38: 793–817.

METCALF & EDDY, 2003. Wastewater Treatment Plants. 148 p.

MORE, T.T., YAN, S. TYAGI, R.D. and SURAMPALLI, R.Y. 2010. Potential Use of Filamentous Fungi for Wastewater Sludge Treatment. *Bioresource Technology*, 101: 7691–7700.

ÖVEZ, S., MERİÇ S., ORHON D. and BELGIORNO V., "Effect of Textile Industry Wastewater Characteristics on Microfauna in Activated Sludge", 7th International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Indus. Amsterdam, Holland.

ÖZDEMİR, Z., GÜZELOĞULLARI, S., SOFU, A. and EKİNCİ Y.F. 2008. Aktif

Çamurdaki Ekzopolisakkaritler. Üniversite Öğrencileri II. Çevre Sorunları Kongresi ÇESKO, Fatih Üniversitesi, İstanbul.

ÖZTÜRK, A. 2007. Filamentli Bakterilerin Sebep Olduğu Kabarma ve Şişme Problemleri. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi. 223 s.

RAMIREZ. W.G. and ALONSO L. J. 2000. A Rapid, Direct Method for Assessing Chlorine Effect on Filamentous Bacteria in Activated Sludge. *Water Research*, 34(15): 3894-3898.

ŞAHİNKAYA, E. 2012. Çevre Mikrobiyolojisi II Ders Notları.

ŞAKAR S. 2009. Çevre Mikrobiyolojisi -II Ders Notları.

ŞENGÜL, F. And MÜEZZİNOĞLU, A., (1993): “Çevre Kimyası”. İzmir, DEÜ Mimarlık Mühendislik Fakültesi Yayınları, N.228.

TOPACIK, D. 2000. Atıksu Arıtma Tesisleri İşletme El Kitabı. İstanbul, İSKİ, 664 s.

TOPRAK, H. 2006. Atıksu Arıtma Sistemlerinin Tasarım Esasları. Cilt-1. Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Yayınları, No.240, İzmir, 335 s.

TÜRKMAN, A. and GÜREL, N., (1986): Evsel Nitelikli Atıksu Özelliklerinin Zamansal ve Yerel Değişiminin Belirlenmesi. İzmir, Çevre 86 Sempozyumu Tebliğ Metinleri.

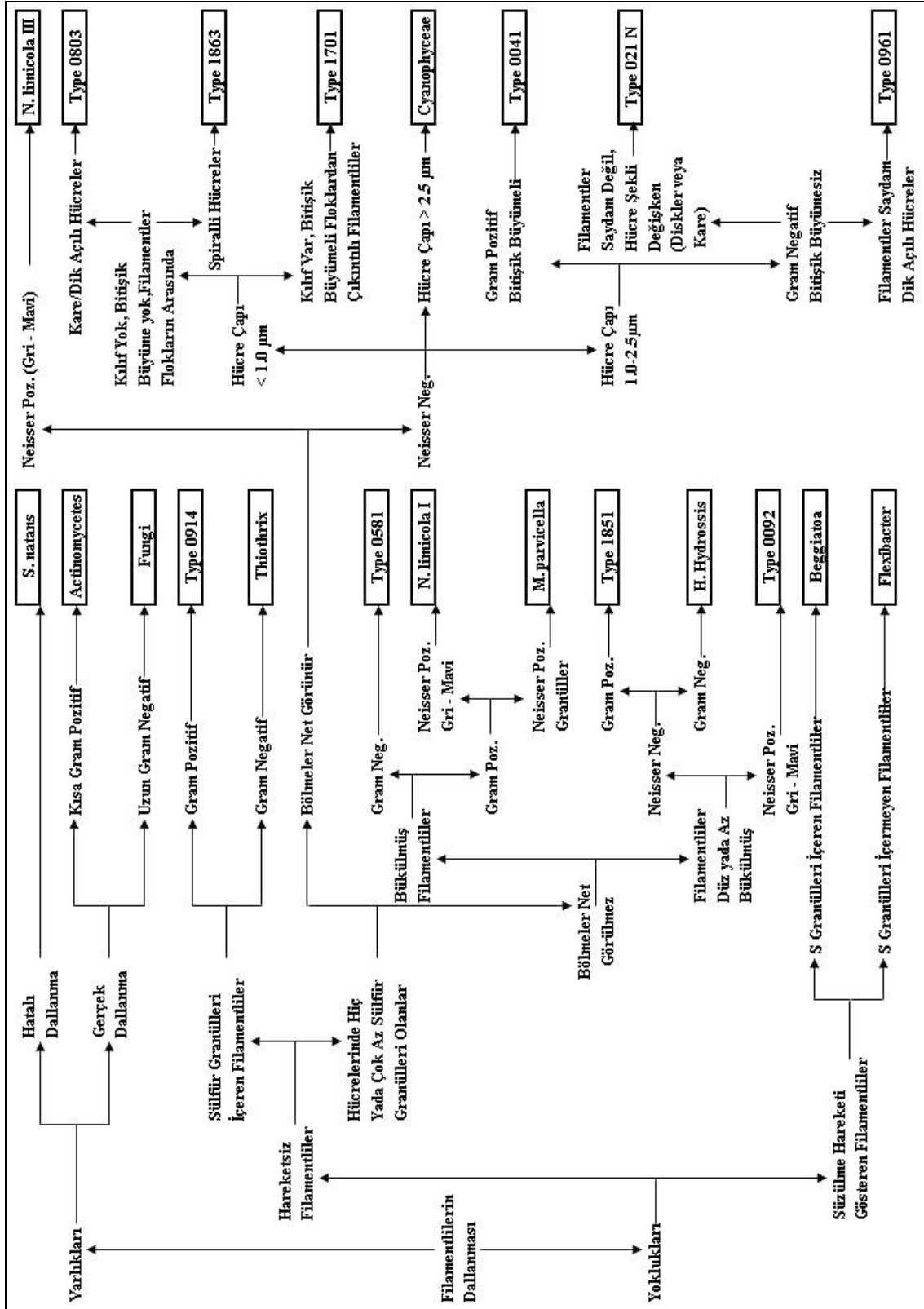
XIE, B., DAI, C.X. and XU, T.Y. 2007. Cause Pre-Alarm Control of Bulking and Foaming by Microthrix Parvicella a Case Study in Triple Oxidation Ditch at A Wastewater Treatment Plant. *Journal of Hazardous Material*, 143, 184-191.

