

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kevser DEMİRÖZ

**HAD (HESAPLAMALI AKIŞKANLAR DİNAMİĞİ) BİLGİSAYAR
MODELLEMESİ KULLANILARAK ANOKSİK TANK HİDROLİĞİNİN
İNCELENMESİ**

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2006

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HAD (HESAPLAMALI AKIŞKANLAR DİNAMİĞİ) BİLGİSAYAR
MODELLEMESİ KULLANILARAK ANOKSİK TANK HİDROLİĞİNİN
İNCELENMESİ**

Kevser DEMİRÖZ

YÜKSEK LİSANS

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**Bu tez 20/09/2006 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği İle
Kabul Edilmiştir.**

İmza
Doç. Dr. Fuat BUDAK
DANIŞMAN

İmza
Prof. Dr. Ahmet YÜCEER
Üye

İmza
Yrd. Doç. Mustafa MAMAK
Üye

Bu tez Enstitümüz Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr Aziz ERTUNÇ
Enstitü Müdürü
İmza-Mühür

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HAD (HESAPLAMALI AKIŞKANLAR DİNAMİĞİ) BİLGİSAYAR
MODELLEMESİ KULLANILARAK ANOKSİK TANK HİDROLİĞİNİN
İNCELENMESİ**

Kevser DEMİRÖZ

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman: Doç. Dr. Fuat BUDAK
Yıl : 2006 Sayfa: 62
Jüri : Doç. Dr. Fuat BUDAK
Prof. Dr. Ahmet YÜCEER
Yrd. Doç. Dr. Mustafa MAMAK

Bu çalışma, HAD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) modelinin atık su arıtma sistemlerinde mevcut ekipmanların tasarımının ve sistem çalışma veriminin geliştirilmesindeki uygulanabilirliğini göstermektedir. Bu çalışmada, daha önce HAD kullanılarak modellenmesi yapılmış ve hidrolik davranışı incelenmiş olan İsveç'in Göteborg şehrinde yer alan atık su arıtma tesisindeki anoksik tank, HAD modeli yardımı ile geometrisi, mikserleri ve giriş profili geliştirilmesi amaçlanarak tekrar ele alınmıştır. Tank 60 m uzunluğunda, 10.85m derinlikte ve 6.1m genişliktedir. Tank üzerinde, hidrolik alıkonma süresi ve dağılımı eğrisi oluşturmak amacıyla yapılan tam ölçekli izleyici testlerinden çıkan sonuçlardan elde edilen grafikler kullanılarak modelleme sonuçları karşılaştırılmıştır. İnceleme sonucunda 3 farklı sonuç değerlendirilmiştir. Daha önce kullanılan basit geometriden elde edilen modelleme sonucu, geometrisi, giriş profili geliştirilmiş 0,55 m/s ve 1,1 m/s'lik mikser hızlarının kullanıldığı 2 yeni modelleme sonucu, tam ölçekli izleyici testleri sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: HAD, Hidrolik alıkonma süresi ve dağılımı eğrisi, Anoksik Tank

ABSTRACT

M.Sc. THESIS

INVESTIGATION OF ANOXIC TANK HYDRAULICS BY USING CFD(COMPITAIONAL FLUID DYNAMICS) MODEL

Kevser DEMİRÖZ

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Fuat BUDAK
Year : 2006 Pages: 62
Jury : Asc. Prof. Dr. Fuat BUDAK
Prof. Dr. Ahmet YÜCEER
Asist. Prof. Dr. Mustafa MAMAK

This study shows how CFD (Compitaional Fluid Dynamics) can be helpful in order to improve the design of existing water treatment plants and the process efficiency. 3D Compitaional Fluid Dynamics (CFD) modelling used in previous project for investigating hydraulic behaviour in denitrifying activated sludge tank at the Rya Wastewater Treatment Plant (WWTP) was improved in terms of geometry, inlet profile and the mixers. Tank is 60 m× 6.1m and has a depth of 10.85m. Full scale tracer test was done to create Residence Time Distribution Curve (RTD), and results from that was compared to CFD results. The results showed different curves when compared RTD curves obtained from tracer test to CFD modelling results. It was aimed to improve the geometry by using CFD model. At the end of the study, 3 different results compared; result from simple geometry used in the previous project for CFD, result from improved geometry , channel and mixers (0,55m/s), and result from improved geometry, channel and mixers (1.1m/s)

Key Words : CFD, RTD Curve, Anoxic Tank

TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca zengin bakış açısıyla beni aydınlatan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Fuat BUDAK'e yüksek lisans tez çalışmamda gösterdiği ilgi ve sabrından dolayı teşekkür ederim.

Sayın hocam Robert Kjellstrand 'a da tez dönemimdeki yardımları için çok teşekkür ederim. Ayrıca İsveç'teki Höskolan i Boras Üniversitesine de tez verilerimi elde etmemde gösterdikleri yardım için ayrıca teşekkür ediyorum. Tez verilerimi toparlamak için bana yurt dışı imkanı sağlayan erasmus programına teşekkürlerimi sunarım.

Beni engin bilgi ve tecrübeleri ile aydınlatan ve destekleyen hocam, Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Ahmet YÜCEER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çukurova Üniversitesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalına ve bütün hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Fikirleri ile beni destekleyen tüm bölüm hocalarıma ve asistan arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Maddi ve manevi her konuda beni destekleyen, sonsuz sevgi ve ilgisini esirgemeyen sevgili aileme ve arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

ÖZ I

ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
1. GİRİŞ	1
1.1. Reaktör Tasarımı ve Önemi.....	3
1.1.1. Reaktör Boyutlandırma Kriterleri.....	4
1.2. Atık Su Özellikleri	7
1.2.1. Atık suların Fiziksel Özellikleri	8
1.2.1.1. Akım	8
1.2.1.2. Katı Madde.....	9
1.2.1.3. Sıcaklık	11
1.2.1.4. Renk.....	12
1.2.1.5. Koku	12
1.2.1.6. Bulanıklık.....	13
1.2.1.7. İletkenlik	14
1.2.2. Atık suların Kimyasal Özellikleri	15
1.2.2.1. Atık Suyun Organik Bileşenleri	15
1.2.2.2. Atık sulardaki Organik Bileşenlerin Tayini	17
1.2.2.3. Atık suyun İnorganik Bileşenleri	22
1.3. Atık su Arıtma Metotları	27
1.3.1. Bazı Biyolojik Arıtma Metotları.....	27
1.3.1.1. Aktif Çamur Metodu	28
1.3.1.2. Nitrifikasyon –Denitrifikasyon	34
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	38
3. MATERYAL VE METOT	41
3.1. Materyal.....	41

3.1.1. Rya Atık Su Arıtma Tesisi	41
3.2. Metot.....	43
3.2.1. HAD(Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği).....	43
3.2.1.3. Matematik Modeli	45
3.2.1.4. Hesaplama Yöntemi	48
3.2.2. Tam Ölçekli İzleyici Testleri.....	49
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	53
4.1. HAD Modelleme Sonuçları	53
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	57
KAYNAKLAR.....	59
ÖZGEÇMİŞ.....	62

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Atık su Arıtma Tesislerinde Kullanılan Başlıca Reaktör Tipleri (Şengül ve Küçükgül, 1990).....	6
Çizelge 1.2 Atık suda bulunabilen kirleticiler (Metcalf&Eddy, 1991)	8
Çizelge 3.1. İzleyici testi sonuçları.....	51

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1.1 Atık sudaki katı maddenin zamana bağlı çökelme hızı (Metcalf&Eddy)	10
Şekil 1.2. Atık su katı madde içeriğinin sınıflandırılması ve sınıflandırma yöntemi. .	11
Şekil 1.3 Bir atık su numunesinde karbon ve azot kaynaklı BOİ değerinin zamana karşı değişimi (Metcalf & Eddy, 1991).....	19
Şekil 3.1. Rya Atık Su Arıtma Tesisi Akım Şeması.....	42
Şekil 3.2 Anoksik Tankın Geometrisi	46
Şekil 3.3 Tank Giriş Yapısındaki Debi Dağılımı	47
Şekil 3.4 Anoksik Tankın Sayısal Ağ Oluşumu.....	49
Şekil 3.5 İzleyici testleri sonucunda elde edilen hidrolik alıkonma süresi ve dağılımı eğrisi.....	52
Şekil 4.1. Reaktör içindeki akışın “çizgi profil” ile gösterimi	53
Şekil 4.2. Reaktör içindeki akışkan hızının kesit profili ile gösterimi	53
Şekil 4.3. İzleyici maddenin tank içerisinde 12.5. dakikadaki konsantrasyonu.....	54
Şekil 4.4. İzleyici maddenin tank içerisinde 12.5. dakikadaki konsantrasyonunun grafiksel gösterimi	54
Şekil 4.5 HAD sonuçlarının izleyici testleri sonuçları ile karşılaştırılması	55

1. GİRİŞ

Atık su ve içme suyu arıtma tesisleri merkezi alt yapı sistemlerinin önemi yakın gelecekte çok önemli miktarda artmış olacaktır. Arıtma tesislerinin mümkün olduğu kadar verimli çalıştırılması hedeflenerek projelendirilmeleri önemlidir. Bu sektördeki artan canlılık, deneyimli tasarımcılar üzerinde baskı oluşturmaktadır. Verimli bir tasarım oluşturmak ve aynı zamanda var olan sistem ekipmanlarını denetlemenin bir yolu modern bilgisayar yöntemlerinin kullanılmasıdır.

Bütün içme suyu ve atık su arıtma tesisi tasarımında dikkat edilen en önemli faktörlerden bir tanesi su akımıdır. Bazı prosesler tam karışmış bir akım gerektirirken (aktif çamur tesisleri, kimyasal dozlama üniteleri ve anaerobik yoğunlaştırıcılar), bazı prosesler piston akım gerektirir (kum filtreleri, durultucular, ozonlama, aktif karbon ve iyon değişimi yöntemlerini kapsayan adsorpsiyon üniteleri ve DAF ünitesi).

Bazı sistemler ise, nutrient giderimini esas alan aktif çamur sistemleri gibi, her iki akım rejimine birlikte ihtiyaç duymaktadır.

Laboratuar koşullarında yapılan deneyler ideal akım koşullarının altında gerçekleşmektedir ve bunlar, büyük zorluklar içerdiğinden tam ölçekli tesislere taşınmamaktadır. Mesela, durultucular üzerinde yapılan incelemeler sonucunda, yüzey akım hızının aşırı değerlere çıktığı belirtilmiştir. Durultucularda akım hızı çok önemlidir ve durultuculardaki askıdaki kati madde konsantrasyonunu korumak için sabit bir değerde tutulması gerekmektedir. Eğer daha kararlı yüzey akışını sağlamak için durultuculara makul perde sistemleri eklenerek veya durultucu giriş veya çıkış ağzlarını modifiye ederek durultucu boyunca akış dağılımı geliştirilebilirse, durultucular ya aynı akımda daha iyi kalitede sonuç verir veya artan akımda yeni kalite seçeneği oluşturur. Bu da ya işletme masraflarını düşürür veya bakım masraflarını minimize eder.

Daha önce yapılan çalışmalarda tanımlanan bazı tekniklerle ekipmanlar içerisindeki bütün akım dağılımı belirlenebilmiştir. Fakat bu teknikler, elverişsiz akımlardan kaynaklanan problemlerin tespitine yöneliktir, problem çözücü teknikler değildir. HAD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) modellemesi, hem problem tespiti

yapmakta hem de problemi çözmek için uygulanabilir yöntemler hakkında bize fikir vermektedir.

Örneğin, *Research on the Design Criteria for Cross-flow Microfiltration*(Water Research Commission Project, Project no:363.) adlı çalışmada HAD kullanılması en uygun problem çözücü teknik olarak belirlenmiştir. Bu projede, bir arıtma tesisindeki anaerobik yoğunlaştırıcılardaki artan askıdaki katı konsantrasyonu üzerinde deneyler yürütülmüştür. Burada endişe duyulan husus, artan çamur akış hızının çamur karakterinde meydana getireceği etkileridir. Çamur yoğunlaştırıcı hacmi göz önüne alındığında, bu konu üzerinde yapılacak deneysel araştırmalar çok zor ve maliyetli olacaktır. Bu etkilerin tahmini ve karışımı iyileştirmek için uygulanması düşünülen yöntemlerin hesaplanması için HAD modellemesi kullanılmıştır. Sistemdeki daha önce gözlemlenen belirtiler, sistemdeki çamur hidrolik alıkonma süresinin, hedeflenen hidrolik alıkonma süresinden oldukça az olmasıdır. Yoğunlaştırıcı hacminin verimli bir şekilde kullanılamadığı sonucuna varılmıştır. HAD bu hacmin mümkün olduğunca tatmin edici sonuçlar verebilmesi için yararlı kullanılması konusunda izlenilmesi gereken yolların tahmininde yardımcı olmuştur. HAD'ın kullanıldığı bu tarz projelere çok daha fazla örnek verilebilir.

Bu çalışmada İsveç'in Göteborg şehrindeki Rya Atık su Arıtma Tesisindeki aktif çamur tanklarının hidroliğinin HAD modellemesi yardımı ile incelenmesi amaçlanmaktadır.

Bilindiği gibi kurulu arıtma tesislerinin iyileştirilmesi gittikçe önem kazanmaktadır. Elverişsiz hidrolik durumlar tankların verimli bir şekilde kullanımını azaltabilmekte ve böylece arıtılmış atık suyun daha fazla oranda çökelti içermesine yol açabilmektedir. Bu, özellikle atık sudaki karbon kaynağının denitrifikasyon işlemi için yetersiz olduğu yüksek yüklemeli aktif çamur sistemlerinde oldukça önemli olabilir. Bu karbon yetersizliğini karşılamak için genellikle etanol eklenir. Elverişsiz hidrolik durumlar ise eklenmesi gereken etanol miktarının artışına sebep olabilir. Bilindiği gibi etanol oldukça pahalı bir ürün olmasından dolayı böyle bir durum istenmemektedir. Bu yüzden var olan atık su arıtma sistemi ekipmanlarının verimli bir şekilde işletilebilmesi önem kazanmaktadır.

Geçmişte, alıcı ortama ulaşan atık su arıtma tesisi çıkış sularında çözünmüş organik madde giderimi üzerinde durulmuş, günümüzde ise alıcı ortamda ötröfikasyona sebep olan ve ortamın kalitesini bozan, azot ve fosfor gibi nütrientlerin giderimine yönelik uygun arıtma yöntemleri üzerinde durulmaktadır. Atık su arıtma sistemlerinin iyileştirilmesinin temel amacı genellikle işletme masraflarını düşürmek ve çıkış suyu kalitesini yükseltmektir. Kurulmuş olan atık su arıtma tesisleri sisteme yeni teknolojiler ekleyerek düşük maliyetli ve etkin biçimde iyileştirilebilir.

Kurulmuş olan atık su arıtma sistemlerinin iyileştirilmesi oldukça düşük maliyetli ve iyi çıkış suyu kalitesi vermesi açısından önemlidir.

İyileştirme:

- Anoksik zonun eklenmesi
- Bağlı film sistemlerinin ve askıda sistemlerinin birlikte kullanılabilirliği,
- Damlatmalı filtrelerin eklenmesi,
- Damlatmalı filtre ve aktif çamur sistemlerinin birlikte kullanımı,
- Damlatmalı filtrelerin iyileştirilmesi (nitrifikasyonlu damlatmalı filtreler ve damlatmalı filtre ortamının değiştirilmesi seçeneklerinden oluşabilir.

Bu çalışmada İsveç ülkesinin Göteborg şehrinde yer alan iyileştirilmiş Rya Atık Su Arıtma Tesisi üzerinde çalışılmıştır. İyileştirilme sonrasında; çıkış suyu kalitesi istenilen standart değerlere çok yakın olduğu saptanmıştır. Bu problemin kaynaklarını araştırmak üzere çalışmalar yürütülmektedir. Bu kaynaklardan bir tanesinin aktif çamur sistemindeki reaktörlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu doğrultuda, Rya Atık su Arıtma Tesisi Anoksik Tankın HAD Bilgisayar Modeli kullanılarak incelenmesi ve daha önce yapılmış modellemesinin geliştirilmesi çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

1.1. Reaktör Tasarımı ve Önemi

Reaktör kelime anlamıyla kimyasal reaksiyonların meydana geldiği yer anlamına gelmektedir. Çevre mühendisliğinde atık maddelerin içinde arıtıldığı tanklara veya havuzlara reaktör denilmektedir. Reaktörler içerisinde gerçekleşen

reaksiyonun türüne göre seçilirler. Kimyasal reaksiyonlarda önemli olan husus istenen verimin elde edilmesidir.

İstenilen verimi elde edecek reaktör türünü seçmek çevre mühendisliği uygulamalarında çok önemli bir noktadır. Atık suların arıtımında istenilen deşarj kriterini sağlamak için fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtmayı sağlayabilecek reaktörlerin seçimi çok önemlidir. Atık sularda fiziksel arıtmayı sağlayan reaktörlere, kum tutucular, dengeleme havuzları, çökeltim havuzları, kimyasal arıtmayı sağlayan reaktörlere, hızlı ve yavaş karıştırma tankları, biyolojik arıtma reaktörlerine ise aktif çamur havuzları, oksidasyon havuzları, damlatmalı filtreler örnek olarak verilebilir.

1.1.1. Reaktör Boyutlandırma Kriterleri

Reaktörlerin boyutlandırılması, reaktörün çalışma koşullarının ve hacminin belirlenmesi demektir. Reaktör seçimindeki en önemli unsur reaktör içerisinde gerçekleşen reaksiyonun türüdür.

Reaktör içerisinde gerçekleşen reaksiyona etki eden faktörler:

1. Ortam sıcaklığı
2. pH değeri
3. Basınç
4. Madde derişimi
5. Bekleme süresi
6. Karıştırma gücü ve süresi

Yukarıda sıralanan faktörler reaktörlerin boyutlandırma kriterlerini oluşturmaktadır.

Atık su arıtımında meydana gelen birçok reaksiyon yavaş gerçekleştiğinden kinetik hususlar önemlidir.

$$\frac{dC_A}{dt} = \pm KC_A^n$$

Yukarıdaki denklemde,

C_A = Reaksiyona uğrayan maddenin konsantrasyonu

A, K = Birim zamandaki reaksiyon hızı katsayıları

n = Reaksiyon derecesi (n=1 ise 1. derece, n=2 ise 2. derece)

Bu bağıntı ile konsantrasyon değişim hızının reaksiyona uğrayan maddenin konsantrasyonuna oranı hesaplanabilir.

K değerine etki eden faktörler:

- Isı
- Ortamda katalizör olup olmadığı
- Ortamda toksik madde olup olmadığı
- Besinlerin ve “büyüme faktörleri”nin bulunabilirliği

Reaktör tasarımında dikkat edilmesi gereken en önemli husus, reaktör çevresinde boyutlandırmaya esas olan kütle ve enerji korunum denklemlerinin oluşturulmasıdır. Reaktöre giren, reaktör içinde dönüşüme uğrayan ve reaktörü terk eden maddeler arasında stokiyometrik dengeler kurularak reaktör hacimlerini, reaktörde gerekli olan bekleme sürelerini ve reaksiyon dönüşüm verimlerini hesaplamak mümkündür.

