

**EVSEL ATIKSULARIN ARITILMASI VE HAVALANDIRMA
PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ**

H. Berivan BODUROĞLU

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE BİLİMLERİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MAYIS 2008

ANKARA

H.Berivan BODUROĞLU tarafından hazırlanan EVSEL ATIKSULARIN ARITILMASI VE HAVALANDIRMA PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Çiğdem GÜLDÜR

Tez Danışmanı, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Doç Dr. Şefaattin YÜKSEL

Ortak Tez Danışmanı, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği Çevre Bilimleri Anabilim Dalında Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Nail YAŞYERLİ

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı ,GÜ

Prof. Dr. Çiğdem GÜLDÜR

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı,GÜ

Doç Dr. Şefaattin YÜKSEL

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı,GÜ

Doç Dr. Atilla BIYIKOĞLU

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı,GÜ

Doç. Dr. Kurtuluş SOYLUK

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı,GÜ

Tarih: 26/05/2008

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nermin ERTAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

H. Berivan BODUROĞLU

**EVSEL ATIKSULARIN ARITILMASI VE HAVALANDIRMA
PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

H. Berivan BODUROĞLU

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Mayıs 2008

ÖZET

Bu çalışmada evsel atıksuyun mekanik yolla havalandırılması yöntemi incelenmiştir. Çalışmada mekanik karıştırıcı kullanılmıştır. Mekanik karıştırıcının hızı sabit tutularak farklı karıştırma zamanlarında ve farklı karıştırıcı yüksekliklerinde Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), pH, azot (N) ve çözünmüş oksijen (ÇO) parametrelerindeki değişimi karşılaştırılmıştır. Atıksuyun BOİ, KOİ parametreleri; düşük ÇO konsantrasyonlarında, havuz tabanında kısa süreli karışırmalarda daha fazla düşüş görülmüştür. Atıksuyun ÇO konsantrasyonunun yüksek olduğu durumlarda karıştırma süresi ve karıştırıcı konumunu sistemin performansına önemli bir etkisi olmadığı düşünülmektedir.

Bilim Kodu : 903.1.027

Anahtar Kelimeler: Atıksu arıtımı, BOİ, havalandırma

Sayfa Adedi : 57

Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Çiğdem GÜLDÜR, Doç. Dr. Şefaattin YÜKSEL

**DOMESTIC WASTE WATER TREATMENT AND EXAMINATION OF THE
PARAMETERS OF AERATION**

(M.Sc. Thesis)

H. Berivan BODUROĞLU

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

May 2008

ABSTRACT

In this study wastewater treatment by mechanical aeration is examined. Mechanical stirrer is used for the experiment. By changing stirring time and height of the stirrer in constant stirring velocity; the variation of Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), pH, Nitrojen (N) and Dissolved Oxygen (DO) parameters are compared. Short term stirring in the bottom of the pool at low concentration of DO causes further decrease for the BOD and COD parameters. It is thought that for the high concentration of the DO conditions stirring time ad stirrer position do not have an important effect on the system.

Science Code : 903.1.027

Key Words : Aeration, BOD, waste water,

Page Number: 57

Adviser : Prof. Dr. Çiğdem GÜLDÜR, Asoc. Dr. Şefaattin YÜKSEL

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmam boyunca destek ve katkılarını esirgemeyen değerli hocalarım Prof. Dr. Çiğdem GÜLDÜR'e ve Doç Dr. Şefaaddin YÜKSEL'e en derin saygılarımla teşekkürlerimi sunarım. Çalışmalarım sırasında desteklerini hep arkamda hissettiğim aileme, özellikle canım babam Kadri BODUROĞLU ve canım annem Nesrin BODUROĞLU'na teşekkür ederim. Ayrıca bana yardımcı olan değerli arkadaşlarım Gözde ERKAL ve Başak NALBANTOĞLU'na teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜRLER.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
SİMGELER.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	2
3. ATIKSU ARITIMI.....	6
3.1. Atıksu Karakteristikleri.....	6
3.1.1. Evsel atıksular.....	7
3.1.2. Endüstriyel atıksu kaynak ve özellikleri.....	8
3.2. Fiziksel Özellikler.....	8
3.2.1. Toplam katı madde.....	8
3.2.2. Koku.....	8
3.2.3. Sıcaklık.....	9
3.3. Kimyasal Özellikler.....	9
3.3.1. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ).....	9
3.3.2. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ).....	9
3.3.3. Toplam organik karbon (TOK).....	10
3.3.4. Ph.....	10

	Sayfa
3.3.5. Alkalinite.....	10
3.3.6. Azot.....	10
3.3.7. Fosfor.....	11
3.3.8. Kükürt.....	11
3.3.9. Ağır metaller ve zehirli bileşikler.....	11
3.3.10. Gazlar.....	11
4. ATIKSU ARITMA METODLARI.....	12
4.1. Fiziksel Arıtma Yöntemleri.....	12
4.2. Kimyasal Arıtma Yöntemleri.....	12
4.3. Biyolojik Arıtma Yöntemleri.....	12
4.4.Arıtma Tipi Seçilirken Dikkat Edilecek Hususlar.....	13
5. AKTİF ÇAMUR SİSTEMLERİ.....	14
5.1. Klasik Aktifleşme Metodu.....	14
5.2. Lineer Şekilde Değişen Hava Tatbik Edilen Sistemler (Difüzör Aralıkları Değişken Sistemler).....	14
5.3. Sürekli Akımlı ve Tam Karışım Havuzlar.....	15
5.4. Kademeli Havalandırma.....	16
5.5. Tadil Edilmiş Havalandırma.....	18
5.6. Kontakt Stabilizasyon.....	18
5.7. Uzun Havalandırma.....	19
5.8. Oksidasyon Hendekleri.....	20
5.9. Kraus Usulü.....	22
5.10.Yüksek Hızlı Havalandırma.....	22

Sayfa

6. HAVALANDIRMA TEORİSİ.....	24
6.1. Oksijen Transferini Etkileyen Faktörler.....	24
6.1.1. Sıcaklık.....	24
6.1.2. Çözünmüş oksijen konsantrasyonu (ÇO).....	25
6.1.3. Atıksu özellikleri.....	25
6.1.4. Havalandırıcının karakteristikleri.....	25
6.2. Oksijen Sağlama ve Karışım Gereksinimleri.....	26
6.3. Havalandırma Sistemleri.....	27
6.3.1. Saf oksijen sistemleri.....	27
6.3.2. Basınçlı havalandırıcılar.....	27
6.3.3. Mekanik havalandırıcılar.....	28
6.3.4. Basınçlı hava ile havalandırma.....	28
6.4. Havalandırma Havuzlarının İşletme Problemleri.....	29
6.4.1. Karışım sıvısı rengi.....	29
6.4.2. Türbülans.....	29
6.4.3. Taze beyaz köpük.....	29
6.4.4. Kalın, kirli, koyu köpük.....	30
6.5. Arıtımda Kullanılan Genel Yöntem.....	31
6.5.1. Gaz giriş ve çıkışı.....	31
6.5.2. Reaktör seçimi.....	31
7. MATERYAL VE METOT.....	33
7.1. Deneysel Çalışma.....	34
7.2. İstenilen Çıkış Suyu Kalitesi.....	34

Sayfa

7.3. Atıksu Miktarı ve Karakteristiği.....	35
7.4. Fiziksel ve Kimyasal Atıksu Analizleri.....	35
7.4.1. Sıcaklık.....	35
7.4.2. Ph Tayini.....	36
7.4.3. Azot Tayini.....	36
7.4.4. Çözünmüş Oksijen (ÇO) Tayini.....	36
7.4.5. Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ) Tayini.....	36
7.4.6. Kimyasal Oksijen İhtiyacı Tayini.....	36
7.5. Havalandırma Havuzunda Atıksuyun Havalandırılması.....	37
7.5.1. Deney Sistemi	37
7.6. Analiz Sonuçları.....	39
8. DENEYSEL BULGULAR	49
8.1. BOİ Parametresinin İncelenmesi ve BOİ Giderim Verimi.....	49
8.2. BOİ, ÇO ve Azot Parametresi İlişkisi.....	50
9. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	52
KAYNAKLAR.....	54
ÖZGEÇMİŞ.....	57

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Ham evsel atık suyun tipik özellikleri.....	7
Çizelge 6.1. Çözünmüş oksijen doyma konsantrasyon değerleri.....	25
Çizelge 6.2. Değişik BOİ, debi, F/M, UAKM, değerleri için gerekli olan havuz hacimleri, oluşacak çamur miktarı, gerekli olan hava ve oksijen ihtiyaçları.....	32
Çizelge 6.3. Değişik BOİ, debi, F/M, UAKM ve sıcaklık değerleri için difüzörlü ve mekanik havalandırıcıların techizat ve yıllık enerji maliyetleri	33
Çizelge 7.1. İstanbul, İzmir, Antalya illeri Atıksu Havalandırma Havuzları ve deneyde kullanılan havalandırma havuzu boyutlarının karşılaştırılması.....	33
Çizelge 7.2. Biodizel Tesisleri.....	34
Çizelge 7.3. ASKİ sınır değerleri örnekleri.....	35
Çizelge 7.4. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değerleri	39
Çizelge 7.5. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değerleri.....	40
Çizelge 7.6. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değerleri	41
Çizelge 7.7. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değerleri	42
Çizelge 7.8. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değerleri	43
Çizelge 7.9. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değerleri	44
Çizelge 7.10. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değerleri.....	45
Çizelge 7.11. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değerleri	46
Çizelge 7.12. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değerleri.....	47
Çizelge 7.13. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değerleri	48
Çizelge 8.1. BOİ Giderim Verimleri	50

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 4.1. Evsel atık suların içme suyu amacı dışında tekrar kullanılmak üzere arıtılmasını gösteren konvansiyonel akım şeması.....	13
Şekil 5.1. Klasik Aktif Çamur İşlemi.....	14
Şekil 5.2. Tam karışım ve sürekli akımlı aktif çamur reaktörü.....	16
Şekil 5.3. Kademeli havalandırma tatbik edilen aktif çamur sistemi (piston akım) (a) şematik gösteriliş (b) çeşitli ünitelerin detayı.....	17
Şekil 5.4. Kontakt stabilizasyon sisteminde akım diyagramı.....	19
Şekil 5.5. Oksidasyon Hendeği.....	21
Şekil 5.6. Oksidasyon (Stabilizasyon) Havuzlarında Bakteri-Alg Etkileşimleri.....	21
Şekil 5.7. Oksidasyon (Stabilizasyon) Havuzu Şeması.....	22
Şekil 6.1. Reaktör çeşitleri.....	32
Şekil 7.1. Deney düzeneği.....	38
Şekil 7.2. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değişimi	39
Şekil 7.3. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değişimi	40
Şekil 7.4 Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değişimi	41
Şekil 7.5. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değişimi	42
Şekil 7.6. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değişimi	43
Şekil 7.7. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değişimi.....	44
Şekil 7.8. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değişimi	45
Şekil 7.9. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değişimi.....	46
Şekil 7.10. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değişimi.....	47
Şekil 7.11. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değişimi.....	48

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılan bazı simgeler açıklamaları ile birlikte aşağıda verilmiştir.

Simgeler	Açıklama
AKM	Askıda Katı Madde mg/Lt
BOİ	Biyolojik Oksijen ihtiyacı mg/Lt
CaCO ₃	Kalsiyum Karbonat
CH ₂ O	Formaldehit
CO ₂	Karbondioksit
ÇO	Çözünmüş oksijen mg/Lt
d	Difüzör boyutları
Fe	Demir
g	Gram
F/M	Besi maddesinin mikroorganizmaya oranı
H ₂ S	Hidrojen sülfür mg/Lt
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı mg/Lt
kg	Kilogram
Lt	Litre
MLSS	Karışık sıvıdaki askıda katı madde mg/Lt
mm	Milimetre
NH ₃	Amonyak azotu mg/Lt
PO ₄	Fosfat
TOK	Toplam Organik Karbon mg/Lt
UASB-AS	Yukarı akışlı anaerobik çamur yatakları ve aktif çamur
UAKM	Uçucu askıda katı madde mg/Lt

1. GİRİŞ

Giderek büyüyen dünyada çağdaş yaşamın bir sonucu olarak, insanların tüketim ihtiyaçları da büyümekte buna paralel olarak doğal kaynak tüketimi hızla artmaktadır. En çok tüketilen doğal kaynakların başında gelen suyun önemi günümüzde daha iyi fark edilmiştir. Yaşadığımız su sorunları bu kaynağın önemini bir kez daha ortaya çıkarmıştır.

Sanayileşme, nüfus artışı artan tüketim talebi gibi sebepler ile ihtiyaçlar büyümüş ve doğal kaynak kullanım amaçları çeşitlik kazanmıştır. Bunla birlikte ortaya çıkan atıkların çeşitleri ve miktarları da artmıştır.

Tüketim miktarı yüksek oranlarda olan su kullanımı sonucunda ortaya çıkan atıksuyu beraberinde getirmiştir. Kullanım amacı çeşitlilik kazanan su, atıksu haline geldiğinde de birbirinden farklı özellikte atıksuların oluşmasına sebep olmuştur. Oluşan bu atıksular bir arıtma ünitesinden geçirilmeden doğal ortama deşarj edilir ise ülkelerin en önemli kaynaklarından olan yeraltı sularının da kirlenmesine, ekolojik dengenin bozulmasına neden olacaktır. Bu sebeple kirliliği yüksek atıksuların doğru yöntemlerle arıtılması ve doğal ortama arıtmadan sonra deşarj edilmesi sürdürülebilir kalkınma amacı çerçevesinde önem kazanmaktadır.

Bu nedenle bu çalışmada atıksu özellikleri, evsel ve endüstriyel atıksu karakterizasyonu incelenmiş, atıksu arıtma yöntemlerinden bahsedilmiş, evsel atıksular da havalandırma havuzları ve atıksuyun mekanik havalandırıcı yardımı ile havalandırılarak oksijen kazandırılması yöntemleri incelenmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Orhan D. ve arkadaşları tarafından yapılan “Aktif Çamur Sistemlerinde Oksijen Gereksiniminin Biyokimyasal Esasları ve Modellenmesi” çalışmasında; aktif çamur sistemlerinde oksijen tüketimi, değişik biyokimyasal dönüşümleri yansıtan temel süreçler yardımı ile belirlenip modellenmiştir. Modellemede, sübstrat kullanımı ve biyokütle oluşumu esas alınmıştır. Oksijen tüketimini belirten ifadelerde substrat ve biyokütlenin tanımı için kullanılan değişik parametre çiftleri kullanılmıştır. Oksijen tüketimi için geçerli olan değişik ifadeler bu modellere göre türetilmiş ve bu yaklaşımla literatürde verilen benzer tanımların biyokimyasal temelleri ortaya konmuştur. İncelemede, Türkiye’de aktif çamur tesislerin tasarımında oksijen gereksiniminin hesaplanması için yönetmeliklerde kullanılması önerilen ifadeler de ele alınmış ve bu ifadelerdeki katsayıların geçerliliği değerlendirilmiştir. Sistem tasarımında, parametre seçimlerinde yapılacak hataları en aza indirebilmek için bu hesaplamalarda fazla emniyetli katsayıların kullanılması önerilmektedir. Bu durum ise sonuç olarak, arıtma verimi ve maliyetleri açısından optimize edilmemiş sistem tasarımlarına yol açmaktadır. Bu kapsamda tesis tasarımına esas oluşturacak şekilde hazırlanan yönetmeliklerin bilimsel ve teknolojik gelişmelere paralel olarak güncellenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır [1].