WANG, L., LIU, Y., LI, J., LIU, X., DAI, R., ZHANG, Y., ZHANG, S., and LI, J. 2010. Effects of Ni⁺² on The Characteristics of Bulking Activated Sludge. *Journal Of Hazardous Materials*, 181, 460–467.

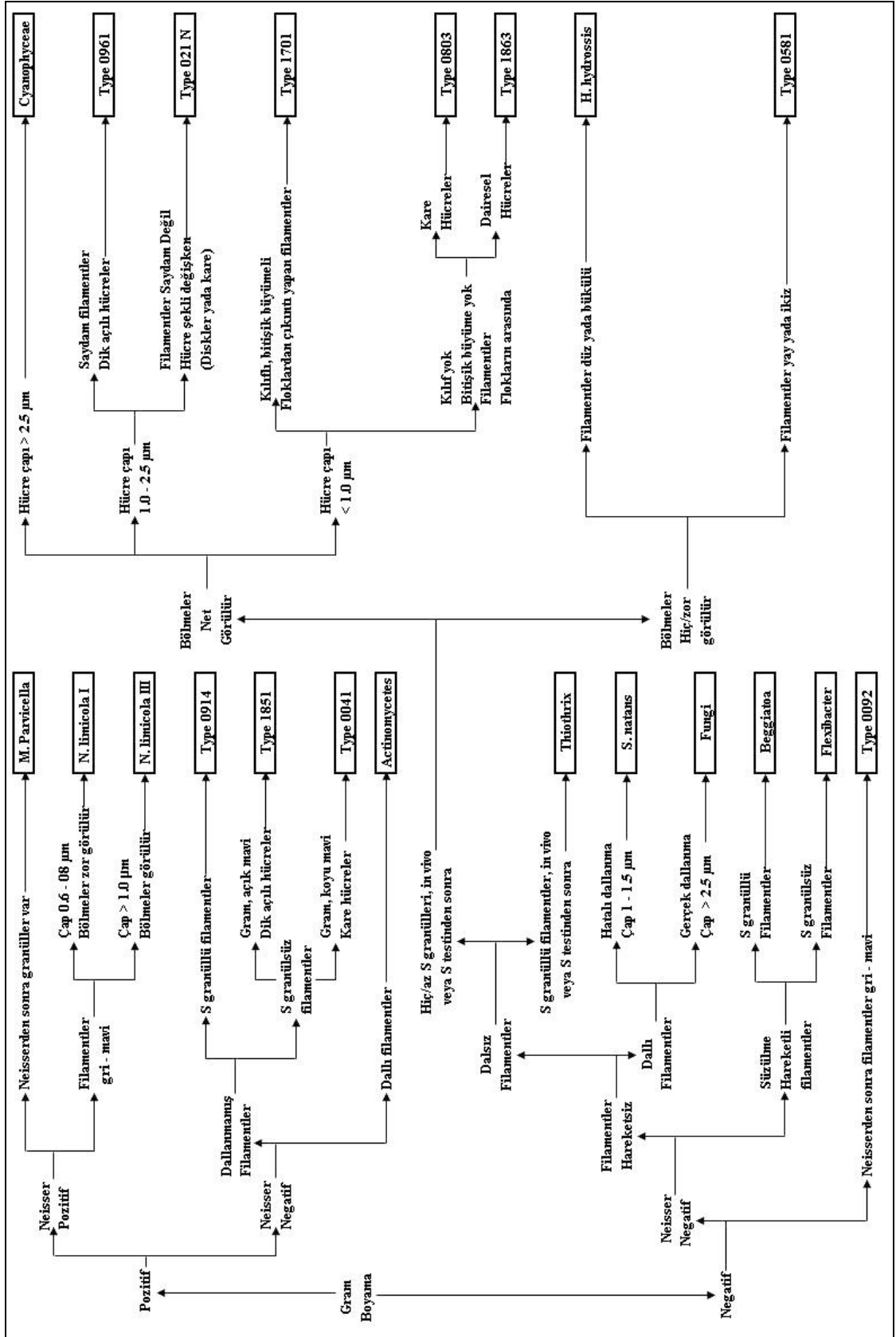
YILDIRIMER, K.A. 2006. Evsel Atıksu Arıtma Tesislerinde Debi-Maliyet İlişkileri. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

YILMAZ, İ., İÇEMER, G. and TOPKAYA, B. 2008. Controlling Options Of Bulking Sludge. *Fresenius Environmental Bulletin*, 17, 1816-1821.