Reaktörleri, çalışma şartlarına, şekillerine ve reaksiyon karışımındaki faz sayısına göre sınıflandırmak mümkündür.

1. Çalışma şartlarına göre
 - Kesikli (batch) reaktörler
 - Sürekli reaktörler
2. Şekillerine göre
 - Piston akımlı reaktörler
 - Tam karışımli reaktörler
3. Reaksiyon karışımındaki faz sayısına göre
 - Homojen (tek fazlı) reaktörler
 - Heterojen (çok fazlı) reaktörler

Çizelge 1.1 Atık su Arıtma Tesislerinde Kullanılan Başlıca Reaktör Tipleri (Şengül ve Küçükgül, 1990)

Reaktör Tipi	Özellikleri
Kesikli	Reaktöre akım giriş ve çıkışı yoktur. Reaktörün sıvı içeriği tam karışımıdır.
Piston Akımlı	Akışkan tanecikleri tank boyunca ilerlemekte ve aynı yönde deşarj edilmektedir. Tanecikler teorik bekletme süresine eşit sürede tankta kalırlar. Boyuna dispersiyon çok küçük veya minimumdur. Reaktörde uzunluk/genişlik oranı büyüktür.
Sürekli Akışlı Tam Karışımı	Tanecikler tanka girdiğinde tam karışım olur ve derhal tank içinde dağılırlar. Tanecikler, değişimleriyle orantılı olarak tankı terk ederler. Yuvarlak veya kare tanklarda tam karışım teşekkül eder.
Gerçek Akımlı(Adi akımlı)	Adi akımlı veya gerçek akımlı reaktörlerde piston akım ile tam karışımı reaktörler arasında yer alan bir kısmı karışım meydana gelir.
Paket Yataklı	Paket yataklı reaktörler değişik dolgu malzemeleriyle doldurulur.(Kaya, kömür, seramik veya plastik vb.)Anaerobik filtre veya kesikli çalıştırılan damlatmalı filtre, paket yataklı reaktördür.
Akışkan Yataklı	Bu reaktörler pek çok yönden paket yataklı reaktörlere benzerler. Fakat paket ortamı akışkanın (hava veya su) yukarı doğru hareketiyle genişler. Paket ortamının porozitesi, akışkanın akış hızını kontrol etmek suretiyle değiştirilebilir.

1.2. Atık Su Özellikleri

Atık su toplama, arıtma, bertaraf işlemlerinin planlama ve işletmesi ile çevre kalitesinin verimli bir şekilde yönetimi için temel parametrelerden birçoğunu belirleyen atık su özelliklerinin tam olarak belirlenmesi ve anlaşılması, çevre kalitesinin sürdürülebilirliği için büyük önem arz etmektedir. Bu amaçla ilk olarak arıtmada önemli rol oynayan parametrelerin bilinmesi ve belirlenmesi gerekmektedir. Bu parametrelerin kirleticilik özellikleri, kirlilme-yok olma mekanizmaları, çevre bileşenlerine etki mekanizmaları, arıtılabilir potansiyelleri, arıtılma metodolojileri ile arıtılma mekanizmaları bilgileri, çevre kalitesinin yüksek tutulması amacı ile uygulanacak proses ya da proseslerin belirlenmesi ve işletilmesi için olmazsa olmaz verilerdir. Önemli kirleticilerin, geçmiş tecrübelerden elde edilen, profilleri Çizelge 1.2’de özetlenmiştir.

Konunun daha net ifade edilebilmesi için bu kirleticilik özellikler fiziksel ve kimyasal özellikler olarak iki ayrı başlık altında değerlendirilmekte, biyolojik özellikler bu çalışmanın kapsamı dışında kaldığından incelenmemektedir.

Çizelge 1.2 Atık suda bulunabilen kirleticiler (Metcalf&Eddy, 1991)

Kirleticiler	Önem Sebebi
Askıda katı maddeler	Atık suyun alıcı su ortamına arıtılmadan verilmesi halinde çamur birikimi ve anaerobik oluşuma sebep olabilir.
Biyolojik olarak çözülebilen maddeler	Atık sular, temel olarak BOİ ve KOİ cinsinden ifade edilen, biyolojik olarak çözülebilir maddeler içerirler. Atık sular bu içeriklerinden dolayı arıtılmadan alıcı ortama verilmesi halinde, sebep olabilecek biyolojik faaliyetler ortamdaki doğal oksijen konsantrasyonunu düşürerek, ortam eko-sistemini bozabilir ve septik oluşuma sebep olabilir.
Patojenler	Arıtılmadan alıcı ortama verilen atık su içerisindeki patojenler bulaşıcı hastalıkların toplum sağlığı sorunlarına sebep olabilir.
Besi değeri olan maddeler	Karbonla beraber yaşam için gerekli olan fosfor ve azot içeren atık sular su ortamına verilmesi halinde su içinde istenmeyen hayat formlarının gelişmesine sebep olurlar. Aynı zamanda yoğun miktarda besin değeri içeren atıklar arazi üzerine serilmesi halinde yeraltı suyunun kirlenmesine de sebep olabilir.
Öncelikli kirleticiler	Gösterdiği etkiye göre sınıflandırılan bu maddeler kanserojen ve toksik etkiye sahip yada sahip olma potansiyeli görülebilir. Bu maddelerin çoğu atık sularda mevcuttur.
Parçalanması zor organik maddeler	Bu maddeler klasik arıtma yöntemleriyle parçalanmaya direnç gösterirler, aynı zamanda doğal hayata zararlı ihtimali mevcuttur.
Ağır metaller	Ağır metaller ağırlıklı olarak ticari ve endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanmaktadır. Suyun tekrar kullanılma ihtimali olan bir alıcı ortama deşarjı halinde ağır metallerden arındırılması şarttır.
Çözülmüş inorganikler	Kalsiyum, sodyum, sülfat gibi inorganikler suyun evsel kullanımdan da kaynaklanabildiği gibi endüstriyel faaliyetler sonucunda da atık suya dahil olurlar.

1.2.1. Atık suların Fiziksel Özellikleri

1.2.1.1.Akım

Arıtma tesisi planlamasında ilk ve temel adım atık su debisinin tespit edilmesidir. Bu kolay ve belki de önemsiz görünen bu adım aslında atık su arıtımının temel kıstası olan ekonomik ve verimli sistem planlaması yapmayı mümkün yada imkânsız kılar. Ekonomi ve performans dengesinin iki ayağının da sağlam tutulabilmesi için debi karakterinin tayininin yapılması şarttır.

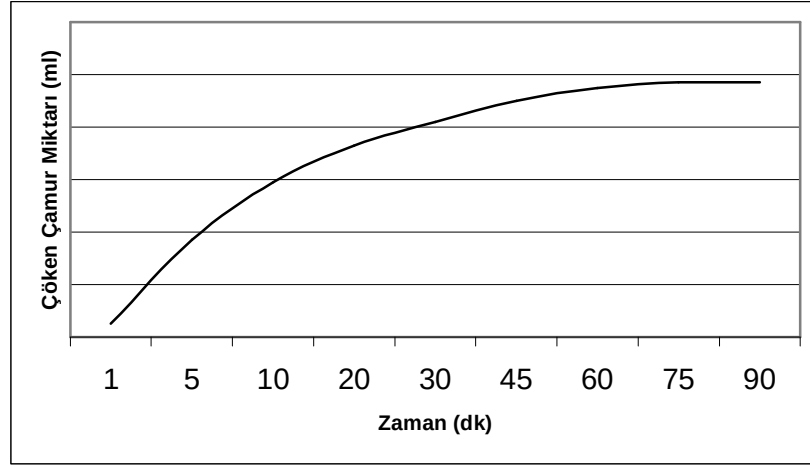
Atık su toplama sistemlerinin debi özellikleri bazı faktörlerin etkisiyle bölgeden bölgeye değişim göstermektedir. Bu faktörler bölgenin;

- Nüfusu
- Mevcut atık su toplama sisteminin yapısı (ayrık, birleşik, eski,..)
- İklim koşulları
- Bölgede yaşayan insanların ekonomik, kültürel, sosyal yapısı ve alışkanlıkları
- Bölge insanının yaşam standartları
- Tarım alanlarının varlığı
- Kanalizasyon şebekesine atık su veren endüstriyel kuruluşlar ve bu kuruluşların sektörel özellikleri
- Coğrafi özellikleri (bitki örtüsü, yeraltı suyu yüksekliği, zemin eğimi, toprak özellikleri,) gibi parametrelere bağlıdır.

1.2.1.2.Katı Madde

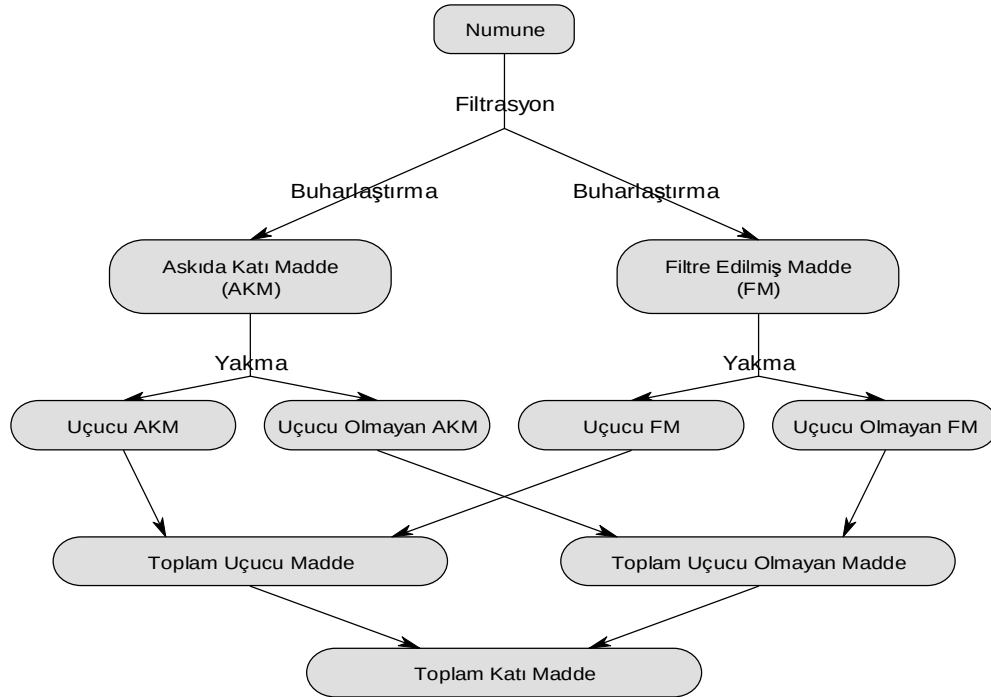
Toplam katı madde, yüzen, çökebilir, kolloid ve çözünmüş maddelerin toplamından oluşur. Toplam katı maddenin deneysel olarak atık suyun 103°C ila 105°C’ de buharlaştırılmasından artakalan katı olarak ifade edilmektedir.

Çökebilir madde miktarı ise arıtma için çok önemli bir parametredir. Bu parametre ön çökeltme işleminde çökecek olan madde miktarını ve çöken çamurun karakteristiğini verir. Çökebilir maddenin deneysel tanımı ise, 60 dakikalık zaman diliminde Imhoff konisinde çöken madde miktarıdır. Her atık su farklı çökebilir madde karakteri gösterse de, Imhoff konisindeki zamana bağlı çökme grafiğinin karakteristik eğrisi Şekil 1.1’de verilmiştir.



Şekil 1.1 Atık sudaki katı maddenin zamana bağlı çökelme hızı (Metcalf&Eddy)

Toplam katı madde filtre edilebilen ve filtre edilemeyen (askıda) maddeler olarak da sınıflandırılabilir. Bu ayrımı yapabilmek için genellikle 1,2 μm açıklıklı cam elyafı (Whatman GF/C) filtre kullanılır. Ayrılan bu maddeler ayrıca uçucu olup olmamasına bağlı olarak bir defa daha sınıflandırılabilir. Uçucu olan ve olmayan madde miktarının tayini için örnek 500–600°C’de yakılır. Toplam katı maddelerin ilk adımdan itibaren sınıflandırılması Şekil 1.2’de verilmiştir.



Şekil 1.2. Atık su katı madde içeriğinin sınıflandırılması ve sınıflandırma yöntemi.

1.2.1.3. Sıcaklık

Atık su ev ve endüstriyel kullanım esnasında ısıtıldığından, çoğu zaman içme suyu sıcaklığına nazaran yüksektir. Aynı zamanda, suyun ısınma ısısı havanınkinden çok yüksek olması sebebiyle, yazın sıcak günleri haricinde yerel hava sıcaklığından da yüksektir. Bölgenin coğrafyası ve suyun kullanım özelliklerine (termik santralde soğutma suyu olarak kullanılması gibi) bağlı olarak atık suyun sıcaklığı 10 ila 21°C arasında değişim göstermektedir. Karakteristik sıcaklık çoğu durumda 15,6°C olarak alınmaktadır (Metcalf & Eddy, 1991).

Atık suyun sıcaklığı, kimyasal reaksiyonlara zemin hazırlaması ve reaksiyon hızını artırması ve su yaşamı ile doğrudan ilgili olup yüksek bir etkileme potansiyeline sahip olduğundan önemli bir parametredir. Ayrıca yüksek sıcaklıkta oksijen, su içerisinde soğuk suya nazaran daha az çözünür. Buna yüksek sıcaklıkta artan kimyasal ve biyolojik reaksiyonların artan oksijen harcaması da eklenince, sıcak su ortamında oksijen miktarı hızlı ve ciddi bir düşüş gösterecektir. Alıcı su

ortamına verilen yüksek hacimli ısıtılmış su bu etkiyi oldukça arttıracaktır. Ayrıca alıcı ortamın doğal ısınıı değiştirmek, oksijen yetersizliği de eklenince ortamdaki hayat formları ölecektir. Çok yüksek sıcaklıklarda ise bunların yerine istenmeyen su bitkileri ve mantarlar yerleşecek ve doğal denge tamamıyla bozulacaktır.

Atık su arıtma tesisi açısından bakıldığında ise sıcaklığın arıtma üzerinde ihmal edilemeyecek bir etkisi vardır. Yukarıda bahsedildiği gibi oksijen çözünürlüğünün sıcaklıkla değişmesinin yanında biyolojik faaliyetlerin de sıcaklıkla değişmesi atık sudaki sıcaklık parametresinin önemini arttırmaktadır.

1.2.1.4.Renk

Renk atık suyun mevcut durumunun tarif edilmesinde kullanılır. Evsel atık suyun üretildikten hemen sonraki rengi genel olarak açık gri-kahverengindedir. Ancak toplama sisteminde ilerledikçe içindeki aerobik ve anaerobik faaliyetler sonucunda atık su önce griden koyu griye daha sonra anaerobik faaliyetlerin domine olmasıyla beraber koyu gri ve sonunda siyah renge döner. Atık suyun bu renk çevrimi temel olarak metalik sülfidler sebebiyle olur. Anaerobik faaliyetler sonucu oluşan sülfidin metallerle tepkimeye girmesi bu malzemelerin üretimine sebep olur.

Renk doğada kendi başına bir tehlike arz etmemesine rağmen görsel kirlilik ve alışılmadık alıcı ortam rengine sebep olduğu için giderilmesi gereklidir. Rengin giderilmesi ise renk veren maddelerin parçalanması ya da atık suyun içeriğinden çıkartılması tek yoldur. Eğer renk verici organik bir madde ise, bu kolaylıkla biyolojik arıtma ile giderilebilirken aksi durumda kimyasal ya da fiziksel farklı arıtma teknikleri uygulanmalıdır.

1.2.1.5.Koku

Atık sulardaki kokular genellikle biyolojik parçalanma sonucunda çıkan kokulardan kaynaklanmaktadır. Ham atık sudan kaynaklanan koku zamanla, içeriisindeki oksijen miktarındaki düşüşle beraber, anaerobik ortam oluşması sebebiyle ortama daha dayanılmaz bir koku vermeye başlar. Atık sudaki karakteristik

koku temel olarak, anaerobik ortamda sülfatın sülfite indirgenmesiyle oluşan hidrojen sülfitten kaynaklanır. Bunun dışında endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan, ortama kendiliğinden koku veren maddeler de atık suda mevcut olabilir.

Genel olarak çok yüksek konsantrasyonda olmayan koku çevre ve insan üzerinde, rahatsız ediciliğinden başka bir etki göstermez. Ancak yüksek oranda sürekli maruz kalınması halinde psikolojik etkilenme sonucu iştahsızlık, düşük su tüketimi, solunum problemleri ve kusmaya sebep olabilir. Arıtma tesisi açısından, ortama koku verilmesinin ortaya çıkardığı en önemli problem ise mevcut veya yapılması planlanan atık su arıtma tesisinin etrafında bulunan yerleşim bölgelerinden gelen tepkidir. Birçok proje sadece bu sebepten değiştirilmiş ya da iptal edilmiştir. Ayrıca yoğun koku üreten tesislerin çalışanları da bundan olumsuz yönde etkilenmektedir.

Ortamdaki kokunun bir alet ile ölçülüp ölçeklendirilmesi zordur. Genel olarak insanların verdiği tepkiler ölçü alınır. Havadaki bazı koku kaynağı olan maddelerin konsantrasyonunu ölçen elektronik aletler mevcuttur, ancak koku veren birden fazla madde olması halinde yeterli değildir.

Ham atık suda ve arıtma esnasında ortama koku veren ana maddeler aminler, diaminler, amonyak, hidrojen sülfür, mersaptanlar (metil, etil, bütül), organik sülfidler ve skatol olarak sayılabilir.

1.2.1.6.Bulanıklık

Atık ya da doğal suyun, ışık geçirgenliği ölçülerek, su kalitesi belirleme yöntemlerinden biridir. Suyun bulanık olmasına içerdiği kolloid ve askıda katı maddeler sebep olmaktadır. Bulanıklık ve sudaki katı madde arasında tam bir ilişki olmamasına rağmen, ışık geçirgenliği, doğal ya da atık suyun kalitesinin belirlenmesinde fikir vermesi açısından, çokça uygulama bulan bir metottur. Özellikle aktif çamur sonrası ikinci çökeltme ve çamur arıtımı sonrası çıkış suyunun yeterli çökeltme karakteri gösterip göstermediğini anlamak için önemli bir metottur.

Suda bulunan kolloid ve askıdaki maddeler gelen ışığı yansıtarak ya da absorbe ederek ışığın geçmesini engeller. Bulanıklığın ölçümü de bu yolla yapılmaktadır.

Ölçüm, referans olarak alınan saf suyun aynı şartlar altında, aynı yoğunluğa sahip ışık verildiğinde, numuneden ve referanstan yansıyan ışık miktarının ölçülüp kıyaslanmasıyla yapılır.

Günümüzde bu ölçümü yapan otomatik makineler iki yöntem kullanır. Birincisi, az önce bahsedildiği gibi, numune ve referanstan saçılan ışık yoğunluğunu karşılaştırarak bulanık ölçülür. İkinci yöntem de, saçılan ışık yerine ışık kaynağının tam karşısındaki detektörler vasıtasıyla numune ve referansın içinden geçen ışığın ölçümüyle yapılmaktadır. Her iki metotta verimli sonuçlar vermektedir.