Alparslan A. ve arkadaşlarının yaptığı “Yüksek Kirliliğe Sahip Atıksuların İki Kademeli Aktif Çamur Prosesi İle Arıtılması” çalışmada, konvansiyonel tek kademedeki oluşan aktif çamur sistemi klasik iki kademeli aktif çamur sistemi ile mukayese edilmiş. Ardından, her iki kademedeki de eşit hidrolik alıkonma süreleri alınmak suretiyle iki kademedeki oluşan klasik aktif çamur prosesi olarak çalıştırılmıştır. Böylelikle, nüfusun mevsimlere göre kayda değer ölçüde değişim gösterdiği sahil yerleşimlerinde, turistik faaliyetlerin yoğun olduğu yerleşimlerde tercih edilebilecek bir arıtma süreci olarak değerlendirilebileceğini kaydetmişlerdir [2].

Kargı F. ve arkadaşlarının yaptığı “Tuz İçeren Atıksuların Tuz Tolere Eden Organizmalarla Biyolojik Olarak Arıtılması” çalışmasında Yüksek tuz

konsantrasyonlarında biyolojik arıtma ünitelerindeki organizmalar plazmoliz nedeniyle parçalanmazlar ya da aktivitelerini kaybederler. Atıksulardan tuzun ters ozmoz ya da iyon değıştirciler ile giderimi, işletme ve yatırım maliyetlerini arttırdığından pratikte uygulanamamaktadır, oysa bazı tuz tolere edebilen organizmalar (*Halobacter halofaium* ya da *Dunaliella salina*) yüksek tuz konsantrasyonlarında Arıtmada kullanılan aktif çamur kültürüne tuz tolere eden *Halobacter halobium* ilave edilerek özellikle yüksek tuz derişimlerinde yüksek arıtma verimi elde edildiğini göstermiştir [3].

Ünlü A. ve arkadaşlarının yaptığı “Batık Membran-Aktif Çamur Sistemleri İle Peynir Altı Suyunun Arıtılabilirliği ve Sistemin Modellenmesi” çalışmasında, batık membran aktif çamur sisteminde yüksek organik madde içeren peynir altı sularının arıtımı incelenmiş ve klasik aktif çamur modeli sistemden elde edilen verilere uygulanmıştır. Fakat verim alınamamış bu modelin uygulanamayacağı tespit edilmiştir [4].

Dimiter H ve arkadaşlarının yaptığı “Havalandırma Şartları Altındaki Bioreatörlerde Karıştırma Zamanı” çalışmasında; karıştırma tankının şekli, atıksu karakteristikleri, seçilen karıştırıcının özellikleri, karıştırıcının suya batma derinliği Oksijen transferinin verimin de oldukça etkilidir. Reaktör aşağıda ve yukarıda olmak üzere çift pervane kullanılarak çalıştırılmış elde edilen verilerden ve matematiksel bağıntılardan faydalanılarak çalışma endüstriyel atıksulara uygulanmış performans başarılı olarak değerlendirilmiştir [5].

Huang J.S ve arkadaşlarının yaptığı “UASB Reaktörü ve Aktif Çamur İle Oluşturulan Kombine Bir Reaktör Sisteminin Mikrobiyolojik Aktivitesinin İncelenmesi” çalışmasında Yukarı akışlı anaerobik çamur yatakları ve aktif çamur (UASB_AS) reaktör sistemi ile fazla miktarda biokütlenin sürekli israfının önüne geçilmeye çalışılmıştır. Birlikte çalışan bu sistemde görülmüş ki UASB reaktörü aktif çamurun verimine katkıda bulunmuştur. UASB reaktöründe meydana gelen Denitrifikasyon ve Nitrifikasyon reaksiyonlarının sonucunda KOİ (Kimyasal Oksijen

İhtiyacı) %90-95 i giderilmiştir. UASB-AS kombine sisteminde toplam Azotun (TN) %55 i giderilmiştir. Sistemin performansı başarılı olarak değerlendirilmiştir [6].

Yamada Y. ve arkadaşlarının yaptığı “Aerobik Aktif Çamurun Mikrobiyolojik Reaksiyonlarının ve Oksijen Tüketiminin İncelenmesi” çalışmasında aktif çamurun mikrobiyolojisi ve oksijen tüketimi incelenmiş, 4 ve 20 lt’lik bioreaktörler kullanılmıştır. Havalandırma oranı, Aktif çamur karışımı, aktif çamurun miktarı temel tasarım parametreleridir. Çalışmada ortama verilen oksijen oranı azaltıldığında ve aktif çamur muhteviyatı zayıfladığında sistem anaerobik ortama dönüşmektedir bu istenmeyen bir durumdur. Çalışmanın sonuçları, mikrobiyolojik reaksiyon kinetikleri ve atık maddenin aerobik arıtımında oksijen tüketimi ile ilgili faydalı sonuçlar vermesi sebebi ile reaktörlerini tasarımı ve yapımında faydalı olduğunu kaydetmiştir [7].

Gillota S. ve arkadaşlarının yaptığı “İnce Kabarcıklı Difüzörler Kullanarak Havalandırma Sisteminde Oksijen Transferinin Araştırılması” çalışmasında temiz suda ince kabarcıklı difüzörler kullanarak havalandırma sisteminin oksijen performansını değerlendirmeye yöneliktir. Çalışmada silindir tank kullanılmış ve su derinliği 2,4-6,1m ölçülmüştür. Çalışma göstermiş ki;

- Tabandan yayılan oksijen sağlayıcıların alanı arttıkça transfer verimi yükselmekte,
- Su derinliği arttıkça transfer verimi düşmektedir [8].

Değirmenci M. ve arkadaşlarının yaptığı “Atıksu Miktarı ve BOİ Kirlilik Yükünün Havalandırma Havuzu İlk Yatırım ve Enerji Maliyetlerine Olan Etkilerinin İncelenmesi” çalışmasında biyolojik arıtma tesisinin en önemli birimi olan havalandırma havuzunun projelendirilmesinde kullanılacak olan atıksu miktarı ve BOİ kirlilik yükünün tahmininde yapılacak hataların ve gereğinden fazla bırakılacak emniyet paylarının, havalandırma havuzunun inşaat ve enerji masraflarını ne ölçüde etkilediği incelenmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda, debi ve BOİ değerlerindeki artış oranlarıyla gerek işletme gerekse teçhizat maliyetlerindeki artış

oranları arasında, farklı tipte blowerlerin ve havalandırıcıların kullanılması nedeniyle doğrusal bir ilişkiye rastlanmamıştır. Ayrıca sabit BOİ, debi ve F/M oranında UAKM'nin değiştirilmesi sonucu gerekli hava ve oksijen ihtiyacında herhangi bir değişim söz konusu olmadığından maliyetler de birbirine eşit çıkmaktadır [9].

Tuna M. ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada “Türkiye’deki Atıksu Arıtma Tesisleri için Maliyet indeksi Geliştirme Esasları” Türkiye için atıksu arıtma sistemlerindeki maliyet artışlarını yansıtacak bir maliyet indeksi geliştirme amacıyla yapılmıştır. Önce indeks için kullanılacak bağıntılar elde edilmiştir. İndeks bileşenlerinin tayini için Türkiye’de inşaatı tamamlanmış 14 stabilizasyon havuzu, 5 uzun havalandırmalı aktif çamur, 1 tam karışımli aktif çamur ve 1 damlatmalı filtre olmak üzere toplam 21 adet atıksu arıtma tesisinin kesin hak edişleri incelenmiştir. Bu inceleme sonucu maliyetler, inşaat kalemleri, nakliyeler, elektrik kalemleri, borulama kalemleri, ekipman kalemleri ve muhtelif kalemler olmak üzere 6 grup halinde sınıflandırılmıştır. Değerlendirmelerde tamamlanan tesislerin büyük bir kısmı 10.000 m³/gün debi mertebesinde olduğundan ölçek bu debi esas alınarak belirlenmiş ve imalat miktarları 10.000 m³/gün debisi için tespit edilmiştir. Böylece miktarlar sabitlenmiş olup sadece birim fiyatların değişken olarak kalması sağlanmıştır. Her bir gruptaki maliyet kalemlerinin toplam maliyeti etkileme oranları ve fiyatlardaki değişme yüzdelerinden hareketle indeksin geliştirilmesi sağlanmıştır [10].

Dulkadiroğlu ve arkadaşları çalışmalarında aktif çamur arıtma tesislerinde yatırım maliyetinin nüfusa bağlı olarak değişimini incelemiş ve aktif çamur tesislerinde kişi başına düşen yatırım maliyetinin nüfusun artmasıyla azaldığını ortaya koymuşlardır [11].

Çalışkan M., ve arkadaşlarının tekstil atıksuları ile ilgili çalışmasında atıksuların arıtma tesisine girişteki karakteristiklerinin tanımlanması biyolojik arıtma tesislerinin tasarımı ve işletilmesi açısından büyük önem taşıdığı belirtilmekte ve çalışmada kullanılan özellikteki atıksuyun yalnızca biyolojik arıtmaya tabi tutulmasında istenen verimin elde edilemeyeceği görülmüştür [12].

3. ATIKSU ARITIMI

Dünyada modern manada ilk atıksu tesisi, 1842 yılında Hamburg’da inşa edilmiştir. Bundan 12 yıl sonra da, Chicago’da ilk kanalizasyonun yapımına başlamıştır. Tasfiye tesislerinin inşası ise 1870 yılından sonradır. O tarihten beri yalnız A.B.D’de yapılan atıksu tasfiye tesislerinin sayısı 15000’i geçmiştir. Geçen zaman içinde teknolojiye ve arıtma tekniklerinde büyük gelişmeler olmuş, aynı zamanda çevre ile ilgili kavramlar ve yönetmelik esasları da değişmiştir. Yakın gelecekte az enerji tüketen teknolojilere, tekrar kullanma ve geri kazanma gibi tabiattaki mekanizmaları taklit eden sistemlere ağırlık verilecektir [13].

Nüfusun hızla artması, köyden kentlere göçlerin hızlanması, medeniyetin ve endüstrinin büyük bir hızla ilerlemesi ve insanların bütün etkinlikleri sonucunda, üretilen kullanılmış sular (atıksular), doğanın özümleyebileceği miktarı aşmış ve alıcı ortamı kirlenme tehlikesiyle baş başa bırakmıştır.

Doğaya bırakılan her atık çeşidinin çevreye verdiği zararlar günden güne artmakta ve giderek kontrolden çıkmaktadır. Çevreye bırakılan atıkların arasında, sıvı atıklar çok önemli bir yer tutmaktadır. Sıvı atıkların böylesine önemli olmasına sebep olan özellikler ise doğal eğiminde etkisiyle kendi başına akışa geçmesi veya akarsulara karışması sonucu kolayca taşınarak kirliliğini kolayca yayması ve akışın sonunda deniz veya göl gibi büyük bir su kaynağına ulaşarak buralarda birikmesidir. Bu tür atık su birikimlerinin başında deniz kıyısında yer alan yerleşim yerleri gelmektedir. Denizler atıksuların verildiği alıcı ortamlardır. Ülkemizin üç tarafı denizlerle çevrili olduğu için denizlerin atık sular tarafından kirletilmelerinin önlenmesi son derece büyük önem taşımaktadır [14].

3.1. Atıksu Karakteristikleri

Atıksuları genel olarak evsel atıksular ve endüstriyel atıksular olarak iki gruba ayırabiliriz.

3.1.1. Evsel atıksular

Evsel atıksular askıda, koloidal, çözünmüş halde organik ve inorganik maddeler içerir. İklimsel şartlar, insanların yaşam standartları ve kültürel alışkanlıklar atıksu özelliğini önemli ölçüde etkiler. Şehir kanalizasyon şebekesine endüstriyel atıksuların kabulü, mevcut evsel atıksu özelliklerini büyük oranda değiştirir. Atıksu özellikleri kişi başına günlük su kullanımı değerlerine bağlı olarak da değişir. Her ne kadar suya deşarj edilen atık miktarı toplumların özelliklerine göre farklılıklar gösterse de, bu fark çok yüksek değildir. Dolayısıyla atıksu özellikleri sadece şehirden şehre değil, ele alınan her bir yerleşim birimi için mevsimsel hatta saatlik değişkenlik gösterir [15].

Çizelge 3.1. Ham evsel atık suyun tipik özellikleri [16].

Kirleticiler	Birim	Konsantrasyon		
		Zayıf	Orta	Kuvvetli
Toplam katı (TS)	mg/l	350	720	1200
Toplam çözünmüş Katı(TDS)	mg/l	250	500	850
Sabit	mg/l	145	300	525
Uçucu	mg/l	105	200	325
Askıda Katı (SS)	mg/l	100	220	350
Sabit	mg/l	20	55	75
Uçucu	mg/l	80	165	275
Çökebilin Katılar	mL/l	5	10	20
BOI (20°C)	mg/l	110	220	400
Toplam Organik Karbon (TOK)	mg/l	80	160	290
KOI	mg/l	250	500	1000
Azot (Toplam N olarak)	mg/l	20	40	85
Organik azot	mg/l	8	15	35
Serbest amonyum azotu	mg/l	12	25	50
Nitrit azotu	mg/l	0	0	0
Nitrat azotu	mg/l	0	0	0
Fosfor (Toplam Fosfor olarak)	mg/l	4	8	15
Organik	mg/l	1	3	5
İnorganik	mg/l	3	5	10
Klorürler	mg/l	30	50	100
Sülfat	mg/l	20	30	50
Alkalinite (CaCO ₃ olarak)	mg/l	50	100	200
Yağ-Gres	mg/l	50	100	150
Toplam Koliform	no/100ml	10 ⁶ -10 ⁷	10 ⁷ -10 ⁸	10 ⁷ -10 ⁹
Uçucu Organik Bileşikler (VOCs)	µg/l	<100	100-400	>400

3.1.2. Endüstriyel atıksu kaynak ve özellikleri

Endüstriyel atıksuların özellikleri, endüstriden endüstriye oldukça farklılıklar göstermektedir. Aynı daldaki endüstrilerde bile, kullanılan hammaddeler ve uygulanan proseslerin farklılığı, diğer birçok faktörle birlikte çıkan atık suyun yapısında farklılıklar oluşturmaktadır. Endüstriyel atıksular ile ilgili olarak burada belirtilmesi gereken en önemli özellik, hem debide hem de içeriğinde geniş çapta dalgalanmaların olduğudur. Bu sebeple, bu durumları tarif etmek ve belli değerler ulaşmak için en iyi yol deneysel verilerin istatistiksel analizi yoluyla elde edilen verilerden faydalanmaktır [15].

3.2. Fiziksel Özellikler

Atıksuyun fiziksel özellikleri; toplam katı madde, koku, ısı ve renk olarak sıralanabilir.

3.2.1. Toplam katı madde

Atıksuda katı maddelerin toplamı, yani buharlaştırıldıktan sonra bir numunede geri kalan katı maddelerin miktarı, ölçülmesi gereken önemli bir özelliktir. Çözünmüş ve askıdaki katılar sabit ve uçucu halde olabilirler. Arıtma işlemlerinin çoğu, askıdaki katı madde ve uçucu çözünmüş katı maddelerin uzaklaştırılması için tasarlanır.

3.2.2. Koku

Atıksu da bulunan organik maddelerin bozulmasıyla oluşan gazlar kokuya neden olmaktadır. Havalandırmasız ortamda kalan atıksu kısa süre içerisinde septik hale gelir. Septik suyun en belirgin kokusu hidrojen sülfür gazının meydana getirdiği kokudur. Yağlar, petrol ve organik çözücüler de atıksuyun kokmasına neden olur.

3.2.3. Sıcaklık

Genellikle atıksu sıcaklığı, kış aylarında hava sıcaklığından daha yüksektir. Yaz aylarında ise hava sıcaklığından daha düşüktür [16].