EK 1. FİLAMENTLİ MİKROORGANİZMALARIN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN TABLOLAR



Ek 1.1. Aktif çamurdaki filamentli organizmaların tespit tablosu 1



Ek 1.2. Aktif çamurdaki filamentli organizmaların tespit tablosu 2

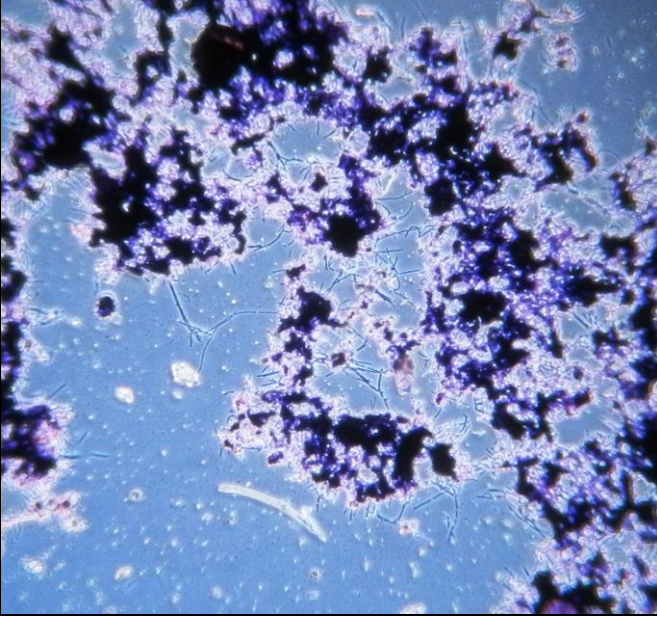
EK 2. FİLAMENTLİ MİKROORGANİZMALARIN ÖZELLİKLERİ

Tür ya da Grup	Dallanma	Hücre çapı (µm)	Filament uzunluğu (µm)	Filamentlerin şekli ve konumu	Bitişik büyüme
<i>Actinomycetes</i>	Gerçek dallanma	0.5 - 0.7	< 200	Flok içinde ve çevresinde 'bükülmüş' filamentliler (çubuk demetleri)	yok
<i>Beggiatoa</i>	yok	1.5 - 2.5	tutarsız	Düz/yay gibi, su içindeki floklar arasında serbest	yok
<i>Cyaphyceae</i>	yok	> 2.5	> 200	Düz/yay şekilli; sudaki floklar arasında serbest yaşam	yok
<i>Flexibacter</i>	yok	0.7	< 200	Yay şekilli filamentliler, sıvı içinde serbest hareket ederler	yok
<i>Leucothrix</i>	yok	1.5 - 3.5	> 200	Yay şekilli/ikiz filamentliler, su içindeki floklar arasında serbest halde	yok
<i>Streptococcus</i>	yok	0.7	< 200	Yay şekilli/ikiz filamentliler, su içindeki floklar arasında serbestler	yok
<i>Thiothrix</i>	yok	0.5 - 1.5	aşırı değişken	Düz/yay şekilli filamentliler, çoğunlukla floklardan çıkıntı yaparlar	yok
Tip 0041 / 0675	yok	0.6 - 1.5	değişken	Düz/belli belirsiz yay şekilli filamentliler, su içinde serbest olarak gözlemlenir de floklara da tutunabilirler	evsel tesislerde daima var
Tip 0092	yok	0.5 - 0.7	< 200	Düz/belli belirsiz yay şekilli	yok
Tip 0211	yok	0.2 - 0.3	< 200	Yay/ikiz filamentliler (flokların içinde ve çevresinde)	yok
Tip 021 N	yok	1.5 - 2.0	> 200	Düz/yay şekilli filamentliler, genellikle floklar arasındaki sıvı içinde serbestler	yok
Tip 0411	yok	0.5 - 0.7	< 200	Yay/ 'ikiz' filamentliler, genellikle flokların ağızları boyunca görülür	-
Tip 0581	yok	0.3 - 0.4	< 200	Yay/ 'ikiz' filamentliler, su içinde ve floklar boyunca serbestler	yok
Tip 0803	yok	0.7 - 0.8	< 200	Düz / belli belirsiz yay şekilli filamentliler. Genellikle bir parça inorganik materyale tutunurlar	yok
Tip 0914	yok	0.6 - 0.8	< 200	Yay/ 'ikiz' filamentliler, su içinde ve floklar boyunca serbestler	yok
Tip 0961	yok	1.0 - 2.0	>200	Düz / belli belirsiz yay şekilli bunala genellikle çarpıcı şekilde saydam	yok
Tip 1701	Nadiren, hatalı	0.7 - 0.9	< 200	Düz / belli belirsiz yay şekilli filamentliler, genellikle floklara tutulu	genellikle var
Tip 1702	yok	0.6	< 200	Düz / belli belirsiz yay şekilli filamentliler ve bunlar floklardan çıkmış durumda	yok
Tip 1851	yok	0.5 - 0.7	> 200	Floklardan ve bazen de yığımlardan çıkıntı yapan düz filamentliler	genellikle fazla
Tip 1852	yok	0.6 - 0.8	> 200	Genellikle saydam görünen düz filamentliler	-