1.2.1.7. İletkenlik

İletkenlik sulu bir çözeltinin elektrik akımını taşıma kapasitesinin sayısal ifadesidir. Sıvının bu özelliği:

- İçinde herhangi bir tür iyon olması,
- İyonların toplam yoğunluğuna
- İyonların mobilite, değerlik ve görece yoğunluğuna ve
- Çözeltinin sıcaklığına bağlı olarak değişir.

İnorganik asitlerin, bazların ve tuzların iletkenliği genel olarak yüksektir. İletkenliği ölçmek için solüsyonun rezistansı kullanılır. Matematiksel ifadesi şudur:

$$R = R_s \times l / A$$

R_s : iletkenin direnci (Ωm)

R : direnç (Ω)

l : iletkenin uzunluğu (m)

A : iletkenin kesit alanı (m^2)

Rezistansın tersi alındığında numunenin iletkenlik değerini verir (R_d) ve mohm ile ifade edilir.

$$R_d = 1 / R_s = a_c / R_m$$

R_s : Spesifik direnç (bir köşesi 1 cm'lik küp şeklindeki örneğin direnci)

a_c : sabit

R_m : ölçülen direnç

Bu denklemler yardımıyla hesaplanan iletkenlik, suyun içindeki yabancı madde yoğunluğu arttıkça yüksek iletkenlik göstermesi sebebiyle, atık suyun ne kadar temizlendiğini veya kirlendiğini ölçmek için bir kıstas olarak kullanılır.

1.2.2. Atık suların Kimyasal Özellikleri

Atık suyun kimyasal özellikleri organik, inorganik materyaller ve gaz bileşenler olarak üç başlık altında incelenmektedir.

1.2.2.1. Atık Suyun Organik Bileşenleri

Organik bileşikler atık suya hayvan, bitki ve insan faaliyetleri sonucunda katılırlar. Bunlar tamamıyla doğal süreç içerisinde üretildiği gibi, endüstriyel sentezle de üretilmiş olabilirler. Doğal organik bileşikler karbon, hidrojen ve oksijenden oluşurlar. Bu elementlerin yanında azot da bazı durumlarda bileşiklerin içinde bulunabilir. Organiklerin içeriğine demir, fosfor ve kükürt az miktarda katılabilirler.

Orta kirlilikteki bir atık su örneği içindeki askıda katı maddenin yaklaşık %75'i, filtre edilebilir katının da yaklaşık %40'ı organik yapıdadır. atık suyun bileşimindeki başlıca organik grupların %40 ila %60'ı protein, %25 ila %50'si karbonhidratlar ve yaklaşık %10'u yağlardan oluşur. Atık suyun içeriğindeki en önemli bileşiklerden birisi de üredir. Ancak üre o kadar çabuk çözülüp ayrıştırılır ki nadiren taze olamayan atık su içinde bulunabilir.

Protein, karbonhidrat, yağ ve üre haricinde atık suda az miktarda da birbirinden farklı birçok çeşit sentetik organikler bulunur. Bu bileşikler basit yapıda olabilecekleri gibi çok kompleks yapılar da gösterirler. Bahsedilen bileşiklerin en önemlileri surfaktanlar, organik kirleticiler, uçucu organik bileşikler ve tarım ilaçlarıdır. Atık suya verilmekte olan sentetik organik madde çeşitleri gün geçtikçe çok hızlı bir şekilde artmaktadır ve bu durum, üretilen organiklerin biyolojik arıtımı çok yavaş olması ya da hiç olmaması yüzünden, arıtımı gittikçe daha çok zorlaştırmaktadır.

1.2.2.1.(1).Proteinler

Proteinler hayvansal yapıların temel yapıtaşdır ve bitkilerde ise protein, görece, daha az bulunur. Bütün hayvansal ve bitkisel artıklarda protein bulunur. Karmaşık yapılı organik moleküller olmalarına rağmen, proteinler biyolojik olarak çeşitli şekillerde çabuk parçalanabilirler. Proteinlerin birçok çeşidinden bir kısmı suda çözülebilir.

Yukarıda da belirtildiği gibi, tüm proteinlerde karbon, hidrojen ve oksijen ortak olarak bulunur. Proteinlerin ayırt edici özellikleri molekül büyüklüğü ve ortak elementler dışında yapısında bulunan azot, kükürt, fosfor ve demirdir. İçeriğinde yüksek oranda protein bulunan atık suların arıtımında, çürümeden kaynaklanan, yoğun koku çıkışı vardır.

1.2.2.1.(2).Karbonhidratlar

Doğada geniş bir şekilde bulunan şekerler, nişasta, selüloz ve ağaç lifleri karbonhidrat grubunu oluşturan maddelerdir. Sayılan organik bileşiklerin tamamı atık suda bulunur. Karbonhidratların karakteristik özellikleri 6 karbon atomlu yada 6 karbonlu yapıtaşlarından müteşekkil zincirler halinde olmalarıdır. Proteinler gibi, bazı türleri, özellikle şekerler, suda çözülebilirler ancak nişasta, selüloz gibi bazı türleri suda çözülmez. Şekerler hızlı bir şekilde mikroorganizmalar tarafından parçalanırlar ancak çözünmeyen karbonhidratlar mikroorganizmaların faaliyetlerine karşı daha dirençlidir. Çürümeye karşı en fazla dirençli karbonhidrat yapısı selülozdur, ancak asit ortamlarında daha rahat yaşayan mantar türleri tarafından parçalanabilmektedir.

1.2.2.1.(3).Yağlar

Atık sularda bulunan en önemli üçüncü organik yağlardır. Diğer organikler gibi karbon, hidrojen ve oksijenin değişik oranlardaki bileşikleridir. Yapıtaşları alkollü ester veya gliserin bileşikleridir.

Yağlar evsel atık suya margarin, sıvı yağ, bitki yağları, bazı meyve ve et gibi yemek atıkları olarak girerler. Atık sudaki yağ miktarını bulmak için atık su, yağların içinde çözülebildiği, triklorotrifloroetan içerisinde muamele edilir.

Yağların mikrobiyolojik parçalanma süreci içinde gliserin ve yağ asitleri olduğundan, mikroorganizmalar tarafından parçalanmaya dirençli maddelerdir. Ancak yeterli alkalinite olması halinde kolayca parçalanabilirler.

1.2.2.2. Atık sulardaki Organik Bileşenlerin Tayini

Bütün tecrübeler sonucunda, çok önemli olduğu anlaşılan atık suların içindeki organik madde miktarını ölçmek için, birçok metot geliştirilmiştir. Şu an en yaygın biçimde kullanılmakta olan organik madde tayin yolları biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ); kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve toplam organik karbon (TOK) metotlarıdır. Bu metotların tamamlayıcı yolu ise, organik maddenin kimyasal formülünden elde edilen, teorik oksijen ihtiyacıdır.

Başlıca kullanılan bu metotlar, 1 mg/l'lik yoğunluğa kadar kesin sonuç vermektedir ancak daha küçük miktarların tayini için laboratuvar amaçlı kullanılan deneyler 10^{-3} ila 10^{-12} mg/l'ye kadar kesin sonuç verebilmektedirler. Gaz kromatografisi bu deneylerden birisidir.

1.2.2.2.(1).Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı

BOİ testi, en genel kullanımıyla 5 günlük BOİ (BOİ₅), organik kirlilik ölçümünde en yaygın şekilde uygulanan metottur. En kısa tanımı ile BOİ, mikroorganizmaların organik kirleticileri parçalamaları esnasında, biyokimyasal faaliyetlerini devam ettirmek için kullandıkları çözünmüş oksijenin ölçümü ile yapılır. BOİ testinin kullanım alanları;

- Atık su arıtma tesislerinin kapasite tayini,
- Bazı arıtma ünitelerinin verimlilik ölçümleri,
- Organik maddelerin oksitlenmesi için kullanılacak olan yaklaşık O₂ ihtiyacının tespiti

Biyolojik oksidasyon işlemi yavaş ilerleyen bir prosestir. BOİ testi, bir örneğe 20 gün uygulandığında, örnek içindeki organik maddelerin oksitlenme işlemi %95 ila %99 oranında tamamlanır. Ancak testin bu kadar uzun olması uygulamada gecikmeye sebep olacağından 5 günlük BOİ testi tercih edilir ki, 5 günlük testte organiklerin yıkımı %60–70 oranında tamamlanmış olur. 20 °C’lik bir sıcaklıkta inkübasyon hem kolay sağlandığından hem de dünyanın her bölgesi için ortalama bir değer olarak kullanılması açısından uygun olacaktır.

Tecrübelerin sağladığı verilerin değerlendirilmesi sonucunda, BOİ kinetiğinin geliştirilmesinde, organik maddelerin mikroorganizmalar tarafından parçalanması işleminin 1. derece reaksiyon olduğu görülmüştür. Buna göre;

$$\frac{dL}{dt} = -kL$$

L_t : t zamanında kalan BOİ miktarı

t: zaman

k: reaksiyon hız katsayısı (zaman⁻¹)

Bu denklemin integrali alındığında;

$$\int_0^t \frac{dL}{L} = -\int_0^t k dt$$

$$L_t = L_0 e^{-kt}$$

haline gelir. Bunun dışında, t süre içinde kullanılan BOİ miktarını (Y) veren önemli bir bağlantı da;

$$L_0 = L_t + Y$$

$$Y = L_0 - L_t$$

Denklemde yerine koyarak;

$$Y = L_0(1 - e^{-kt})$$

bağlantısı elde edilir. ln yerine logaritma kullanırsak, e sayısının yerine 10 gelecek ve yeni K katsayısı $K=2,3k$ olacaktır. Yeni denklemimiz;

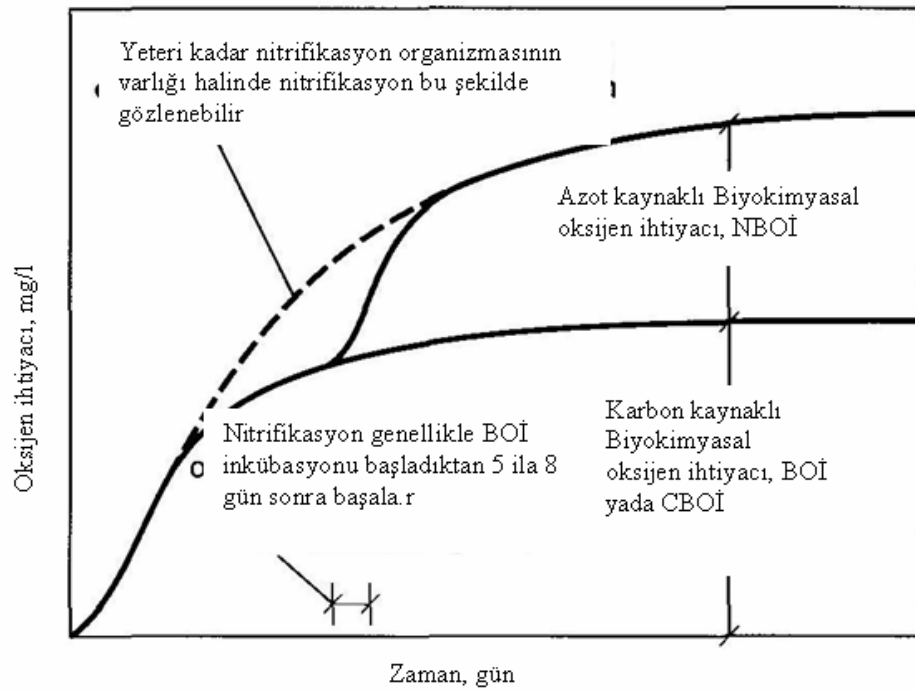
$$Y = L_0(1 - 10^{-Kt})$$

BOİ testi, uygulanması esnasında büyük bir dikkate ihtiyaç duyan hassas bir deneydir. Ayrıca tümüyle doğru uygulanması halinde dahi bazı dezavantajları vardır.

Bu dezavantajlarına rağmen yaygın bir şekilde kullanılmasının sebepleri ise alternatif metotların uygulamasının daha zor olmaları ve kompleks cihazlara ihtiyaç duymaları ile mevcut kanun, yönetmelik ve standartların BOİ üzerine yapılandırılmış olmalarıdır. Bunun yanında, mikroorganizmaların kullanmış olduğu oksijenin tahliliyle ölçüldüğünden, biyolojik arıtma tesislerindeki mekanizmaya yakın mekanizmaya sahip olması büyük bir avantajdır. Bu sebepten arıtma tesislerindeki parametrelere yaklaşık sonuçlar vermesi kullanım avantajlarından birisidir.

BOİ testinin, yukarıda bahsedilen dezavantajları şunlardır:

- Yüksek miktarda aktif mikroorganizma yoğunluğuna ihtiyaç duyulması
- Toksik içerikli bir atık suda test edilmeden önce toksisitenin giderilmesi ve nitrat bakterilerinin faaliyetlerinin engellenmesinin gerekliliği
- Sadece biyolojik olarak parçalanabilen maddelerin ölçülmesi
- Uzun zaman gerektirmesi



Şekil 1.3 Bir atık su numunesinde karbon ve azot kaynaklı BOİ değerinin zamana karşı değişimi (Metcalf & Eddy, 1991)

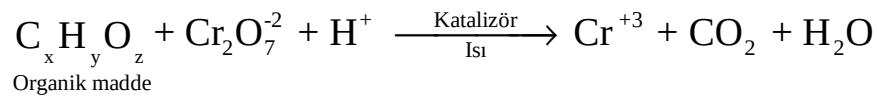
Karbon Kaynaklı Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (CBOİ)

BOİ analizinde nitrifikasyon gerçekleştiğinde, karbon kaynaklı maddelerin oksidasyonundan gelen BOİ'den daha fazla bir BOİ değeri ortaya çıkar (Şekil 1.3). Özellikle CBOİ esas alınan deşarj limitlerine uygunluk aranırken analiz esnasında sıkıntı doğacaktır. Bu durumdan kaçınmak için, numunenin içine nitrifikasyonu baskılayacak kimyasallar eklenir ya da numune analize alınmadan önce nitrifikasyon yapan mikroorganizmaları ortadan kaldırmak için ön işleme sokulur. Pastörizasyon ve klorlama/de-klorlama işlemleri mikroorganizmaları baskılamak için kullanılan iki yöntemdir.

Nitrifikasyon engellendiğinde elde edilen BOİ değeri karbon kaynaklı BOİ (CBOİ) olarak bilinir. Bu analizde dikkat edilmesi gereken husus, CBOİ analizinin, arıtılmış atık su gibi, düşük karbon içerikli numunelere uygulanması gereğidir. Aksi takdirde %20'ye varan hatalarla karşılaşılması muhtemeldir (Metcalf & Eddy, 1991).

1.2.2.2.(2).Kimyasal Oksijen İhtiyacı

Kimyasal oksijen ihtiyacının belirlenmesi metodu asidik bir ortamda, güçlü bir oksitleyici yardımı ile oksitlenen organik maddenin oksijen karşılığının ölçülmesi ile yapılır. Tecrübeler ışığında, en uygun oksitleyici potasyum dikromat olarak tayin edilmiştir. Deneyin sağlıklı sonuçlar vermesi için yüksek sıcaklığın sağlanması gerekmektedir. Ayrıca, bazı organik yapıların kırılması için katalizör olarak gümüş sülfat eklenmesi ihtiyacı vardır. Gerçekleşen tepkimenin genel kimyasal denklemi şudur:



KOİ testi evsel atık sulara uygulandığı gibi toksik madde içermesi halinde dahi endüstriyel atıklara da uygulanabilir. KOİ testi de, BOİ gibi, organik maddenin oksijen karşılığını ölçmesine rağmen, genelde daha yüksek oksijen ihtiyacı gösterir. Bunun sebebi, BOİ testinde biyolojik olarak parçalanmaya dirençli organik bileşiklerin sonuca dahil olmaması ama bu bileşiklerin KOİ testinde parçalanabilmesidir. Her iki test birbirinden farklı sonuçlar verse de birçok atık suda

KOİ değerleri, BOİ değerleri ile oransal olarak ilişkilendirilebilmektedir. Bu durumun sunduğu en güzel kullanım kolaylığı, bir defa KOİ ve BOİ sonuçları oranlanıp ilişkilendirildikten sonra KOİ testi sonuçlarıyla atık suyun BOİ değerini bulabilmektir. KOİ testinin 3 saatlik süresi, BOİ testinin 5 gün alan süreci ile karşılaştırıldığında, atık su arıtma tesisi işletme ve kontrolü uygulamalarında büyük bir kolaylık sağlamaktadır.

1.2.2.2.(3).Toplam Organik Karbon

Dünyada gittikçe daha popüler olarak kullanılmaya başlanan toplam organik karbon testi, yüksek sıcaklık fırınları veya kimyasal olarak oksitleyici ortamda, bir katalizör yardımıyla, organik maddelerin karbondioksit kadar oksitlenip, çıkan karbondioksitin kızılötesi algılayıcılarla ölçülmesi temeline dayanır. Parçalanmaya karşı dirençli bazı bileşikler ölçüme dahil olamadığı için numune içindeki gerçek organik madde miktarından küçük bir ölçüde düşük sonuçlar vermektedir. Bu yöntem daha çok, düşük miktarda organik madde içeren örneklerde uygulanmaktadır. Test, çok kısa bir zaman içinde tamamlandığından diğer organik madde miktarı belirleme metotlarına üstün durumdadır.

1.2.2.2.(4).BOİ, KOİ ve TOK arasındaki ilişki:

Daha önce de belirtildiği gibi organik madde miktarı belirleme metotlarından elde edilen sonuçlar arasında, birçok atık suda, oransal bir bağlantı kurulabilir. Mevcut tecrübeler, arıtılmamış tipik evsel atık suda BOİ₅/KOİ oranının 0,4 ile 0,8 arasında değiştiğini göstermiştir. Aynı karakterdeki atık sularda BOİ₅/TOK oranı 1,0 ile 1,6 arasında değiştiği görülmüştür.

Ancak unutulmaması gereken nokta, her atık suyun farklı karakter göstermesi sebebiyle, bu testlerin üzerinde çalışılan atık su için ayrıca birçok defa yapıldıktan sonra istatistiksel değerlendirmeler sonucunda elde edilen verilerin kullanılması gerekmektedir. Yukarıdaki oranlar sadece bir fikir olması açısından verilmiştir.

1.2.2.3. Atık suyun İnorganik Bileşenleri

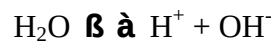
Atık su içindeki inorganikler, atık su doğaya verilmeden önce doğal hayatı etkileyip etkilemeyeceği açısından incelenmesi önemlidir. Endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan inorganik maddeler atık suya karışmaması halinde, evsel atık sulardan nadiren inorganik maddelerin giderilmesine ihtiyaç duyulur.

Atık suların inorganik bileşenlerinden üzerinde durulması gerekenler ayrı maddeler halinde incelenecektir.