3.3. Kimyasal Özellikler

3.3.1. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ)

Atıksudaki organik maddelerin biyokimyasal oksidasyonu sırasında mikroorganizmalar tarafından kullanılan çözünmüş oksijenin miktarıdır. Biyokimyasal oksidasyon yavaş bir işlemdir ve teorik tamamlanma süresi sonsuzdur. 20 günlük bir süre içerisinde, oksitlenme % 95-99 tamamlanır, BOİ testi için kullanılan 5 günlük sürede ise oksitlenme % 60-70 arasında gerçekleşir. Evsel atıksuların BOİ değeri 600 mg/lit, endüstriyel atıksuların ise 2500 mg/lit civarındadır [16,21,22].

BOİ; mevcut organik maddenin biyolojik olarak stabilizasyonu için gerekecek oksijen miktarını yaklaşık olarak belirlemek, Atıksu arıtma birimlerinin ebatlarının belirlenmesi ve bazı arıtma işlemlerinin veriminin ölçülmesi için kullanılmaktadır [30].

3.3.2. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)

KOİ testi atıksuların organik madde içeriğini ölçmek için yapılmaktadır. Oksitlenebilen organik madde kimyasal oksitleyici olan potasyum dikromat kullanılarak ölçülmektedir. Bir atıksuyun KOİ'si genel olarak BOİ'sinden daha yüksektir. Çünkü biyolojik olarak oksitlenemeyen birçok bileşik kimyasal olarak oksitlenebilmektedir. KOİ testi 3 saatte yapılabilirken, BOİ testi 5 gün içinde sonuçlanmaktadır. Bu nedenle KOİ ile BOİ arasında bağlantı kurulabilir. Aradaki bağlantı bir kere belirlendiğinde KOİ ölçümleri atıksu karakterizasyonunda kullanılabilir. Ülkemizde yapılan deneysel çalışmalara göre KOİ/BOİ oranının 1,6-

2,5 arasında değiştiği belirlenmiş olup, bu değer ortalama 2 olarak kabul edilebilir. Yüzey sularında; kirletilmemiş sulara KOİ 20 mg/lit civarında iken, Atıksu deşarjı yapılan sulara 200 mg/lit ve üzerindedir. Endüstriyel atıksular da ise 100-60000 mg/lit arasında olabilmektedir [16, 22].

3.3.3. Toplam organik karbon (TOK)

Suda mevcut organik maddenin ölçümü için bir başka yöntemde düşük organik madde konsantrasyonlarına uygulanan TOK testidir. Test numunede mevcut bulunan gerçek organik madde konsantrasyonundan bir miktar daha düşük sonuçlar vermektedir. Bu testte, organik karbon bir katalizör yardımıyla karbondioksite dönüşür.

3.3.4. pH

pH sudaki hidrojen iyonu konsantrasyonu ölçüsüdür ve sudaki asit ve bazlar arasındaki dengeyi gösterir.

3.3.5. Alkalinite

Atıksuda alkalinite; kalsiyum, magnezyum, sodyum, potasyum gibi elementlerin hidroksit, karbonat ve bikarbonatlarının varlığından veya amonyaktan oluşmaktadır. Atıksu genelde alkalidir.

3.3.6. Azot

Azot atıksudaki mikroorganizmalar için bir besin maddesidir. Azot yeterli olmadığı durumlarda, atıksuyun arıtılması için azot ilavesi gerekebilir. Evsel atıksuda azot biyolojik arıtım için gerekli miktarda vardır. Alıcı ortama deşarj edilen arıtılmış suda azot varsa, alıcı ortamda hem oksijen tüketimine hem de ötrifikasyona sebep olabilir. Atıksudaki azot başlıca, proteinli maddelerden ve üre'den kaynaklanmaktadır. Bakteriler tarafından parçalanan bu bileşikler amonyak oluşumuna sebep olurlar.

Oksijenli bir ortamda bakteriler amonyağı nitrit ve nitrat' a oksitlerler. Nitrat azotu atıksudaki azot bileşiklerinin son oksidasyon kademesidir [16].

3.3.7. Fosfor

Atıksudaki mikroorganizmalar için bir besin maddesidir. Evsel atıksular, 4 ile 15 mg/l arası fosfor içerirler.

3.3.8. Kükürt

Sülfat iyonu doğal olarak içme suyunda ve atıksuda mevcuttur. Sülfatlar, kimyasal olarak, anaerobik (oksijensiz) koşullarda, bakteriler tarafından sülfürlere ve hidrojen sülfüre (H_2S) indirgenir. Daha sonra H_2S biyolojik olarak sülfürik aside oksitlenir.

3.3.9. Ağır metaller ve zehirli bileşikler

Nikel, kuşun, krom, kadmiyum, çinko, bakır ve cıva gibi ağır metaller eser halinde bulunmaları durumunda biyolojik aktiviteyi etkileyebilir, yüksek konsantrasyonlarda ise bakterileri öldürerek biyolojik arıtma işlemini bozabilir.

3.3.10. Gazlar

Atıksularda bulunan gazlar; azot, oksijen, CO_2 , H_2S , amonyak ve metandır. Çözünmüş oksijen, aerobik mikroorganizmaların ve diğer aerobik canlıların solunumu için gereklidir. Atıksulardaki oksijen miktarı, mikroorganizmaların oksijen tüketimi sebebi ile çok düşüktür. Atıksuda bulunan organik maddelerin anaerobik parçalanmasının yan ürünlerinden biri metan gazıdır. Bu gaz çabuk alev alan ve patlama tehlikesi olan bir gazdır. H_2S gazının ise toksik etkisi çok fazladır [16].

4. ATIKSU ARITMA METODLARI

Atıksu arıtma yöntemleri temel olarak 3'e ayrılır;

- Mekanik (Fiziksel) arıtma yöntemleri
- Kimyasal arıtma yöntemleri
- Biyolojik arıtma yöntemleri

4.1. Fiziksel Arıtma Yöntemleri

Izgarada iri maddeleri tutma, kumların tutulması, yüzdürme ve çöktürme, mekanik arıtma işlemleridir.

- Izgaralar
- Kum tutucular
- Çöktürme tankları
- Yüzdürme

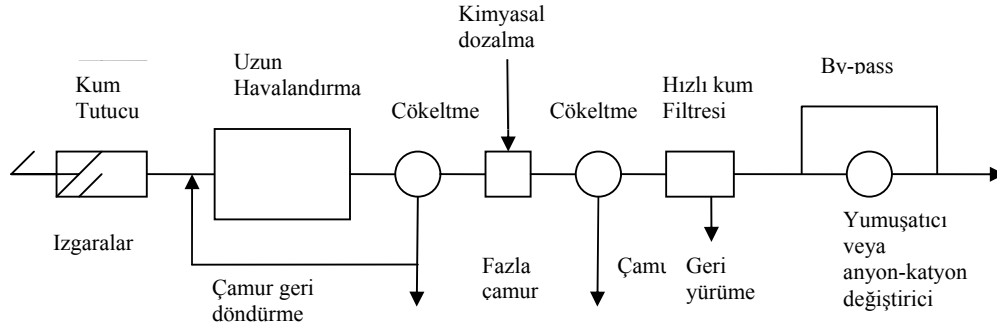
4.2. Kimyasal Arıtma Yöntemleri

Kimyasal arıtma yöntemlerinde ortama kimyevi madde ilave edilir. Kimyasal çöktürme, adsorpsiyon, dezenfeksiyon gibi işlemler bunlar arasında sayılabilir [17].

4.3. Biyolojik Arıtma Yöntemleri

Biyolojik tasfiye esas itibariyle ayrışabilen organik maddeleri gidermek için uygulanır.

- Aktif çamur
- Stabilizasyon havuzları
- Anaerobik sistemler örnek verilebilir.



Şekil 4.1. Evsel atık suların içme suyu amacı dışında tekrar kullanılmak üzere arıtılmasını gösteren konvansiyonel akım şeması [15].

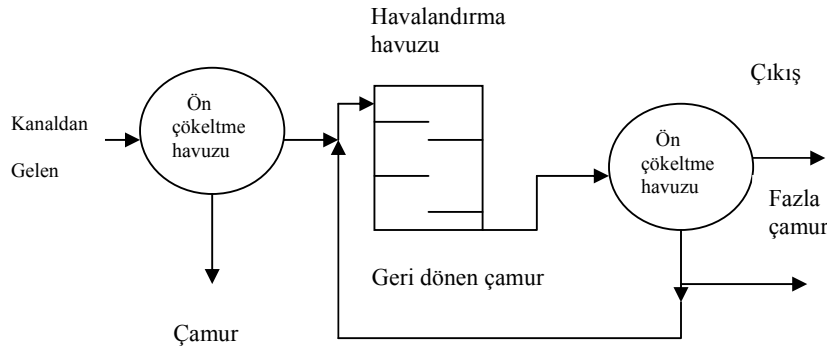
4.4. Arıtma Tipi Seçilirken Dikkat Edilecek Hususlar

1. Arıtma tesisi çevre faktörlerinin ve ülkedeki alıcı ortam ve atık su standartları'nın gerektirdiği kalitede su arıtılabilmelidir.
2. İlk yatırım, bakım ve işletme maliyet şartları elverdiği ölçüde düşük olmalıdır.
3. Tesisi mümkün olduğu kadar basit, esnek ve estetik olmalıdır.
4. Tesisin bakım ve işletilme kontrolü kolay olmalıdır.
5. Tesisin tipi seçilirken ülkenin teknolojik ve ekonomik düzeyi, arıtma için gerekli ekipmanların üretim durum v.b. göz önüne alınmalıdır.
6. Seçilecek sistem ilerideki teknolojik gelişmeler sonucunda geliştirmelere ve değiştirmelere olanak tanınmalıdır.
7. Yerel ekipman ve malzemenin kullanılmasına elverişli olmalıdır.
8. Yerel iklim koşulları dikkate alınmalıdır.
9. Tesis mümkün olduğunca az elektrik tüketmelidir.
10. Deprem bölgelerinde depremde etkilenmemelidir.
11. Tesisin işletme ve bakımı çok sayıda ve kalifiye eleman gerektirmemelidir.
12. Seçilecek sistem akım değişimlerinden etkilenmemeli veya çok az etkilenmelidir.
13. Az alan kaplamalıdır.
14. Çamur miktarı az ve uzaklaştırılması kolay olmalıdır.
15. Koku problemi olamamalıdır.
16. Sistemin BOİ, askıda katı madde, nutrient (besi maddesi) ve patojen giderme verimleri yeterli olmalıdır [18,20].

5. AKTİF ÇAMUR SİSTEMLERİ

5.1. Klasik Aktifleşme Metodu

Bu usule göre çalışan sistem, bir havalandırma havuzu, bir son çökeltme havuzu ve bir de geri devir çamur tertibatı ihtiva eder. Fazla çamurlar geri devir hattından veya havalandırma havuzu muhtevassından alınarak uzaklaştırılır. Akım modeli, mikroorganizmaların geriye döndürüldüğü bir piston akım şeklindedir. Geri devir çamuru, çökeltilmiş sularla karışmış halde havalandırma havuzuna alınır ve 6 saat havalandırılır. Gelen atıksu ve geri devir çamuru, kabarcıklı veya mekanik havalandırma tertibatıyla karıştırılır. Bu zaman zarfında organik maddelerin adsorpsiyonu, flokülasyonu (yumaklaşması) ve oksidasyonu meydana gelir. Havalandırma havuzu muhtevasına Mixed Liquor (karışmış süspansiyon) denilmektedir. Bu süspansiyon son çökeltme havuzuna alınır ve çökebilen maddeler sudan ayrılır [13].



Şekil 5.1. Klasik Aktif Çamur İşlemi

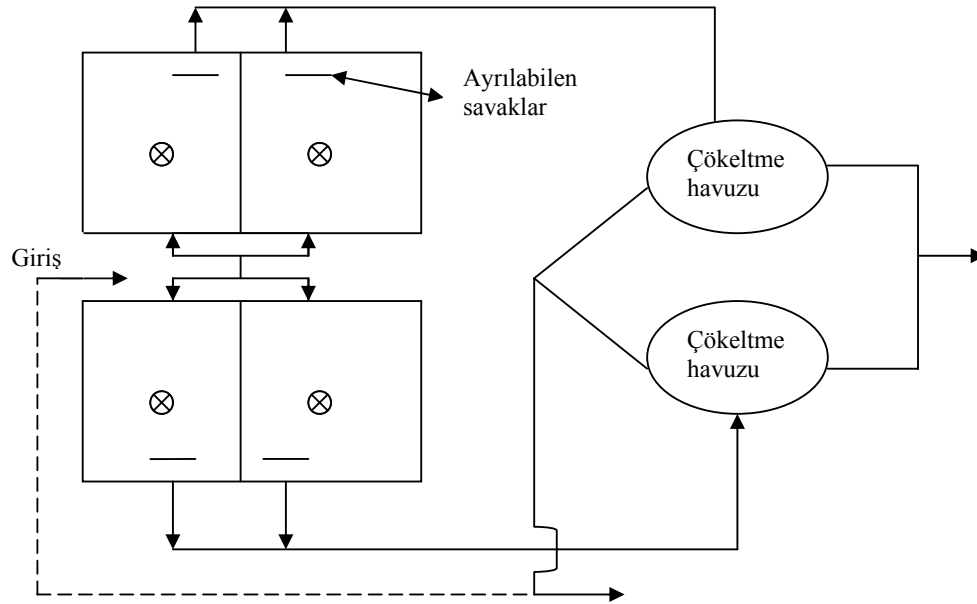
5.2. Lineer Şekilde Değişen Hava Tatbik Edilen Sistemler (Difüzör Aralıkları Değişken Sistemler)

Bu sistemin gayesi, sevk edilen hava miktarını mikroorganizmaların ihtiyacına uydurmaktır. Havalandırma havuzunun girişinde, yeni çökelmiş sularla, geri devir çamuru ilk defa temas eder ve karışır. Bu sebeple burada oksijen ihtiyacı çok fazladır. Dolayısıyla havalandırma boru veya plaklarının bu kısımlarda daha sık olarak konulması gerekir. Bu tip havalandırma sistemleri, klasik sistemlerin sadece

tadil edilmiş bir şekli olup çok yaygın olarak kullanılmaktadır. (atıksu + biyolojik madde) karışımı olan süspansiyon, havalandırma havuzu boyunca ilerlerken, yeni hücreler meydana gelir. Mikroorganizma sayısı artar ve mevcut besin maddesi konsantrasyonu azalır. Bunun sonunda besin maddesi /mikroorganizma oranı küçülür, oksijen ihtiyacı düşer. Bu sebeple oksijen sevk miktarını azaltmak üzere havuz çıkışına doğru difüzörlerin aralıkları arttırılır. Bundan iki türlü fayda elde edilir. Oksijen sevk kapasitesinin azaltılması, daha az havaya ihtiyaç duyulması demek olup, üfleyicilerin boyutları küçülecek, ilk tesis ve işletme masrafları düşecektir. Elde edilen ikinci fayda ise aşırı hava verilmesinin önlenmesidir. Bu sayede yüksek oksijen sarfiyatına sebep olan nitrifikasyon organizmalarının çoğalmasına engel olunmuştur.

5.3. Sürekli Akımlı ve Tam Karışım Havuzlar

Bu tip havalandırma ideal bir tam karışım havuzunun akım şartlarını sağlamaya yöneliktir. Tipik şekli, çökeltilmiş suyun ve geri devir çamurunun havalandırma havuzuna birkaç noktadan verilmesidir. Su + çamur karışımı, havuzdan geçerken havalandırılır. Havalandırma havuzundan çıkan süspansiyon toplanıp son çökeltme havuzunda çökebilen maddeleri sıvıdan ayrılır. Havalandırma havuzuna gelen organik yük ve oksijen ihtiyacı bir uçtan diğer uca ünitardır. Atıksu + çamur girişten çıkış kanalına gelinceye kadar kabarcıklı veya mekanik havalandırıcılar tarafından iyice karıştırılır [13].