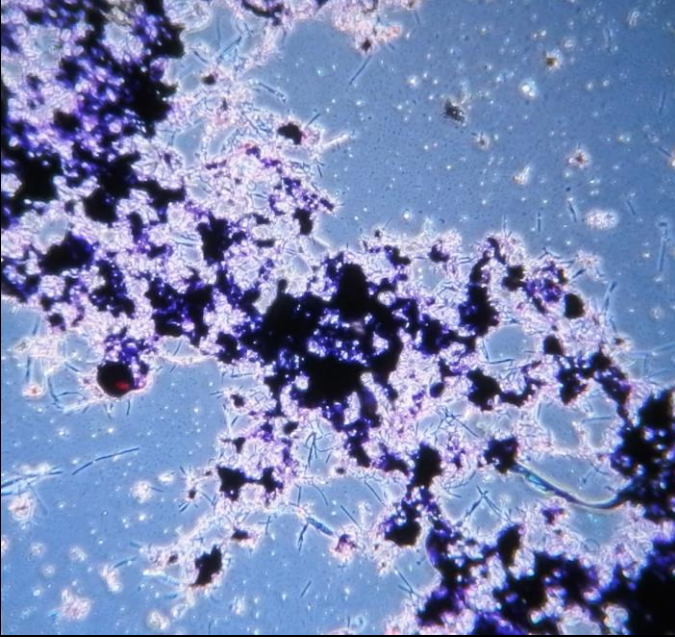
Ek 2.' nin Devamı

Tür ya da Grup	Dallanma	Hücre çapı (µm)	Filament uzunluğu (µm)	Filamentlerin şekli ve konumu	Bitişik büyüme
Tip 1863	yok	0.5 - 0.8	< 200	Yay / ikiz filamentler, sıvı içinde serbestler	yok
<i>Nostocoida limicola I</i>	yok	0.6 - 0.7	< 200	Değişken filament şekli. Filamentleri flokların içinde bulunmanın yanı sıra sıvı fazı içinde serbest halde de bulunur.	yok
<i>Nostocoida limicola III</i>	yok	0.8 - 2.0	Değişken, genellikle > 200	Yay şekilli ikiz filamentler; bunlar bazen flokların içinde dolaşık	yok
<i>Sphaerotilus natans</i>	Sıklıkla, hatalı	1.0 - 1.5 (filament çapı)	> 200	Belli belirsiz yay şekilli filamentler ise düz	Nadiren
<i>Microthrix parvicella</i>	yok	0.5	< 200	Yay şekilli/ikiz filamentler, su içinde veya flokların çevresinde serbest	Bazen, az miktarda
Haliscomenobacter hydrosis	yok	0.3 - 0.4	< 200	Düz filamentler, floklardan dışa doğru çıkıklar	-

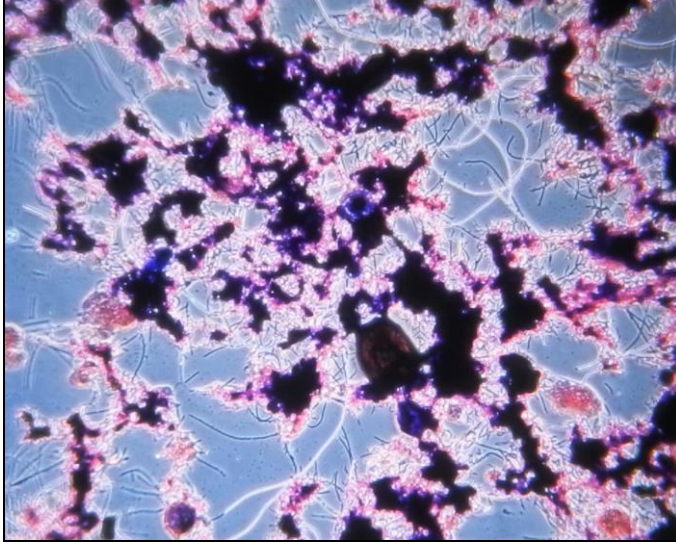
EK 3. TESPİT EDİLEN FLOK YAPILARINA AİT FOTOĞRAFLAR



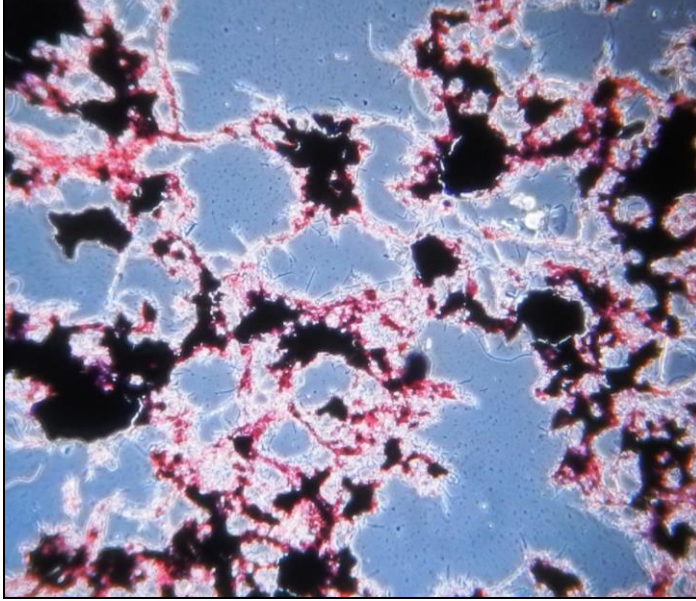
Ek 3.1. Belek 1 AAT aktif çamur Ocak 2013 numunesinden flok yapısı ve yoğunluğunu gösteren bir örnek (Gram boyama, 10x)



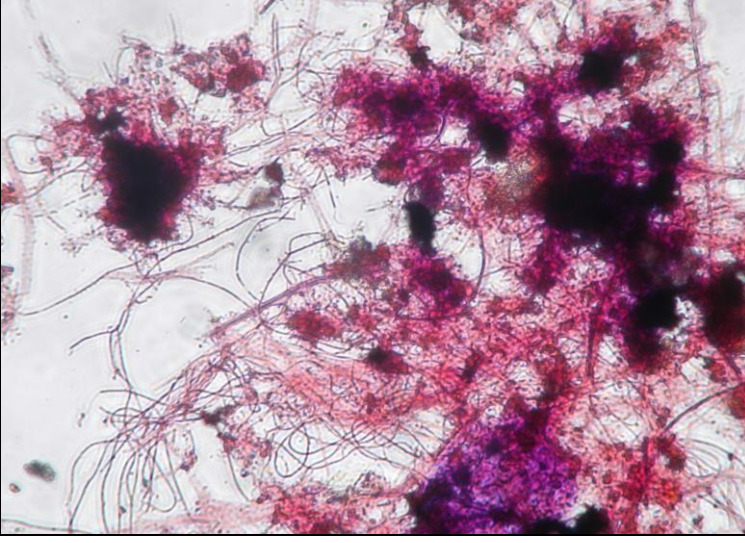
Ek 3.2. Belek 2 AAT aktif çamur Ocak 2013 numunesinden flok yapısı ve yoğunluğunu gösteren bir örnek (Gram boyama, 10x)