1.2.2.3.(1).pH

Doğal hayatın tolerans edebildiği pH değeri çok dar bir aralıktadır. Atık suyun pH değerinin biyolojik arıtma uygulamalarıyla normal aralığa çekilmesi zordur. Biyolojik arıtmayı sağlayan mikroorganizmaların çalışabildiği pH değerleri de dar aralıktadır. Bu yüzden pH'nın arıtma öncesinde gerekli seviyeye çekilmesi zorunludur. pH değeri, doğanın kabul edebildiği normal sınırların altında ya da üzerinde olan atık suların, ayarlama yapılmadan atılması halinde alıcı ortamın yaşam zincirine olumsuz etki yapacaktır.

pH, suyun içindeki hidrojen iyonlarının çokluğunu belirten bir ifadedir. Suyun iyonlaşma ürünleri olan hidrojen ve hidroksil gruplarına ayrılmasının kimyasal denklemi;



Suyun ya da atık suyun pH değerini ölçmek için elektronik aygıtlar ve değişik pH değerlerinde değişik renkler veren kâğıtlar yaygın olarak kullanılmaktadır.

1.2.2.3.(2).Alkalinite

Sudaki ya da atık sudaki alkalinite, asit eklenmesi halinde pH değişimine karşı direnç oluşmasına yardımcı olan bir parametredir. Alkalinite kalsiyum, magnezyum, sodyum, potasyum ve amonyağın hidroksitleri, karbonatları ve bikarbonatlarından kaynaklanır. Boratlar, silikatlar, fosfatlar gibi bileşikler de alkaliniteye etki etseler

de, atık sularda en fazla etkili olan alkalınler kalsiyum ve magnezyum bikarbonatlarıdır. Alkalinite, numunenin standart bir asitle titrasyonuyla ölçülür. Sonuçlar ise kalsiyum karbonat (CaCO_3) cinsinden ifade edilir. Değerin bulunması için kullanılan formül aşağıda verilmiştir.

$$\text{Alkalinite (CaCO}_3 \text{ cinsinden mg/L)} = (A-B) \times N \times 50000 / \text{mL Numune}$$

Atık su genelde alkalın özelliğine sahiptir, atık suyun 1000 ila 5000 mg/L CaCO_3 alkaliniteye sahip olması normaldir. Bu konsantrasyon temin edilen sudan, sızıntı ve evsel kullanım faaliyetleri sonucunda atık suyun içine karışan maddelerden kaynaklanır. Alkalinitenin atık su arıtımı için önemi özellikle kimyasal arıtma açısından yüksektir. Kimyasal çöktürme amaçlı kullanılan şap, kireç gibi maddelerle alkaliniteye sebep olan bileşiklerin reaksiyonları ve ortamın pH değeri kimyasal arıtma planlanmasında dikkatle incelenmesi gerekmektedir. Ayrıca anaerobik arıtma gibi pH değişimine karşı hassas olan bazı biyolojik arıtma yöntemleri de sabit pH değerinde çalışması gerektiğinden alkaliniteye ihtiyaç duyarlar. Atık suda mevcut alkalinite olmaması halinde dışarıdan eklenmesi lazımdır ki, bu da fazladan maliyet getirdiği için istenen bir durum değildir.

1.2.2.3.(3).Azot ve Fosfor

Azot ve fosfor mikrobiyolojik gelişim açısından oldukça önemli elementlerdir. Protein sentezinde kullanıldıklarından, tüm canlıların bu elementlere mutlaka ihtiyacı vardır.

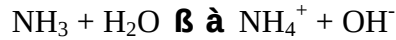
Yüksek miktarda azot ve fosfor içeren atık suların arıtılmadan doğaya verilmesi halinde alıcı ortamda mikroorganizmaların, özellikle alglerin, kontrolsüz bir büyüme göstermelerine sebep olur. Bu da ortamdaki oksijen miktarının dramatik bir şekilde azalarak diğer hayat formlarının yok olmasına kadar varan ekosistem bozulmalarına yol açar. Azot ve fosforca zengin atık sular sayılan sebeplerden dolayı giderim yapılmadan alıcı ortama verilmemelidir.

Arıtma tesisleri açısından bakıldığında ise, tam bir arıtma yapılabilmesi için mikroorganizmaların ihtiyaçlarının karşılayacak kadar azot ve fosfor atık su içinde mevcut bulunmalıdır. Aksi halde mikroorganizmalar faaliyetlerinin istenildiği

düzeyde gösteremeyip, organik maddeleri parçalayamayacak ve tesis planlandığı gibi çalışmayacaktır. Bu yüzden, tesise gelen atık suyun azot ve fosfor içeriği belirlenip, yetersiz olması halinde eklenmesi şarttır.

Atık su içindeki toplam azot organik azot, amonyak, nitrat ve nitrit formlarında bulunur. Atık suyun içerdiği organik azot miktarı Kjeldahl metodu ile ölçülür. Bu metot, numunenin, amonyağın uçurulması için kaynatıldıktan sonra, organik azotun amonyağa kadar özümsemesiyle yapılır. Atık su içindeki toplam azotun tayini ise aynı metotla, yalnız numune kaynatılmadan, yapılır. Bu sayede amonyak da ölçüme dahil edilmiş olur.

Amonyaktan kaynaklanan azot su çözeltisi içinde, ortamın pH değerine bağlı olarak, aşağıda verilen kimyasal denkleme göre amonyum iyonu veya amonyak halinde bulunur.



Görüldüğü gibi ortamın bazik olması halinde denklem sola, asidik olması halinde ise sağa ilerler. Suyun içindeki amonyak azotunu ölçmek için pH değeri yükseltilir ve çözelti kaynatılarak amonyağın uçması sağlandıktan sonra çıkan gazın ölçümünden ya da buhar yoğunlaştırıldıktan sonra oluşan çözeltinin içindeki konsantrasyondan yararlanılır.

Nitrit azotu ise kirletici karakteri yüksek bir maddedir. Bu karakterinde dolayı kirlilik göstergesi olarak kullanılır. Görece reaktif bir bileşik olması sebebiyle kolayca nitrata kadar oksitlenir. Bu sebeple atık su içindeki nitrit nadiren 1 mg/l'nin üzerine çıkar. Nitrit azotunun çevresel önemi, başta balıklar olmak üzere birçok su yaşam formu için yüksek toksik etki göstermesindendir.

Nitrat azotu ise atık sular içinde azotun en fazla okside olmuş halidir. Nitrat atık su içinde azot cinsinden 0 ila 20 mg/L arasında bulunur ancak genelde yine azot cinsinden 15–20 mg/L aralığında bir yoğunlukta görülür. Nitrat özellikle atık suyun yeraltı kaynaklarına veya içme suyu olarak kullanılan yer üstü sularına verilmesi halinde oldukça sıkı bir şekilde giderilmesi gereken bir bileşiktir. Kanun ve yönetmeliklerde içme suları için bulunmasına izin verilen NO_3^- limiti 45mg/L ile sınırlıdır. İçme suyu içinde daha fazla bulunması, özellikle bebekler ve küçük yaştaki çocuklar için, ölümcül sonuçlar doğurabilir. Bu sebeple atık suyun verildiği alıcı

ortamın başka bir yerde içme suyu olarak kullanılıp kullanılmadığının takip edilmesi, kullanılması halinde nitrat gideriminin sıkı bir şekilde kontrol edilmesinin sağlanması gerekmektedir.

Atık su içine fosfor, evsel ve endüstriyel kullanım sonucunda ve yüzey akışı yoluyla girebilir. Tipik olarak atık su içinde fosfor cinsinden 4 ila 15 mg/L bulunması normaldir.

Atık su içinde fosfor ortofosfatlar, polifosfatlar ve organik fosfatlar şeklinde bulunurlar. Bunlardan, PO_4^{-3} , HPO_4^{-3} , $H_2PO_4^-$, H_3PO_4 gibi ortofosfatlar mikroorganizmalar için daha fazla parçalanmalarına ihtiyaç olmadan biyolojik metabolizmaya girebilirler.

Polifosfatlar ise ortofosfatların iki veya daha fazla sayıda bileşik oluşturmalarından meydana gelmiştir. Polifosfat bileşiklerinin yapısı içine oksijen, bazen de hidrojen atomları girebilir. Su içinde polifosfat bileşikleri, çok yavaş ilerleyen bir mekanizmayla, hidroliz olarak ortofosfat formuna dönüşürler.

Organik fosfor bileşikleri evsel atık su içinde ihmal edilebilecek kadar az konsantrasyonda görülür, ancak endüstriyel atık sular ve atık su çamurları içinde önemli bir unsur oluşturabilirler.

Fosfor konsantrasyonunun tayini ortofosfatlarla birleştğinde renk veren kompleksler oluşturan, amonyak molibdat gibi, maddeler yardımıyla ölçülür. Polifosfatlar ve organik fosfatların getirdiği fosfor yükünü ölçmek için de yine aynı metot kullanılır. Uygulamasındaki tek fark polifosfatlar ve organik fosfatların önce asidik bir ortamda ortofosfatlarla çevrilmesi gerekliliğidir.

1.2.2.3.(4).Toksik maddeler

Toksisite, bir maddenin maruz bırakıldığı bir test canlısı üzerinde gösterdiği zararlı etkiye olarak tanımlanır. Toksisite, maruz bırakılan konsantrasyon, maruz kalma süresi ve sıcaklık, maddenin kimyasal formu gibi bir dizi değişkenlerin canlı üzerinde gösterdiği sonuçtur. Bu sonuç, kronik ve ani etki olarak iki gruba ayrılır. Ani etkide, kısa zaman içinde ölümle sonuçlanan etkilenme zinciri vardır. Kronik etki ise, uzun dönemde canlının büyümesinde, metabolizmasında, üremesinde

değişiklikler, mutasyon ve bazı durumlarda uzun dönem birikim sonucunda ölümle sonuçlanabilen bir durum vardır.

Atık su arıtımında göz önünde tutulmasının gerekliliği, çalışılması düşünülen mikroorganizmaların atık su içindeki bakır, gümüş, nikel, mangan, cıva, kadmiyum, krom, kurşun, arsenik gibi elementler ve kromat, siyanit bileşikler gibi toksik özellik gösteren maddelerden etkilenerek, istenilen düzeyde bir verim gösterememe ihtimalinin varlığıdır. Bu sebepten, atık suyun ağır metal konsantrasyonunun iyi analiz edilip planlama ve tasarım aşamalarının bu veriler yorumlanarak yapılması önemlidir.

1.2.2.3.(5).Çözünmüş Oksijen

Anaerobik koşulların oluşmaması için, çözünmüş oksijene atık su içinde her zaman ihtiyaç vardır. Oksijen su içinde az çözünen bir gazdır. Bütün gazların olduğu gibi, oksijenin de su içindeki çözünürlüğü;

- Gazın su içindeki çözünürlüğü,
- Atmosferdeki oksijenin kısmi basıncı,
- Suyun sıcaklığı,
- Su içindeki maddelerin (alkalinite, tuz, askıda madde gibi) yoğunluğu

faktörlerine bağlı olarak değişir. Gazların su içindeki çözünürlüğü Henry kanunu ile ifade edilir.

$$P_g = Hx_g$$

P_g : gazın kısmi basıncı

H : Henry kanunu sabiti

x_g : çözünmüş gazın denge mol oranı = gazın molu (n_g) / [n_g + suyun molu (n_w)]

Bu denklemdeki H değeri, yukarıda sayılan çözünmeyi etkileyen faktörlere bağlı olarak değişir.

Çözünmüş oksijenin, sıcaklık arttıkça su içindeki varlığı azaldığı için, özellikle sıcak iklimlerde, yaz aylarında atık su içindeki oksijen kritik düzeylere kadar azalmaktadır. Buna, yaz aylarında azalan akım miktarı da eklenince anaerobik koşulların oluşumu oldukça hızlanmaktadır. Kanalizasyon sistemleri içinde oksijen

bulunması, H_2S oluşumunu yavaşlatacağından, boruların H_2S tarafından çürütülmesine fırsat vermez. Ayrıca oksijen yerine azotun elektron alıcı olarak kullanılmasına da engel olduğundan, koku oluşumuna karşı da oksijenin varlığı istenen bir durumdur.

1.3. Atık su Arıtma Metotları

1.3.1. Bazı Biyolojik Arıtma Metotları

Biyolojik arıtmanın amacı, atık sudaki çökelmeyen koloidal katıları pıhtılaştırarak gidermek ve organik maddeleri kararlı hale getirmektir. Evsel atık su arıtımında organik madde içeriğinin yanı sıra azot ve fosfor gibi besin maddeleri de biyolojik arıtımda giderilir. Çoğu kez durumda toksik olabilecek eser (iz) miktardaki organik maddeleri gidermek de önemlidir. Tarım alanlarından geri dönen sularda önemli olan azot ve fosforun arıtılması kritik önem taşır. Endüstriyel atık sular için, organik ve inorganik bileşiklerin arıtımı önemlidir. Bu bileşiklerden çoğu mikroorganizmalar üzerinde toksik etki yaptıkları için genellikle özel zaman ön arıtma gerekebilir.

Havali (aerobik) Prosesler: Oksijenin bulunduğu ortamda faaliyet gösteren biyolojik arıtma sistemidir.

Havasız (anaerobik) Prosesler: Oksijenin olmadığı ortamda faaliyet gösteren biyolojik arıtma sistemidir.

Anoksik Denitrifikasyon: Oksijenin olmadığı ortamda nitrat azotunu biyolojik olarak azot gazına çeviren süreçtir. Bu süreç havasız denitrifikasyon olarak da bilinmektedir.

Biyolojik Besin Maddesi Giderimi: Biyolojik arıtma sürecinde azot ve fosforun giderilmesidir.

Fakültatif prosesler: Organizmaların moleküler oksijenin bulunduğu veya bulunmadığı ortamlarda fonksiyon gösterebildiği biyolojik arıtma süreçleridir.

Karbonlu BOİ giderimi: Atık sudaki karbonlu organik maddelerin yeni hücrelere ve çeşitli gaz formundaki son ürünlere biyolojik olarak dönüşümüdür. Bu dönüşümde, çeşitli bileşiklerde bulunan azot amonyuma dönüştürülür.

Nitrifikasyon: Amonyanın önce nitrit daha sonra nitrata dönüştürüldüğü biyolojik prosestir.

Denitrifikasyon: Nitrati azot ve diğer gaz formundaki son ürünlere dönüştüren biyolojik prosestir.

Substrat: Biyolojik arıtmada dönüştürülen organik madde veya besi maddesi anlamında kullanılır.

Askıda Büyüyen Prosesler: Biyolojik arıtma sisteminde organik ve diğer maddeleri dönüştürmekten sorumlu mikroorganizmaların sıvı ortamda askıda bulunması halidir.

Tutunarak Büyüyen Prosesler: Biyolojik arıtma sisteminde organik ve diğer maddeleri dönüştürmekten sorumlu mikroorganizmaların taş, cüruf veya özel tasarlanmış seramik veya plastik dolgu malzemelerinin üzerine tutunarak sıvı ortamda bulunmasıdır. Bu arıtma sistemleri sabit-film prosesleri olarak da bilinirler.

1.3.1.1. Aktif Çamur Metodu

Aktif Çamur metodu bilinen en yaygın arıtma seçeneklerinden bir tanesidir. Hem konvansiyonel hem de modern tam karışimli aktif çamur sistemleri için gerekli elemanlar aynıdır. Havalandırma tankı çıkış suları son çökeltme havuzunda çökeltmek daha duru bir su haline getirilirler. Son çökeltme havuzunda çökelen çamurun büyük bir kısmının havalandırma havuzuna geri devri sağlanır. Burada amaç, atık su ile mikroorganizmaların mümkün olduğu kadar temasını arttırmak ve organik maddelerin aerobik olarak ayrıştırılma hızını arttırmaktır. Sistemi zamanla değişmez tutmak için çamurun az bir kısmı sistemden uzaklaştırılır. Buradan ve ön çökeltme havuzundan alınan çamurlar anaerobik çürümeye maruz bırakılırlar. Bu esnada yanıcı bir gaz olan metan gazı üretilir. Aktif çamur metodu uygulanan bazı büyük atık su arıtma tesisleri, üretilen metan gazını sistemin elektrik ihtiyacını karşılamak amacıyla kullanırlar.

Aktif çamur metodu çökeltilmiş atık suyun havalandırılması esasına dayanır. Bu esnada suyun içerisindeki mikroorganizmalar, kısmen çözülmüş kısmen asılı haldeki organik maddeleri hücrelerini kurmak ve enerji elde etmek için kullanırlar ve

hızla çoğalırlar. Bu esnada organik maddenin bir kısmı yanarak karbondioksit hâle gelir(ıslak yanma). Diğer kısım ise hücre oluşumunda kullanılır. Çoğalan mikroorganizmalar birbirine ve suda asılı maddelere tutunarak yumaklar teşkil ederler.

Aktif çamur, organik ve inorganik maddeler içeren atık su ile hem canlı hem de ölü mikroorganizmaların karışımıdır. Aktif çamur süreci, mikroorganizmaların organik maddeyi oksijen kullanarak ayrıştırmaları esasında yararlanılarak geliştirilen bir aerobik biyolojik arıtma sistemidir. Bu süreç bir ikincil arıtım sürecidir ve kendinden sonra son çökeltme havuzu tarafından izlenir. Klasik uygulamalarında ön çökeltme havuzu da kullanılmaktadır. Klasik aktif çamur sürecinde, atık su, mikroorganizmaların yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu havalandırma havuzuna verilir. Organik madde, mikrobiyal büyüme için hem karbon hem de enerji kaynağı olarak görev alır ve yeni hücrelerin sentezinde kullanılır. Ayrışma ürünleri olarak karbon dioksit ve su oluşur. Reaktörün içeriği "karışık sıvı askıda katı madde" (MLSS) veya "karışık sıvı askıda uçucu katı madde" (MLVSS) olarak tanımlanır ve büyük oranda mikroorganizmalardan ve biyolojik olarak ayrışamayan maddelerden ibarettir.

Protozoalar tek hücreli mikroorganizmalar olup, bakteri ve kolloidal yapıdaki maddeler gibi katı besin maddeleri ile beslenirler. Atık su arıtımında 200'ün üzerinde protozoa tipi tanımlanmış olmakla beraber, en baskın türleri kirpikli olanlarıdır. Bakterilerden bir veya iki kat daha büyük (10 ila 200 μm) organizmalar olduklarından ve ayrıca metabolizmaları gereği aktif çamur süreçlerinde bir indikatör olarak kullanılırlar. Protozoaların büyük bir kısmı mutlak aerobtur ve bu nedenle bir aerobik ortamın en mükemmel göstergesidirler. Bazı tipleri ise 12 saat süre ile anaerobik koşullarda yaşarlar. Protozoalar, bakterilere kıyasla toksik koşullara daha çok duyarlıdırlar ve yoklukları veya hareketsizlikleri süreçte toksisite sorunu olduğunu gösterir. Aktif çamur sürecinde belirli sayıda protozoanın bulunması, sürecin iyi çalıştığının ve kararlı durumda olduğunun bir göstergesidir. Mikroorganizmalar, genellikle, % 70 ila 90 oranında organik, % 10 ila 30 oranında ise inorganik maddelerden meydana gelmişlerdir. Mikroorganizmaların özellikleri

atık suyun kimyasal bileşimine ve organik maddeyi stabilize ettikleri ortamın çevresel özelliklerine bağlıdır. Düşük pH, düşük azot, düşük oksijen ve/veya yüksek hidrokarbonlar, aktif çamur kütlesi içerisinde mantarların baskın oluşuna neden olur. Mantarlar, genelde iplikli yapıda olduklarından, aktif çamurun çökeltme özelliklerini bozarlar ve son çökeltme havuzundan bakteri kaçmasına neden olurlar. Rotiferler, protozoalardan daha büyük olan çok hücreli hayvanlardır ve belirli bakteriler kadar yumaklı tanecikleri de yiyecek kaynağı olarak kullanırlar. Mutlak aerobtur ve uzun çamur alıkonma süresine sahip ve kararlı işletilen aktif çamur süreçlerinde bulunurlar. Protozoalar gibi, bakterilere kıyasla toksik koşullara daha çok duyarlıdırlar.