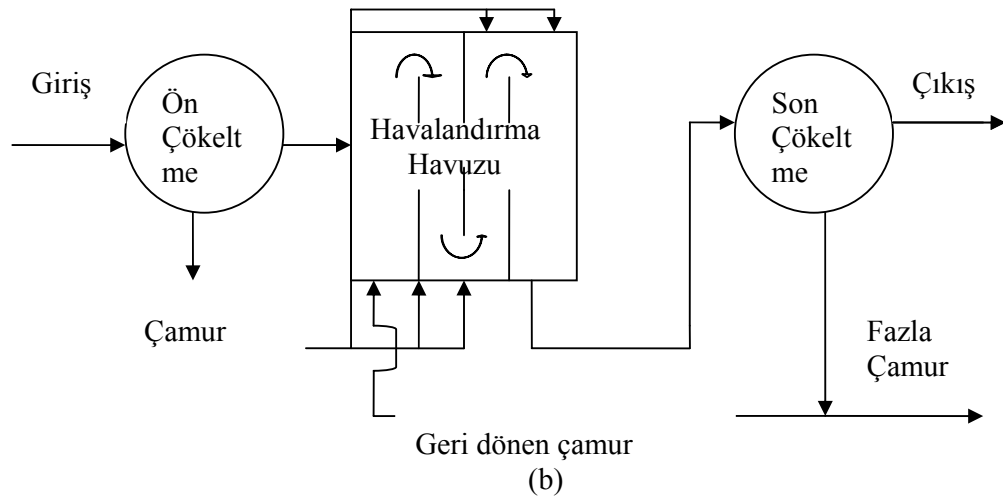
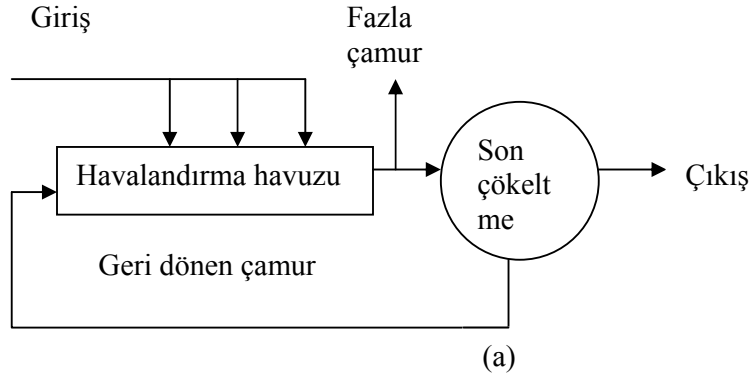
Şekil 5.2. Tam karışimli ve sürekli akımlı aktif çamur reaktörü

5.4. Kademeli Havalandırma

Bu havalandırma sisteminde, çökeltilmiş atıksu, besi maddesi/mikroorganizma oranını üniform yapmak maksadıyla birkaç noktadan havuza verilir. Böylece oksijen ihtiyacının maksimum değeri azaltılmış olur. İlk defa 1939'da New York'da tatbik edilmiştir. Havalandırma havuzu, perdelerle dört veya daha fazla sayıda paralel kanalla ayrılır. Her kanal ayrı bir kademe olup birkaç kademe seri olarak birbirine bağlanmıştır. İlk kademeye geri devir çamuru ile birlikte çökeltilmiş atıksu verilir. Her kademede, çökeltilmiş su debisi artacak şekilde bir tertip düşünülür. Eğer istenirse, birinci kademe, sadece geri dönen aktif çamurun havalandırılmasına ayrılır ve atıksu girişi diğer kademelerde tatbik edilir İşletmenin değişen şartlara uydurulabilmesi imkanı bu sistemin uygunluğunu teşkil eder.

Kademeli havalandırma sisteminin temel teorisi, aktifleştirilmiş çamur teorisi ile aynıdır. Bununla beraber oksijen ihtiyacı burada daha üniform olup temin edilen oksijen daha iyi bir şekilde kullanılmış olur. Atıksuyun birçok noktadan havuza verilmesi, yüksek adsorpsiyon kabiliyetinde olan bir aktif çamur meydana getirir. Bu

sebeple nispeten kısa temas (bekleme) zamanı içerisinde daha fazla çözünmüş organik maddelerin giderilmesi temin edilmiş olur. Böylece havalandırma havuzunun birim hacmi başına, daha fazla BOİ yüklerinin verilmesi mümkündür.



Şekil 5.3. Kademeli havalandırma tatbik edilen aktif çamur sistemi (piston akım)

(a) şematik gösteriliş

(b) çeşitli ünitelerin detayı [13].

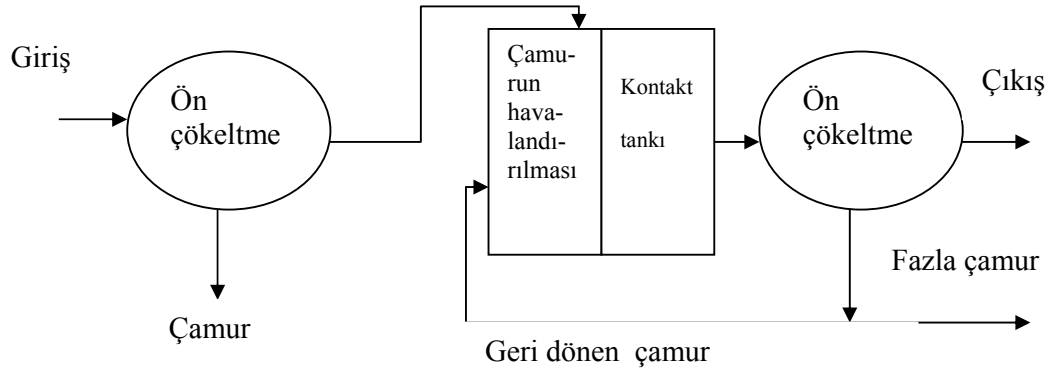
5.5. Tadil Edilmiş Havalandırma

Bu sistemde akım diyagramı klasik veya lineer değişen havalandırma sistemi ile aynıdır. Aradaki fark, tadil edilmiş havalandırma sisteminde daha kısa, genel olarak 1,5 ile 3 saatlik bir havalandırma zamanının ve daha yüksek bir (besi maddesi/ mikroorganizma) oranının kullanılmasıdır. Havalandırma havuzundaki asılı katı madde konsantrasyonu nispeten küçüktür. Neticede BOİ giderme oranı, %60-75 arasında olur. Bu sebeple yüksek kaliteli bir çıkış suyu istenmesi halinde bu metot uygun olmaz. Aktif çamurların çökeltme özelliğinin kötü olması ve çıkış suyunda asılı katı madde konsantrasyonunun yüksek bulunması sebebiyle bu metodun aksak tarafı müşahade edilmektedir.

5.6. Kontakt Stabilizasyon

Yukarıda açıklanan aktif çamur metotlarında BOİ giderilmesinin iki kademede meydana geldiği kabul edilmiştir. Birinci kademe 20 ile 40 dakikalık bir bekleme zamanına ihtiyaç gösteren absorplama safhasını içine alır. Bu fazda, koloidal ve ince süspansiyon halde suda dağılmış maddelerle çözünmüş organik maddelerin çoğu aktif çamurun içine alınır (absorplanır). İkinci faz olan oksidasyon olayı daha sonra olur ve absorplanmış organik maddeler metabolik olarak asimile edilir. Aktifleştirilmiş çamur metotlarına bu iki faz, bir havuz içinde gerçekleştirilir. Kontakt stabilizasyonu usulünde ise bu iki faz birbirinden ayrılır ve farklı havuzlarda meydana getirilir. Bu metot, aktif çamurların absorplama özelliklerinden istifade etmek maksadıyla geliştirilmiştir. Çökeltilmiş sular, geri devir çamuru ile karıştırılıp, kontakt havuzunda 30 ile 90 dakika müddetle havalandırılır. Bu zaman zarfında, organik maddeler, çamur yumakları tarafından absorplanır, yani içine çekilir. Son çökeltme havuzunda, çamurlar tasfiye edilmiş sudan ayrılarak geri döndürülür ve 3 ile 6 saat müddetle bir çamur havalandırma havuzunda havalandırılır. Bu esnada adsorplanmış organik maddeler enerji istihsalı ve yeni hücrelerin teşkili için kullanılır. Geri devir çamurunun bir kısmı ise, sabit bir katı madde konsantrasyonunu temin etmek için sistemden dışarı atılmalıdır. Buna, fazla çamur adı verilir [13].

Havalandırma için gerekli hacim, klasik veya lineer değişen havalandırma sistemlerindeki yarısı kadardır. Bu sebeple, mevcut bir aktif çamur tesisinin kapasitesinin, kontakt stabilizasyon usulüne çevirmek suretiyle iki katına çıkarmak mümkündür. Yapılacak yegane değişiklik akım şekillerini düzenleyecek boru ve kanallar ile havalandırma sistemindeki küçük tadilatlardan ibarettir. Kontakt stabilizasyon işlemi, evlerden gelen atıksular için çok uygundur. Bununla beraber endüstri atıksuları veya ev ve endüstri atıksularının karışımı olan sular için kullanılmadan önce laboratuvar deneylerinin yapılması gerekir. Endüstri atıksularının tasfiyesindeki değeri, organik maddelerin büyük kısmının çözünmüş halde olmamasıyla sınırlıdır.



Şekil 5.4. Kontakt stabilizasyon sisteminde akım diyagramı

5.7. Uzun Havalandırma

Bu sistemler, bakteri çoğalma eğrisinin iç solunum fazında çalışır ve nispeten düşük bir organik yük değeri ile uzun bir havalandırma zamanı gerektirirler. Bu sebeple ancak, kapasiteleri küçük ($< 3500 \text{ m}^3/\text{gün}$) olan tasfiye tesislerinde kullanılmaya elverişlidirler. Bu işlem prefabrik paket tesislerinde kullanılırlar. Ev grupları, münferit kuruluşlar, okul ve küçük yerleşmeler için tatbik edilir. Her ne kadar, ayrı çamur tasfiyesi yapılmaz ise de, fazla gelen katı maddelerin (çamurların) atılmasına müsaade edilmeyen hallerde bu ünitenin de ilavesi mümkündür. Fazla gelen çamurlar, aerobik tasfiyeden sonra, üstü açık kum yataklarına serilerek drene edilir. Kurutulmuş haldeki çamurlar, gübre veya dolgu malzemesi olarak kullanılabilir.

Çamurların tasfiye ve uzaklaştırılması işlerini basitleştirmek için bu usulde ön çökeltme kaldırılmıştır [13].

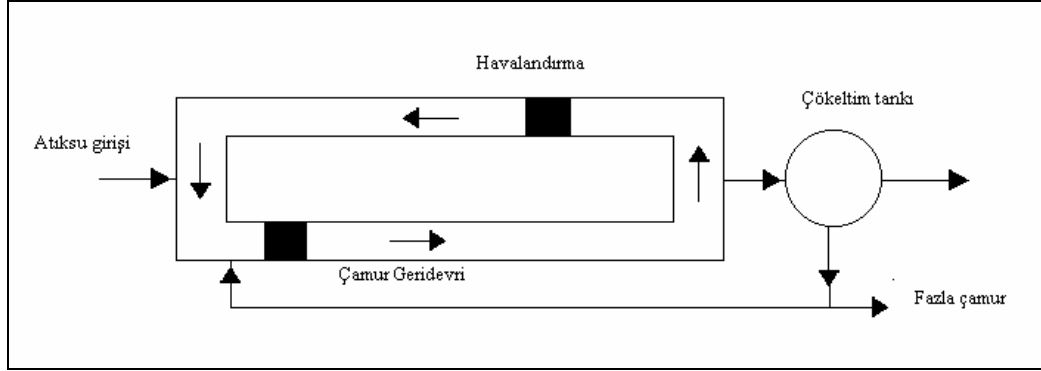
5.8. Oksidasyon Hendekleri

Hollanda'da kasabalar için geliştirilmiş bir sistemdir. Esas itibari ile uzun havalandırmalı bir tasfiye tesisidir. Avrupa'da birçok küçük şehir ve kasabada tatbik sahası bulmuştur. A.B.D'de çok değişik şekilleri kullanılmaktadır. Tipik bir oksidasyon hendeği 1-1.5 m derinliğinde, halka şeklinde bir kanaldan meydana gelir. Tadil edilmiş bir Kessener fırçasından ibaret olan bir rotor, suyu havalandırmak ve kanal içinde devrettirmek için kullanılır. Izgaralardan geçirilmiş olan atıksular, oksidasyon hendeğine alınır ve burada rotor vasıtasıyla havalandırılarak 0.3 ile 0.6 m/sn hızlarla devrettirilir. Çok basit sistemlerde oksidasyon hendeğinin çalıştırılması kesik kesik olur. Sürekli işletme için ayrı bir çökeltme havuzu gereklidir. Fasıllı işletmede takip edilecek işlemler şöylece özetlenebilir:

1. Giriş vanası kapatılır ve kullanılmış su rotorları çalıştırılmak suretiyle havalandırılır.
2. Rotorlar durdurulur ve oksidasyon hendeği muhtevası çökelmeye bırakılır.
3. Giriş ve çıkış vanaları açılarak eşit hacimde atıksuyun girmesi ve aynı hacimde tasfiye edilmiş suyun çıkması temin edilir.

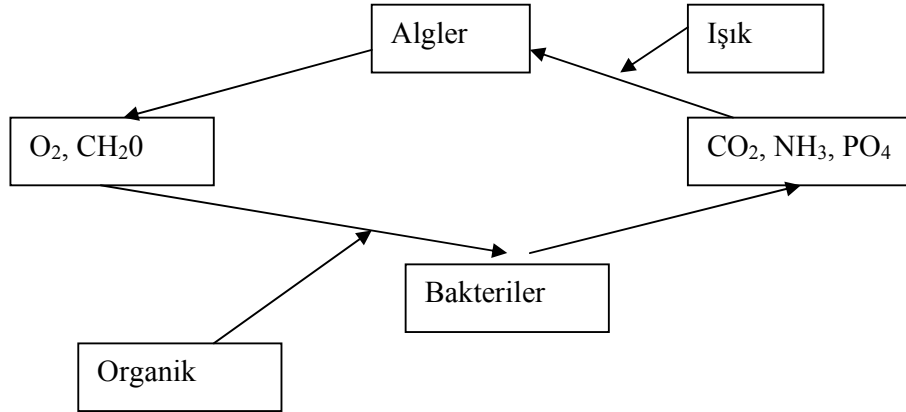
1950 yılında Pasveer tarafından geliştirilen bu ilk oksidasyon hendeği tipi, daha sonra tadil edilmiş ve son çökeltme havuzları ilave edilerek sistem sürekli akışlı hale getirilmiştir. Bunlardan biri de Carrousel sistemidir. Bu sistemde düşey olarak monte edilmiş mekanik havalandırıcılar, oksijen vermek ve aynı zamanda havalandırma kanallarında çökelmeye mani olmak maksadıyla kafi bir yatay hız sağlamak için kullanılır. Tatbikatta ekseriya, havalandırma kanallarından başka son çökeltme havuzu, sisteme ilave edilen yegane üniteyi teşkil eder. Burada çökeltilmiş katı maddeler havalandırma hendeklerine geri döndürülür.(Şekil 5.5.) Fazla çamur periyodik olarak sistemden dışarı atılır. Her ne kadar başka usuller varsa da, çamurları uzaklaştırmanın en çok kullanılan şekli, bunları uzun kum yataklarından

drene etmektir. Son çökeltme havuzundan çıkan sular dezenfekte edilip alıcı su yataklarına verilebilir [13].