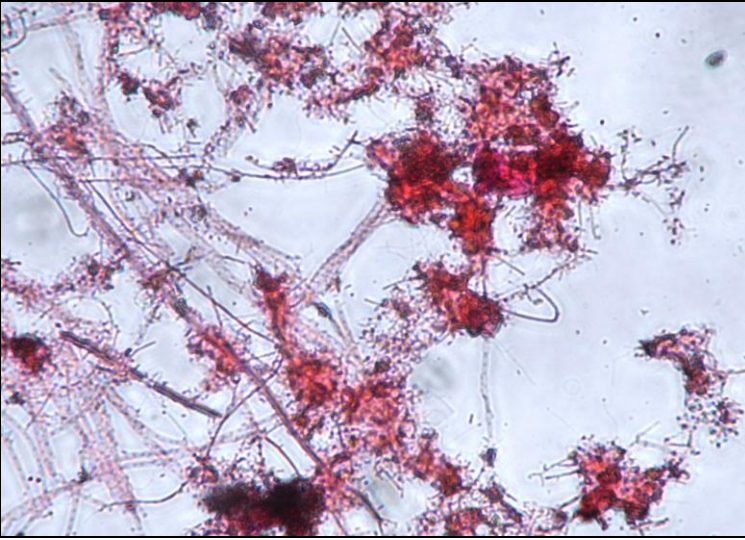
Ek 3.3. Kemer AAT aktif çamur Ocak 2013 numunesinden flok yapısı ve yoğunluğunu gösteren bir örnek (Gram boyama, 10x)



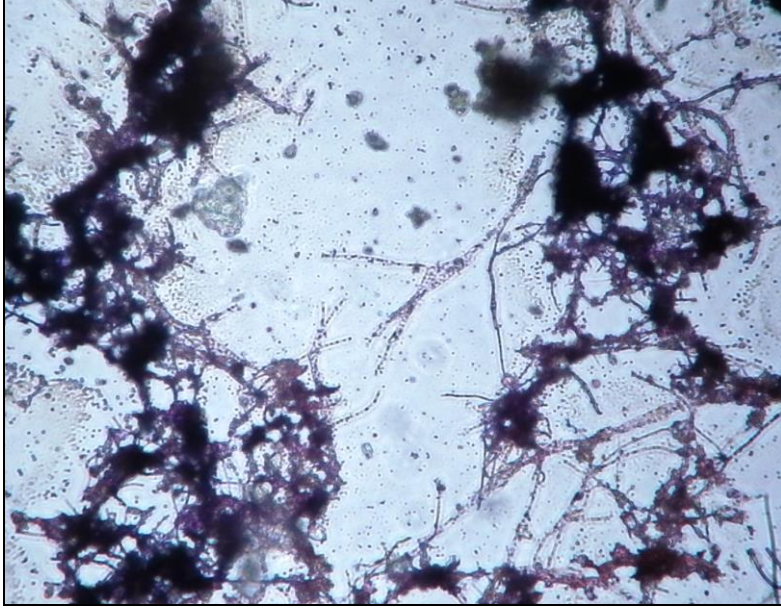
Ek 3.4. Lara AAT aktif çamur Ocak 2013 numunesinden flok yapısı ve yoğunluğunu gösteren bir örnek (Gram boyama, 10x)



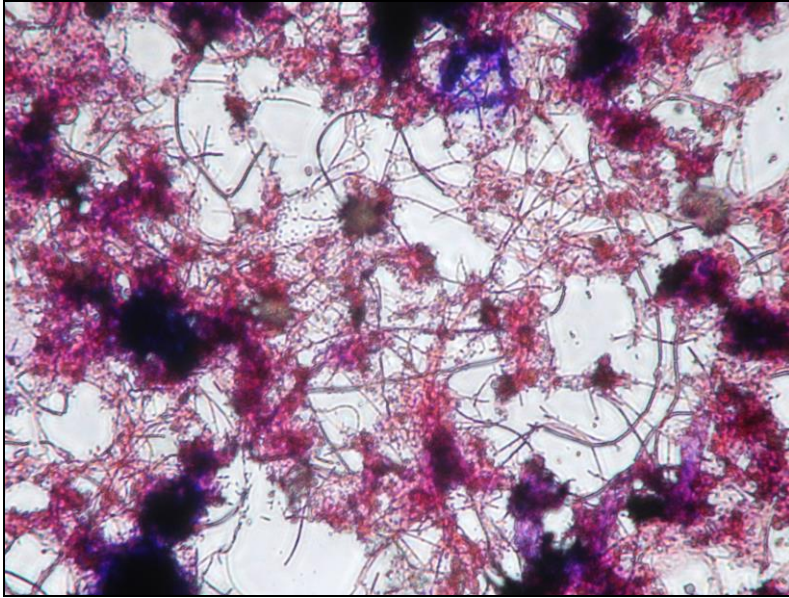
Ek 3.5. Belek 1 AAT aktif çamur Temmuz 2013 numunesinden flok yapısı ve yoğunluğunu gösteren bir örnek (Gram boyama, 20x)



Ek 3.6. Belek 2 AAT aktif çamur Temmuz 2013 numunesinden flok yapısı ve yoğunluğunu gösteren bir örnek (Gram boyama, 20x)