Karbonlu maddelerin giderimi için gerekli olan oksijen gereksinimi, genelde 5 günlük "biyokimyasal oksijen ihtiyacı, (BOI_5)" deneyi ile saptanır. 5 günden daha büyük bir süreç için (örneğin 20 gün) sadece karbonlu maddelerin ayrışımında gerekli olan oksijen gereksiniminin saptanmasında, nitrifikasyon sürecinin inhibe edilmesi gerekir. Bu amaçla "allythiourea" kullanılır. Ön arıtmadan geçmiş veya geçmemiş atık sudaki BOI_5 giderim hızı, BOI 'nin çözünmüş, kolloidal ve askıdaki fraksiyonlarına bağlıdır. Evsel atık su, genelde, % 30 ila 40 oranında çökebilir BOI_5 , aynı oranlarda kolloidal BOI_5 , % 20 ila 40 oranında ise çözünmüş BOI_5 içerir. Bu oranlar, belde eğer, sıcak iklime sahipse ve kanalizasyon şebekesi içerisinde akan atık suyun alıkonma süresi yüksekse değişecektir. Sıcaklık ile artan bakteriyel faaliyet, çökebilir ve kolloidal BOI_5 'in ayrışımını hızlandırır ve BOI_5 'in çözünmüş fraksiyonu artar. Organik madde yükleme hızı sıcaklık ve istenen arıtım kalitesine bağlıdır. Genelde, birçok aktif çamur süreci, 0.15 ila 0.50 kg BOI_5 / kg MLSS . gün'lük karbonlu organik madde yükleme hızına ve 3 ila 30 gün'lük katı alıkonma süresine göre tasarımılanır. Çıkış suyu kalitesini bozan en önemli unsur yüksek askıda katı madde (AKM) konsantrasyonudur.

Çıkış suyu içerisindeki mikrobiyal kütle BOI_5 konsantrasyonunu artırır. Bu değer, süreç tasarımına bağlı olarak, toplam BOI_5 'in % 10 ila 70'ine karşılık gelir. Bu nedenle, aktif çamur çıkış suyu mutlaka iyi bir çökeltimden geçirilmelidir. Çıkış suyu kalitesinin azalmasına neden olan diğer etmenler ise, yetersiz alıkonma süresi ve karışım, geri çevrim oranının düşük olması ve düşük oksijenlendirme

kapasitesidir. Tipik evsel atık suların arıtımı amacı ile iyi tasarımlanmış bir aktif çamur süreci, 5 mg/L veya daha düşük bir BOI_5 çıkış konsantrasyonu sağlayabilir. Maksimum debiye hizmet verecek şekilde tasarımlanmış son çökeltme havuzu çıkışında maksimum AKM konsantrasyonu 15 mg/L mertebesinde dir. Özet olarak, sürecin potansiyel kapasitesi 10 mg/L BOI_5 ve 15 mg/L AKM'dir.

Havalandırma havuzunun tasarımında aşağıdaki kademeler izlenmelidir:

- Atık su nicelik ve niteliğinin belirlenmesi.
- Ortalama, minimum ve maksimum atık su debilerinin saptanması. (Evsel nitelikli ham atık suyun 200'er mg/L BOI_5 ve AKM içerdiği göz önüne alınabilir. Ayrıca, toplam BOI_5 'in % 70'inin çözünmüş BOI_5 olduğu ve toplam AKM'nin % 30 ila 40'luk kısmının inert olduğu ve biyolojik olarak ayrıştırılamadığı kabul edilebilir.) Yaz ve kış aylarında uç sıcaklık değerlerinin belirlenmesi.
- Atık suyun arıtım derecesini belirleyecek alıcı ortam standartlarının ortaya konulması.
- Umulan çamur hacim indeksi ve tasarım sıcaklığının bir fonksiyonu olarak tasarım MLSS değerinin saptanması.
- Kış aylarındaki giderim veriminin dikkate alınarak katı alıkonma süresinin (KAS) seçilmesi.
- KAS, sıcaklık ve ön arıtım verimi bazında net çamur üretim hızının belirlenmesi.
- Yaz ve kış aylarındaki koşulların dikkate alınarak, alıkonma süresinin saptanması için KAS, MLSS ve hücre verim ilişkilerinin ortaya konulması. (Yaz ve kış aylarında farklı KAS değerleri uygulanacaksa, oksijen gereksinimleri ve atık çamur hacimleri ayrı ayrı hesaplanmalıdır.)
- Yaz ve kış aylarında gerekli oksijen gereksinimlerinin hesaplanması.
- İstenen KAS'ni sağlayacak çamur atım hızının belirlenmesi.

Aktif çamur mikroorganizmaları, fiziksel ve kimyasal inhibisyona olduğu kadar biyolojik etkilere de oldukça duyarlıdırlar. Evsel atık sulara karışan endüstriyel atık suların içerisindeki bazı toksik ve inhibe edici kimyasal maddeler tasarım

mühendisi tarafından dikkate alınmalıdır. Toksik maddelerin varlığı istenen çıkış suyu kalitesinin eldesini olanaksız kılabilir. Bakır, çinko, nikel, kadmiyum ve krom gibi ağır metaller mikrobiyal enzimler ile reaksiyona girer ve metabolizmayı olumsuz yönde etkiler. Bu ağır metallerin inhibe edici etkisi, onların çözünmüş iyonik yapıda olmaları ile artar. Ayrıca, ağır metallerin toksisitesi bazı çevresel özelliklerin, örneğin pH'ın değişimi ile de artabilir. Siyanür, NTA ve humik asit gibi organik lijanların biyolojik olarak ayrışımı, çözünmüş komplekslerden toksik metallerin serbest kalmasına neden olabilir.

Organik bileşikleri içeren metalik olmayan atıklar da toksik olabilir. Bu maddeler, eğer yeterli adaptasyon süresi sağlanmışsa, bakteriler tarafından ayrıştırılabilirler. Bu işlem yapılmamışsa, geçici verim azalmaları oluşabilir. Belirli konsantrasyonlara sahip toksik organik maddeler, sadece tam karışımli aktif çamur sürecinde (TKAÇS) arıtılabilirler. Bu maddeler TKAÇS'ne girdiği anda hızla disperse olurlar ve havuz içeriğine tam karışırlar ve böylelikle maksimum seyrelme sağlanmış olur. Herhangi bir bölgede konsantrasyon nispeten sabit olduğundan, piston akımlı reaktörlerde olduğu gibi bakteriler şok toksik yüklere maruz kalmazlar. Genel bir kural olarak, tasarım mühendisi, ağır metallerin ve diğer toksik maddelerin arıtım sorumluluğunu kabullenmemelidir. Genelde, giriş atık suyunda toksik madde varlığı, onun çıkışta ve arıtma çamurunda da varlığı demektir.

Evsel atık su, biyolojik arıtmaya olumsuz etki yapan nutrient (azot ve fosfor) eksikliğini genelde sergilemez. İnorganik nutrientler ve iz elementler, yeterli oksijen sağlanmışsa maksimum büyümeyi sağlayacak mertebededir. Evsel atık suya önemli miktarlarda endüstriyel atık su karışıyorsa, nutrient gereksinimleri kontrol edilmelidir. Bazı atık su tiplerinde ise, mevcut gibi gözüken nutrientler kimyasal olarak bağlıdır ve mikroorganizmaların kullanımlarına hazır değildir. Belirli oranda endüstriyel atık su ile karışmış evsel atık suyun biyolojik arıtımı için gerekli $BOI_5 : N : P$ oranı 100 : 5 : 1 olarak verilmektedir. Yüksek KAS değerine sahip süreçler (uzun havalandırılmalı aktif çamur süreci) daha düşük miktarda nutrient gerektirirler. Çünkü iç solunum ile ayrılan bakteriler suya azot ve fosfor bırakırlar.

Geri çevrimin amacı, aktif çamur havalandırma havuzundaki mikroorganizma konsantrasyonunu belirli bir değerde tutmaktır. Geri çevrim oranını kontrol etmek

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

Şişkin çamur, çökeltme özellikleri kötü ve sıkışma yeteneği az olan çamur tipidir. Şişkin çamura neden olan iki etmen vardır; ipliksi bakterilerin gelişimi ve çamur yumakları içerisinde suyun hapis olması. İpliksi bakteriler nedeni ile oluşan şişkin çamura daha sık rastlanır. Bunlar organik maddeyi gidermekle beraber, çökeltme özellikleri kötü olan yumak oluşumuna neden olurlar. Aktinomisetler ve bazı tip mantarlar da şişkin çamurun nedenleridir. Ham atık suyun organik yükü fazla ise ve özellikle karbonhidratlar yüksek oranda ise, ipliksi bakteriler kısa sürede gelişir ve sonuçta şişkin çamur oluşur. Şişkin çamurun nedenleri arasında, yüksek organik yükleme hızında düşük amonyak konsantrasyonu, asitli ortamı seven mantarların üremesini hızlandıran düşük pH, ipliksi bakterilerin üremesini hızlandıran makro nutrientlerin (N ve P) eksikliği de sayılabilir.

Azotun eksikliği, her ne kadar ipliksi olmasalar bile, yapışkan salgı üreten bakterilerin üremesini teşvik eder. Çok hücreli mantarlar, normal olarak, bakteriler ile rekabete giremezler. Bununla beraber, düşük pH, düşük azot, düşük oksijen ve yüksek karbonhidrat konsantrasyonları gibi bazı özel çevresel şartlar altında rekabete girerler. pH'ın 6.0'ın altına düşmesi, bakterileri mantarlara kıyasla daha fazla etkiler ve mantarlar baskın tür haline gelir. $BOI_5 : N$ oranının 20 : 1'den daha düşük seviyelere düşmesi, bakteriler azot eksikliğine sahip protoplazma üretirken, bakterilere kıyasla daha az miktarda protein içeren mantarların normal protoplazma üretmelerine neden olur. Düşük çözünmüş oksijen içeriği şişkin çamurun diğer bir nedenidir.

Çözünmüş oksijen konsantrasyonu 0.2 ila 0.3 mg/L'nin altına düştüğünde, ipliksi bakteriler daha büyük yüzey alanına sahip olduklarından, diğer normal

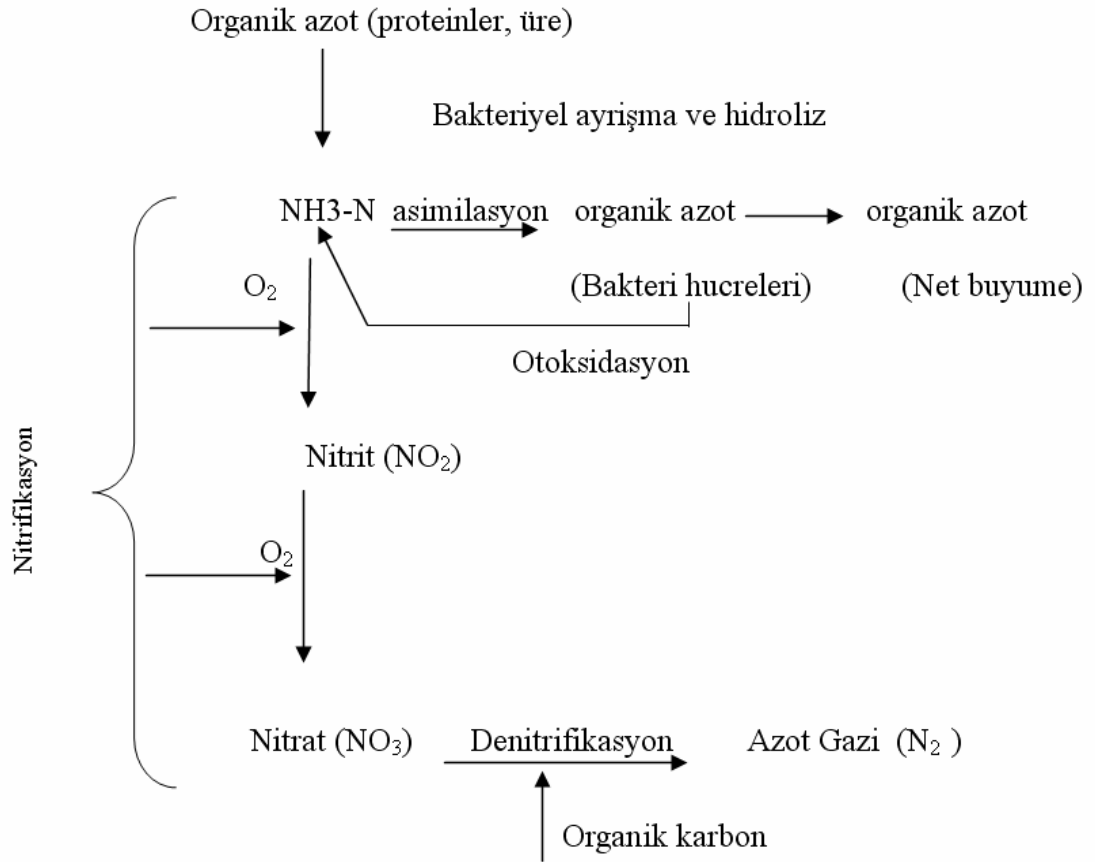
bakterilere kıyasla daha fazla oksijen kullanırlar. Diğer taraftan, iplikli bakteriler anaerobik şartlara daha duyarlıdır. Bazı F:M oranları da şişkin çamura neden olur. İyi bir işletim için ÇHI'nin 80 ila 120 mL/g arasında olması gerekir. ÇHI'nin bu değerler arasında tutulması için, çok kademeli havalandırma havuzları uygulanabilir veya geri çevrim hattı klorlanabilir. Ayrıca havalandırma havuzuna yumak oluşturu kimyasal maddeler de atılmaktadır.

1.3.1.2.Nitrifikasyon –Denitrifikasyon

Atık su arıtma tesisleri çıkış suyunun deşarj standartlarını karşılamaları çok önemlidir. Eğer atık sular deşarj standartlarını karşılamak için daha fazla azot giderimi yapması istenirse sistemler modifiye edilebilir.

Aktif çamur sistemlerinde nitrifikasyon ve denitrifikasyon ile %70'den %90'a kadar azot giderimi sağlanmaktadır.

Azot giderimi çalışmaları son yıllarda gittikçe önem kazanmaktadır. Çünkü azot bileşikleri alıcı ortam su yatağında oksijen azalmasına, alg büyümelerine ve halk sağlığını tehdit edici bir unsur haline gelmektedir. Azot, ya organik ya da amonyak formunda ortadan kaldırılabilir veya diğer formlarına dönüştürülebilir. Azotun atık sulardaki temel formları amonyak azotu ve organik azottur. Amonyakın nitrifikasyonu iki kademeli bir işlemdir. Nitritifiye yapan organizmalar aerobik ototroflardır.



Nitrifiye yapan organizmaların çoğalma hızı; sıcaklık, oksijen konsantrasyonu, pH ve ortamdaki toksik madde varlığına bağlıdır.

Azot giderimi amonyağın nitrite, nitritin de nitrata dönüşümü (nitrifikasyon) ile ifade edilir. Bunu izleyen proses ise nitratin oksijen yokluğunda azot gazına dönüştürülmesidir (denitrifikasyon). Birçok kurulmuş olan atık su arıtma tesisi nitrifikasyon için iyileştirilmelidir. Amonyak azotu giderimi için var olan atık su arıtma sistemlerinin iyileştirilmesi ve en uygun arıtmanın sağlanabilmesi için damlatmalı filtrelerin ya da aktif çamur sistemlerinin nitrifikasyonlu hale getirilmesi gereklidir.

Nitrifikasyon, aşağıdaki sistemlerde gerçekleştirilir.

1. Askıdaki (suspense) büyüme sistemleri

a- Alışlagelmiş (conventional) aktif çamur sistemleri

b- Uzun havalandırmalı (extended) aktif çamur sistemleri, oksidasyon diskleri

c- İki çamurlu aktif çamur sistemleri

2- Bağlı (fixed) film sistemleri

a- Damlatmalı filtreler (Trickling filter)

b- Dönen biyodiskler (Rotating disc)

c- Akışkan yataklı sistemler (Fluidized bed)

Denitrifikasyon ve nitrifikasyonu sağlayan bileşik sistemler de vardır. Bu amaçla aktif çamur sistemleri modifiye edilir. Örneğin, sistem eğer sadece karbon giderimi için projelendirilmiş ise havalandırma tankının hacmi artırılarak nitrifikasyon başlar. Eğer sistem nitrifikasyonu sağlıyor ise denitrifikasyonu sağlamak üzere hem azot giderimi sağlamak için hem de çökeltim havuzlarındaki çökeltme sorunlarını azaltmak için anoksik zon eklenebilir. Damlatmalı filtreler ise nitrifikasyon amaçlı kullanılabilir.

Biyolojik denitrifikasyon, gelen atık sudaki bütün amonyak ve organik azotun önce nitrifikasyondan geçmesini gerektirir. Bu sebeple, arıtma tesisi tasarlanırken en kötü işletme şartlarında bile nitrifikasyon olacak şekilde hareket edilmelidir. Denitrifikasyonu sağlayan organizmalar nitratın indirgenerek bozunmasıyla ortaya çıkan oksijeni kullanmaktadırlar. Fakat bu organizmalar oksijensiz ortama ihtiyaç duyarlar. Denitrifikasyon anaerobik değil anoksik faza ihtiyaç duyarlar. Denitrifikasyonun gerçekleşebilmesi için elektron verici bir karbon kaynağının da bulunması gerekmektedir. Atık suyun içerisindeki karbon kullanılabileceği gibi dışarıdan bir karbon takviyesi de yapılabilmektedir.

Atık sulardaki BOI₅/N oranı 4.5 mg BOI₅ /mg NO₃-N oranından büyük olması, atık suların içerisindeki mevcut karbonun, denitrifikasyon prosesinde ekonomik olması açısından caziptir.

Denitrifikasyon-nitrifikasyon işlemlerini gerçekleştiren atık su arıtma tesislerinde; atık su birleşik veya ayrık sistemlerde nitrifikasyona uğratılmalıdır. Nitrifiye olmuş atık suya daha sonra karbon kaynağı olarak metanol dozlanır ve karıştırılan anoksik bir tankta denitrifiye olmaya bırakılır. Sonraki aşamalar ise bilindiği gibi havalandırma ve son çökeltme tanklarında gerçekleştirilir.

Metanol kullanımı oldukça pahalı olmakla beraber denitrifikasyon hızını yükselttiğinden, anoksik tank hacmi küçülür ve tesisin ilk yatırım masrafları düşer.

Atık suyun BOİ miktarına bağlı olarak, çok olması durumunda arıtılmış atık suda nitrifiye olmamış azot bulunabilir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

HAD'ın (Hesaplmalı Akışkanlar Dinamiği) özellikle çevre mühendisliğindeki kullanım alanları oldukça önem kazanmaktadır. Avrupa ve Amerika'daki atık su arıtma tesisleri tasarımcıları ve işletmecileri HAD uygulamalarına başlamış ve HAD uzmanlarına başvuruyor olmaları HAD modellemesi alanında oldukça önemli bir gelişmedir.

Daha önce çalışılan bir Su Araştırma Komisyonu Projesinde, karışık akımlı mikrofiltasyonlar için tasarım kriterleri konusunda araştırma yapılması üzerine bir proje başlatılmıştır. Yapılan testler, anaerobik çürütücülerdeki artan askıdaki katı konsantrasyonu üzerinde sürdürülmüştür. Artmış olan çamur vizkositesinin ileride çamur karışım özellikleri üzerinde etkiler yaratacağı düşüncesi bu konu üzerindeki önemini arttırmıştır. Yoğunlaştırıcıların geniş hacimleri göz önüne alındığında, bu konu üzerine yapılması düşünülen deneysel araştırmalar hem zaman alıcı hem de pahalı olmaktadır. HAD (Hesaplmalı Akışkanlar Dinamiği) bu konuda, daha önce belirtilen çamurun karışma özelliklerinde oluşabilecek etkinin tahmini ve karışımı geliştirmek için uygulanacak metotların değerlendirilmesinde yardımcı olmuştur. Aynı zamanda çamurun yoğunlaştırıcılarda bekletme süresi ve dağılımı testleri uygulanmıştır. Başlangıçtaki belirtiler gerçek çamur hidrolik alıkonma süresinin önemli bir oranda tasarım değerinden düşük olmasıdır ve buradan da yoğunlaştırıcıların ölü bölgelerin oluştuğu kanısına varılmıştır. Bu tür ölü bölgeler, tankın etkili alanını azaltır ve arıtma verimini düşürür ve aynı zamanda etkili arıtma hacmini ve toplam arıtma verimini azaltır. HAD tankın toplam hacminden faydalanılması konusunda fikir vermiştir.

Bir başka HAD uygulaması da Rya atık su arıtma tesisi anoksik tankın HAD yardımı ve izleyici testi ile hidrolik davranışının incelenmesi üzerinedir. Tam ölçekli izleyici testleri, tank girişine lityum klorit çözeltisi eklenilerek gerçekleştirildi. Tank çıkışından alınan örneklerin lityum konsantrasyonlarını ölçmek için analiz edilmiştir. Bu şekilde elde edilen değerler bir dağılım eğrisi oluşturmak için kullanılmıştır. HAD sonuçları ve izleyici test sonuçları birbirini oldukça yakın çıkmıştır ve akımda oluşan kısa devreleri ve reaktör hacminin zayıf kullanıldığını göstermiştir.

Bu sonuçtan sonra 3 farklı alternatifi değerlendirmek için HAD uygulanmasına tekrar başvurulmuştur. Ölü noktaları azaltmak ve kısa devreleri ortadan kaldırmak için HAD modellemesi üzerinde 3 farklı alternatif değerlendirilmesi yapılmış ve tank içerisine perdeler yerleştirilmesine karar verilmiştir. Bu yeni yaklaşım ile ve akışkanın tank içerisindeki hidrolik alıkonma süresi %43 oranında arttırılmıştır.

Bir başka çalışmada dört kademeli bir pompanın performansı Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yardımıyla belirlenmiştir. Pompa geometrisini temsil eden akış hacmi içinde 3 boyutlu, sıkıştırılmaz Navier-Stokes denklemleri Sonlu Hacimler Yöntemi kullanılarak çözülmüştür. Akış analizleri için FLUENT isimli HAD yazılımı kullanılmıştır. Pompa çarklarının dönüşü Moving Reference Frame yöntemi kullanılarak modellenmiştir. Sonuçlar 2900 devir/dakika dönüş hızı ve 106 m basma yüksekliği için yapılmış deney sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Her üründe olduğu gibi turbo makinelerde de tasarlanan ürünün performansının henüz tasarım aşamasındayken bilinmesi büyük önem taşımaktadır. Bu sayede performansı düşüren etkenler tasarım aşamasında elimine edilerek optimum performansa sahip ürünler elde edilebilir. Bunun için her tasarımın istenilen performansı verip vermediği deneyler yardımıyla belirlenir ve eğer istenilen performans elde edilemiyorsa tasarım değişikliğine gidilir. Bu döngü istenilen performansı veren ürün elde edilinceye kadar devam eder. Ancak bu işlemler, her seferinde prototip üretme gerekliliği nedeniyle, zaman alıcı ve yüksek maliyetli olabilir. Ayrıca ürün belirlenen performansı sağlayamıyorsa performans kaybına neyin sebep olduğunu anlamak klasik deneylerde her zaman çok kolay olmayabilir. Bu durumda performans artımı için yapılması gereken değişikliklere karar vermek oldukça zorlaşır ve ister istemez bir deneme yanılma sürecine girilerek tasarımın hem süresi uzar hem de maliyeti artar. HAD kullanarak ürün performansının belirlenmesi ise beraberinde bir takım avantajları da getirir. Bunlardan ilki ürün testi için prototip yapma zorunluluğunun ortadan kalkmasıdır. Tasarım tamamen bilgisayar ortamında yapılır ve test edilir, dolayısı ile prototip imali için bir yatırıma gerek kalmaz. Bunun yanında yapılan HAD analizleri sonucunda akış alanı tümüyle belirlendiğinden performansı kötü yönde etkileyen unsurlar rahatlıkla saptanıp yapılacak iyileştirmelere kolaylıkla karar

verilebilir. Böylece deneme yanılma yöntemine nazaran çok daha kısa sürede nihai ürüne erişilebilir. Hatta akış alanındaki tüm detaylar incelenerek ürün performansının daha da artırılması sağlanabilir. Çalışmada biraz öncede anlatıldığı gibi çok kademeli bir pompanın performansı FLUENT isimli bir HAD programı yardımıyla hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar deneysel verilerle karşılaştırılmıştır. Deneysel veriler ile analiz sonuçlarının birbirlerine oldukça yakın olduğu saptanmıştır. Bu çalışma, bu tip bir pompanın performansının HAD yardımıyla isabetli bir şekilde hesaplanabileceğini gösterir. Kullanılan HAD yazılımı sadece genel değerleri (debi, verim) vermekle kalmamış ayrıca akış alanının detayını da çıkarmış ve performansa etki eden bölgelerin kolayca saptanmasına da olanak sağlamıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1.Rya Atık Su Arıtma Tesis

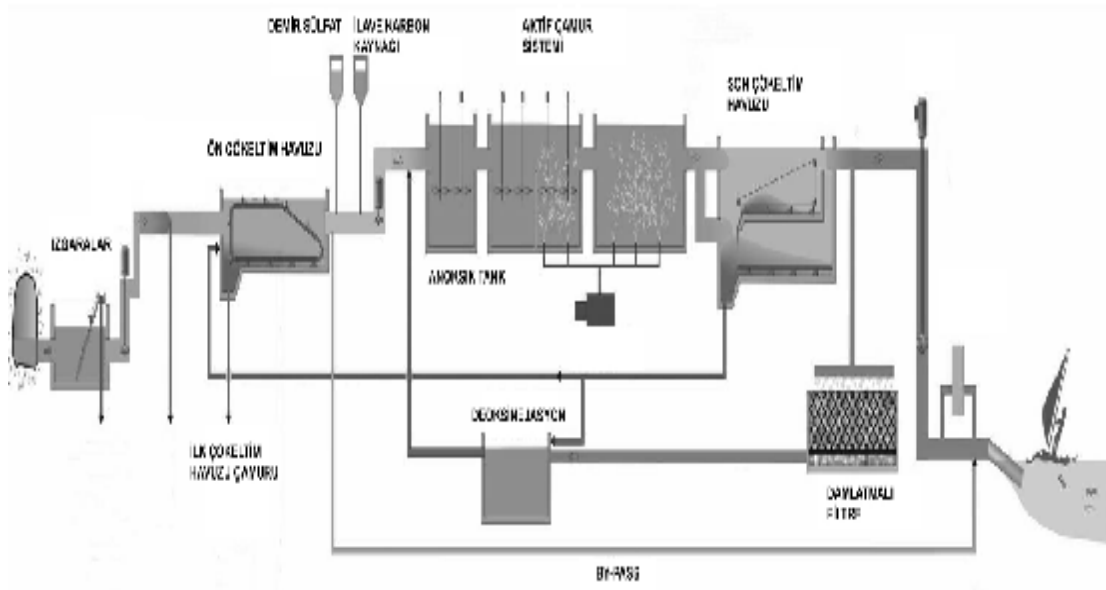
Rya Atık Su Arıtma Tesisİ İsveç'in Göteborg şehrinin atık sularını arıtmaktadır. Bu tesis 621000 nüfusun atık sularını ve 151000'lik nüfusa eşdeğer endüstriyel atık sularını arıtmak üzere tasarımı yapılmıştır.

İlk kurulduğu yıllarda basit bir arıtım uygulamasına sahip olan tesis, ilerleyen yıllardaki artan nüfus yoğunluğu sonucunda daha iyi kalitede çıkış suyu elde etmek amacıyla kum filtreleri gibi ileri arıtım ekipmanları eklenerek ileri arıtım gerçekleştiren bir atık su arıtma tesisi halini almıştır. Tesisin çevresini kaplayan alanın koruma bölgesi olması tesisin coğrafik olarak genişletilmesine izin vermemektedir. Bu da tesisin var olan ekipmanlarının mümkün olduğunca verimli çalıştırılması tatmin edici çıkış parametreleri elde edilmesi açısından en uygun yol olarak görülmektedir.

Rya Atık su Arıtma Tesisİ'nin geçmişine bakılırsa;

- 1972 yılında, yüksek debili tek aşamalı bir aktif çamur tesisi olarak arıtım yapmaktadır.
- 1981 yılında ilk çökeltim tankı ve havalandırma tankı eklenmesi ile değişikliğe uğramıştır.
- 1980'li yılların sonunda, fosfor giderimi için ferik sülfat ile eşzamanlı çökeltim prosesi uygulanmıştır.
- 1990'lı yılların otalarında azot giderimi yapmak amacıyla sistem geliştirilmiştir.

Bütün atık sular arıtma tesisine toplam 124 km uzunluğuna sahip bir kanal ağı sistemi ile ulaşmaktadır. (Lumley ve ark. 1995). Kanal ağı sistemiyle birleşen kanalizasyon sisteminin taşıdığı atık suların yaklaşık %40 'ı, tesis üzerinde 172000 m3/gün ila 1425000 m3/gün arasında büyük hidrolik yükleme değişikliklerine sebep olmaktadır.



Şekil 3.1.Rya Atık Su Arıtma Tesisi Akım Şeması

Ham atık sular ilk olarak, atık su içerisinde bulunan katı maddelerin pompa ve benzeri tesisata zarar vermemesi için diğer tasfiye ekipmanlarının yükünü hafifletmek için ve yüzücü maddeleri sudan ayırmak amacıyla ızgaralardan geçerler. Iızgaradan geçen atık sular pompalar yardımı ile ilk çökeltme havuzuna gider. İlk çökeltme havuzunda % 34 oranında BOİ ve % 72 oranında AKM giderimi sağlanır ve böylece sonraki biyolojik arıtım ünitelerinin yükü hafifletilmiş olur.

Denitrifikasyona girmeden önce Ç.O giderimi yapılması amacıyla, damlatmalı filtrelerden çıkan nitrifiye olmuş atık sular ve son çökeltim tankı aktif çamurunun bir kısmı deoksinejasyon tankına giderler. Deoksinejasyon tankı çıkış suları ile ilk çökeltim havuzundan gelen sular denitrifikasyon işlemi için anoksik tanka gelirler. Anoksik tank çok yavaş karıştırılmalıdır böylece bu tankta çökeltme önlenmiş olur. Anoksik tanktan çıkan denitrifiye olmuş atık sular azot gazı kabarcıklarını dışarıya atmak ve çökeltme işleminden önce oksijen ilave edilmesi için 10–15 dk. havalandırılırlar. Çökeltme tankından alınan çamurun geri devri çok hızlı bir şekilde yapılmalıdır. Aksi halde çamur tekrar anoksik hale gelebilir ve azot gazı kabarcıkları çamurda kabarmalara sebep olabilir.

Son çökeltim havuzu kapasitesi proses açısından kritiktir ve kapasiteyi artırmak için iki kademeli bir çökeltme havuzu yaklaşımı uygulanmıştır. Son çökeltim

havuzundan çıkan arıtılmış suların bir kısmı nitrifikasyon için damlatmalı fitrelere gider geri kalan kısım ise deşarj edilir.

Rya Atık su Arıtma Tesisinde, en uygun bir nitrifikasyon – denitrifikasyon, damlatmalı filtrelerin güvenilir bir şekilde kontrolü ve gözlenmesini gerektirdiği gibi aynı zamanda doğru bir extra karbon kaynağını da gerektirir. (Wik ve ark., 2003, Lumley ve ark., 2003). Rya atık su arıtma tesisi atık sularında karbon kaynağı yetersiz olduğundan etanol karbon kaynağı olarak tank girişinde atık suya eklenir. Buradaki denitrifikasyon işlemi fakültatif organizmalar tarafından gerçekleştirilir. Nitratın indirgenerek bozunmasıyla ortaya çıkan oksijeni kullanan bu organizmaların anoksik şartlara ihtiyacı vardır. Nitratlar tükenip, sülfatlarda bozunmaya başlayınca sülfürün sebep olduğu koku açığa çıkar ve ardından anaerobik şartlar başlar.

Bu çalışmada anoksik tankın hidrolik davranışının incelenmesi ve daha önce aynı amaç için kullanılan modelin iyileştirilmesi amaçlanmıştır.

3.2.Metot

3.2.1.HAD(Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği)

Bilgisayar teknolojisindeki ilerlemeler ve yeni nesil yüksek verimli bilgisayar programlarının geliştirilmesi, her tür geometriye sahip aktif çamur reaktörleri ve diğer arıtma ünitelerini de dahil, bu reaktörler içerisindeki gerçek akışkan akımını simüle etmeyi mümkün kılmıştır.

HAD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) kullanımı birçok alanda karşımıza çıkar.

Enerji üretimi: Enerji üreten sistemler; yanma, ısı transferi, türbülans ve gaz partiküllerinin etkileşimine bağlı karışmış akım fenomeni ve gaz partikülleri ile ilgilidir. HAD bu sistemlerde kullanılarak, ısı transfer oranı, yanma oranı, akım ve partikülün iletilme oranı belirlenir. Bu bilgiler daha sonra sistemin iyileştirilmesi ve işletme maliyetlerinin düşürülmesi için kullanılır.

Hidrodinamik: Deniz altılarının projelendirilmesi için geometrinin ölçekli şekli ve tankların su içindeyken yapılması gereken bazı testler çok önemlidir. Modelin

sürüklenme ve su içerisinde kaldırma sonuçları Reynolds ve Froude sayılarının karşılaştırılmasının zorluğundan dolayı, geometrinin tam ölçekli boyutuna bağlıdır. HAD tahmini ölçek boyutlarına gerek duymadan, tam ölçekli bu geometrilerin simülasyonunu yapabilmektedir. Simülasyonlar sürüklenmenin azaltılması ve türbülans oluşumu için gerekli yolları belirler.

Bu gibi HAD'ın (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) kullanıldığı alanlara pek çok daha örnek verilebilir. Bu projede HAD'ın atık su arıtılmasındaki uygulamaları incelenecektir; atık su arıtma tesislerinin dizaynını ve çalışma şeklini iyileştirmek için kullanılmaktadır.

Her üründe olduğu gibi atık su arıtma tesisi ekipmanları için de tasarlanan ürünün performansının henüz tasarım aşamasındayken bilinmesi büyük önem taşımaktadır. Bu sayede performansı düşüren etkenler tasarım aşamasında elimine edilerek optimum performansa sahip ürünler elde edilebilir. Bunun için her tasarımın istenilen performansı verip vermediği deneyler yardımıyla belirlenir ve eğer istenilen performans elde edilemiyorsa tasarım değişikliğine gidilir. Bu döngü istenilen performansı veren ürün elde edilinceye kadar devam eder. Ancak bu işlemler, her seferinde prototip üretme gerekliliği nedeniyle, zaman alıcı ve yüksek maliyetli olabilir. Ayrıca ürün belirlenen performansı sağlayamıyorsa performans kaybına neyin sebep olduğunu anlamak klasik deneylerde her zaman çok kolay olmayabilir. Bu durumda performans artımı için yapılması gereken değişikliklere karar vermek oldukça zorlaşır ve ister istemez bir deneme yanılma sürecine girilerek tasarımın hem süresi uzar hem de maliyeti artar. HAD kullanarak ürün performansının belirlenmesi ise beraberinde bir takım avantajları da getirir. Bunlardan ilki ürün testi için prototip yapma zorunluluğunun ortadan kalkmasıdır. Tasarım tamamen bilgisayar ortamında yapılır ve test edilir, dolayısı ile prototip imali için bir yatırıma gerek kalmaz. Bunun yanında yapılan HAD analizleri sonucunda akış alanı tümüyle belirlendiğinden performansı kötü yönde etkileyen unsurlar rahatlıkla saptanıp yapılacak iyileştirmelere kolaylıkla karar verilebilir. Böylece deneme yanılma yöntemine nazaran çok daha kısa sürede nihai ürüne erişilebilir. Hatta akış alanındaki tüm detaylar incelenerek ürün performansının daha da artırılması sağlanabilir.

Bu modellemede CEM (Chemical Engineering Modüle) içerisindeki 3D k- ϵ türbülans modeli kullanılacaktır. Bu model özellikle reaktör, filtrasyon, esanjor ve kimya endüstrisi içerisinde yer alan diğer ekipmanların modellenmesi için geliştirilmiştir. HAD modellemesi, geometri içerisinde akımın 3 boyutlu hareketini tahmin edebilmektedir.

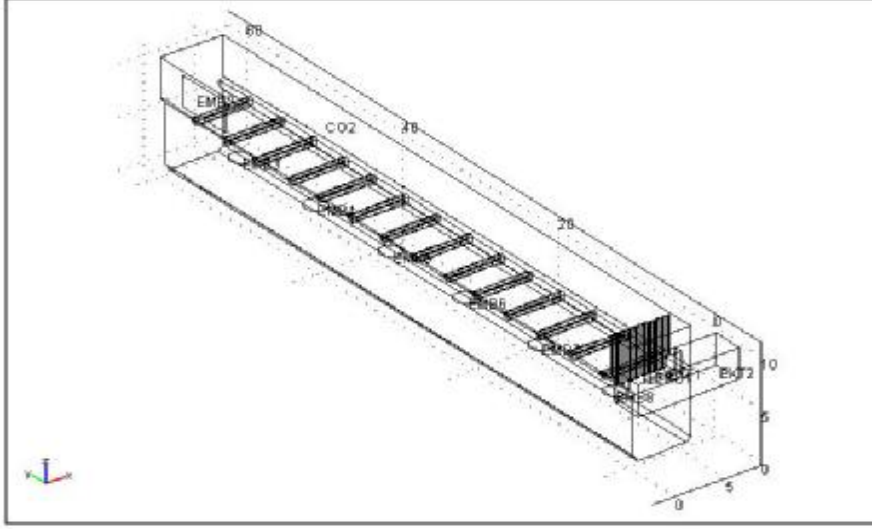
Bu bilgisayar modellemesi, farklı fenomenler arasındaki bağlantıların uygulamasında çok etkili sonuçlar vermektedir. Statik karıştırıcılar içerisindeki pervanelerin çevresindeki basınç ve konsantrasyon alanı çok önemli bilgiler içermektedir. Bu model, akışkan akımının momentum dengesi ile iki karışmış türün materyal dengesi arasında bağlantı kurmaktadır. Elde edilen sonuç bize, akis yolu boyunca karıştırıcıların ters yönünde oluşan standart sapma hesaplanmasıyla karıştırma verimini verir.

HAD, su içerisinde meydana gelen her türlü prosesin daha iyi anlaşılabilmesine olanak sağlayan çok güçlü bir yöntemdir.

3.2.1.3. Matematik Modeli

3.2.1.3.(1). Geliştirilmiş Anoksik Tank Geometrisi

Bu çalışmada anoksik tank hidroliği sayısal olarak incelenmiştir. Şekil 3.2’de görülen anoksik tankın gerçek geometrisini simüle edebilmek için sayısal ağ oluşturulmadan önce tank çizimi modelleme üzerinde yapılmıştır. Bu tank modeli kullanılarak anoksik tankın toplam akış hacmi çıkarılmıştır.



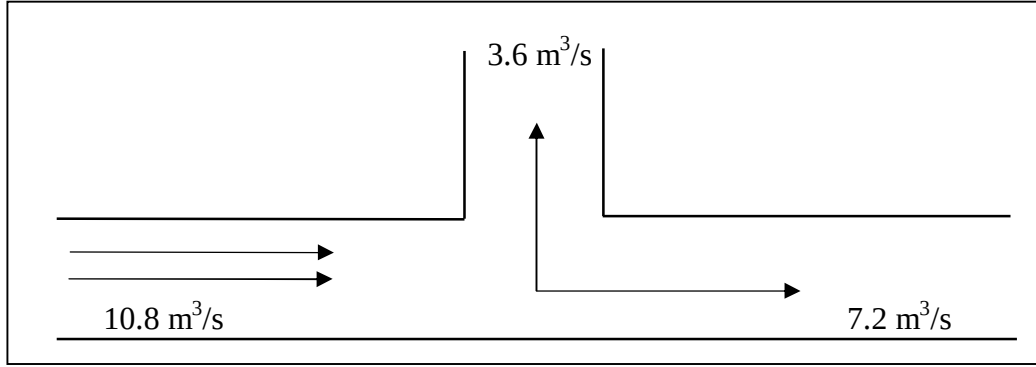
Şekil 3.2 Anoksik Tankın Geometrisi

Tank uzunluğu: 60m

Tank genişliği: 6.1m

Tank derinliği: 10.85m

Yukarıda Şekil 3.2 'de anoksik tankın modellemede kullanılan geometrisi görülmektedir. Bu geometriyi oluşturulan bütün yapılar ve boyutları anoksik tankın gerçek projesinden alınarak oluşturulmuştur. Daha önce yapılan çalışmada ise gerçekte var olan hiçbir ayrıntıya girilmeden tanka sadece dikdörtgen bir yapı verilerek modellemesi yapılmıştır. Şekil 3.2 görüldüğü gibi tank geometrisine arıtma tesisinde de olduğu gibi, bir giriş kanal yapısı eklenmiştir.



Şekil 3.3 Tank Giriş Yapısındaki Debi Dağılımı

Şekil 3.3 tanka eklenen giriş kanal yapısındaki debi dağılımını göstermektedir. Kanala gelen $10.8 \text{ m}^3/\text{s}$ 'lik toplam debinin $3.6 \text{ m}^3/\text{s}$ 'lik kısmı anoksik tanka girmektedir.

3.2.1.3.(2). Matematiksel Model:

Sayısal hesaplamalar için türbülans modeli olarak k-ε modeli kullanılmıştır

- Denklemler: x, y ve z momentum denklemleri, k denklemi ve ε denklemi kullanılmıştır.

- Sınır Şartları: Giriş, çıkış ve yüzeyler için sınır şartları belirlenmiştir. Giriş *Pressure Inlet* sınır tipi kullanılarak modellenmiştir. Bu sınırda 1 atmosferlik toplam basınç tanımlanmıştır. Çıkış *Pressure Outlet* sınır tipi kullanılarak modellenmiştir. Mikserlere 0.55 m/s ve 1.1 m/s 'lik yüzeysel dönme hızları kullanılmıştır. Kullanılan bu hız değerleri, mikserlerin pompa kapasitesi ($108 \text{ m}^3/\text{dakika}$) değerine bağlı olarak seçilmiştir. Mikserlerin yüzey alanı $= \pi r^2$ ifadesinden $3.14 \cdot 1^2 = 3.14 \text{ m}^2$. Mikserlerin yüzey alanına düşen dikey kuvvet değerini pompa kapasitesi yardımıyla hesaplandı

ve bu değer mikserlerin hız değeri olarak kabul edildi. $\frac{108 \text{ m}^3}{\text{dakika}} / 3.14 \text{ m}^2 = 0.56 \text{ m/s}$

Mikserler tank tabanının 3m yukarısına yerleştirilmiştir.

3.2.1.4. Hesaplama Yöntemi

Tank içindeki hidroliğin incelenmesi Comsol Multiphysics 3.2 software kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kimya Mühendisliği Modülü içerisindeki üç boyutlu (3D) k - ϵ türbülans modeli kullanılmıştır.

3.2.1.4.(1). Hesaplama Araçları

x , y ve z momentum denklemleri, k denklemi ve ϵ denklemi kullanılmıştır.

Yukarda k ; turbulant kinetik enerji, ϵ enerji dispersiyonunu gösterir.

Bu denklemlerde kullanılan bazı sabitler vardır. Bu denklem sabitleri deneysel verilerden elde edilmiş ve standart parametre olarak kullanılmaktadır.

$$C_\mu = 0.09, C_{\epsilon 1} = 0.1256, C_{\epsilon 2} = 1.92, \sigma_k = 0.9, \sigma_\epsilon = 1.3$$

3.2.1.4.(2). Simülasyon Değerleri

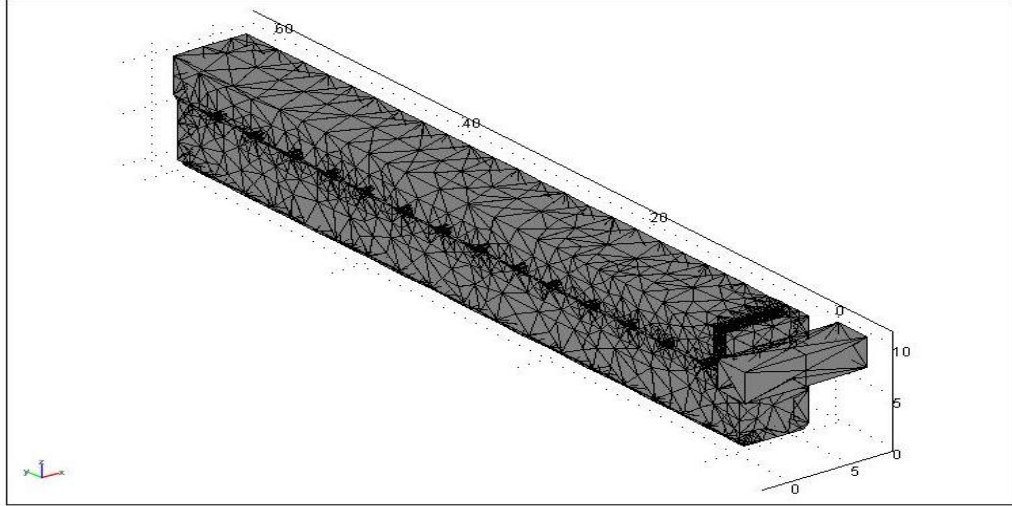
- Fiziksel Özellikler: Reaktör içindeki atık suyun yoğunluğu suyun yoğunluğu olarak kabul edildi.

$$\rho \text{ (yoğunluk) : } 1000 \text{ kg/m}^3$$

η (viskozite)(kg/m.sn):Viskozite sıvıların kuvvete, karıştırmaya veya akışa karşı gösterdiği direncin ifadesidir. Eğer sıvı aşırı akıcı ise, viskozitesi düşük ya da sıvı koyu kıvamlı ve akışı zorsa viskozitesi yüksek demektir.

- Ağ Oluşturma: Modelde simülasyona başlamadan önce uygun bir ağ yapısının oluşturulması çok önemlidir. Bu ağ sistemi, hesaplama alanının çok küçük alt hesaplama alanlarına (veya hacimlerine) bölünmesi ve gerekli matematiksel çözümlerin tüm bu ağ elemanlarında ayrı ayrı yapıp daha sonra hepsinin birleştirilerek tüm hesaplama alanı içindeki nihai çözümün elde edilmesi için kullanılır. Ağ sisteminin, simülasyonun sayısal çözüm dengesi ve doğruluğu üzerinde geniş bir etki oluşturduğu bilinmektedir. Model geometrisi, ağ sistemi tarafından tanımlanan kontrol hacimlerinden oluşur. Hesaplama alanı içindeki

ağ yoğunluğu ne kadar fazla olursa, genel olarak akışkan dinamiği çözümünün hassasiyeti de o kadar artar denilebilir



Şekil 3.4 Anoksik Tankın Sayısal Ağ Oluşumu

Şekil 3.4 modellemesi yapılan anoksik tankın sayısal ağ oluşumunu göstermektedir. Bu sistemde toplam 40000 eleman bulunmaktadır.

3.2.2. Tam Ölçekli İzleyici Testleri

İz testleri, bioreaktörlerdeki hidroliğin hidrolik alıkonma süreleri ve dağılımı eğrilerinin analizi ile karakterize edilmesinde çok yaygın olarak kullanılır. (Bode and Seyfried, 1984 Newell ve ark., 1998; Williams and Beresford, 1998; Burrows ve ark., 1999; Martin, 2000 and Olivet ve ark., 2005). İz testleri genellikle reaktör girişlerine kimyasalın verilmesi ve reaktör çıkışında örneklerin alınarak içerisindeki kimyasal konsantrasyonunun ölçülmesi şeklinde yapılır. Ölçülen kimyasalların birim zamandaki konsantrasyonlarını gösteren grafikleri oluşturulur. Bu grafiklerden yararlanarak tank hidroliği değerlendirilir. Hidrolik alıkonma süresi ve dağılımını gösteren bu eğriler akışkanın reaktör içerisinde toplam kalma süresini gösterir.

Şu ana kadar yapılan çalışmalarda çözülebilir tuzlar, boyalar, radyoaktif bileşikler ve mikroorganizmalar gibi birçok izleyici maddeler hidrolik alıkonma süresi ve dağılımı eğrisi oluşumlarında denenmiştir. Bunların arasında lityum tuzlarının kullanımı; evsel atık sularda düşük ve sabit konsantrasyonlarda bulunmaları ve aynı zamanda mikroorganizmalar tarafından ne adsorblanabilir ne de indirgenebilir olması özelliğinden dolayı çok yaygındır. (Olivet ve ark., 2005). Birçok matematik model hidrolik alıkonma süresi ve dağılımı eğrilerine uyarlanabilir ve hidrolik tanımlaması yapılabilir. Bu çalışmada bu amaç için HAD modeli seçilmiştir.

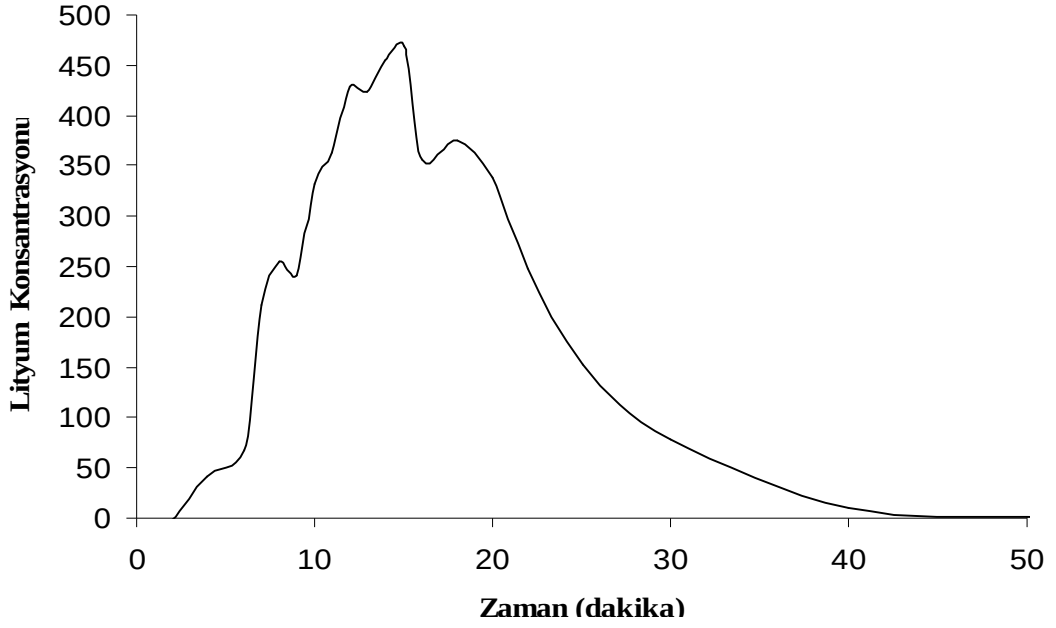
Bu çalışmada, tam karışımlı bir anoksik reaktörde hidrolik akım koşullarının belirlenmesi amacı ile izleyici çalışmaları yapılmıştır. Reaktördeki hidrolik davranışın özelliklerini belirleyen bu yöntem, reaktör girişinde bir izleyici maddenin ani enjeksiyonuna ve çıkış suyunda bu maddenin zaman içerisindeki derişiminin izlenmesi esasına dayanmaktadır. İzleyici madde olarak lityum klorid kullanılan ani izleyici çalışmasında test boyunca reaktöre giren bütün akım sabit tutulmuştur.

10 kg LiCl su içerisinde çözdürülmüş ve 25 l'lik tuzlu su hazırlanmıştır. Hazırlanan tuzlu su 50 m'lik bir hortuma boşaltılmıştır. Basıncılı yıkama suyu kullanılarak birkaç saniye içerisinde tank girişine enjekte edilmiştir. Tank çıkışında her biri 100 ml'lik örnekler alınmıştır. Örnekler çökelmeye bırakılmıştır ve sonra 1.2 µm filtreden geçirilmiştir. Örnekteki lityum konsantrasyonu Eppendorf ELEX 3631 fotometresi ile ölçülmüştür. Lityum standart eğrisi oluşturulurken fotometrenin kalibrasyonu son atık sunun seyreltilmiş su olarak kullanılası şeklinde gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde ölçümü yapılan lityum konsantrasyonları kullanılarak hidrolik alıkonma süresi ve dağılımı eğrisi oluşturulmuştur.

Çizelge 3.1 yapılan izleyici testleri analizlerini göstermektedir. Ölçümler sırasında izleyici madde konsantrasyonunda ve hızındaki ani değişiklikler tankın çıkış yapısındaki izleyici madde konsantrasyonlarının gerçek değerlerden farklı çıkmasına yol açmıştır. Bu değişiklikleri minimize etmek için kanal tank çıkış yapısının farklı 3 noktasından ortasından, sol üst ve sağ alt köşelerinden örnekler alınmış ve bunların aritmetik ortalamaları göz önünde bulundurularak hidrolik alıkonma süresince dağılım eğrisi oluşturulmuştur.

Çizelge 3.1. İzleyici testi sonuçları

Zaman (dak)	Lityum (izleyici madde) Konsantrasyonu (µg/l)			Ortalama
	1.nokta	2.nokta	3.nokta	
0	-1	0	-5	-2
2	0	0	-3	-1
4	39	71	17	42.3
6	68	80	55	67.7
7	224	192	220	212
8	156	327	282	255
9	263	263	200	242
10	328	291	375	331.3
11	348	365	374	362.3
12	387	484	415	425.7
13	424	404	445	424.3
14	498	440	425	454.3
15	510	445	450	468.3
16	332	370	365	355.67
18	319	385	420	374.67
20	355	300	360	338.3
22	149	340	225	238
25	113	195	150	152.67
30	89	64	80	77.67
40	6	10	15	31
50	0	4	0	1.33
60	-4	0	0	-1.33



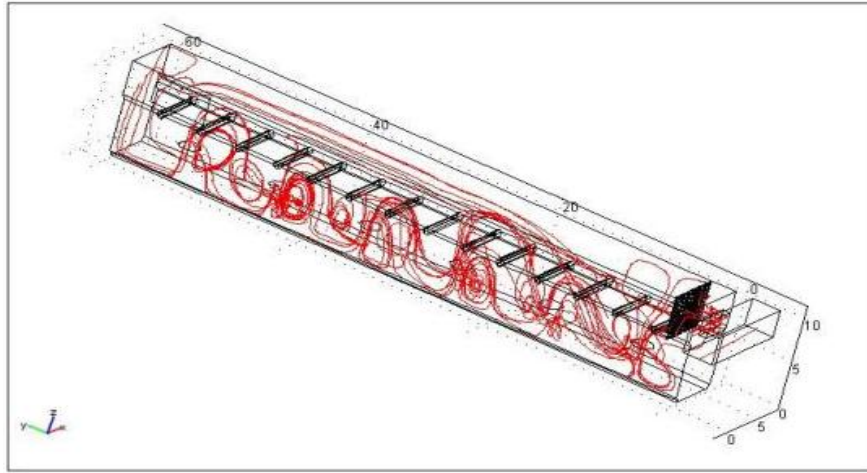
Şekil 3.5 İzleyici testleri sonucunda elde edilen hidrolik alıkonma süresi ve dağılımı eğrisi

İzleyici testleri uygulanan tanka giren akım debisi $3.6 \text{ m}^3/\text{s}$, bu da 16 dakikalık bir teorik hidrolik alıkonma süresine denk gelmektedir. Çizelge 3.1'e bakıldığı zaman maksimum lityum konsantrasyonunun ölçüldüğü dakika 15.inci dakikadır.

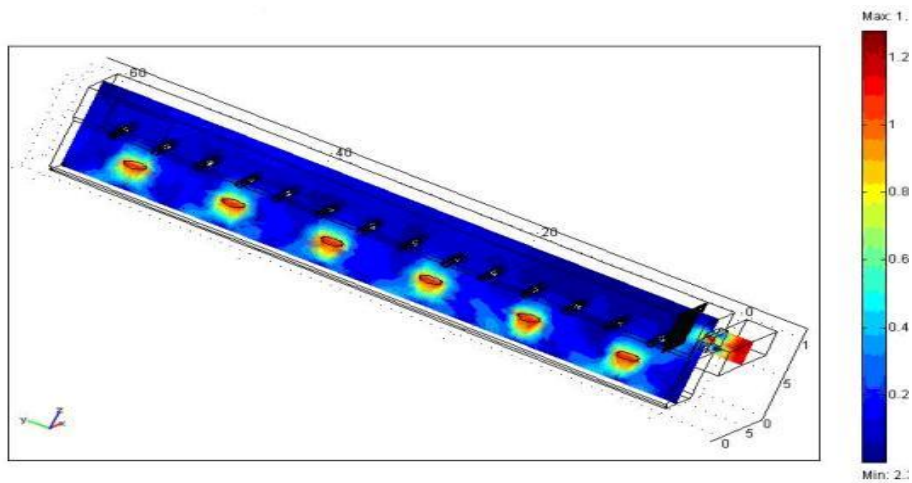
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. HAD Modelleme Sonuçları

Şekil 4.1, tank boyunca hidroliğin çizgisel olarak nasıl değiştiğini göstermektedir. Şekle bakıldığında, tankın üst kısımlarının alt kısımlara nazaran çok aktif olmadığı kolayca anlaşılabılır. Aksine tankın alt kısımlarında mikserlerin akımda nasıl etkili olduğu, çizgisel kıvrımlarına bakılarak anlaşılabılır.

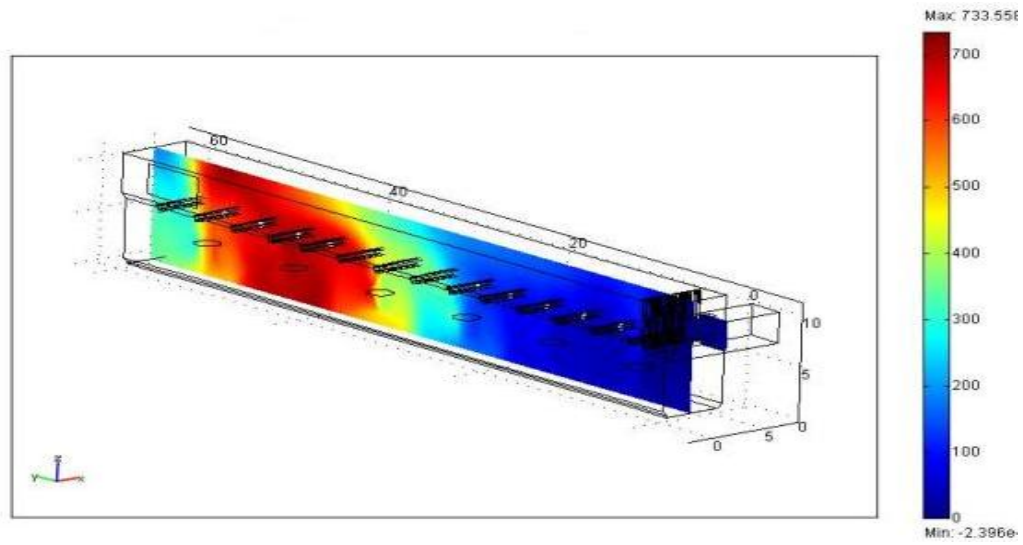


Şekil 4.1. Reaktör içindeki akışın “çizgi profil” ile gösterimi

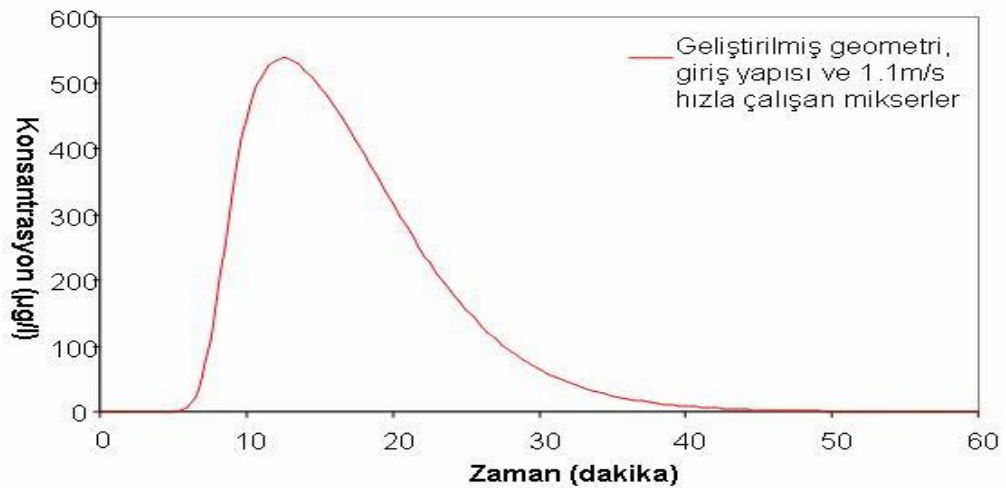


Şekil 4.2. Reaktör içindeki akışkan hızının kesit profili ile gösterimi

Şekil 4.2 reaktör içerisindeki akış hızını göstermektedir. Şekildeki koyu kırmızı renkler akımın en hızlı olduğu bölgeleri göstermektedir. Koyu mavi renkli bölgeler ise akışın yavaş olduğu yerleri göstermektedir. Şekilden de anlaşılacağı gibi mikserlerin çevresini kaplayan bölgelerde hız yüksek, tank yüzeyinde ise akım durgun ve hız düşüktür.

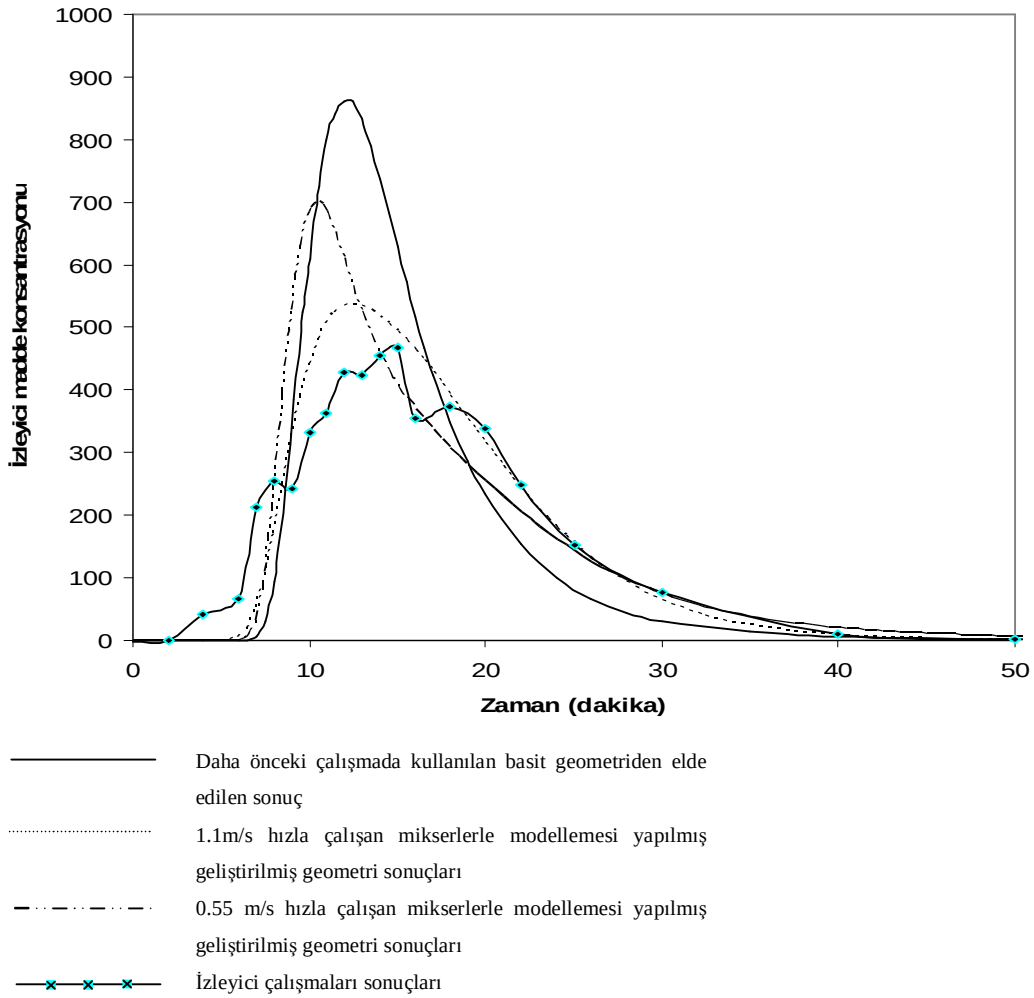


Şekil 4.3. İzleyici maddenin tank içerisinde 12.5. dakikadaki konsantrasyonu



Şekil 4.4. İzleyici maddenin tank içerisinde 12.5. dakikadaki konsantrasyonunun grafiksel gösterimi

Şekil 4.3 giriş kanal yapısı ve geometrisi ile geliştirilmiş 1.1 m/s mikser hızına sahip reaktör modelinin, HAD modellemesinde izleyici konsantrasyonunun pik değere ulaştığı andaki görüntüsü vermektedir. Şekil 4.4 ise bunun grafiksel gösterimidir. Koyu kırmızı renk izleyici maddeyi simgelemektedir.



Şekil 4.5 HAD sonuçlarının izleyici testleri sonuçları ile karşılaştırılması

Şekil 4.5 de HAD sonuçları ve izleyici test sonuçlarının grafiksel gösterimi sunulmaktadır. Grafikler karşılaştırıldığında, giriş kanal yapısı ve geometrisi ile geliştirilmiş modelden çıkan sonuçların, izleyici test sonuçlarına ne kadar yakın olduğu açıkça görülmektedir. Daha önce çalışılan basit bir geometrinin verdiği

değerler izleyici testleri sonuçlarına uzak düşmektedir ve gerçek değerler göz önüne alındığında modellemenin bu amaç için kullanılabilirliği. Geliştirilmiş geometriye giriş kanal yapısının eklenmesi de gerçek sonuçları olumlu yönde etkilemiştir. Mikserlerin hız değerini 1.1 m/s olarak değiştirilmesi grafikten de anlaşılabileceği gibi hemen hemen gerçek değerleri göstermektedir. Bu grafiklerin ortak noktası altında kalan alanların eşit olmasıdır. Grafiklerin altında kalan alan kullanılan toplam izleyici madde miktarını vermektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada HAD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) modeli kullanılarak Rya Atık Su Arıtma Tesisi Anoksik Tank'ın hidrolik davranışı incelenmiştir ve iki alternatif uygulanmış ve gerçek değerlere uyan bir model oluşturulmuştur.

Bu çalışma daha önce yapılmış bir projenin uzantısıdır. Daha önce aynı tank üzerinde HAD kullanılarak hidrolik çalışmalar yürütülmüştür. Modelleme sonuçları ise deneysel çalışma sonuçlarına yakın çıkmamıştır ve bu da kullanılan modelleme programının güvenilirliğini tehlikeye atmaktadır.

Modellemesi yapılan anoksik tank geometrisinin basit bir dikdörtgen şeklinde simülasyona girmesi, çıkan sonuçların gerçek değerlerden uzak olmasının bir nedeni olabileceği düşüncesi ile geometri gerçek değerleriyle ayrıntılı olarak tekrar çizilmiş ve bir giriş kanal yapısı eklenmiştir.

Bu çalışmada mikserlerin modellemesi üzerinde bir takım sıkıntılar vardır. Bu nedenden dolayı mikser hızı olarak mikserlerin pompalama kapasitesinden faydalanılarak, mikserlerin yüzey alanına düşen dikey kuvvet mikser hızı olarak kabul edilmiştir. Bu değer ise 0.55m /s'dir. Yapılan çalışmada bir diğer alternatif olarak mikserler hızı 1.1 m/s seçilmiştir. Hem geometrinin geliştirilmesi hem de mikser hızlarının değiştirilmesi ile oluşan model sonuçları incelenmiştir.

Geliştirilmiş geometri kullanılarak elde edilen iki farkı sonuç, daha önce aynı tank üzerinde aynı amaç için hidrolik çalışması yapılmış basit geometriden elde edilen sonuçla ve izleyici testi sonuçlarıyla karşılaştırılmış.

- Geliştirilmiş geometri, geliştirilmiş giriş kanal yapısı ve 0.55 m/s hızla çalışan mikserler.
- Geliştirilmiş geometri, geliştirilmiş giriş kanal yapısı ve 1.1 m/s hızla çalışan mikserler.

Geometrinin geliştirilmesi ve giriş kanal yapısının geometriye eklenmesi ile daha kabul edilebilir ve gerçeğe yakın değerler elde edilmiştir.

HAD(Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) modellemesi atık su arıtma tesisi hidroliğinin incelenmesinde ve doğru reaktör dizaynında çok önemli rol oynamaktadır.

Daha sonraki çalışmalar için mikserlerin daha geliştirilmiş haliyle çalışılması önerilir.

KAYNAKLAR

- BALMÉR, P., EKFJORDEN, L., LUMLEY, D. AND MATTSSON, A. (1998). Upgrading For Nitrogen Removal Under Severe Site Restrictions. Water Science technology. 37(9), 185-192.
- Bode H.and Syfried C.F.(1984). Mixing and detention time distribution in activated sludge tanks. Water Science technology. 17, 197-208.
- BRAUCKAERF C.J. AND C.A .(1999). The Application Of CFD To Water And Wastewater Treatment Plants. Water Science technology. 29(4-5), 90-98.
- BROUCKAERT C.J AND BUCKEY C.A (1999). The Use Of CFD For Improving The Design Operation Of Water And Wastewater Treatment Plants. Water Science technology. 40(4-5), 81-89.
- Burrows L.J., Stokes A.J., West J.R., Forster C.F. and Martin A.D (1999). Evaluation of different analytical methods for tracer studies in aeration lanes of activated sludge plants. Water Science technology. 33(2), 367-374.
- DEMARTINI L.C., VIELMO H.A. AND MÖLLER V.,(2004). Numeric And Experimental Analysis Of Turbulent Flow Through A Channel With Baffle Plates. Water Science technology. 40(2), 89-100.
- I'ONS, D., ÄIJÄLÄ. G. AND LUMLEY, D. (2004). Intelligent On-Line Monitoring Of Nitrifying Trickling Filters. Water Science technology. 17, 197-208.
- J.AUBIN, D.FLETCHER, C.XUEREB. Modeling Turbulent Flow In Stirred Tanks With HAD: The Influence Of The Modelling Approach, Turbulence Model And Numerical Scheme. Water Science technology 27, 197-208.
- KARAMA A.B., ONYEJEKWE O.O., BROUCKAERT C.J. AND BUCKLEY C.A.(1999). The Use Of Computational fluid dynamics (CFD).Technique for evaluating the efficiency of an activated sludge reactor. Water Science technology. 39(10-11), 329-332.
- LAUNDER, B. E. AND SPALDING, D. B., 1974. The Numerical Computation of Turbulent Flows, Computer Methods In Applied Mechanics And Engineering.
- Levenspiel O.(1962) Chemical Reaction Engineering. John Wiley and Sons, New York.

- LUMLEY, D. (1985). Settling Of Activated Sludge - A Study Of Limiting Factors And Dynamic Response, Dept. Of Sanitary Engineering, Chalmers University Of Technology, Göteborg.
- LUMLEY, D., ÄIJÄLÄ, G. AND WIK T. (2003). Erfarenheter Av Modelbaserad Styrning Av Etanoldosering Vid Ryaverket (Experience Of Model Based Control Of Ethanol Dosage At The Rya WWTP).
- LUMLEY, D., SAHLBERG, K-Å. AND HARALDSSON, P. (1993). Use Of Part-Time Unmanned Operation At A Large Wastewater Treatment Plant.
- M. Ann (1996) Denitrification in a non- nitrifying activated Sludge system Employing Recirculation from a Tertiary Nitrification Unit. Phd Thesis, S-412.
- Martin A.D.(2000) Interpretation of residence time distribution data. Chemical Engineering Science 55, 5907-5917.
- METCALF and EDDY,(1991). Wastewater engineering, treatment, disposal and reuse. Revised by Tchobanoglous, G and burton, F. L. McGraw-Hill, Inc.ISBN 0-07-100824-1.
- Newell B. Bailey J., Islam A., Hopkins L. And Lant P. (1998) Characterising bioreactor mixing with residence time distribution tests. Water Science and Technology.37 (12), 43-47.
- OLIVET D., VALLS J., GORDILLO M.A., FREIXO A. AND SANCHEZ A.(2005). Application Of Residence Time Distribution Technique To The Study Of The Hydrodynamic Behaviour Of Full-Scale Wastewater Treatment Plant Plug Flow Bioreactor. Journal of Chemical Technology and Biotechnology. 80, 425-432.
- OLSSON, G. AND NEWELL, B. (1999). Wastewater Treatment Systems. Modelling, Diagnosis And Control. Water Science technology 45 (12), 43-47.
- RUIZLEYICI G., JEISON D., RUBILAR O., CIUDAD G., CHAMY R.(2005). Nitrification-Denitrification Via Nitrite Accumulation For Removal From Wastewaters. Water Science technology 32(37-39).
- SAZIYE BALKU, RIDVAN BERBER. Dynamics Of An Activated Sludge Process With Nitrification And Denitrification:Start Up Simulation And Optimization Using Evolutionary Algorithm.

- Şengül, F., Y.E. Küçükgül:”Çevre Mühendisliğinde Fiziksel-Kimyasal Temel işlemler ve Süreçler” D.E.Ü., İzmir, 1990
- WEIDONG HUANG, CHUNDU WU, BINGJIA XIAO, WEIDONG XIA.
Computational Fluid Dynamic Approach For Biological System Modeling.
- WIK, T., OLSSON, D. AND LUMLEY, D. (2003). Model Based Control Of External Carbon Dose Rate In A Full-Scale Predenitrification System. In 9th IWA Conference on Design Operations and Costof Large WWTP’s. Prague, Czech Republic.
- WILÉN, B-M., LUMLEY, D. AND NORDQVIST, A. (2004). Dynamics In Maximal Settling Capacity In An Activated Sludge Treatment Plant With Highly Loaded Secondary Settlers. Water Science technology.37 (12), 43-47.
- YONG M., YONGZHEN P., .JEPPSSON U, (2005). Dynamic Evaluation Of Integrated Control Strategies For Enhanced Nitrogen Removal In Activated Sludge Processes. Water Science technology, 56(13-17), 23-27

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Kahramanmaraş'ta doğdum. İlkokul eğitimimi Atatürk İlkokulunda; orta ve lise eğitimimi ise K.Maraş Çukurova Elektrik Anadolu Lisesi'nde tamamladım. 1999 yılında Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği bölümüne girdim. 2003 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimime başladım. Yüksek lisans eğitimimin bir yıllık süresini erasmus programı ile İsveç'in Boras Üniversitesinde tamamladım. Hala yüksek lisans eğitimime devam etmekteyim.