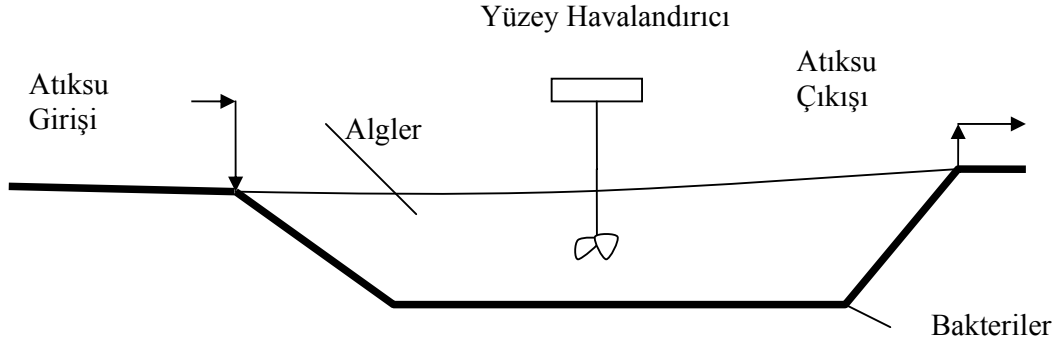
Şekil 5.5. Oksidasyon Hendeği

Aerobik oksidasyon havuzlarında bakteri ve algler birlikte büyür ve fonksiyon gösterirler. Algler havadan karbondioksit tutarak karbonhidrat ve oksijen üretirler. Bakterilerde karbonhidrat ve oksijeni kullanarak CO_2 üretirler. Bakteri ve alg simbiyotik olarak yaşarlar. Oksidasyon havuzlarının derinliği 0.2-1 m civarındadır. Algler havuzun yüzeyinde, bakterilerde derinliklerinde yer alırlar. Havuzlar mekanik olarak karıştırılır ve havalandırılır.



Şekil 5.6. Oksidasyon (Stabilizasyon) Havuzlarında Bakteri-Alg Etkileşimleri

1 g alg başına 2 g oksijen üretilir. Alglerin kalori değeri 6kcal/g alg'dir.



Şekil 5.7. Oksidasyon (Stabilizasyon) Havuzu Şeması

5.9. Kraus Usulü

Azotça fakir atıksuları aktif çamur metodu ile tasfiye etmek zordur. Peoria, III. (A.B.D.)'daki tasfiye tesisinin operatörü olan L.s. Kraus, 1955'de, yüksek konsantrasyonda karbonhidrat ihtiva eden atıksuları, evlerden gelen kullanılmış sularla birlikte tasfiye etme problemi ile karşı karşıya kaldı. Çamur çürütme yapısının üstündeki sıvı ile çürümüş çamuru ve geri devir çamurunun bir kısmını, ayrı bir havalandırma havuzunda takriben 24 saat müddetle havalandırarak amonyak azotunu nitrat azotuna çevirdi ve sonra geri dönen aktif çamurla karıştırdı. Böylece Kraus iki netice elde etmiş oluyordu. Havalandırılmış çamur çürütme tankı sıvısındaki nitratlar, yüksek karbonhidratlı atıksuların azot eksikliğini karşılıyor ve çürümüş çamurun içindeki ağır katı maddeler, havalandırma havuzu muhtevasının çökelme kabiliyetini inkişaf ettiriyordu. Meyve konservesi atıksularının evsel atıksularla bu şekilde muamelesinden iyi neticeler elde edilmiştir.

5.10. Yüksek Hızlı Havalandırma

Yüksek hızlı havalandırma, asılı katı madde konsantrasyonu çok büyük olan havalandırma havuzlarının, büyük hidrolik yüklere (büyük debilere) maruz bırakıldığı bir sistemdir. Bu sayede mikroorganizma oranları da yüksek (0.4-0.5) olur. Hidrolik bekleme zamanları 0.5 ile 2 saat arasında değişir. Mikroorganizmalar havuzda uzun müddet kalmış olurlar. Türbin karıştırıcılar kullanmak suretiyle

oksijen iletimi ve yumak büyüklüğünün etkili bir şekilde kontrolü için yeterli bir karışım temin edilebilir [13].

6. HAVALANDIRMA TEORİSİ

6.1. Oksijen Transferini Etkileyen Faktörler

Havalandırma, gaz ve sıvı fazlar arasındaki bir kütle transferi işidir. Mekanik havalandırıcıların çalışmasını etkileyen parametreler şunlardır:

1. Sıcaklık
2. Çözünmüş oksijen konsantrasyonu
 - Doymuş seviyedeki suda,
 - Doymuş seviyedeki atıkta,
 - İşletme şartında havalandırma tankında.
3. Havalandırıcının özellikleri
 - Türbülans ve sıvı püskürtme,
 - Çevresel hız,
 - Batma derinliği.

6.1.1. Sıcaklık

Sıcaklık, oksijen transferini çeşitli şekillerde etkiler.

Çizelge 6.1. Çözünmüş oksijen doyma konsantrasyon değerleri [15].

Sıcaklık (C°)	Doyma (mg/l)	Sıcaklık (C°)	Doyma(mg/l)	Sıcaklık (C°)	Doyma(mg/l)	Sıcaklık (C°)	Doyma(mg/l)
0	14.62	10	11.33	20	9.17	30	7.63
1	14.23	11	11.08	21	8.99	31	7.50
2	13.84	12	10.83	22	8.83	32	7.40
3	13.48	13	10.63	23	8.68	33	7.30
4	13.13	14	10.37	24	8.53	34	7.20
5	12.48	15	10.15	25	8.38	35	7.10
6	12.80	16	9.95	26	8.22	36	7.00
7	12.17	17	9.74	27	8.07	37	6.90
8	11.87	18	9.54	28	7.92	38	6.80
9	11.59	19	9.35	29	7.77	40	6.60

6.1.2. Çözünmüş oksijen konsantrasyonu (ÇO)

Atıksu içerisinde çözünmüş halde çok çeşitli maddeler bulunmaktadır.

Klasik aktif çamur tesislerinde nitrifikasyon beklenmediğinden, ÇO değerleri 0.5-1.0 mg/l arasında olacaktır. Eğer nitrifikasyon isteniyorsa (uzun havalandırmalı sistemlerde olduğu gibi), bu değerler yaklaşık 1.5-2.0 mg/l seviyesinde olacaktır.

Havalandırıcıların performansları, ilgili imalatçılar tarafından bazı “standart şartlar” dahilinde derecelendirilir. (örneğin, 10 C⁰’de veya 20 C⁰’de tankta sıfır ÇO bulunması durumunda). Havalandırıcı performansı, gerçek işletme şartlarına uygun olacak şekilde ayarlanmalıdır.

6.1.3. Atıksu özellikleri

Havalandırma ile elde edilen oksijen transferi, atıksu için ve musluk suyu için hem doyma konsantrasyonu açısından, hem de oksijen transferi hızı açısından birbirinden farklıdır. Bu fark, atıksuda çözünmüş halde bulunan katı maddelerden, aktif yüzey ajanlarından ve diğer benzer bileşenlerden kaynaklanmaktadır. Aktif yüzey ajanları, suyun yüzeyinde toplanarak, yüzey gerilimini değiştirirler ve difüzyon için bir tür bariyer oluştururlar.

6.1.4. Havalandırıcının karakteristikleri

Hareket eden bir havalandırıcı, türbülans ve sıvı püskürmesi meydana getirir. İnce sıvı zerreciklerinin yüzey alanları daha geniştir ve bundan dolayı içlerine daha çok hava girer. Bu zerrecikler tekrar sıvıya geri dönünce, içlerindeki küçük kabarcıklar halindeki hava, sıvıya girer ve yüzeyin altında dolaşır. Birim hacim için enerji girdisi yeterliyse, bu dolaşım işlemi havalandırıcı çalıştığı sürece bütün tankta ve lagünde devam eder [15].

Havalandırıcının atıksu içindeki dalma derinliği, havalandırmanın kapasitesi ve güç gereksinimi açısından önemlidir. Doğru bir batma derinliğinde (üretici firmanın tavsiye ettiği) performans optimumdur. Bu durumda güç tüketimi göz önüne alındığında, iyi bir türbülans ve hava girişi sağlanır. Eğer havalandırıcı atıksuya gereğinden fazla batarsa, bir havalandırıcıdan çok bir karıştırıcı gibi çalışır. Böyle bir durumda, havalandırıcının güç gereksinimi artacağı halde, oksitleme kapasitesi artmamış olur. Diğer taraftan, batma derinliği sifıra yaklaştıkça, türbülans olmaz; sadece havalandırıcının yakınlarında yüzey püskürtmesi olur. Bu durumda hem güç gereksinimi, hem de oksitleme kapasitesi düşer. Bütün bunlardan dolayı, havalandırıcı montajı yapılırken üreticinin tavsiye ettiği derinliğe özen gösterilmelidir.

6.2. Oksijen Sağlama ve Karışım Gereksinimleri

Havalandırıcıların iki fonksiyonu vardır:

1. Oksijen ihtiyacını karşılamak,
2. Yeterli karışım şartları sağlamak. (özellikle, biyolojik flokların askıda tutulması ve havalandırma tankında çökelmenin önlenmesi isteniyorsa)

Bir havalandırıcının güç gereksinimi, kullanılan biyolojik prosese bağlı olarak ve yukarıdaki hususlar göz önünde bulundurularak tayin edilmelidir. Aktif çamur ve uzun havalandırma tesislerde hem oksitleme, hem de karışma şartlarını sağlama hususları önemlidir. Bu nedenle, bu iki gereksinimden büyük olanı uygulanmalıdır.

Arazi çalışmaları yapılarak, farklı güç girdisi şartlarında havalandırma tanklarının birim hacimleri için oksitleme kapasiteleri ve karışım kabiliyetleri ölçülebilir. Belli bir karışımı ve türbülansı muhafaza etmek için gereken güç seviyeleri (örneğin, birim hacim için gerekli güç), çok sayıda faktörün bir fonksiyonudur. Bunlar arasında çökebilen katı madde konsantrasyonu, havalandırma tankının veya lagünün geometrisi ve kullanılan havalandırma cihazının tipi sayılabilir [15].

6.3. Havalandırma Sistemleri

Arıtma sistemlerinde havalandırma havuzlarının kalbi havalandırıcılarıdır.

Havalandırma sistemleri,

- Saf Oksijen Sistemi
- Basınçlı Havalandırıcılar
- Mekanik Havalandırıcılar olarak üç ana sınıfa ayrılabilir [17].

6.3.1. Saf oksijen sistemleri

Saf oksijen sistemleri pahalıdır. Ancak çok büyük tesisler için ekonomik olabilir. Çünkü oksijen üretimi çok pahalıdır. Ayrıca bir kısım oksijen kullanılmayarak havaya karışacaktır. Bir diğer mahzur ise ortaya çıkan CO_2 'nin dışarıya atılmasının güçlüğüdür. Çünkü saf oksijen kullanılan havalandırma havuzları kapalı havuzlardır. CO_2 doğrudan atmosfere verilemediğinden pH azalır, nitrifikasyon menfi yönde etkilenir. Saf oksijen kullanılması yüksek konsantrasyonlardaki sanayi atıksularının tasfiyesinde uygun ve iktisadi olabilir. Ayrıca koku problemi olmaması gibi bir faydası vardır. Yer ihtiyacı diğer sistemlere nazaran çok daha azdır.

6.3.2. Basınçlı havalandırıcılar

Esas itibariye üfleyiciler (blowerler) ile difüzörlerden ibarettir. Verilen hava sıcak olduğundan bakteri faaliyetini artırır ve verimlilikleri mekanik havalandırıcılardan daha büyüktür. Etrafa mekanik havalandırıcılarda olduğu gibi su habbecikleri yaymazlar. Basınçlı havalandırma sisteminin en büyük mahzuru havanın suya iletildiği gözenekli malzemenin (difüzör) tıkanmasıdır. Çünkü havada bulunan toz ve benzeri maddeler gözenekleri tıkayabilir. Bundan başka kullanılmış su bünyesindeki Fe, CaCO_3 gibi maddeler de çökmek suretiyle gözeneklerin tıkanmasına sebebiyet verebilirler. Bu sistemin ilk tesis maliyeti mekanik havalandırıcılara göre fazladır. Tamir ve bakım güçlükleri vardır [17].

6.3.3. Mekanik havalandırıcılar

İşletmelerinin ve kontrolünün kolay olması sebebiyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak kış şartlarında havalandırıcı bazı problemler doğurabilir. Ayrıca civarda iskan söz konusu ise, havalandırıcı çalışırken havaya sıçrayan su damlacıkları rüzgarla taşınarak toplum sağlığı açısından mahzur doğurur. Havalandırma sisteminin seçiminde atıksuyun özelliği de dikkate alınır. Evsel atıksuların tasfiyesinde umumiyetle piston akımlı havuzlar seçilmekte ve basınçlı havalandırma tatbik edilmektedir.

Bazı sanayi atıksularının tasfiyesinde piston akımlı havuzlar uygun olmaktadır. Atıksularda bulunan toksik maddelerin ani karışması için tam karışımli havuzlar gereklidir. Bu halde mekanik havalandırıcılar kullanılabilir.

6.3.4. Basınçlı hava ile havalandırma

Üfleyicilerden (blower) sağlanan hava gözenekli elemanlar (difüzörler) yardımıyla sisteme verilmektedir. Hava, gözenekli çapına bağlı olarak ince, orta ve iri kabarcıklar halinde su içinde yükselmektedir.

Kabarcık büyüklüğüne göre sınıflandırma;

<u>Kabarcık Şekli</u>	<u>Boyut</u>
İnce kabarcıklı havalandırma	$d < 2 \text{ mm}$
Orta kabarcıklı havalandırma	$d = 2-8 \text{ mm}$
İri kabarcıklı havalandırma	$d > 8 \text{ mm}$

İnce kabarcıklı havalandırma oksijen transferi açısından diğerlerine nazaran daha uygundur. Ancak çok ince kabarcıklı havalandırmada tıkanma problemleri ortaya çıkabilir [17].

6.4. Havalandırma Havuzlarının İşletme Problemleri

6.4.1. Karışım sıvısı rengi

Koyu siyah renk, havuzda anaerobik şartların meydana geldiğini gösterir. Bu durum ya az havalandırma veya havuza uygun olmayan miktarda çamur verilmesinden kaynaklanabilir. Diğer alışılmamış renkler endüstri atıklarının karıştığını gösterir.

6.4.2. Türbülans

Havalandırma esnasında bazı kısımlara fazla bazı kısımlara az hava gelebilir. Difüzörlerin bazıları tıkanabilir. Büyük hava akımı ile kabarma olabilir. Böyle durumlarda hava dağıtıcılarının ve difüzörlerin temizlenmesi veya değiştirilmesi gerekir.

Su yüzeyi karakteristikleri incelenerek ölü noktaların mevcut olup olmadığı gözlemlenebilir. Çözünmüş oksijen ve hava akışı debisi kayıtları ile gözlemlerine dayanarak deşarj edilen hava miktarı arttırılıp azaltılabilir.

6.4.3. Taze beyaz köpük

Köpüğün meydana gelmesi tesisin iyi çalıştığının işaretidir. Bu sırada oluşan çıkış suyu iyi kalitededir. Sistemin fiziksel karakteristiklerinde veya diğer kontrol sistemlerinde değişiklik tespit edilinceye kadar bu durum muhafaza edilmelidir.