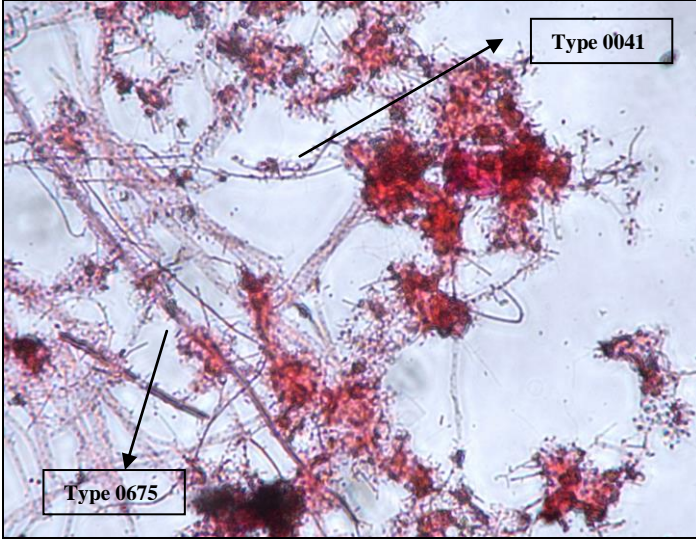


Ek 3.7. Kemer AAT aktif çamur Temmuz 2013 numunesinden flok yapısı ve yoğunluğunu gösteren bir örnek (Gram boyama, 20x)

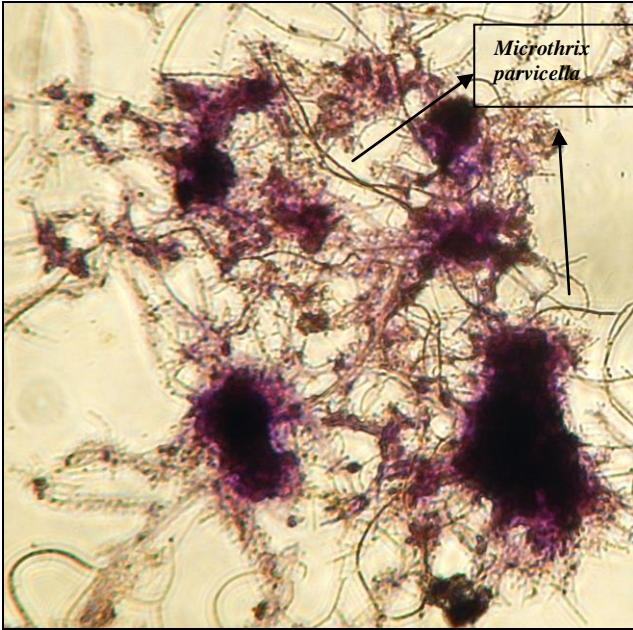


Ek 3.8. Lara AAT aktif çamur Temmuz 2013 numunesinden flok yapısı ve yoğunluğunu gösteren bir örnek (Gram boyama, 20x)

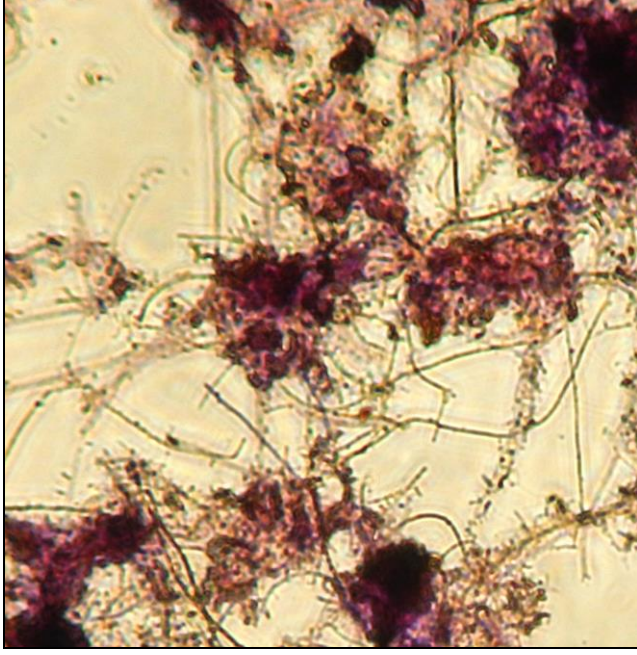
EK 4. TESPİT EDİLEN FİLAMENTLİ MİKROORGANİZMALARA AİT FOTOĞRAFLAR



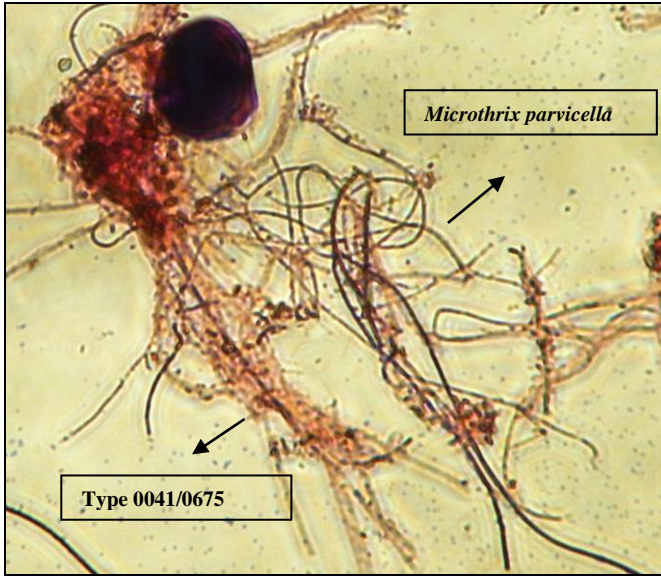
Ek 4.1. Belek 1 AAT aktif çamur Haziran 2012 numunesinden Type 0041/0675 örnekleri (Gram boyama, 40x)



Ek 4.2. Belek 2 AAT aktif çamur Temmuz 2012 numunesinden *Microthrix parvicella*, Type 0041/0675 örnekleri (Neisser boyama, 40x)



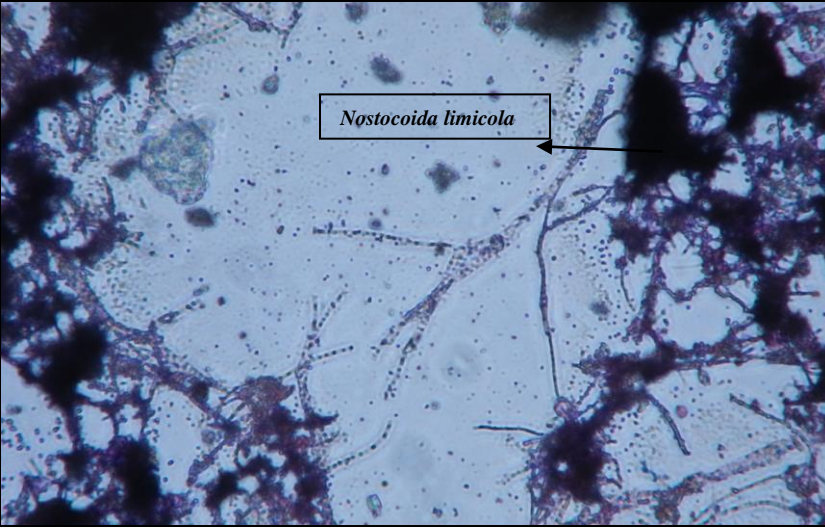
Ek 4.3. Lara AAT aktif çamur Ağustos 2012 numunesinden Type 0041/0675, Type 021N örnekleri (Neisser boyama, 40x)



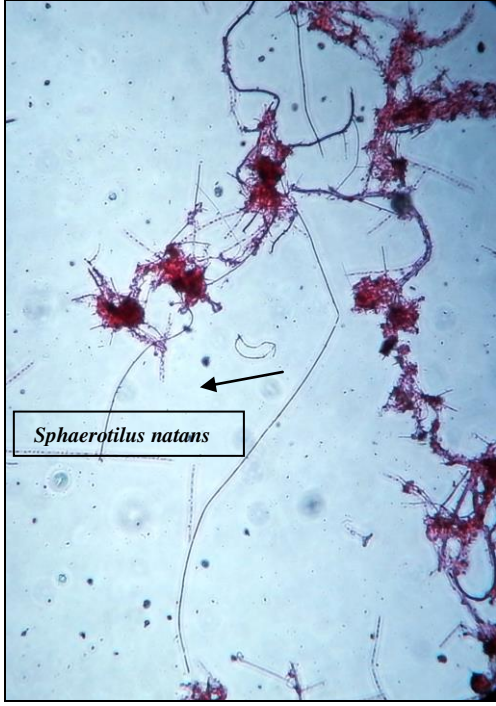
Ek 4.4. Kemer AAT aktif çamur Eylül 2012 numunesinden Type 0041/0675, *Microthrix parvicella* örnekleri (Neisser boyama, 40x)



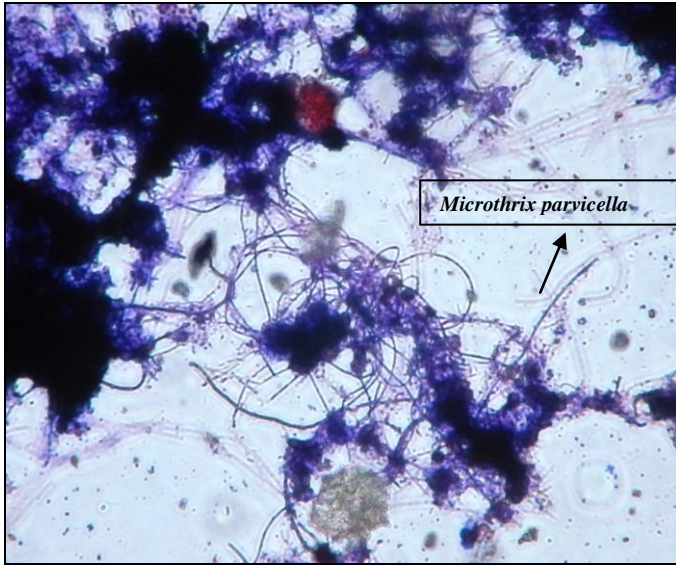
Ek 4.5. Lara AAT aktif çamur Ekim 2013 numunesinden *Vorticella* örneği (Gram boyama, 40x)



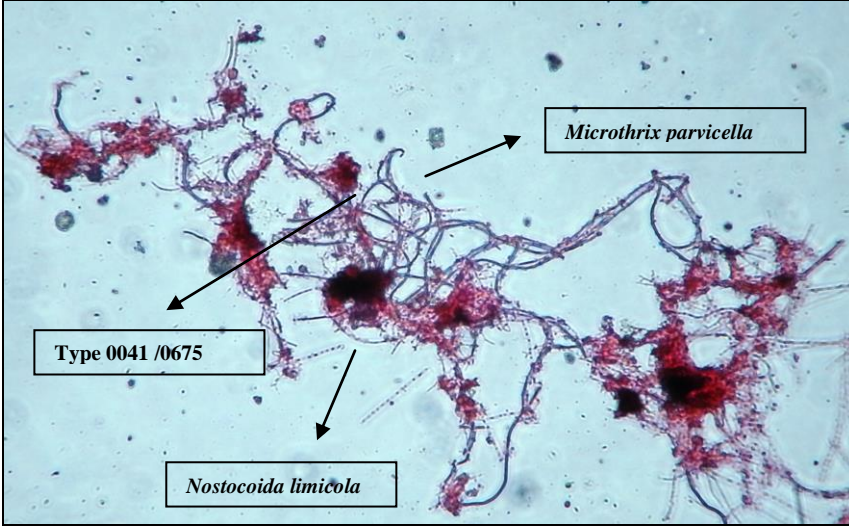
Ek 4.6. Belek 2 AAT aktif çamur Kasım 2012 numunesinden *Nostocoida limicola* örneği (Gram boyama, 40x)