Çok fazla kaba beyaz köpük çamur yaşının çok az olduğunu ve artık çamur debisinin azaltılarak çamur yaşının arttırılması gerektiğini gösterir. Aynı zamanda endüstriyel temizleme bileşikleri veya diğer endüstriyel atıklar gibi biyolojik olarak parçalanmayan yüzeysel aktif maddelerin mevcudiyetini gösterir. Bu durumda alınacak tedbirler;

1. Tanka verilen hava miktarı azaltılır. (minimum çözünmüş oksijen konsantrasyonu 0,5 mg/l'tir)
2. Köpük kırıcı duşlar çalıştırılır.
3. Gerekirse tanklardaki mikro organizmalara zarar vermeyen köpük kırıcı solüsyonlar eklenir.
4. Tank üzerine bir ağ gerilerek köpük bastırılır.

6.4.4. Kalın, kirli, koyu köpük

Yoğun biraz yağlı ve kirli kahverengiye yakın köpük tabakasının havalandırma havuzunu örtmesi çamurun yaşının fazla olduğunu veya fazla oksitlenmeyi gösterir. Bu durumu gidermek için artık çamurun debisi artırılarak çamur yaşı azaltılır. Atılan çamur miktarı kontrollü olarak günden güne artırılır. Günde %20 oranında artırımlar yapılarak tesisin uygun dengeye gelmesi sağlanır. Küçük arıtma tesislerinde havalandırma havuzlarındaki problemlerde en çok karşılaşılan neden enerji tasarrufunu sağlamak için yada gürültüden rahatsız olduğu için blowerin uzun süreli kapalı tutulmasıdır.

Havalandırma havuzundaki çamur konsantrasyonunun mümkünse proje değeri dolaylarında ya da sisteme hakim bir çevre mühendisinin tespit edeceği düzeyde korunması tesisteki verimliliği yüksek seviyede tutacaktır. Bu denge F/M oranı dediğimiz, tesisin organik yükü ile mikroorganizma konsantrasyonu arasındaki dengenin korunması sonucu oluşacaktır. Bazı endüstriyel atıksularda azot ve fosfor eksikliği olabilir. Dolayısıyla istenilen çamur konsantrasyonuna ulaşamaz ve gerekli arıtma yapılamaz. Bu durumlarda tesise azot veya fosfor katkısı yapılmalıdır [19].

6.5. Arıtımda Kullanılan Genel Yöntem

6.5.1. Gaz giriş ve çıkışı

Suyun içindeki gazların ayrıldığı veya suyun hava etkisiyle veya normal, yüksek veya alçak basınçlar altındaki özel bir atmosfer altında bu gazların suda çözünerek eriyik haline getirildiği bir işlemdir. Gaz giriş çıkışının örnekleri şunlardır;

- Sıvıyı püskürterek veya karıştırarak içine oksijen girmesini sağlayarak, sudan mangan ve demirin giderilmesinin ve atık suda aerobik şartların oluşturulmasının sağlanması,
- Koku ve korozyon kontrolü için, püskürtmek ve hava kabarcığı meydana getirmek suretiyle suyu havalandırarak, karbondioksitin hidrojen sülfürün ve koku oluşturan uçucu maddelerin sudan uzaklaştırılması,
- Dezenfeksiyon için ozon ve gaz klor tesislerinde suya veya atık suya ozon veya klor verilmesi,
- Korozyon kontrolü için gazları sudan ayıran tesislerde oksijenin sudan uzaklaştırılması. Metan ve karbondioksitin ayrışmakta olan atık su çamurlarından ayrılması da prensip olarak bir gaz alışverişi şeklindedir. Diğer taraftan, demir ve manganın ortadan kaldırılması için suya oksijen verilmesi de prensip bakımından bir kimyasal çöktürme şeklindedir [14].

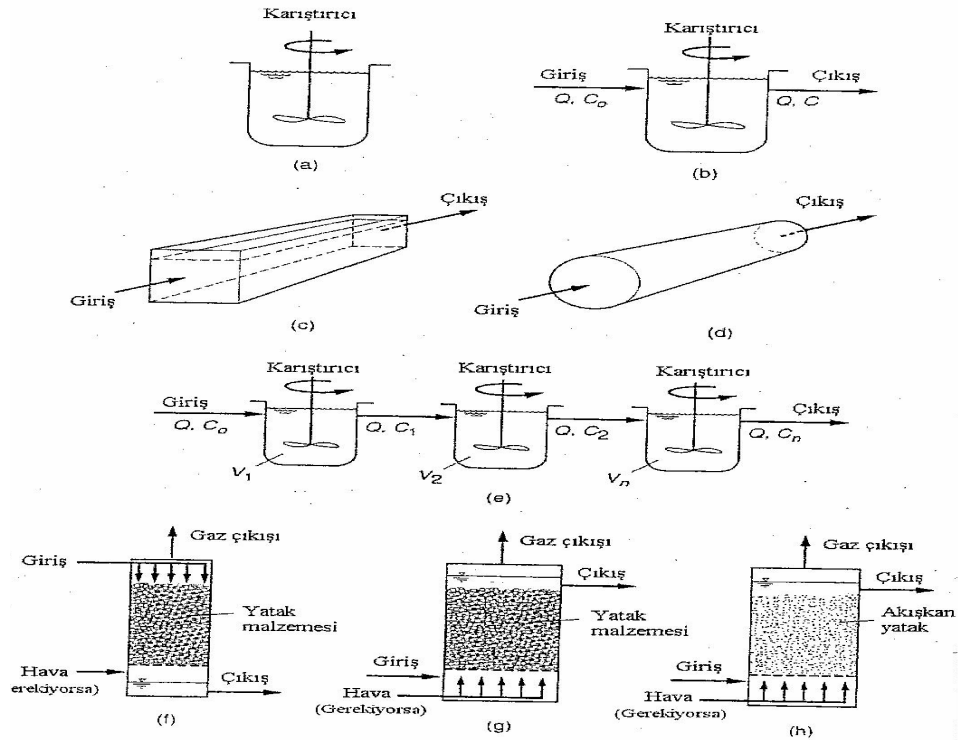
6.5.2. Reaktör seçimi

Atık su arıtılmasında kullanılan bütün havuzlar, hazneler ve tanklar reaktör olarak isimlendirilir. Farklı akım ve karıştırılma şekillerine sahip tipik reaktör çeşitleri şunlardır;

1. Kesikli reaktörler (yığın reaktörü)
2. Piston akımlı reaktör
3. Tam karışımli akımlı reaktörler

Reaktörlerin akım modelleri karışım şartlarına bağlıdır. Karışım şartları ise reaktörün şekli, birim hacmine düşen enerji girdisi, reaktörün boyutları ve ölçeği gibi özelliklere bağlıdır. Reaktörde tutulma süresi ve besin maddesi (substrat) dağılımı akım modeline bağlıdır.

Kesikli reaktörlerde akım devamlı değildir. Sıcaklık ve konsantrasyon farklılığını önlemek için içerikleri karıştırılır. Arıtılacak maddeler bütün akım boyunca ve aynı süreyle reaktörde tutularak aynı derecede arıtılmaları sağlanır. Kesikli reaktörler dışında kalan bütün reaktörlerde devamlı akım vardır [14].



Şekil 6.1. Reaktör çeşitleri [14].

- (a) Yığm (batch) reaktör
- (b) Tam karışimli reaktör
- (c) Piston akımlı reaktör
- (d) piston akımlı kapalı reaktör veya boru reaktör
- (e) Seri halinde tam karışimli reaktör
- (f) Malzeme yataklı reaktör
- (g) Yukarı doğru akışlı malzeme yataklı reaktör
- (h) Yukarı doğru akışlı akışkan yataklı reaktör

7. MATERYAL VE METOT

Çalışmada evsel atıksuyun havalandırma havuzunda mekanik yolla 3 ve 6 saat aralıklarla karıştırılması, karıştırıcının havuzun tabanında ve üzerinde olmak üzere iki şekilde konumlandırılması ile her koşul için giriş ve çıkış atıksu parametreleri karşılaştırılmıştır.

Çalışmada kullanılacak havuz boyutu için; İstanbul, İzmir ve Antalya illerinin atıksu arıtma tesislerinin havalandırma havuzları incelenmiştir.

Çizelge 7.1. İstanbul, İzmir, Antalya illeri Atıksu Havalandırma Havuzları ve deneyde kullanılan havalandırma havuzu boyutlarının karşılaştırılması [23,24,25].

Boyut (m)	İstanbul	İzmir	Antalya	Seçim
En	15	14,45	46	0,2
Boy	80	54,3	173	0,2
Yükseklik	5	5,73	6	0,3

Yapılan tesisler ve literatür incelendiğinde;

Havuz boyları uzun tercih edildiğinde, havuzun geneline oksijen verebilmek için birden fazla difüzör ve karıştırıcı kullanıldığı görülmüştür [17,23,24,25].

Yapılan deneysel çalışmada tek karıştırıcı kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan tek karıştırıcının konumu havuz üzerinde (su yüksekliğinden 5 cm aşağıda) ve havuz tabanında (havuz tabanından 5 cm yukarıda) olmak üzere değiştirilmiştir. Böylece atıksu karıştırılmış, giriş atıksu ve çıkış atıksu parametreleri karşılaştırılmıştır. Bu sebeple derin bir havuz tercih edilmiş ve %10 hava payı bırakılarak 10 lt atıksu ile deneyler yapılmıştır.

7.1. Deneysel Çalışma

Evsel atıksu numunesi camdan yapılmış havalandırma havuzuna alındı. Havuz üzerinde mekanik karıştırıcı ile karıştırılmadan önce atıksudan numune alınmış ve sıcaklık, pH, BOİ (Biyolojik Oksijen İhtiyacı), KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı), ÇO (çözülmüş oksijen), azot, sıcaklık parametreleri ölçülmüştür. Daha sonra atıksu havalandırma havuzunda 3 saat karıştırılmıştır. Çıkış atıksu parametreleri ölçülmüştür. İkinci aşamada atıksu yeniden havuza alındı giriş suyu parametreleri için numune alınmıştır. 6 saat karıştırmanın sonunda çıkış suyu parametreleri tespit edilmiştir. Aynı işlem karıştırıcı konumu değiştirilerek (havuz tabanında) tekrar edilmiştir. Giriş ve çıkış atıksuyun değişimi karşılaştırıldı. Mekanik karıştırıcının gücü her koşul için 150 devir/dakika olarak seçilmiştir.

7.2. İstenilen Çıkış Suyu Kalitesi:

Atıksu arıtma tesislerinin tasarımında önemli olan giriş atıksu parametreleri kadar istenilen çıkış suyu kalitesi de önemlidir. Ülkemizde çıkış suyu kalitesi, 2872 sayılı Çevre Kanununa istinaden yayımlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde, işletmelerin faaliyetleri sonucu oluşması muhtemel kirlilik yükleri göz önüne alınarak belirlenmiştir. Aşağıdaki çizelgede Su kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde sektör bazın da verilen sınır değerler ile ilgili bir örnek verilmiştir [26].

Çizelge 7.2. Biodizel Tesisleri [26].

Parametre	Birim	Kompozit numune 2 saatlik	Kompozit numune 24 saatlik
KOİ	(mg/l)	400	300
AKM	(mg/l)	200	100
YAĞ VE GRES	(mg/l)	20	10
SÜLFİT	(mg/l)	1	-
KLORÜR	(mg/l)	400	300
DEMİR	(mg/l)	10	-
TOPLAM FOSFOR	(mg/l)	2	1
PH	-	6-9	6-9
SICAKLIK	°C	35	30

ASKİ (Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi) şebekesine deşarj edilecek atıksularda, atıksuyun sağlanması gereken sınır değerlerden bazıları aşağıda verilmiştir [27].

Çizelge 7.3. ASKİ sınır değerleri örnekleri

Parametreler	Atıksu örneğinde izin verilebilir maksimum değer
BOİ	500 mg/lt
KOİ	1000 mg/lt
Toplam azot	60 mg/lt
Toplam fosfor	20 mg/lt
Sıcaklık	40 °C
pH	6,6-10

7.3. Atıksu Miktarı ve Karakteristiği

Cam havuza 10 lt evsel atıksu alınmıştır. Atıksu zaman içinde değişime uğradığı için giriş ölçümlerinin ortalaması alınarak atıksu özelliği belirlenmiştir.

Atıksu karakteri yapılan giriş atıksu ölçümlerin ortalaması alındığında pH=6,1 ÇO=1,76 mg/lt BOİ=497,14 mg/lt KOİ =819,3 mg/lt azot= 4,9 mg/lt olduğu ve sıcaklığının 20 °C olduğu görülmüştür.

7.4. Fiziksel ve Kimyasal Atıksu Analizleri

Havalandırma havuzuna giren ve çıkan atıksuyun karakteristiğini belirlemek üzere numuneler üzerinde Sıcaklık, pH, BOİ, KOİ, ÇO, ve azot analizleri yapılmıştır.

7.4.1. Sıcaklık

Sıcaklık, numunenin havuza alımından sonra ve havalandırma sonrasında pH Metre ile ölçülmüştür. WTW pH 33 /SET marka cihaz kullanılmıştır.

7.4.2. pH Tayini

pH, numunenin havuza alımından sonra ve havalandırma sonrasında pH Metre ile ölçülmüştür. WTW pH 33/SET (model) marka cihaz kullanılmıştır.

7.4.3. Azot Tayini

Azot, numunenin havuza alımından sonra ve havalandırma sonrasında Spektrometre ile ölçülmüştür. CECİL UV-VİS (model) marka cihaz kullanılmıştır.

7.4.4. Çözünmüş Oksijen (ÇO) Tayini

Çözünmüş oksijen; numunenin havuza alımından sonra ve havalandırma sonrasında Oksijen metre ile ölçülmüştür. WTW 330/SET (model) marka cihaz kullanılmıştır.

7.4.5. Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ) Tayini

BOİ, havuza alınan atıksu ve havalandırma sonrasında alınan atıksu 20 °C'de 5 günlük inkübasyondan sonra birinci ve beşinci gün çözünmüş oksijen değerlerinde hesap edilmiştir. BOİ inkübitörü kullanılmıştır. ISKO FTBOD (model) marka cihaz kullanılmıştır.

7.4.6. Kimyasal Oksijen İhtiyacı Tayini

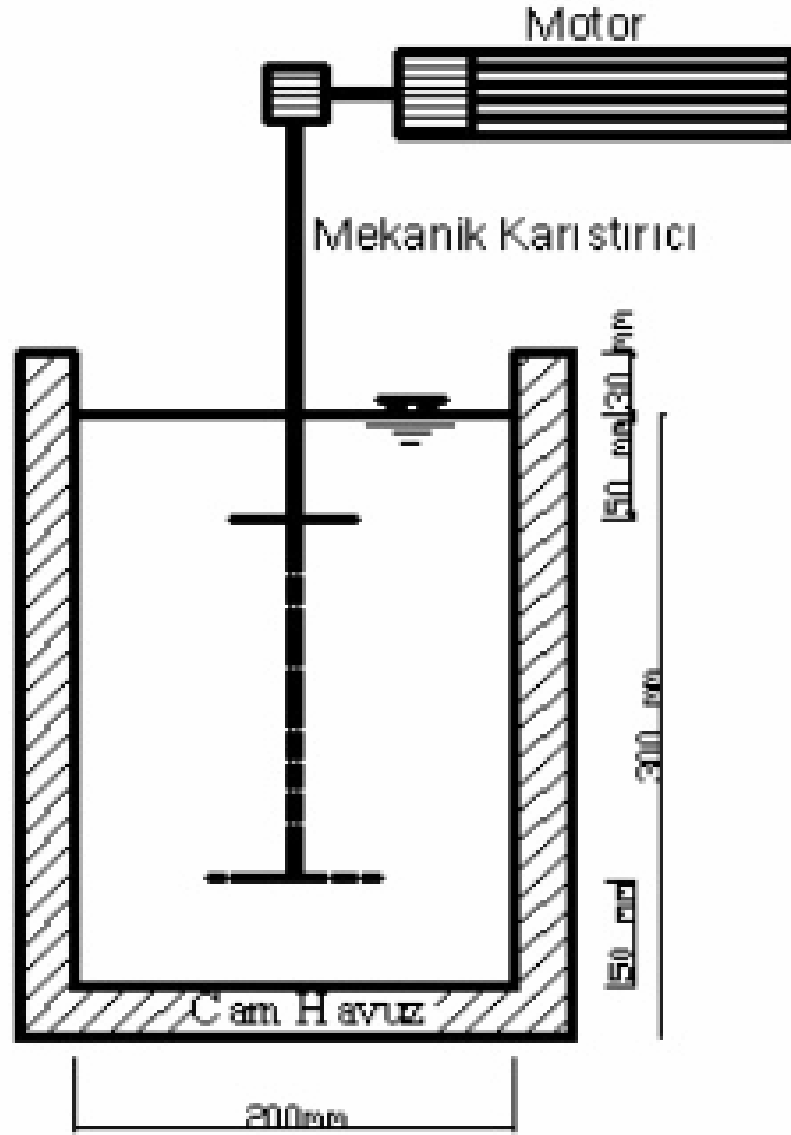
KOİ, numunenin havuza alımından sonra ve havalandırma sonrasında Spektrometre ile ölçülmüştür. CECİL UV-VİS (model) marka cihaz kullanılmıştır.

7.5. Havalandırma Havuzunda Atıksuyun Havalandırılması

7.5.1. Deney sistemi

Atıksuyun farklı karıştırma zamanı ve farklı karıştırıcı konumlarında havalandırılması deneylerinin gerçekleştirildiği deney sistemi Şekil 7.1’de gösterilmektedir. Atıksu havuza alınmadan önce 1 kg. plastik numune kabına alınan atıksuda, atıksu parametrelerinin belirlenmesi için atıksu analizleri yapılmıştır.

Şekil 7.1’de gösterilen deney sistemi ile %10 hava payı bırakılarak atıksuyun havuza alınmasından sonra karıştırıcı yardımı ile ilk olarak karıştırıcı havuz üstünde konumlandırılmış ve sistem 3 saat çalıştırılmıştır. Karıştırıcı gücü tüm çalışmada sabit tutulmuştur ve 150 devir /dakika olarak sabitlenmiştir. 3 saatin sonunda sistem kapatılmış ve 1kg’lık numunede fiziksel ve kimyasal analizler yapılmış, çıkış atıksuyu parametreleri belirlenmiştir. İkinci aşama çalışmalar için havuz boşaltılmış ve yeniden atıksu havuza alınmıştır. Atıksu sürekli kimyasal olarak değişime uğradığı için yeni atıksuyun karakterizasyonunu belirlemek için tekrar atıksudan numune alınmış ve giriş atıksuyu parametreleri belirlenmiştir. Yeni atıksuyun havuza alınmasından sonra karıştırıcı havuz tabanında konumlandırılmış ve sistem 3 saat çalıştırılmıştır. 3 saatin sonunda sistem kapatılmış ve 1kg’lık numunede analizler yapılmış ve çıkış atıksuyu parametreleri belirlenmiştir. Daha sonra aynı çalışma 6 saat karıştırma süresi ve karıştırıcının havuz üzerinde ve havuz tabanında konumlandırılması ile tekrar edilmiştir.



Şekil 7.1. Deney düzeneği

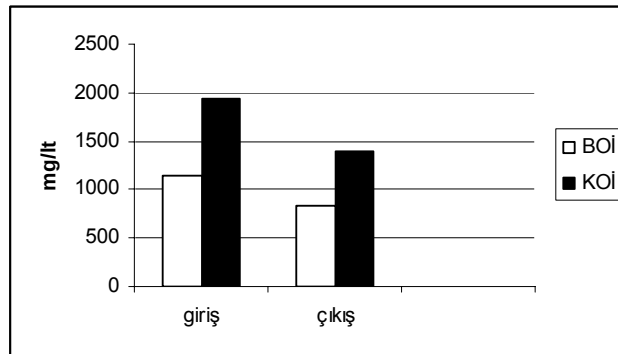
7.6. Analiz Sonuçları

Mekanik karıştırıcı havuz tabanında konumlandırılmış ve 3 saatlik karıştırma yapılmıştır. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu analizlerinin sonucu aşağıda gösterilmektedir.

1. ve 2. analiz sonuçları;

Çizelge 7.4. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değerleri

Parametreler	Giriş atıksu değeri	Çıkış atıksu değeri
BOİ mg/l	1153	833
KOİ mg/l	1937	1400
pH	6,2	6,9
ÇO mg/l	1,05	0,85
AZOT mg/l	0,9	1

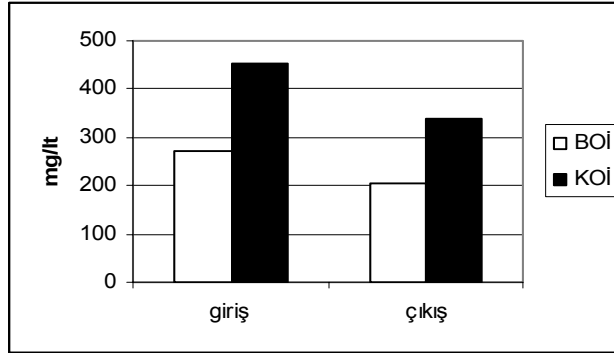


Şekil 7.2. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değişimi

3. ve 4. analiz sonuçları

Çizelge 7.5. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değerleri

Parametreler	Giriş atıksu değeri	Çıkış atıksu değeri
BOİ mg/l	272	203,7
KOİ mg/l	453,41	339,63
pH	7,51	7,77
ÇO mg/l	0,37	0,34
AZOT mg/l	22,6	15,36



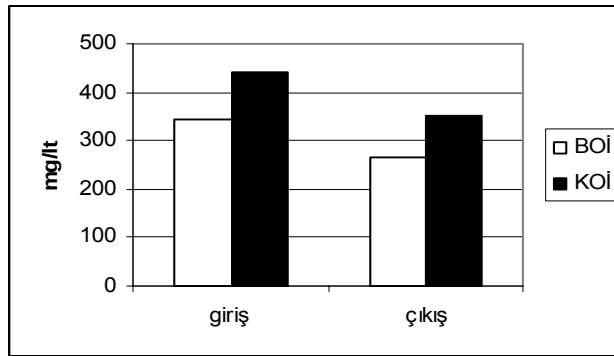
Şekil 7.3. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değişimi

Mekanik karıştırıcı havuz üzerinde konumlandırılmış ve 3 saatlik karıştırma yapılmıştır. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu analizlerinin sonucu aşağıda gösterilmektedir.

5. ve 6. analiz sonuçları;

Çizelge 7.6. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değerleri

Parametreler	Giriş atıksu değeri	Çıkış atıksu değeri
BOİ mg/lt	344	264
KOİ mg/lt	439,62	351,696
pH	7,54	7,82
ÇO mg/lt	2,58	2,26
AZOT mg/lt	0,41	0,67

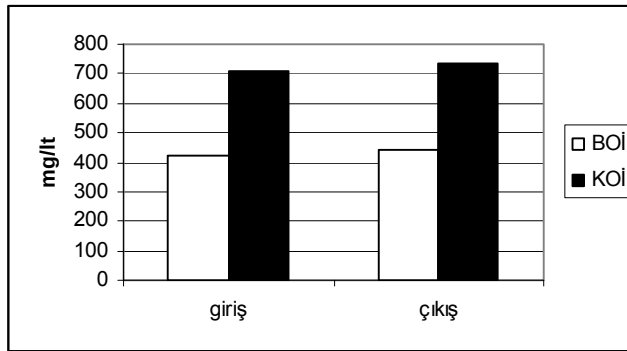


Şekil 7.4. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değişimi

7. ve 8. analiz sonuçları;

Çizelge 7.7. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değerleri

Parametreler	Giriş atıksu değeri	Çıkış atıksu değeri
BOİ mg/l	424	440
KOİ mg/l	706,84	734,44
PH	7,82	8,08
ÇO mg/l	0,54	2,08
AZOT mg/l	10,9	12,42



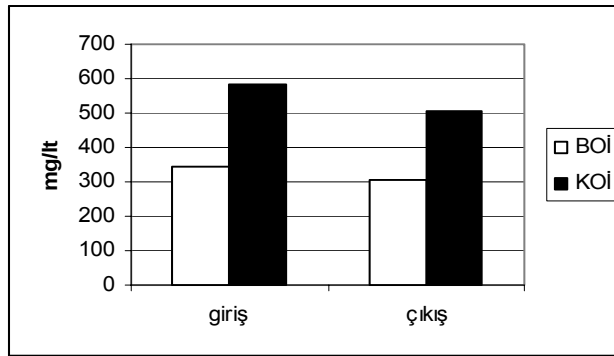
Şekil 7.5. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değişimi

Mekanik karıştırıcı havuz tabanında konumlandırılmış ve 6 saatlik karıştırma yapılmıştır. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu analizlerinin sonucu aşağıda gösterilmektedir.

9. ve 10. analiz sonuçları;

Çizelge 7.8. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değerleri

Parametreler	Giriş atıksu değeri	Çıkış atıksu değeri
BOİ mg/lt	347	304
KOİ mg/lt	582,712	503,48
pH	7,22	7,88
ÇO mg/lt	2,42	1,99
AZOT mg/lt	0,38	0,86

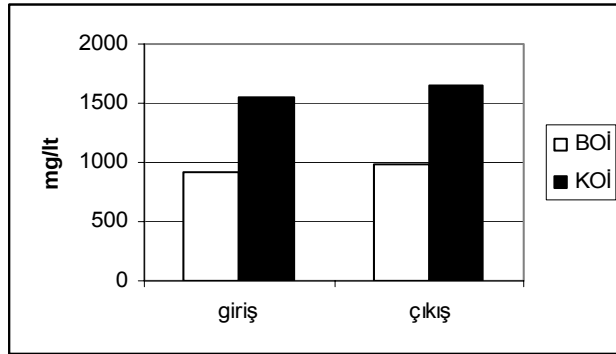


Şekil 7.6. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değişimi

11. ve 12. analiz sonuçları;

Çizelge 7.9. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değerleri

Parametreler	Giriş atıksu değeri	Çıkış atıksu değeri
BOİ mg/lt	919	979
KOİ mg/lt	1544,7	1644,7
pH	5,67	7,05
ÇO mg/lt	1,57	0,48
AZOT mg/lt	1,225	2,805

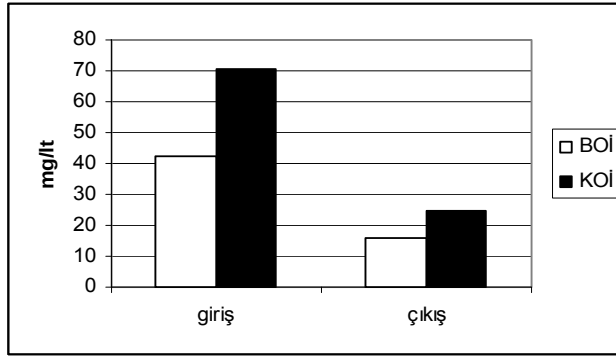


Şekil 7.7. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değişimi

13. ve 14. analiz sonuçları;

Çizelge 7.10. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değerler

Parametreler	Giriş atıksu değeri	Çıkış atıksu değeri
BOİ mg/lt	42,6	16
KOİ mg/lt	70,68	25
PH	7,52	8,12
ÇO mg/lt	3,26	5,25
AZOT mg/lt	2,7	1,8



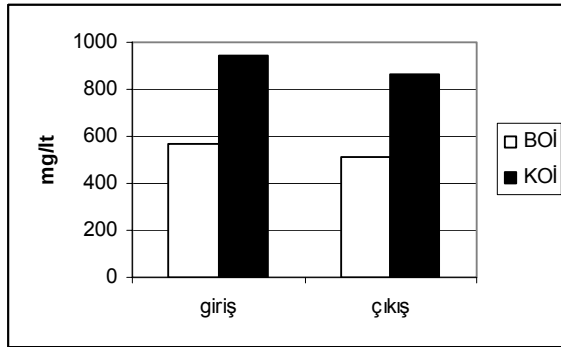
Şekil 7.8. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değişimi

Mekanik karıştırıcı havuz üzerinde konumlandırılmış ve 6 saatlik karıştırma yapılmıştır. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu analizlerinin sonucu aşağıda gösterilmektedir.

15. ve 16. analiz sonuçları;

Çizelge 7.11. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değerleri

Parametreler	Giriş atıksu değeri	Çıkış atıksu değeri
BOİ mg/lt	567,8	512
KOİ mg/lt	946,48	860,28
pH	6,09	7,03
ÇO mg/lt	1,38	1,51
AZOT mg/lt	0,555	2,515

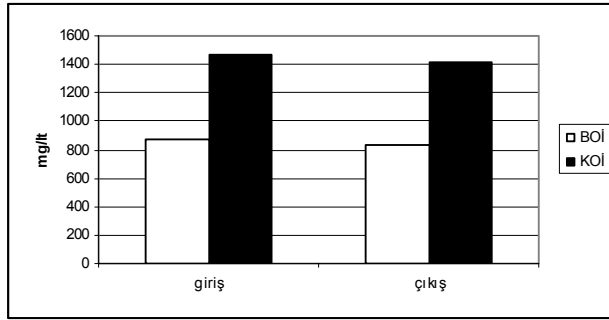


Şekil 7.9. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değişimi

17. ve 18. analiz sonuçları;

Çizelge 7.12. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değerleri

Parametreler	Giriş atıksu değeri	Çıkış atıksu değeri
BOİ mg/lt	872	838
KOİ mg/lt	1465,4	1408,51
pH	5,9	7,34
ÇO mg/lt	0,94	0,53
AZOT mg/lt	0,315	0,825

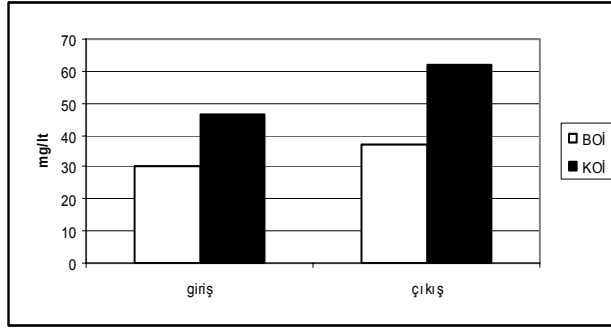


Şekil 7.10. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değişimi

19. ve 20. analiz sonuçları

Çizelge 7.13. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değerleri

Parametreler	Giriş atıksu değeri	Çıkış atıksu değeri
BOİ mg/lt	30	37,2
KOİ mg/lt	46,55	62
PH	7,67	8,26
ÇO mg/lt	3,5	4,24
AZOT mg/lt	9,1	7,1



Şekil 7.11. Havalandırma öncesi ve sonrası atıksu parametreleri değişimi

8. DENEYSEL BULGULAR

Oksijen gereksinimi aktif çamur sistemlerinde hem yatırım hem de işletme ihtiyaçları açısından büyük önem taşıyan bir tasarım parametresidir [1].

Havalandırıcının atıksu içindeki dalma derinliği, havalandırmanın kapasitesi ve güç gereksinimi açısından önemlidir [15].

Sistemin havalandırılması için gerekli enerji maliyetlerinde difüzörlü sistemlerin mekanik sistemlere göre yaklaşık olarak %10 oranında daha az enerji maliyetine sahip olduğu görülmüştür. Bu nedenle çalışmada mekanik karıştırma yöntemi tercih edilmiştir [9].

Yapılan deneyler ile havalandırma havuzlarında havalandırma süresi, mekanik karıştırıcının havuz üzerinde ve havuz tabanında olması durumlarında giriş atıksu ve çıkış atıksu parametreleri değişimi incelenmiştir. Atıksu sıcaklığındaki değişim havalandırma öncesi ve sonrasında önemli bir farklılık görülmediği için sabit kabul edilmiştir. Literatürde sıcaklık arttıkça ÇO konsantrasyonunun düşmesi sebebi ile 20 C⁰'nin üzerinde atıksu ile çalışılmamıştır [30,22].

8.1. BOİ Parametresinin İncelenmesi ve BOİ Giderim Verimi

Analizler sonunda BOİ giderim verimi aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmıştır.

$$\text{BOİ Giderim Verimi} = \frac{(\text{BOİgiriş} - \text{BOİçıkış})}{\text{BOİgiriş}} \times 100 \quad (8.1)$$

Çizelge 8.1. BOİ Giderim Verimleri

Analiz no	Karıştırma zamanı (saat)	Karıştırıcı konumu	BOİ giriş mg/lt	BOİ çıkış mg/lt	Verim %
Analiz 1-2	3	Havuz tabanı	1153	833	27,75
Analiz 3-4	3	Havuz tabanı	272	203,7	24,74
Analiz 5-6	3	Havuz üzerinde	344	264	23,25
Analiz 9-10	6	Havuz tabanı	347	304	12,39
Analiz 13-14	6	Havuz tabanı	42,6	16	62,44
Analiz 15-16	6	Havuz üzerinde	567,8	512	9,8
Analiz 17-18	6	Havuz üzerinde	872	838	3,89

BOİ parametresi 1., 2. analizde %27,75, 3., 4. analizde %24,74 ve 13., 14. analizde % 62,44 olmak üzere en yüksek BOİ giderimi olduğu görülmektedir. 1.,2.,3.,4. analizlerde karıştırma süresi 3 saat karıştırıcı havuz tabanında konumlandırılmıştır. Atıksu ÇO konsantrasyonu ise 1,05-0,37 mg/lt aralığındadır. 13. ve 14. analizlerde ise karıştırma süresi 6 saat karıştırıcı havuz tabanında konumlandırılmıştır. Atıksu ÇO konsantrasyonu ise 3,26 mg/lt olarak tespit edilmiştir. Atıksuyun BOİ giderim veriminin 13. ve 14. analizlerde %62,44'e ulaşmasında suyun ÇO konsantrasyonunun yüksek olmasının etkisi olduğu görülmektedir. Analizler sonucunda 3 saatlik havuz tabanında karıştırma yapıldığında BOİ giderim veriminin daha iyi olduğu görülmüştür. Ayrıca uzun süreli karışırtmalar enerji maliyetlerini arttıracaktır.

8.2. BOİ, ÇO ve Azot Parametresi İlişkisi

Havalandırma öncesi ve sonrasında azot değerlerine bakıldığında; havalandırma sonrası azot miktarının arttığı görülmektedir. İnsan kaynaklı atıksular kanalizasyona

kariştığı ilk anda bñnyesindeki azot, amonyak azotu formundadır. Atıksu şebekede uzun süre oksijensiz ortamda kalınca amonyak azotu amonyum azotu formuna dönüşür ve arıtma tesisine girdiği anda amonyum azotu nitrifikasyon bakterileri tarafından önce nitrite ardından nitrate; daha sonra da denitrifikasyon bakterileri tarafından serbest azota dönüşerek sistemden uzaklaştırılır. Başlangıçta düşük olan azot değerlerinin çıkış suyunda artması yukarıda sözü edilen reaksiyonlardan ve dönüşümlerden kaynaklanmaktadır. Nitrifikasyon/ Denitrifikasyon aşamaları ile gerçekleştirilen azot giderimi için klasik tesislerin yenilenmesi gerekmektedir. Karbon oksidasyon reaktöründe nitrifikasyonu da gerçekleştirebilmek için daha fazla oksijen kaynağına ve daha uzun alıkonma sürelerine ihtiyaç vardır. Denitrifikasyon için ise anoksik şartlar ve organik karbon kaynağı sağlanmalıdır [28].

Ayrıca sistemde çözünmüş oksijen konsantrasyonunun yüksek olması işletme açısından birçok avantaja sahiptir. Ancak çözünmüş oksijen konsantrasyonunun yüksek olması havalandırma maliyetini artıracaktır [30].

Laboratuar çalışmasında ÇO konsantrasyonunun yüksek olduğu durumlarda BOİ bertarafında yüksek verimlere ulaşılırken ÇO konsantrasyonunun düşük olduğu durumlarda sistem olumsuz etkilenmektedir. Ayrıca Azot miktarının yüksek olduğu koşullarda çıkış suyunda ÇO miktarı yükselse de 19. ve 20. analizlerde olduğu gibi BOİ miktarı artmaktadır.

Literatürde, 1 kg BOİ gidermek için gerekli oksijen miktarı 1.5 kg ve 1 kg amonyum azotunu nitrate dönüştürmek için teorik olarak 5 kg. oksijen gerektiği belirlenmiştir. Ayrıca çözünmüş oksijenin az olmasından dolayı BOİ bertarafı için tasarlanmış birçok sistem problem yarattığı ifade edilmektedir [29].

9. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada havalandırma havuzlarında havalandırma süresi, mekanik karıştırıcının havuz üzerinde ve havuz tabanında olması durumlarında atıksuyun havalandırılma performansının ne oranda değiştiği incelenmiştir. Atıksu sürekli değişime uğrayan bir özellikte olduğu için her deneysel çalışmanın başında giriş atıksuyu parametreleri belirlenmiştir. Bunun için havalandırma havuzuna giren ve çıkan atıksuyun karakteristiğini belirlemek üzere numuneler üzerinde Sıcaklık, pH, BOİ, KOİ, ÇO, ve N analizleri yapılmıştır.

Atıksuyun BOİ parametresindeki düşüş havalandırma sistemi için en önemli parametrelerdendir. Bu sebeple tüm parametreler giriş ve çıkış atıksuyunda oluşan BOİ parametresi farkı ile kıyaslanmıştır.

Havalandırma havuzlarını incelemek için yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde atıksu karakteristiği, karıştırıcı konumu oksijenin su ortamına kazandırılmasında önemli kriterler olduğu ifade edilmektedir. Laboratuar çalışmalarında atıksu karakteristiği ve karıştırıcı konumuna göre oksijenin suya kazandırılmasında etkili parametreler olduğu görülmüştür.

Havalandırma havuzlarında oksijen transferini etkileyen parametreler ile ilgili yapılan çalışmalarda, su derinliği arttıkça oksijen transfer veriminin düştüğü belirtilmiştir. Laboratuar çalışmasında BOİ giderim verimi çok yüksek olmamakla birlikte, daha sığ bir havuzda BOİ parametresinde daha fazla düşüş olacağı tahmin edilmektedir.

Çalışmada; karıştırma süresi 3 saat karıştırıcı havuz tabanında konumlandırıldığında en iyi BOİ giderim verimi gerçekleşmiştir. Atıksuyun ÇO konsantrasyonu düşük olduğunda havalandırma süresi 3 saat ve karıştırıcı konumu havuz tabanında seçildiğinde verimli bir havalandırma sağlandığı düşünülmektedir. Ayrıca havalandırma süresi 6 saate çıkarıldığında ve karıştırıcı havuz tabanında konumlandırıldığında atıksuyun ÇO konsantrasyonu 3 mg/l'tin üzerindeyken en iyi

BOİ giderim verimine ulaşılmıştır. ÇO konsantrasyonu 2 mg/lit'nin üzerinde olduğu koşullarda havalandırma süresi ve havalandırıcının konumunun, havalandırma sistemi için bir fark yaratmadığı düşünülmektedir. Atıksuyun azot miktarının az olduğu koşullarda havalandırma süresi 3 saat ve karıştırıcı konumu havuz tabanında seçildiğinde verimli havalandırma yapıldığı görülmüştür.

Sonuç olarak havalandırma havuzunun verimli çalışabilmesi için atıksuyun ÇO konsantrasyonunun düşük olduğu durumlarda havuzda özellikle anaerobik (oksijensiz ortam) şartlar oluşmaması için havuz tabanında karıştırma yapılması ve karıştırma zamanını kısa seçilmesi havalandırma sonrası düşmesi istenen parametrelere olumlu etki yaptığı görülmüştür. Karıştırıcının konumu veya karıştırma süresi ÇO konsantrasyonunun düşük olduğu durumlarda havalandırma verimini olumsuz etkilediği görülmüştür. Ayrıca Havuz derinliğinin daha az seçilmesi ile daha iyi BOİ giderim verimi sonuçlar alınabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Orhon D., Karahan Gül Ö., Artan N., “Aktif Çamur Sistemlerinde Oksijen Gereksiniminin Biyokimyasal Esasları ve Modellenmesi”, *İTÜ Dergisi*, 1 (1): 1-14 (2002).
2. İnternet: Ulusal Akademik Ağ ve Bilgi Merkezi “Yüksek Kirliliğe Sahip Atıksuların İki Kademeli Aktif Çamur Prosesi İle Arıtılması” <http://www.ulakbim.gov.tr/cabim/vt/uvvt/proje/> (1999).
3. İnternet: Ulusal Akademik Ağ ve Bilgi Merkezi, “Tuz İçeren Atıksuların Arıtma Veriminin Tuz Tolere Edebilen Organizmalarla Artırılması” <http://www.ulakbim.gov.tr/cabim/vt/uvvt/proje> (1997).
4. İnternet: Ulusal Akademik Ağ ve Bilgi Merkezi, “Batık Membran-Aktif Çamur Sistemleri İle Peynir Altı Suyunun Arıtılabilirliği ve Sistemin Modellenmesi” <http://www.ulakbim.gov.tr/cabim/vt/uvvt/proje/> (2004).
5. Hadjiev D., Sabiri N. E., Zanati A., “Mixing time in bioreactors under aerated conditions”, *Biochemical Engineering Journal*, 27, 323–330 (2006).
6. J.S. Huang., Wu C.S., Chen C.M., “Microbial activity in a combined UASB–activated sludge reactor system”, *Chemosphere*, 61, 1032–1041 (2005).
7. Yamada Y., Y. Kawase, “Aerobic Composting of Waste Activated Sludge: Kinetic Analysis for Microbiological Reaction and Oxygen Consumption”, *Research Center for Biochemical and Environmental Engineering*, (26): 49–61 (2006).
8. S. Gillot, S. Capela-Marsal, M. Roustan, A. Heduit, “Predicting Oxygen Transfer of Fine Bubble Diffused Aeration Systems—Model issued from Dimensional Analysis”, *Water Research*, 39, 1379–1387 (2005).
9. Değirmenci M., Altın A., Altın S., “Atıksu Miktarı ve BOİ5 Kirlilik Yükünün, Havalandırma Havuzu İlk Yatırım ve Enerji Maliyetlerine Olan Etkisinin İncelenmesi”, *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2 (1): 1-12 (2000).
10. Tuna, M., Kınacı, C., Sarıkaya, H., Eroğlu, V., “Türkiye’deki Atıksu Arıtma Tesisleri İçin Maliyet İndeksi Geliştirme Esasları”, *Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi*, 9(2): 9-16 (1999).
11. Dulkadiroğlu, H., Yüceer, A., “Aktif Çamur Atıksu Arıtma Tesislerinde Maliyet Analizi”, *Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi*, 11(1):33-42 (2001).

12. Çalışkan M., Değirmenci M. Çiner F., “Kot Boyama Tekstil Atıksuyunda Kalıcı KOİ’nin Belirlenmesi”, *DEÜ Fen ve Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 4 (1): 1-9 (2002)
13. Muslu, Y.,”Atıksu Arıtım”, *İTÜ Yayınları* , (Bölüm 21), İstanbul, 413-419 (1998).
14. Berkün M., “Atıksu Arıtma ve Deniz Deşarjı Yapılar”, *Seçkin Yayınları*, Ankara, 17-32 (2006).
15. Arceivala, S., J, “Wastewater Treatment for Pollution Control”, Çeviri Editörleri Balman A. H., Balman V., *Tata Mc Graw-Hill Publishing Company New Delhi*, 14-17,117-190 (2002)
16. Atıksu Arıtma Tesisleri Proses, İşletme , Bakım El Kitabı, *İller Bankası*, Ankara, Bölüm 1, 5-17 (1989).
17. Eroğlu V., Atıksuların Tasfiyesi, *Su Vakfı Yayınları*, İstanbul: 3-4, 86-88 (2002).
18. Güler Ç., Çobanoğlu Z. “İnsan ve Hayvan Atıkları, Sıvı Atıklar”, *T.C. Sağlık Bakanlığı*, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, No 28, 29-30 (1994).
19. Umdü M., “Arıtma Tesislerinin İşletme Problemleri ve Çözüm Önerileri”, Bitirme Ödevi, *Harran Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü*, Şanlıurfa 35-36 (2002).
20. Öztürk İ., “Anaerobik Biyoteknoloji ve Atık Arıtımındaki Uygulamaları”, *Su Vakfı Yayınları*, İstanbul, 1-5 (1999).
21. İslam B., “Ekoloji Terimleri Sözlüğü”, *Birleşik Yayıncılık*, No 101, İstanbul, 33 (2000).
22. İnternet: Çevre ve Orman Bakanlığı, “Su ve Atıksu Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi” http://www.labcevreorman.gov.tr/hie/su_degerlendirme.pdf.(2008).
23. İnternet: İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Başkanlığı, “ Tuzla Atıksu Arıtma Tesis” <http://www.iski.gov.tr/arasayfalar.php?tuzla> (2008).
24. İnternet: İzmir Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, “Güneybatı Atıksu Arıtma Tesis” <http://www.izsu.gov.tr/indextr.htm> (2008).
25. İnternet: Antalya Su ve Atıksu İdaresi Genel Müdürlüğü, “ Hurma Atısu Arıtma Tesis” , <http://www.asat.gov.tr/?page=pages&PID=301> (2008).

26. Çevre ve Orman Bakanlığı, “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği” (Son değişiklik ile 13 Şubat 2008 Tarih ve 26786 Sayılı Resmi Gazete)
27. İnternet:Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi, <http://www.aski.gov.tr/yonetmelikler/atiksudesarjyonetmelik.htm>
28. Özalkan F.N., “ASKİ Atıksu Özellikleri ve Arıtma Sisteminin Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri**, Ankara, 60-61 (2005).
29. İnter: Öztürk M., “Fakültatif Havuzlarda Evsel Atık Su Arıtımı”, **Çevre ve Orman Bakanlığı**, <http://www.cevreorman.gov.tr/belgeler3/havuz.doc> Ankara (2006).
30. Gürtekin E., Şekerdağ N. “Aktif Çamur Proseste Aşırı Çamur Üretimini Azaltmak İçin Kullanılan Yöntemler”, **Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi**, Cilt 11(1):3 (2006).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : BODUROĞLU, H. Berivan
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 15.07.1980-Altındağ
Medeni hali : Bekar

Eğitim

<i>Derece</i>	<i>Eğitim Birimi</i>	<i>Mezuniyet tarihi</i>
Lisans	Harran Üniversitesi/ Çevre Müh.	2003
Lise	Çankaya 50. Yıl Lisesi	1996

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Boduroğlu B., Erkal G., İşkol M., “Metal Talaşı Atığının Minimizasyonu ve Çevresel Etkileri”, *II. Döküm ve Çevre Sempozyumu ve Sergisi, Yıldız Teknik Üniversitesi*, 77-82 (2007).

Hobiler

Yüzme, Bisiklet, Çevre Teknolojileri Fuar ve Sempozyumları