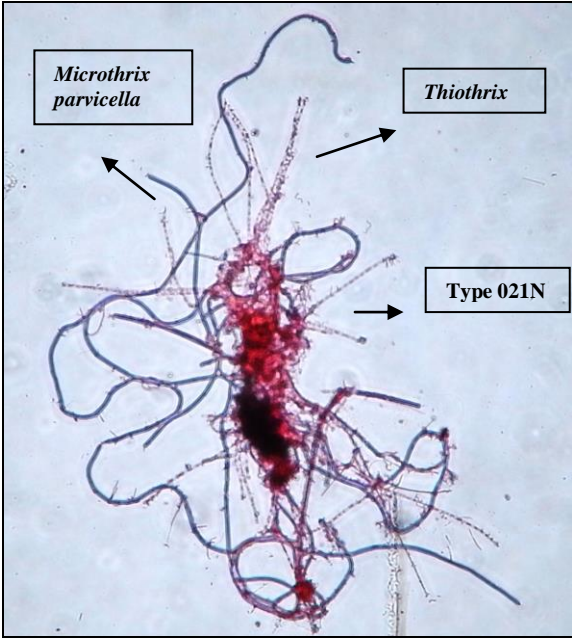
Ek 4.7. Lara AAT aktif çamur Aralık 2012 numunesinden *Sphaerotilus natans* örneği (Gram boyama, 40x)



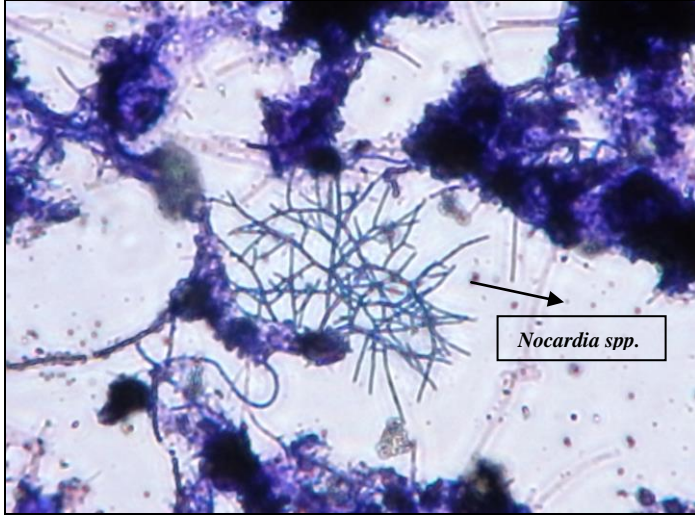
Ek 4.8. Belek 1 AAT aktif çamur Ocak 2013 numunesinden flokların arasında kalan bir *Microthrix parvicella* örneği (Gram boyama, 40x)



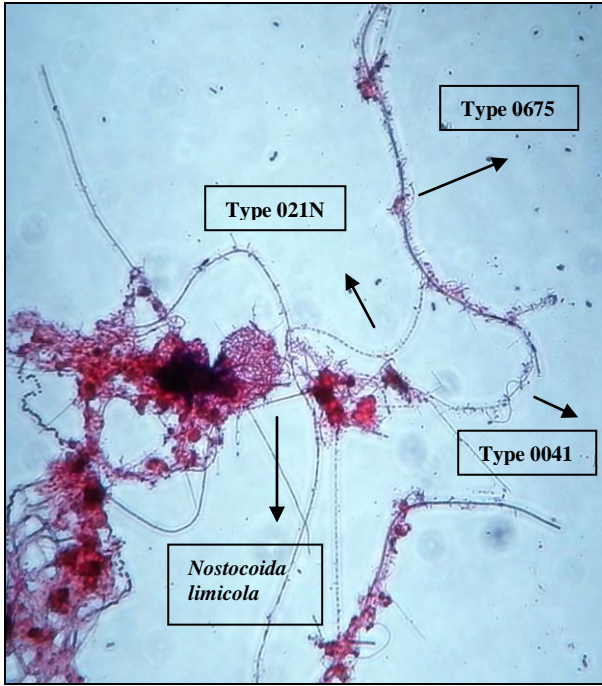
Ek 4.9. Belek 2 AAT aktif çamur Şubat 2013 numunesinden içi içe geçmiş *Microthrix parvicella*, *Nostocoida limicola*, Type 0041/ 0675 örnekleri (Gram boyama, 40x)



Ek 4.10. Kemer AAT aktif çamur Mart 2013 numunesinden içi içe geçmiş *Microthrix parvicella*, Type 021N, *Thiothrix* örnekleri (Gram boyama, 40x)



Ek 4.11. Belek 1 AAT aktif çamur Nisan 2013 numunesinden floklar arasında *Nocardia* spp. örneği (Gram boyama, 40x)



Ek 4.12. Belek 1 AAT aktif çamur Mayıs 2013 numunesinden floklar arasında *Nostocoida limicola*, Type 0041/0675, Type 021N örnekleri (Gram boyama, 40x)

ÖZGEÇMİŞ

Yasemin Büşra BAYRAK, 1988 yılında Amasya'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Kocaeli'nde tamamladı. 2006 yılında girdiği Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nden 2010 yılında Çevre Mühendisi unvanını alarak mezun oldu. 2010 yılı Ocak ayında Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı.