

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

**RESPIROMETRİK YÖNTEMLE DEĞİŞİK ENDÜSTRİYEL ATIKSULARIN  
BİRLİKTE ARITILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Gonca KAPLAN YONAR**

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

**BURSA 2006**

T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

RESPIROMETRİK YÖNTEMLE DEĞİŞİK ENDÜSTRİYEL ATIKSULARIN  
BİRLİKTE ARITILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Gonca KAPLAN YONAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

Bu Tez 02/05/2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Kadir KESTİOĞLU Prof. Dr. Recep EREN Yrd. Doç. Dr. Seval SOLMAZ  
(Danışman)

## ÖZET

Bu çalışmada, değişik endüstrilerden alınan atıksuların standart metotlara göre karakterizasyonları yapılmış, evsel atıksularla ve birlikte arıtılabilirliklerinin araştırılması için aktif çamurla respirometrik toksisite deneylerine tabi tutulmuşlardır.

Deneysel çalışmalarda tekstil, gıda, otomotiv, deri, OSB ve süt endüstrisi (PAS) olmak üzere altı farklı sektörden toplanan atıksular kullanılmıştır. Deneyler TS 10868 EN ISO 8192/ Şubat 1999 standart metodu referans alınarak yapılmıştır. Çalışmada kullanılan aktif çamur ise evsel atıksu arıtan bir arıtma tesisinin havalandırma tankından alınmıştır.

İlk olarak ham atıksularla respirometrik toksisite deneyleri yürütülmüştür. Bu deneyler standarta göre 30 dakikalık ve 180 dakikalık testler şeklinde gerçekleştirilmiştir. Bu deneyler sonucunda aktif çamur üzerinde toksisite oluşturduğu düşünülen atıksulara fizikokimyasal arıtma uygulandıktan sonra aynı deneyler tekrarlanmıştır.

Yapılan deneylerde tekstil, otomotiv, deri, OSB ve PAS'ın ham halleriyle yapılan respirometrik toksisite deneyler sonucunda bu atıksuların aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde toksik etki yarattığı kanısına varılmıştır. Gıda endüstrisi atıksularının ham haliyle yapılan deneylerdeyse bu atıksuyun evsel atıksularla direkt olarak arıtılabileceği belirlenmiştir.

Tekstil, deri, otomotiv, OSB ve PAS'a kimyasal arıtma uygulandıktan sonra deneyler tekrarlanmıştır. Sonuçta tekstil, otomotiv ve OSB atıksularının kimyasal arıtma uygulandıktan sonra evsel atıksularla arıtılabileceği kanısına varılmıştır. Ancak deri ve PAS atıksularına kimyasal arıtma uygulandıktan sonra bile aktif çamur üzerindeki toksik etkilerinin devam ettiği tespit edilmiştir. Bu atıksuların kimyasal arıtma uygulandıktan sonra ancak belirli seyrelme oranları sağlandıktan sonra evsel atıksularla arıtılabileceği kanaatine varılmıştır.

## ANAHTAR KELİMELER

Respirometrik Toksisite Deneyi, Endüstriyel Atıksu, Evsel Atıksu, Aktif Çamur ISO 8192, Arıtılabilirlik Çalışmaları, Toksisite.

## **ABSTRACT**

In this study, industrial wastewater samples were collected, analyzed according to Standard Methods and toxicity of these industrial wastewater on activated sludge were determined for the evaluation of treatment together with domestic wastewater.

Textile, food processing, automotive, tannery, organized industrial estate and cheese whey wastewater were used in experimental studies. Experiments have been carried out according to TS 10868 EN ISO 8192/February 1999 reference method. Activated sludge used in all tests was withdrawn directly from the aeration tank of domestic wastewater treatment plant.

Primarily, respirometric toxicity of raw wastewater was determined. According to the standard, 30 min and 180 min tests were performed. Following to these studies, pretreatment were applied on toxic wastewater samples. Pretreated samples were tested according to standard.

Textile, automotive, tannery, OID, automotive and cheese whey wastewater samples were shown toxic effect on activated sludge biomass. Raw food processing industry wastewater has not been shown any toxicity on activated sludge biomass.

Tests were repeated on pretreated textile, automotive, OID, automotive and cheese whey wastewater samples. Consequently, pretreated textile, automotive and OID wastewaters can be treated together with domestic wastewater. However, pretreated tannery and cheese whey wastewater were shown toxic effect on activated sludge biomass. These wastewater should be diluted before the treatment together with domestic wastewater.

## **KEYWORDS**

Respirometric toxicity test, industrial wastewater, domestic wastewater, activated sludge, ISO 8192, Treatability Studies, Toxicity.

## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa No
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iii
SİMGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvii
1. GİRİŞ	1
2. ATIKSULARIN ARITIMI ve ARITIM MALİYETLERİ	3
2.1. Atıksulardan Kaynaklanan Çevresel Sorunlar	3
2.1.1. Atıksularda Kirletici Etki Oluşturan Unsurlar	3
2.1.2. Atıksuların Alıcı Ortama Etkileri	4
2.2. Endüstriyel Atıksuların Arıtma Metotları ve Arıtma Maliyetleri	7
2.2.1. Endüstriyel Atıksuların Arıtma Yöntemleri	7
2.2.2. Endüstriyel Atıksuların Arıtılmasında Uygulanan Önemli Faktörler	9
2.2.3. Türkiye’de Atıksu Arıtma Tesislerinin Mevcut Durumu ve Atıksuların Arıtım Maliyetleri	9
2.2.3.1. Sanayi Atıksuyu Arıtım Maliyetleri	11
2.2.4. Endüstriyel Atıksuların Evsel Atıksularla Arıtılmasının Arıtma Maliyetine Katkısı	12
3. ENDÜSTRİYEL ATIKSULARIN EVSEL ATIKSULARLA BİRLİKTE ARITILMALARININ RESPIROMETRİK YÖNTEMLERLE ARAŞTIRILMASI	15
3.1. Endüstriyel Atıksuların Biyolojik İndirgenebilme Prensipleri	15
3.1.1. Biyokimyasal Oksidasyon	15
3.1.2. Mikroorganizma- Solunum İlişkileri	17
3.2. O <sub>2</sub> Tüketimi ve Solunum Aktivite Ölçümlerinin Teorisi	22
3.2.1. Biyolojik Arıtmada Havalandırma Havuzundaki O <sub>2</sub> Tüketimi	22

	<b>Sayfa No</b>
3.2.2. Solunum Aktivite Bağıntıları	23
3.3. Endüstriyel Atıksuların Eysel Atıksularla Birlikte Artılmasının Avantaj ve Dezavantajları	25
3.4. Spirometrik Yöntem ve Spirometrelerin Kullanım Alanları	28
3.5. Spirometrik Yöntemle Respirasyon Hızının Belirlenmesi	30
3.6. Spirometrik Yöntemle Yapılmış Çalışmalar	31
4. ÇALIŞMALARDA KULLANILAN ENDÜSTRİLERİN ÖZELLİKLERİ, ATIKSULARIN KARAKTERİZASYONU ve DEŞARJ KRİTERLERİ	34
4.1. Tekstil Endüstrisi	34
4.1.1. Tekstil Endüstrisinin Tanıtımı	34
4.1.2. Tekstil Endüstrisi Atıksularının Özellikleri ve Deşarj Kriterleri	35
4.1.3. Tekstil Endüstrisi Atıksularının Arıtım Yöntemleri	37
4.2. Gıda Endüstrisi	38
4.2.1. Gıda Endüstrisinin Tanıtımı	39
4.2.2. Gıda Endüstrisi Atıksularının Özellikleri ve Deşarj Kriterleri	40
4.2.3. Gıda Endüstrisi Atıksularının Arıtım Yöntemleri	43
4.3. Deri Endüstrisi	44
4.3.1. Deri Endüstrisinin Tanıtımı	44
4.3.2. Deri Endüstrisi Atıksularının Özellikleri ve Deşarj Kriterleri	45
4.3.3. Deri Endüstrisi Atıksularının Arıtım Yöntemleri	47
4.4. Otomotiv Endüstrisi	48
4.4.1. Otomotiv Endüstrisinin Tanıtımı	48
4.4.2. Otomotiv Endüstrisi Atıksularının Özellikleri ve Deşarj Kriterleri	51
4.4.3. Otomotiv Endüstrisi Atıksularının Arıtım Yöntemleri	53
4.5. Süt Endüstrisi	56
4.5.1. Süt Endüstrisinin Tanıtımı	56

	<b>Sayfa No</b>
4.5.2. Süt Endüstrisi Atıksularının Özellikleri ve Deşarj Kriterleri	56
4.5.3. Süt Endüstrisi Atıksularının Arıtım Yöntemleri	58
4.6. Organize Sanayi Bölgesi Atıksuları	60
4.6.1. Organize Sanayi Bölgelerinin Tanıtımı	60
4.6.2. Organize Sanayi Bölgesi Atıksularının Özellikleri ve Deşarj Kriterleri	60
4.7. Endüstriyel Atıksuların Kentsel Kanalizasyon Sistemine Deşarj Kriterleri	63
4.8. Ülkemizde ve Çeşitli Ülkelerde Endüstriyel Atıksuların Kentsel Kanalizasyon Sistemine Deşarj Kriterleri	64
5. MATERYAL ve METOT	68
5.1. Materyal	68
5.1.1. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Atıksuların Karakterizasyonu	68
5.2. Metotlar	71
5.2.1. Deneysel Çalışma Esnasında Kullanılan Metotlar	71
5.2.2. Metoda Göre Deneyin Yapılışı	73
5.2.3. Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi	75
5.2.4. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Aktif Çamurun Duyarlılığının Belirlenmesi	76
6. BULGULAR ve TARTIŞMA	80
6.1. Tekstil Endüstrisi Atıksuyunda Yürütülen Respirometrik Çalışmalar	80
6.1.1. Tekstil Endüstrisi Ham Atıksuyunda Yürütülen Çalışmalar	80
6.1.2. Kimyasal Arıtma Uygulanmış Tekstil Atıksuyunda Yürütülen Çalışmalar	85
6.2. Gıda Endüstrisi Atıksuyunda Yürütülen Respirometrik Çalışmalar	89
6.2.1. Gıda Endüstrisi Ham Atıksuyunda Yürütülen Çalışmalar	89
6.3. Deri Endüstrisi Atıksuyunda Yürütülen Respirometrik Çalışmalar	91

	<b>Sayfa No</b>
6.3.1. Deri Endüstrisi Ham Atıksuyunda Yürütülen Çalışmalar	91
6.3.2. Kimyasal Arıtma Uygulanmış Deri Endüstrisi Atıksuyunda Yürütülen Çalışmalar	96
6.4. Otomotiv Endüstrisi Atıksuyunda Yürütülen Çalışmalar	101
6.4.1. Otomotiv Endüstrisi Ham Atıksuyunda Yürütülen Çalışmalar	102
6.4.2. Ön Çökeltim Uygulanmış Otomotiv Endüstrisi Atıksuyunda Yürütülen Çalışmalar	107
6.4.3. Kimyasal Arıtma Uygulanmış Otomotiv Endüstrisi Atıksuyunda Yürütülen Çalışmalar	112
6.5. Süt Endüstrisi Atıksuyunda (Peynir Altı Suyu) yürütülen Respirometrik Çalışmalar	115
6.5.1. Ham Peynir Altı Suyunda Yürütülen Çalışmalar	115
6.5.2. Kimyasal Arıtma Uygulanmış Peynir Altı Suyunda Yürütülen Çalışmalar	120
6.6. Organize Sanayi Bölgesi Atıksuyunda Yürütülen Respirometrik Çalışmalar	127
6.6.1. Organize Sanayi Bölgesi Ham Atıksuyunda Yürütülen Çalışmalar	127
6.6.2. Kimyasal Arıtma Uygulanmış Organize Sanayi Bölgesi Atıksuyunda Yürütülen Çalışmalar	132
6.7. Karışık Endüstriyel Atıksuyunda Yürütülen Respirometrik Çalışmalar	135
6.7.1. Ham Karışık Endüstriyel Atıksuyunda Yürütülen Respirometrik Çalışmalar	136
6.7.2. Kimyasal Arıtma Uygulanmış Karışık Endüstriyel Atıksuyunda Yürütülen Respirometrik Çalışmalar	141
7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	145
KAYNAKLAR	162
ÖZGEÇMİŞ	
TEŞEKKÜR	



## SİMGELER DİZİNİ

a	- Asimilasyon katsayısı
Ag	- Gümüş
Al	- Aluminyum
$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	- Alum
As	- Arsenik
B	- Bor
b	- İç solunum katsayısı
C	- Konsantrasyon
$Ca(OH)_2$	- Kalsiyum hidroksit
Cd	- Kadiyum
CN	- Siyanür
Cr	- Krom
Cu	- Bakır
$Cs^I$	-işletme şartlarında suyun $O_2$ le doyma değeri
EN	- Eşdeğer nüfus, bir kişinin oluşturduğu kirlilik yük
F	- Flor
Fe	- Demir
$FeCl_3$	- Demir III klorür
Hg	- Civa
HCl	- Hidrojen klorür
$H_2S$	- Hidrojen sülfür
$H_2SO_4$	- Sülfrik asit
$k^I$	- İşletme şartlarında havalandırma katsayısı
Km	-Monod katsayısı
$l_1$	-Grafiğin doğrusal bölümde ilk ölçülen çözünmüş oksijen derişimi
$l_2$	-Grafiğin doğrusal bölümünde son ölçülen çözünmüş oksijen derişimi
M	-Eşdeğer nüfus cinsinden maliyet katkı payı
N	- Azot
$Na(OH)$	- Sodyum hidroksit
Ni	- Nikel

$N_{ind}$	-İndirgenmiş azot (amonyak azotu, organik azot)
$NH_3$	. Amonyak
$NH_4-N$	- Amonyum azotu
$NO_x-N$	-Nitrat ve nitrit azotu (kg/yıl)
$O_2$	- Oksijen
$O_{vg}$	- Gıda solunumu
$O_{vo}$	- Çalışma solunumu
$O_{vs}$	- Spesifik solunum
$P$	- Fosfor
$Pb$	- Kurşun
$P_{total}$	- Toplam fosfor
$Q_a$	- Atıksu debisi
$q_A$	.Atıksuyun hacimsel debisi
$q_{RS}$	-Geri dönüş çamurunun hacimsel debisi
$RS$	-Geri dönüş oranı
$R_T$	- Deney karışımının $F_T$ , oksijen tüketim hızı
$R_B$	-Tanık kontrolünün, $F_B$ , oksijen tüketim hızı
$R_{BC}$	-Fizikokimyasal kontrolün, $F_{BC}$ , oksijen tüketim hızı
$S$	-Gıda maddesi konsantrasyonu
$Sb$	- Antimon
$Se$	- İndirgenen gıda maddesi miktarı
$S^{-2}$	- Sülfür
$SO_4^{-2}$	- Sülfat
$Sn$	- Kalay
$X (KA)$	- Kuru çamur miktarı
$\mu$	-Büyüme katsayısı
$\mu_{max}$	-Maksimum büyüme katsayısı
$y$	-Büyüme verim katsayısı
$Zn$	- Çinko
$ZSF$	- Balık biyodeneyi
$\Delta t$	- İki ölçüm arasındaki süre

**Kısaltmalar**

ABD	- Amerika Birleşik Devletleri
ABS	- Alkali benzen sülfanat
AKM	- Askıda katı madde
BOİ	- Biyokimyasal oksijen ihtiyacı
BUSKİ	- Bursa Su Kanalizasyon İdaresi
İSKİ	- İstanbul Su Kanalizasyon İdaresi
KOİ	- Kimyasal oksijen ihtiyacı
LAS	- Lineer alkil sülfanat
MLSS	- Askıda katı madde
OSB	- Organize sanayi bölgesi
OTH	- Oksijen tüketim hızı
PAS	- Peynir altı suyu
SKKY	- Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
STPP	- Sodyum tripolifosfat
TKM	- Toplam katı madde
TOK	- Toplam organik karbon
USD	- Amerikan doları

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa No</b>
Şekil 3.1. Organik Maddenin Aerobik Biyolojik Ayrışması	17
Şekil 3.2. Sisteme Verilen O <sub>2</sub> ve Tüketimi	17
Şekil 3.3. Sisteme Gıda Maddesi Verilmesi İle Solunum İlişkisi	20
Şekil 3.4. Kullanılmış Suların Oksijen Tüketimine Bağlı Olarak Sınıflandırılması	21
Şekil 3.5. Tam Karışımlı Aktifleştirme Havuzu	22
Şekil 4.1. Boyalı Atıksular Arıtma Hattı Akış Şeması	54
Şekil 4.2. Yağlı Atıksular Arıtma Hattı Akış Şeması	55
Şekil 5.1. Deneysel Çalışmaların Yürütüldüğü Düzeneğin Şematik Gösterimi	73
Şekil 5.2. 30 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi	76
Şekil 5.3. 30 Dakikalık Havalandırma İçin Elde Edilen logC- %I Grafiği (UAKM= 1500 mg/L)	77
Şekil 5.4. 180 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi	78
Şekil 5.5. 180 Dakikalık Havalandırma İçin Elde Edilen log C- % I Grafiği (UAKM= 1500 mg/L)	79
Şekil 6.1. Tekstil Endüstrisi Ham Atıksuyunun 30 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi	80
Şekil 6.2. 30 Dakikalık Havalandırma Sonrasında Gerçekleştirilen Test Sonucu Elde Edilen Tekstil Endüstrisi Ham Atıksuyu Numuneleri İçin logC Değerlerine Karşı Çizilen I(%) Grafiği	81
Şekil 6.3. Tekstil Endüstrisi Ham Atıksuyunun 180 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi	83

	<b>Sayfa No</b>
Şekil 6.4. 180 Dakikalık Havalandırma Sonrasında Gerçekleştirilen Test Sonucu Elde Edilen Tekstil Endüstrisi Ham Atıksuyu Numuneleri İçin log C Değerlerine Karşı Çizilen I (%)	83
Şekil 6.5. Jar Test Denemelerinde Elde Edilen pH Optimizasyon Sonuçları ( $C_{\text{alum, demir (III) klorür}} = 100 \text{ mg/L}$ )	85
Şekil 6.6. Jar Test Alum (pH=7) ve Demir (III) klorür (pH=6) Dozu Optimizasyonu.	86
Şekil 6.7. Kimyasal Arıtma Uygulanmış Tekstil Endüstrisi Atıksuyunun 30 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi	87
Şekil 6.8. Tekstil Endüstrisi Atıksuları İçin Ön Arıtma Alternatifi Akım Şeması	88
Şekil 6.9. Gıda Endüstrisi Ham Atıksuyunun 30 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi	89
Şekil 6.10. Deri Endüstrisi Ham Atıksuyunun 30 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi	91
Şekil 6.11. 30 Dakikalık Havalandırma Sonrasında Gerçekleştirilen Test Sonucu Elde Edilen Deri Endüstrisi Ham Atıksuyu Numuneleri İçin log C Değerlerine Karşı Çizilen I (%) Grafiği	92
Şekil 6.12. Deri Endüstrisi Ham Atıksuyunun 180 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi	94
Şekil 6.13. 180 Dakikalık Havalandırma Sonrasında Gerçekleştirilen Test Sonucu Elde Edilen Deri Endüstrisi Ham Atıksuyu Numuneleri İçin log C Değerlerine Karşı Çizilen I (%) Grafiği	95

	<b>Sayfa No</b>
Şekil 6.14. Jar Test Denemelerinde Elde Edilen pH Optimizasyon Sonuçları ( $C_{\text{alum}}$ , demir (III) klorür, kireç = 100 mg/L)	97
Şekil 6.15. Jar Test Alum (pH=9), Demir (III) klorür (pH=9) ve Kireç (pH=12) Dozu Optimizasyonu.	97
Şekil 6.16. Krom Giderim Verimleri Grafiği (Alum (pH=9), Demir (III) klorür (pH=9) ve Kireç (pH=12))	98
Şekil 6.17. Kimyasal Arıtma Uygulanmış Deri Endüstrisi Atıksuyunun 30 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi	99
Şekil 6.18. 30 Dakikalık Havalandırma Sonrasında Gerçekleştirilen Test Sonucu Elde Edilen Kimyasal Arıtma Uygulanmış Deri Endüstrisi Atıksuyu Numuneleri İçin log C Değerlerine Karşı Çizilen I (%) Grafiği	100
Şekil 6.19. Deri Endüstrisi Atıksuları İçin Ön Arıtma Alternatifi Akım Şeması	101
Şekil 6.20. Otomotiv Endüstrisi Ham Atıksuyunun 30 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi	102
Şekil 6.21. 30 Dakikalık Havalandırma Sonrasında Gerçekleştirilen Test Sonucu Elde Edilen Otomotiv Endüstrisi Ham Atıksuyu Numuneleri İçin log C Değerlerine Karşı Çizilen I (%) Grafiği	103
Şekil 6.22. Otomotiv Endüstrisi Ham Atıksuyunun 180 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi	104
Şekil 6.23. 180 Dakikalık Havalandırma Sonrasında Gerçekleştirilen Test Sonucu Elde Edilen Otomotiv Endüstrisi Ham Atıksuyu Numuneleri İçin log C Değerlerine Karşı Çizilen I (%) Grafiği	105

	<b>Sayfa No</b>
Şekil 6.24. Ön Çökeltim Uygulanmış Otomotiv Endüstrisi Atıksuyunun 30 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafiksel Gösterimi	108
Şekil 6.25. 30 Dakikalık Havalandırma Sonrasında Gerçekleştirilen Test Sonucu Elde Edilen Ön Çökeltim Uygulanmış Otomotiv Endüstrisi Atıksuyu Numuneleri İçin log C Değerlerine Karşı Çizilen I (%) Grafiği	109
Şekil 6.26. Ön Çökeltim Uygulanmış Otomotiv Endüstrisi Atıksuyunun 180 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafiksel Gösterimi	110
Şekil 6.27. 180 Dakikalık Havalandırma Sonrasında Gerçekleştirilen Test Sonucu Elde Edilen Ön Çökeltim Uygulanmış Otomotiv Endüstrisi Atıksuyu Numuneleri İçin log C Değerlerine Karşı Çizilen I (%) Grafiği	111
Şekil 6.28. Jar Test Denemelerinde Elde Edilen pH Optimizasyon Sonuçları ( $C_{\text{alum, demir (III) klorür}} = 100 \text{ mg/L}$ )	113
Şekil 6.29. Jar Test Alum (pH=7) ve Demir (III) klorür (pH=3) Dozu Optimizasyonu.	113
Şekil 6.30. Kimyasal Arıtma İşlemi Uygulanmış Otomotiv Endüstrisi Atıksuyunun 30 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafiksel Gösterimi	114
Şekil 6.31. Otomotiv Endüstrisi Atıksuları Ön Arıtma Alternatifi Akım Şeması	115
Şekil 6.32. Ham PAS'ın 30 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafiksel Gösterimi	116

	<b>Sayfa No</b>
Şekil 6.33. 30 Dakikalık Havalandırma Sonrasında Gerçekleştirilen Test Sonucu Elde Edilen Ham PAS Numuneleri İçin log C Değerlerine Karşı Çizilen I (%) Grafiği	117
Şekil 6.34. Ham PAS'ın 180 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafiksel Gösterimi	118
Şekil 6.35. 180 Dakikalık Havalandırma Sonrasında Gerçekleştirilen Test Sonucu Elde Edilen Ham PAS Numuneleri İçin log C Değerlerine Karşı Çizilen I (%) Grafiği	119
Şekil 6.36. Jar Test Denemelerinde Elde Edilen pH Optimizasyon Sonuçları (Calum, demir (III) klorür, demir sülfat = 100 mg/L)	121
Şekil 6.37. Jar Test Alum (pH=7), Demir (III) klorür (pH=12) ve Demir sülfat (pH=12) Dozu Optimizasyonu	121
Şekil 6.38. Kimyasal Arıtma Uygulanmış PAS'ın 30 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafiksel Gösterimi	122
Şekil 6.39. 30 Dakikalık Havalandırma Sonrasında Gerçekleştirilen Test Sonucu Elde Edilen Kimyasal Arıtma Uygulanmış PAS Numuneleri İçin log C Değerlerine Karşı Çizilen I (%) Grafiği	123
Şekil 6.40. Kimyasal Arıtma Uygulanmış PAS'ın 180 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafiksel Gösterimi	124
Şekil 6.41. 180 Dakikalık Havalandırma Sonrasında Gerçekleştirilen Test Sonucu Elde Edilen Kimyasal Arıtma Uygulanmış PAS Numuneleri İçin log C Değerlerine Karşı Çizilen I (%) Grafiği	125
Şekil 6.42. Peynir Altı Suları İçin Ön Arıtma Alternatifi Akım Şeması	126
Şekil 6.43. OSB Ham Atıksuyunun 30 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafiksel Gösterimi	127



	<b>Sayfa No</b>
Şekil 6.44. 30 Dakikalık Havalandırma Sonrasında Gerçekleştirilen Test Sonucu Elde Edilen OSB Ham Atıksuyu Numuneleri İçin lnC Değerlerine Karşı Çizilen I (%) Grafiği	128
Şekil 6.45. OSB Ham Atıksuyunun 180 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi	130
Şekil 6.46. 180 Dakikalık Havalandırma Sonrasında Gerçekleştirilen Test Sonucu Elde Edilen OSB Ham Atıksuyu Numuneleri İçin logC Değerlerine Karşı Çizilen I (%) Grafiği	130
Şekil 6.47. Jar Test Denemelerinde Elde Edilen pH Optimizasyon Sonuçları ( $C_{alum, demir(III) klorür} = 100 \text{ mg/L}$ )	132
Şekil 6.48. Jar Test Alum (pH=7) ve Demir (III) Klorür (pH=6) Dozu Optimizasyonu.	133
Şekil 6.49. Kimyasal Arıtma İşlemi Uygulanmış OSB Atıksuyunun 30 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi	134
Şekil 6.50. OSB Atıksuları İçin Ön Arıtma Alternatifi Akım Şeması	135
Şekil 6.51. Ham Karışık Endüstriyel Ham Atıksularının 30 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi	136
Şekil 6.52. 30 Dakikalık Havalandırma Sonrasında Gerçekleştirilen Test Sonucu Elde Edilen Ham Karışık Endüstriyel Atıksu Numuneleri İçin log C Değerlerine Karşı Çizilen I (%) Grafiği	137
Şekil 6.53. Ham Karışık Endüstriyel Atıksularının 180 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi	138
Şekil 6.54. 180 Dakikalık Havalandırma Sonrasında Gerçekleştirilen Test Sonucu Elde Edilen Ham Karışık Endüstriyel Atıksuyu Numuneleri İçin log C Değerlerine Karşı Çizilen I (%) Grafiği	139

	<b>Sayfa No</b>
Şekil 6.55. Jar Test Denemelerinde Elde Edilen pH Optimizasyon Sonuçları ( $C_{\text{alum, demir (III) klorür}} = 100 \text{ mg/L}$ )	141
Şekil 6.56. Jar Test Alum (pH=7) ve Demir (III) Klorür (pH=6) Dozu Optimizasyonu.	142
Şekil 6.57. Kimyasal Arıtma Uygulanmış Karışık Endüstriyel Atıksuyun 30 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselleştirilmesi	143

## ÇİZELGELER DİZİNİ

		<b>Sayfa No</b>
Çizelge 2.1.	Endüstriyel Atıksuların Arıtımında Kullanılan Başlıca Arıtma Yöntemleri	8
Çizelge 2.2.	İstanbul Masterplan Uzun Vadeli Çözüm Önerileri (2040) ve Bugünkü Mevcut Durum	10
Çizelge 2.3.	Bazı Havasız Arıtım Tesislerine Ait Maliyetler	11
Çizelge 3.1.	Türkiye’de Endüstriyel Atıksuların Kanalizasyon Sistemine Deşarjında İsteneen Limit Değerleri	27
Çizelge 3.2.	Karışık Endüstriyel Atıksuların Alıcı Ortama Deşarj Standartları	28
Çizelge 4.1.	Pamuklu Tekstil Endüstrisi Atıksularının Karakterizasyonu	36
Çizelge 4.2.	Kompozit Tekstil Endüstrisi Atıksularının Karakterizasyonu	36
Çizelge 4.3.	Pamuklu Tekstil Endüstrisi Atıksularının Alıcı Ortama Deşarj Kriterleri	37
Çizelge 4.4.	Sebze Konserve Tesisleri Atıksularının Hacmi ve Kirlilik Özellikleri	41
Çizelge 4.5.	Meyve Konserve Tesislerinin Atıksularının Hacmi ve Kirlilik Özellikleri	42
Çizelge 4.6.	Gıda Endüstrisi (Sebze, Meyve Yıkama ve İşleme) Alıcı Ortama Deşarj Kriterleri	42
Çizelge 4.7.	Deri Endüstrisi Atıksularının Karakterizasyonu	46
Çizelge 4.8.	Deri, Deri Mamulleri ve Benzeri Sanayilerinin Atıksularının Alıcı Ortama Deşarj Kriterleri	46
Çizelge 4.9.	Otomotiv Endüstrisi Atıksularının Özellikleri	52
Çizelge 4.10.	Taşıt Fabrikaları (Otomobil, Kamyon, Traktör, Minibüs, Bisiklet, Motosiklet ve Benzeri Taşıt Aracı Üreten Fabrikalar) alıcı Ortama Deşarj Kriterleri	53
Çizelge 4.11.	Peynir Altı Suyunun Genel Karakteristik Özellikleri	58
Çizelge 4.12.	Süt ve Süt Ürünleri Endüstrisi Deşarj Kriterleri	58

	<b>Sayfa No</b>
Çizelge 4.13. Bursa Organize Sanayi Bölgesi Arıtma Tesisi Giriş Kirlenici Konsantrasyon Değerleri	61
Çizelge 4.14. Karışık Endüstriyel Atıksuların Alıcı Ortama Deşarj Kriterleri (Küçük ve Büyük Organize Sanayi Bölgeleri ve Sektör Belirlemesi Yapılmayan Diğer Sanayiler)	62
Çizelge 4.15. Çeşitli Ülkelerde Endüstriyel Atıksuların Kanalizasyona Deşarjında Öngörülen Limit Değerler	65
Çizelge 4.16. Atıksuların Altyapı Tesislerine Deşarjında Öngörülen Atıksu Standartları	66
Çizelge 4.17. Endüstriyel Atıksuların Kanalizasyon Sistemine Deşarj Kriterleri	67
Çizelge 5.1. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Tekstil Endüstrisi Atıksuyunun Karakterizasyonu	68
Çizelge 5.2. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Gıda Endüstrisi Atıksuyunun Karakterizasyonu	69
Çizelge 5.3. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Deri Endüstrisi Atıksuyunun Karakterizasyonu	69
Çizelge 5.4. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Otomotiv Endüstrisi Atıksuyunun Karakterizasyonu	70
Çizelge 5.5. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Peynir Altı Suyu Atıksuyunun Karakterizasyonu	70
Çizelge 5.6. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan OSB Atıksuyunun Karakterizasyonu	71
Çizelge 5.7. Yapay Ortam (100 kat derişik OECD yapay lağım suyu)	72
Çizelge 5.8. Ön Deneysel Karışımları Çizelgesi	74
Çizelge 5.9. 30 Dakikalık Havalanma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve I Değerleri	77
Çizelge 5.10. 180 Dakikalık Havalanma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve I Değerleri	78
Çizelge 5.11. 3,5-Diklorofenol Referans Maddesi İçin Elde Edilen EC 20 ve EC 50 Değerleri	78

	<b>Sayfa No</b>
Çizelge 6.1. Tekstil Endüstrisi Ham Atıksuyuyla 30 Dakikalık Havalanma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve I Değerleri	81
Çizelge 6.2. Tekstil Endüstrisi Ham Atıksuyununun 180 Dakikalık Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve I Değerleri	82
Çizelge 6.3. Kimyasal Arıtma Uygulanmış Tekstil Endüstrisi Atıksuyuyla 30 Dakikalık Havalandırma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve I Değerleri	87
Çizelge 6.4. Gıda Endüstrisi Ham Atıksuyuyla 30 Dakikalık Havalandırma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve I Değerleri	90
Çizelge 6.5. Deri Endüstrisi Ham Atıksuyuyla 30 Dakikalık Havalandırma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve I Değerleri	92
Çizelge 6.6. Deri Endüstrisi Ham Atıksuyuyla 180 Dakikalık Havalandırma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve I Değerleri	93
Çizelge 6.7. Kimyasal Arıtma Uygulanmış Deri Endüstrisi Atıksuyuyla 30 Dakikalık Havalandırma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve I Değerleri	99
Çizelge 6.8. Otomotiv Endüstrisi Ham Atıksuyuyla 30 Dakikalık Havalandırma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve I Değerleri	103
Çizelge 6.9. Otomotiv Endüstrisi Ham Atıksuyununun 180 Dakikalık Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve I Değerleri	105
Çizelge 6.10. Imhoff Hunisi Testi Sonucu Elde Edilen Çamur Hacimleri ile KOİ Giderim Verimleri	107

	Sayfa No
Çizelge 6.11. Ön Çökeltim Uygulanmış Otomotiv Endüstrisi Atıksuyuyla 30 Dakikalık Havalandırma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve I Değerleri	108
Çizelge 6.12. Ön Çökeltim Uygulanmış Otomotiv Endüstrisi Atıksuyuyla 180 Dakikalık Havalandırma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve I Değerleri	110
Çizelge 6.13. Ön Çökeltim Uygulanmış Otomotiv Endüstrisi Atıksuyuyla 180 Dakikalık Havalandırma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve I Değerleri	114
Çizelge 6.14. Ham PAS'la 30 Dakikalık Havalandırma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve I Değerleri	116
Çizelge 6.15. Ham PAS'la 180 Dakikalık Havalandırma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve I Değerleri	119
Çizelge 6.16. Kimyasal Arıtma Uygulanmış PAS'la 30 Dakikalık Havalandırma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve I Değerleri	123
Çizelge 6.17. Kimyasal Arıtma Uygulanmış PAS'la 180 Dakikalık Havalandırma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve I Değerleri	125
Çizelge 6.18. OSB Ham Atıksuyuyla 30 Dakikalık Havalandırma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve I Değerleri	128
Çizelge 6.19. OSB Ham Atıksuyununun 180 Dakikalık Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve I Değerleri	129

	<b>Sayfa No</b>
Çizelge 6.20. Kimyasal Arıtma Uygulanmış OSB Atıksuyuyla 30 Dakikalık Havalandırma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve I Değerleri	134
Çizelge 6.21. Ham Karışık Endüstriyel Atıksuyuyla 30 Dakikalık Havalandırma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve %I Değerleri	137
Çizelge 6.22. Ham Karışık Endüstriyel Atıksuyun 180 Dakikalık Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve %I Değerleri	139
Çizelge 6.23. Kimyasal Arıtma Uygulanmış Karışık Endüstriyel Atıksuyuyla 30 Dakikalık Havalandırma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve %I Değerleri	143

## 1. GİRİŞ:

Dünyada artan endüstriyel faaliyetler, teknolojik gelişmeler ve hayat standartlarının yükselmesi sonucu her geçen gün daha fazla atık oluşmaktadır. Bu atıklardan en önemlisi atıksulardır. Çünkü insanların en büyük yaşam kaynağı sudur ve atıksular önlem alınmaması durumunda doğal su kaynaklarını kirletmekte ve dolayısıyla yaşamı tehdit etmektedir. Gelecekte hızlı nüfus artışı dolayısıyla su kaynakları daha da önem kazanacaktır. Türkiye su kaynakları açısından şanslı ülkelerden biri de olsa gelişmekte olan bir ülke olduğundan endüstriyel faaliyetleri sonucu doğal su kaynaklarını kirletmekte ve buna bağlı olarak pek çok çevresel sorunla karşı karşıya kalmaktadır.

Avrupa Birliği'ne girmek üzere olan Türkiye çevresel problemlerini çözmek zorundadır. Çevresel problemlerin çözümü ise ekonomik olanaklara dayanmaktadır. Hem gelişimini devam ettiren hem de Avrupa Birliği'ne girme uğraşı veren Türkiye ekonomik imkanlarını en verimli şekilde kullanmak durumundadır. Bu nedenle çevresel problemlerin çözümü amacıyla bu problemler havza bazında dikkate alınmalı ve havza içinde bulunan hem evsel hem de endüstriyel atıksuların birlikte arıtılabilme olanakları araştırılmalıdır. Bu çalışma kapsamında, aynı çevresel havza içinde bulunan evsel ve çeşitli endüstriyel (tekstil endüstrisi, otomotiv endüstrisi, gıda endüstrisi, deri endüstrisi, süt endüstrisi ve organize sanayi bölgesi) atıksularının evsel atıksularla birlikte biyolojik olarak arıtılıp arıtılamayacağı respirometrik toksisite ölçüm metotlarıyla araştırılmıştır.

Tekstil, otomotiv, gıda, deri, süt (peynir altı suyu) ve organize sanayi bölgesi atıksularının deşarj kriterlerine kadar arıtılabilmeleri için, hem toksik madde hem de organik kirlilikler yönünden bir arıtma sisteminden geçirilmeleri gerekmektedir. Henüz çevresel problemlerini çözemeyen Türkiye gibi ülkelerde her sanayi için ayrı bir arıtma tesisi kurmak hem kurulum aşamasında hem de işletim aşamasında pek çok zorluğu beraberinde getirmektedir. Aynı şekilde evsel atıksuların tek başına arıtılması da aynı sebeplerden dolayı oldukça masraflıdır. Eğer biyolojik arıtmayı engelleyen veya inhibe eden toksik maddeler bir ön arıtma sistemiyle giderilirse, atıksuda bulunan ve biyolojik olarak parçalanabilen karbonhidratların, yağlı maddelerin ve proteinlerin evsel atıksularla birlikte arıtılmaları mümkündür. Ancak bu olayın gerçekleşebileceğini



bilimsel yönden ortaya koymak için mikroorganizmaların solunum aktivitelerini ortaya koyan respirometrik ölçümlerin yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı, değişik endüstriyel atıksuların direkt olarak ya da gerektiği durumlarda n arıtmadan geçirildikten sonra evsel atıksularla seyreltilerek biyolojik olarak arıtılabilirliğini respirometrik ölçüm metotlarıyla ortaya koymaktır. Bu alışma sonucunda respirometrik ölçüm sonuçları değerlendirilerek evsel atıksularla birlikte arıtılması mümkün olmayan endüstriyel atıksular belirlenmiş ve bu atıksular için arıtma alternatifleri önerilmiştir.

## 2. ATIKSULARIN ARITIMI VE ARITIM MALİYETLERİ

### 2.1. Atıksulardan Kaynaklanan Çevresel Sorunlar:

Su, insanların içme, kullanma, sanayi ve tarımsal amaçlı gereksinimlerini karşıladıktan sonra kalitesi açısından çeşitli değişikliklere uğrar ve atıksuya dönüşür. Bu nedenle su içerisinde sağlığa zararlı biyolojik ve kimyasal maddeleri içerir ve bunların kolayca bir yerden diğer bir bölgeye taşınmasına aracılık eder. Dünyadaki suyun % 95'i tuzlu sudur. Geriye kalan tatlı suyun büyük bir kısmı ise buzullarda ve yeraltında bulunmaktadır. Bu nedenle kullanılabilir su miktarı toplam suyun sadece % 0.1'ini oluşturmaktadır. Bu durum kullanılan suyun atıksuya dönüşmesi durumunda başta kısıtlı olan su kaynakları olmak üzere çevrede olumsuz etkilerinin ne ölçüde önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Türkiye'de su kıtlığı olmamakla beraber kişi başına yıllık içilebilir tatlı su miktarında düşüş gözlemlenmektedir. 1955 yılında 8509 m<sup>3</sup> olan bu miktar, 1990'lı yıllarda 3026 m<sup>3</sup> olarak tespit edilmiştir. Bu değer 2025 yılında 2186 m<sup>3</sup>'e düşeceği tahmin edilmektedir. İçilebilir su miktarındaki bu düşüşe neden olarak nüfusun ve sanayileşmenin artmasıyla su kaynaklarının kalite yönünden bozulması, yıllık yağış ortalamasının giderek azalması gösterilmektedir (Liman, 1998).

#### 2.1.1. Atıksularda Kirletici Etki Oluşturan Unsurlar:

Tüm canlılar için vazgeçilmez bir yaşam kaynağı olan su kaynakları çeşitli etkinlikler sonucunda oluşan pek çok atık için alıcı, taşıyıcı ve uzaklaştırıcı olarak da görev yapmaktadır. Bu nedenle atıksuların çevreye olan etkileri değerlendirilirken çok geniş, çok kompleks ve çok sayıda parametreleri olan değişik sektörleri, bilim dallarını ve uzmanlık alanlarını ilgilendirmesi de kaçınılmazdır. Atıksulardan kaynaklanan kirlilik unsurlarını aşağıdaki şekilde gruplandırmak mümkündür (Kabasolak, 1998).

- Patojen bakteriler ve toksinleri
- Organik maddeler
- Azot ve Fosfor
- Ağır metaller ve bileşikleri
- Radyoaktif maddeler

- Pestisitler
- Endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan bileşikler
- Deterjanlar
- Tuzluluk
- Termal Kirliliktir.

### 2.1.2. Atıksuların Alıcı Ortamlara Etkileri:

Patojenlerin Alıcı Ortama Etkisi: Özellikle suların hijyenik açıdan bozulması yanında hayvan yemleri ve besinlerin sakıncalı düzeylerde kirlenmesine neden olan başlıca patojen bakteri türleri arasında Escherichia Coli (E. Coli), Clostridium Botulinum ve Perfringens, Staphylococcus Aureus en önemlileridir (Kabasolak, 1998). Su ortamında bulunan başlıca patojenler ise bakteriyel patojenler, viral patojenler, protozoal hastalıklar ve parazitler olarak genel bir sınıflandırmaya tabi tutulmaktadır (Uslu ve Türkmen, 1987). Alıcı ortamlara bırakılan bu mikroorganizma ve toksinleri taşıyan atıksular su ürünlerinin enfekte olmasına neden olmaktadır. Patojenlerle kontamine olmuş atıksuların içme suyu temini ve rekreasyon amacıyla kullanımı mümkün değildir. Bu atıksuların akarsu, göl ve seyrelme potansiyeli düşük olan koy ve körfezler gibi alıcı ortamlara verilmesinden önce uygun bir dezenfeksiyon işlemi yapılması gerekmektedir (Kabasolak, 1998).

Organik Maddelerin Etkisi: Atıksuların içerdikleri organik maddeler verildikleri alıcı ortamlarda mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılmaktadırlar. Bu ayrışma başlangıçta aerobik şartlarda gerçekleşmekte ve sudaki çözülmüş oksijen miktarı metabolik faaliyetler dolayısıyla giderek azalmaktadır (Topbaş ve ark., 1998). Tüketilen oksijen miktarı organik madde miktarına bağlı olarak değişmektedir. Sulardaki oksijen tüketim hızı (OTH) oldukça yüksek olabilir ve sudaki oksijen konsantrasyonu 0 mg/L'ye kadar düşebilir. Bu durumda tüm aerobik yaşam durur ve anaerobik koşullar ortaya çıkar. Anaerobik ortamda yaşayan mikroorganizmalar da sularda bulunan organik maddeleri tüketebilmektedirler. Anaerobik reaksiyonlar sonucunda NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S gibi yarı stabil ürünler ortaya çıkar. Bu tür sularda herhangi bir canlı yaşamı mümkün olmadığı gibi,

oksijensiz suların içme ve rekreasyonel amaçlı kullanımı da mümkün olmamaktadır (Kabasolak, 1998).

*Azot ve Fosforun Etkisi:* Atıksuların alıcı ortamlara verilmesi sonucu ortaya çıkan en önemli sorun ötrofikasyondur. Alıcı ortamlara mikroorganizmaların dengeli bir biçimde yaşaması ve gelişmesi için gerekli olandan daha fazla oranlarda besin maddesi (azot ve fosfor) verilmesi durumunda, aşırı besin maddesi sudaki biyolojik yaşam için hızlanır. Bu aşırı beslenme ve üretim durumuna ötrofikasyon adı verilir. Ötrofikasyon sonucunda sudaki oksijen seviyesi hızla düşer, anaerobik koşullar oluşmaya başlar (Kabasolak, 1998).

*Ağır Metaller ve Bileşikleri:* İnorganik kirlenme parametrelerini oluşturan arsenik, antimon, baryum, bor, bakır, çinko, civa, demir, kadmiyum, kurşun, krom, kalay, mangan ve benzeri ağır metal ve bileşiklerin önemli çevresel toksik etkilerine maruz kalan canlılarda akut ve kronik zehirlenme ile ölüm, reproduktif sistemle ilgili bozukluklar, besin zincirine girme ve birikebilme özellikleri bulunmaktadır (Kabasolak, 1998).

*Pesitistlerin Etkisi:* Tarım alanlarında kullanılan pestisit ve herbisitler suda doğal olarak güç parçalanmış bileşiklerdir. Bu tür bileşiklerin bir kısmı canlı bünyelerinde birikme ve toksik etkilere neden olmaktadır. Diğer bir kısmı ise canlı bünyede mutajen ve kanserojen etkiler yapmaktadır. Tanınmış pestisitlerin su faunasına olan zehirli etkilerine dayanılarak pestisitler çok zehirli, zehirli, kısmen zehirli ve az zehirli olarak dört gruba ayrılmışlardır. Çok zehirli olarak gruplandırılan pestisitlerin suların yakınında kesinlikle kullanılmamaları ve kalıntılarının kesinlikle sulara karışmaması gerekmektedir. Çok zehirli gruba örnek olarak endrin endosülfan aldrin emilsiyonu verilebilir. Zehirli olarak gruplandırılan pestisitlerin içinde balıkların yaşadığı sulardan uzak tutulmaları gerekmektedir. Zehirli gruba örnek olarak Lindan verilebilir. Kısmen zehirli gruba giren pestisitler sığ sularda balıklar ve bunlara yem olan küçük canlılar için tehlikeli olabilecek maddelerdir. Bu gruba örnek olarak Trichlorophon verilebilir. Az zehirli gruba giren pestisitler ise normal dozda kullanıldığı zaman az zehirli olan maddelerdir. Bu gruba örnek olarak ise Dalaphon verilebilir (Kabasolak, 1998).

Deterjanların Etkisi: Sentetik deterjanların içerdikleri fosfor nedeniyle alıcı ortamlarda ötrofikasyona neden olmalarının yanı sıra sularda neden olduğu köpük estetik bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Bunun ötesinde deterjanlar kimyasal yapılarına bağlı olarak alıcı su ortamlarında çeşitli düzeylerde kirliliğe neden olabilmektedirler. Deterjanların hammaddesi olan alkali benzen sülfanatların (ABS) alıcı ortamlarda parçalanması çok güçtür. Bu nedenle pek çok ülkede deterjan üretimi yapan endütriler ABS üretimini durdurmuş, yerine lineer alkil sülfanat (LAS) olarak adlandırılan deterjanların üretimine başlamıştır. LAS'lar aerobik koşullarda biyolojik olarak kolay ayrışabilmektedir. Deterjanlarla ilgili olarak bir diğer önemli madde, deterjanlarda katkı maddesi olarak kullanılan ve yüzey aktif maddelerin etkinliğini arttıran sodyum tripolifosfat (STPP)'dir. Bu maddenin kullanımına da çeşitli yasaklamalar ve kısıtlamalar getirilmiştir. Çünkü STPP içerdiği yüksek düzeydeki fosfor nedeniyle sularda alg çoğalmasının artmasına ve dolayısıyla oksijen azalmasına neden olmaktadır (Şengül ve Müezzinoğlu, 1995, Kabasolak, 1998).

Tuzluluğun Etkisi: Endüstriyel ve evsel kullanımdan kaynaklanan atıksular inorganik tuzlar da içermektedirler. Alıcı ortamlarda tuz içeriğinin artışı suların içme ve kullanma suyu olarak kullanım kalitelerini olumsuz yönde etkilemektedir (Kabasolak, 1998).

Termal Kirliliğin Etkisi: Su kirliliği sadece atıksularla alıcı ortama verilen çeşitli maddelerden kaynaklanmamaktadır. Atıksuların içerdiği atık enerji de su kirliliğine neden olabilmektedir. Su ortamlarının sıcaklığının artması mevcut ekolojik dengelerin bozulmasına neden olmaktadır. Bunun da ötesinde sıcaklık artışı sulardaki biokimyasal reaksiyonları hızlandırmaktadır. Bu durumda hızla artan oksijen tüketimi anaerobik koşulların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Sulardaki oksijen doygunluk derişimi sıcaklığın artışıyla azalır. Böylece artan sıcaklıklar bir yandan oksijen tüketiminin hızlandırılan biyokimyasal faaliyetler nedeniyle artarken suların oksijen kazanma hızları yavaşlar. Alıcı su ortamlarına organik kirlilik yükü vermekle atık ısı vermek sonuçta aynı etkileri doğurmaktadır (Kabasolak, 1998).

Radyoaktif Maddeler: Nükleer enerji kullanımının hızla artmasından dolayı, bu enerjiyi kullanan tesislerden çıkan reaksiyon ürünleri de atıksularda bulunmaktadır. Sulardaki

radioaktif maddeler nükleer enerji tesislerin dışında, hastanelerden, araştırma kuruluşlarından ve bazı endüstri dallarından da kaynaklanabilmektedir. Bu atıklar mutajenik, karsinojenik ve teratojenik gibi özel toksik etkiler açısından da önem taşımaktadır. Özellikle besinlerde kimyasal kirleticiler içinde yer alan bu atıklar besin zinciri ile son tüketici olan insanlara kadar ulaşabilmektedir (Topbaş ve ark., 1998, Kabasolak, 1998).

*Endüstriyel Faaliyetlerden Kaynaklanan Bileşikler:* Teknolojik gelişmeler sonucunda endüstriyel faaliyetlerde kullanılan bileşikler de çeşitlilik kazanmaktadır. Diğer taraftan endüstrilerde kullanılan kimyasal maddelerin çeşitliliğinin yanında içerikleri de giderek karmaşıklaşmaktadır. Endüstriyel atıksulardaki kirlilik unsurlarının bir kısmı, hızla biyolojik olarak parçalanabildiğinden çevre kirlenmesine etkileri azdır. Ancak petrokimya, tekstil, otomotiv, deri, maden, boya gibi endüstrilerden çıkan atıksuların çevre kirlenmesine etkileri ise oldukça fazladır. Çünkü bu endüstrilerden çıkan atıksularda aromatik ve alifatik hidrokarbonlar, ağır metaller, plastikler, siyanür, krom, fenol, pestisid gibi maddeler bulunmaktadır. Bu maddeler de biyolojik olarak oldukça zor parçalanabilen maddelerdir (Kabasolak, 1998).

## **2.2. Endüstriyel Atıksuların Arıtma Metotları ve Arıtma Maliyetleri:**

### **2.2.1. Endüstriyel Atıksuların Arıtma Yöntemleri:**

Atıksular normalde fiziksel-kimyasal ve biyolojik sistemlerin kombinasyonu ile arıtılmaktadırlar. Bununla beraber, atıksuları sırf fiziksel ve kimyasal metotlarla da arıtmak mümkündür (Droste, 1997). Yaygın olarak kullanılan konvansiyonel ve ileri arıtma yöntemleri Çizelge 2.1’de verilmektedir (Tünay, 1996).

Atıksuların tek bir yöntem kullanılarak % 100 arıtılmaları genellikle mümkün değildir. Bu nedenle farklı yöntemler bir arada kullanılarak atıksuların arıtımı sağlanmaktadır. Aşağıda verilen arıtım yöntemleri birbirleriyle kombine edilerek arıtım gerçekleştirilmektedir (Droste, 1997).

**Çizelge 2.1.** Endüstriyel Atıksuların Arıtımında Kullanılan Başlıca Arıtma Yöntemleri

<b>KONVANSİYONEL YÖNTEMLER</b>		
<b>FİZİKSEL</b>	<b>KİMYASAL</b>	<b>BİYOLOJİK</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debi ölçümleri</li> <li>• Izgaralar</li> <li>• Öğütücüler</li> <li>• Dengeleme</li> <li>• Karıştırma</li> <li>• Yumaklaştırma</li> <li>• Çökeltme</li> <li>• Yüzdürme</li> <li>• Mikroelekler</li> <li>• Gaz Transferi</li> <li>• Uçurma ve gazla sıyırma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kimyasal çöktürme</li> <li>• Adsorbsiyon</li> <li>• Dezenfeksiyon</li> <li>• Klor ile dezenfeksiyon</li> <li>• Klor giderme</li> <li>• BrCl<sub>2</sub>'ladezenfeksiyon</li> <li>• ClO<sub>2</sub>'la dezenfeksiyon</li> <li>• Ozonla dezenfeksiyon</li> </ul>	<b>Aerobik Prosesler</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Askıda büyüyen prosesler</li> <li>• Yüzeyde büyüyen prosesler</li> <li>• Birleşik-askıda ve yüzeyde büyüyen prosesler</li> </ul>
		<b>Anoksik Prosesler</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Askıda büyüyen prosesler</li> <li>• Yüzeyde büyüyen prosesler</li> </ul>
		<b>Anaerobik Prosesler</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Askıda büyüyen prosesler</li> <li>• Yüzeyde büyüyen prosesler</li> </ul>
		<b>Stabilizasyon Havuzları</b>
<b>İLERİ YÖNTEMLER</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mikroelekler</li> <li>• Gaz Transferi</li> <li>• Uçurma ve gazla sıyırma</li> <li>• Filtrasyon</li> <li>• Hava ile sıyırma</li> <li>• Ultrafiltrasyon</li> <li>• Ters Osmoz</li> <li>• Elektrodializ</li> <li>• İyon Değişirme</li> <li>• Karbon adsorbsiyonu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kimyasal oksidasyon</li> <li>• Ultraviyole ışığıyla kimyasal oksidasyon</li> <li>• Kırılma noktası klorlaması</li> <li>• Metal tuzları ile kimyasal çöktürme</li> <li>• Kireçle kimyasal çöktürme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biyolojik nitrifikasyon</li> <li>• Denitrifikasyon ve fosfor giderme</li> <li>• Biyolojik nitrifikasyon /denitrifikasyon</li> <li>• Biyolojik denitrifikasyon</li> <li>• Biyolojik fosfor giderme</li> <li>• Aktif çamur-toz aktif karbon</li> </ul>

**Kaynak:** TÜNAY, O., 1996. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, Sayı: 1578, İstanbul

### 2.2.2. Endüstriyel Atıksuların Arıtılmasında Uygulanan Önemli Faktörler:

Endüstriyel atıksuların arıtımında sistematik literatür bilgilerinden yararlanılmasının ve en uygun arıtma teknolojisinin seçilmesinin yanı sıra uygulamada aşağıda verilen noktaların da dikkate alınması gerekmektedir (Tünay, 1996).

- Endüstriyel atıksuların arıtım yöntemleri belirlenirken ilk yatırımla birlikte işletme ve çamur oluşumunun da dikkate alınması gerekmektedir.
- Her temel işlem uygulamasının uygulandığı atıksuyun özelliklerine bağlı olarak farklı dizayna dayandırılması ve bunun için arıtılabilirlik ve/veya model/pilot ölçekte deneylerden yararlanılmalıdır.
- Sistemlerin dizaynında endüstriyel atıksu özelliklerine bağlı olarak gerekli belirleme ve seçimlerin yapılması gerekmektedir (Tünay, 1996).

### 2.2.3. Türkiye’de Atıksu Arıtma Tesislerinin Mevcut Durumu ve Atıksuların Arıtım Maliyetleri:

İller Bankası verilerine göre 90’lı yılların sonunda Ülkemizde, toplam 2.997.942 nüfusa (1997 sayımı) hizmet edecek 35 adet bitirilmiş Atıksu Arıtma Tesisi, 25 adet inşaatı devam eden tesis ve toplam 1.350.367 nüfusa hizmet edecek 29 bitirilmiş Deniz Deşarjı Tesisi ile toplam 950.457 nüfusa hizmet edecek inşaatı devam eden 23 Deniz Deşarjı Tesisi mevcuttur ([http:// www.ilbank.gov.tr](http://www.ilbank.gov.tr)).

Türkiye nüfusunun yoğunluk bakımından büyük bir kısmının İstanbul’da yaşadığı düşünülecek olursa ve İstanbul arıtma tesislerinin durumunu belirlemek için örnek olarak verilecek olursa aşağıdaki bilgiler verilebilir.

İstanbul için; 1997 yılı nüfus sayımına göre 9.300.000 kişi dikkate alındığında 7 yılda 230 milyon/kişi’lik bir yatırım yapılmıştır (33 milyon/ kişi-yıl). İngiliz, Japon ve ABD’li uzmanların desteğiyle İstanbul için hazırlanan 2040 yılı master planında Çizelge 2.2.’de görülen arıtım hedeflerine ulaşılmak istenmektedir ([http:// www.yildiz.edu.tr](http://www.yildiz.edu.tr))



**Çizelge 2.2.** İstanbul Masterplan Uzun Vadeli Çözüm Önerileri (2040) ve Bugünkü Mevcut Durum

<b>AVRUPA YAKASI</b>	<b>Hizmet Nüfusu</b>	<b>Ortalama Debi m<sup>3</sup>/gün</b>	<b>Arıtma Derecesi</b>	<b>Mevcut Durum</b>
Batı Marmara	193000	59300	üçüncü	-
Büyükçekmece	1239000	334000	üçüncü	ilk
Küçükçekmece	3756000	1017000	üçüncü	(ilk)*
Yenikapı	3160000	833000	birinci	ilk
Baltalimanı	1733000	443000	birinci	ilk
Terkos	11000	3000	üçüncü	üçüncü
Kilyos				
<b>ANADOLU YAKASI</b>	<b>Hizmet Nüfusu</b>	<b>Ortalama Debi m<sup>3</sup>/gün</b>	<b>Arıtma Derecesi</b>	<b>Mevcut Durum</b>
Tepeören	257000	77300	üçüncü	-
Tuzla	3401000	912000	üçüncü	ikinci
Paşaköy	1071000	322000	üçüncü	üçüncü
Riva (Küçüksu)	4005000	1031000	birinci	(ilk)*
Adalar (4 Ada)	112100	32000	üçüncü	-
Kadıköy, Üsküdar, Paşabahçe	-	1062000	ilk	ilk
Tepeören	257000	77300	üçüncü	-

**Kaynak:** [http:// www.yildiz.edu.tr](http://www.yildiz.edu.tr)

### 2.2.3.1. Sanayi Atıksuyu Arıtım Maliyetleri:

Sanayi atıksuların arıtım maliyeti rakamlarını görebilmek için aşağıda bazı değerler verilmiştir. Atıksu debisi 42.000 m<sup>3</sup>/G olan Denizli Organize Sanayi Bölgesi için yapılan arıtım tesisi ilk yatırım maliyeti 180 USD/m<sup>3</sup>, işletme maliyeti 0.1 USD/m<sup>3</sup> olarak verilmiştir. Hollanda'da uygulanan bazı sanayi atıksularının havasız yöntemle arıtılması neticesinde elde edilen veriler Çizelge 2.3'te görülmektedir.

**Çizelge 2.3.** Bazı Havasız Arıtım Tesislerine Ait Maliyetler

Sanayi Türü	Kağıt ve Selüloz	Kağıt Sanayi	Nişasta Sanayi	Alkol Sanayi	Meşrubat Sanayi
Atıksu debisi (m <sup>3</sup> /gün)	9600	3000	1050	2040	6000
Reaktör sıcaklığı (°C)	28	30-40	40	32-35	2024
Yatırım maliyeti (Amerikan Doları) (USD)	1.3×10 <sup>6</sup>	0.4×10 <sup>6</sup>	1.2×10 <sup>6</sup>	0.64×10 <sup>6</sup>	0.8×10 <sup>6</sup>
İşletme Maliyeti (Amerikan Doları) (USD)	1.0×10 <sup>6</sup>	0.3×10 <sup>6</sup>	1.2×10 <sup>6</sup>	0.8×10 <sup>6</sup>	0.6×10 <sup>6</sup>

**Kaynak:** [http:// www.yildiz.edu.tr](http://www.yildiz.edu.tr)

Ülkemiz şartlarında havasız arıtmayla ilgili tam bir maliyet rakamı elde edilememiştir. Basit bir karşılaştırma yapabilmek için organik bazlı atıksular için yaygın olarak kullanılan havalı arıtıma ait bir tesiste örneğin, entegre tekstil atıksuyu (Q:4000 m<sup>3</sup>/G, KOI: 1100 mg/L) arıtımı yapan tesiste 2000 yılı fiyatlarıyla sadece makine, montaj ve inşaat yatırım masrafı olarak yaklaşık 125.000 USD'lik bir maliyetin ortaya çıktığı belirtilmiştir ([http:// www.yildiz.edu.tr](http://www.yildiz.edu.tr)).

Maliyetlerden görüldüğü gibi bu derece yüksek yatırım yapılan tesislerin amacına uygun olarak hizmet vermesi çok önem taşımaktadır. Oysa, özellikle ülkemiz gibi sanayileşmekte olan (sadece üretimdeki artışa çok önem verilen) ülkelerde arıtma tesisi maliyetleri hiçbir kar getirmeyen büyük bir mali külfet olarak görülmektedir.

Sanayiciler arıtma tesislerini bir yük olarak görmekte ve genellikle rekabetin de meydana getirdiği etki ile bu tesisleri sadece kontrol dönemlerinde uygun bir şekilde işletmeyi tercih etme yoluna gitmektedir ([http:// www.yildiz.edu.tr](http://www.yildiz.edu.tr)).

Tüm bu nedenlerden dolayı atıksuların ortak bir arıtma tesisinde arıtılabilirliğinin ekonomik olduğu ortaya çıkmaktadır.

#### **2.2.4. Endüstriyel Atıksuların Eysel Atıksularla Arıtılmasında Arıtma Maliyetine Katkısı:**

Organize Sanayi Bölgeleri (OSB)'nde çeşitli tesislerden kaynaklanan atıksular, ihtiyaca göre bir ön arıtmadan geçirilerek evsel atıksularla benzer bir karaktere getirildikten sonra merkezi atıksu arıtma tesislerinde arıtılmaktadırlar. Özellikle farklı tipte sanayi tesisini bünyesinde barındıran OSB'lerde her bir tesisin arıtma maliyetine katkı payını hesaplamak için çeşitli formüller belirlenmiştir. Bu formüllerden yola çıkarak atıksu üreten fabrikaların, ortak arıtma tesisine olan katkı payları hesaplanmaktadır. Bu katkı paylarının hesaplanmasında Almanya'da kullanılan formüller kullanılmaktadır (Sarıkaya ve ark., 1996).

Almanya'nın Essen eyaletinde geliştirilen maliyet hesabında listelenen kriterler dikkate alınmıştır. Alınan kriterler aşağıda sıralanmaktadır:

- Atıksu debisi
- KOİ cinsinden ölçülen organik yük.
- Organiklerin biyolojik ayrışma özelliklerini yansıtmak üzere KOİ/BOİ oranı
- Azot yükü
- Fosfor yükü
- Mineral (inorganik) AKM (Organik AKM, KOİ içinde yer aldığından iki kere hesaba katmamak için AKM'nin sadece o inorganik bileşeni dikkate alınmaktadır)
- Mevcutsa diğer maddeler (ağır metaller ve organik kirleticiler)

Maliyet tahsisi aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır:

$$M (EN) = 0.20 Q_a (m^3/yıl) \times (1/50) [m^3/ (yıl.EN)] \quad (2.1)$$

$$+ 0.20 (KOİ [kg/yıl]) \times \frac{1 [kg/ (yıl.EN)]}{(0.120 \times 365) \times F (KOİ/BOİ_5)} \quad (2.2)$$

$$+ 0.20 (AKM)_{\text{mineral}} [kg/yıl] \times \frac{1 [kg/ (yıl.EN)]}{(0.025 \times 365)} \quad (2.3)$$

$$+ 0.10 (P_{\text{total}} [kg/yıl]) \times \frac{1 [kg/ (yıl.EN)]}{(0.002 \times 365)} \quad (2.4)$$

$$+ 0.15 (N_{\text{ind}} [kg/yıl]) \times \frac{1 [kg/ (yıl.EN)]}{(0.011 \times 365)} \quad (2.5)$$

$$+ 0.15 [(N_{\text{ind}} \times 0.77 + (NO_x - N - (Q_a \times 0.005)) [kg/yıl]) \times \frac{1 [kg/ (yıl.EN)]}{(0.0085 \times 365)} \quad (2.6)$$

M : Eşdeğer nüfus cinsinden maliyet katkı payı

EN : Eşdeğer nüfus, bir kişinin oluşturduğu kirlilik yükü

Q<sub>a</sub> : Atıksu debisi (m<sup>3</sup>/yıl)

KOİ : Kimyasal oksijen ihtiyacı (kg/yıl)

BOİ<sub>5</sub> : Beş günlük biyolojik oksijen ihtiyacı (kg/yıl)

AKM<sub>min</sub>: Askıda Katı Madde'nin mineral kısmı (kg/yıl)

P<sub>total</sub> : Toplam fosfor (kg/yıl)

N<sub>ind</sub> : İndirgenmiş azot (amonyak azotu, organik azot) (kg/yıl)

NO<sub>x</sub>-N: Nitrat ve nitrit azotu (kg/yıl)

F (KOİ/BOİ<sub>5</sub>): Düzeltme Faktörü

$1 < \text{KOİ/BOİ}_5 \leq 2$  ise  $F = 0.025 (\text{KOİ/BOİ}_5) + 0.5$

$2 < \text{KOİ/BOİ}_5 \leq 3$  ise  $F = 1.00$

$3 < \text{KOİ/BOİ}_5 \leq 11$  ise  $F = 0.50 (\text{KOİ/BOİ}_5) - 0.5$

$\text{KOİ/BOİ}_5 > 11$  ise  $F = 5.00$

Eğer merkezi arıtmada azot ve fosfor giderilmesiyle ilgili birimler yer almıyorsa, formülden bunlarla ilgili kısım çıkartılmaktadır (Sarıkaya ve ark., 1996).

### **3. ENDÜSTRİYEL ATIKSULARIN EVSEL ATIKSULARLA BİRLİKTE ARITILMALARININ RESPIROMETRİK YÖNTEMLE ARAŞTIRILMASI**

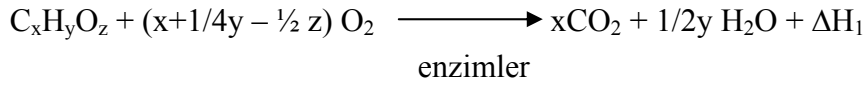
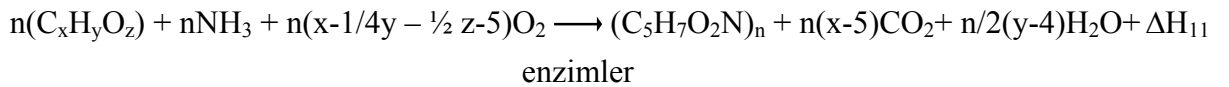
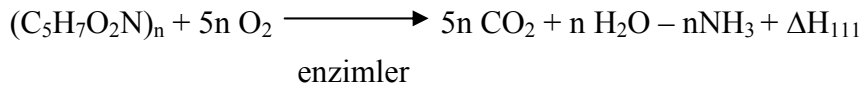
#### **3.1. Endüstriyel Atıksuların Biyolojik İndirgenebilme Prensipleri:**

##### **3.1.1. Biyokimyasal Oksidasyon:**

Biyolojik arıtma proseslerinde organik maddeler sorpsiyon, ayırma veya biyodegradasyon mekanizmalarından bir veya birkaçı ile giderilmektedir. Ayrışmayan organiklerin biyolojik katılara sorpsiyonu sınırlı şekilde meydana gelir ve bu olay organik madde gideriminin birincil mekanizması değildir. Biyokütle ile sorpsiyon toksik organiklerin giderimi için bir mekanizma olmamakla birlikte birincil arıtımda Askıda Katı Madde (AKM) ile sorpsiyon önemli olabilmektedir. Organiklerin biyokütleyle sorpsiyonu önemli olmamakla birlikte bu ağır metaller için farklıdır. Uçucu organikler (etil asetat, benzen, toluen, kloroform v.b.) biyolojik arıtma proseslerinde hava ile ayrılabilir. Uçucu organiklere bağlı olarak hava ile ayırma ve biyodegradasyonun her ikisi de meydana gelebilmektedir (Anonim, 2001).

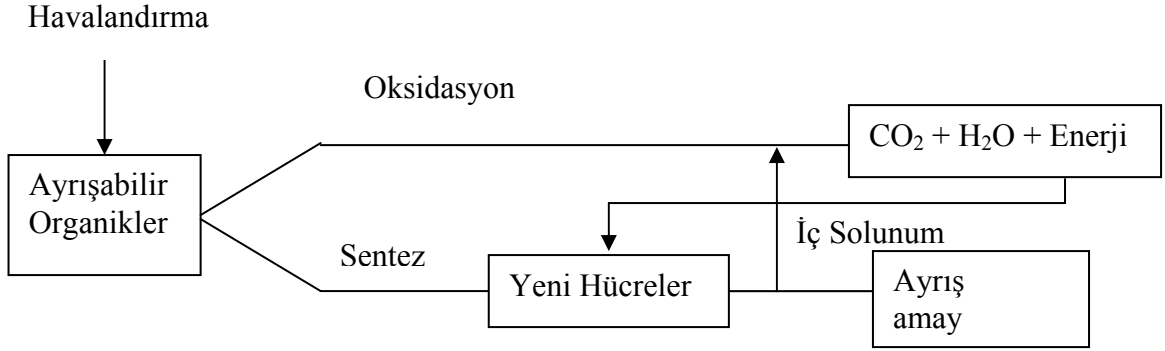
Organik atıksuları arıtan aerobik sistemler heterotrofik mikroorganizmaların fizyolojisine bağlıdır. Bu organizmalar oksijen varlığında organik maddeleri hem karbon kaynağı hem de enerji kaynağı olarak kullanırlar. Diğer heterotroflar oksijen yokluğunda substrat oksidasyonunu gerçekleştirmek için nitrat ve nitritteki oksijeni kullanırlar (denitrifikasyon) (Anonim 2001).

Organik atıksuların aerobik olarak arıtımı üç basit stokiyometrik denklem ile ifade edilebilir. Bu denklemler substrat oksidasyonu, hücre sentezi ve içsel solunumdur (Anonim, 2001).

Substrat Oksidasyonu:Hücre Sentezi:İçsel Solunum:

Aerobik oksidasyon için verilen bu denklemlerin sistem dizaynında pratik olarak uygulanması sınırlıdır. Nitrifikasyon için oksijen ihtiyacı 4.33 kgO<sub>2</sub>/kg NH<sub>3</sub>-N olacaktır. Terorik olarak oksijen varlığında atıksu aktif çamurdaki mikroorganizmalarla temasa geçtiğinde askıdaki ve kolloidal katılar (belirli oranda çözünmüş organik maddeler) aktif çamur floklarının yüzeyine adsorblanırlar. Aynı zamanda yoğun biyolojik aktivite atıksudaki organiklerin bir kısmını hücre içinde rezerve besin olarak dönüştürür. Bu iki mekanizma aktif çamurda ilk hızlı BOİ gideriminden sorumludur. Atıksuda geriye kalan organikler sürekli havalandırmayla artan bir şekilde giderilir ve giderim hızı kalan BOİ ve aktif çamur konsantrasyonuna bağlıdır (Anonim, 2001).

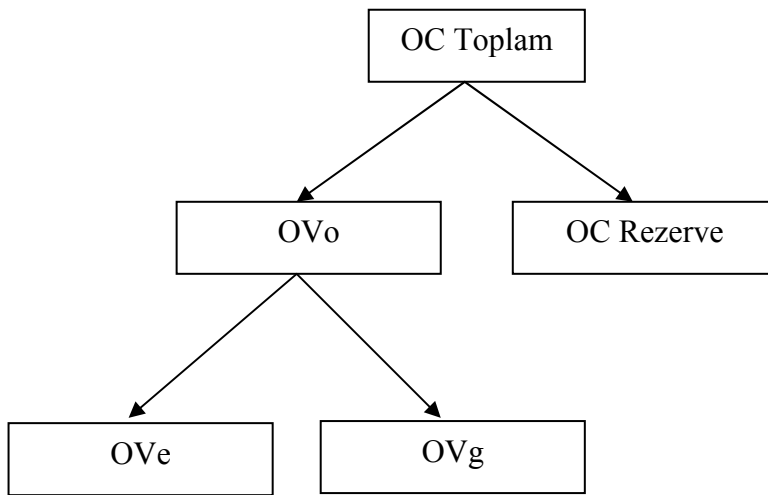
Organik maddelerin aerobik biyolojik ayrışması Şekil 3.1.'de görülmektedir (Kestioğlu, 1983).



Şekil 3.1. Organik Maddenin Aerobik Biyolojik Ayrışması (Kestioğlu,1983).

### 3.1.2. Mikroorganizma - Solunum İlişkileri:

Atıksular içindeki kirliliklerin indirgenmesi sırasında  $O_2$ 'ne ihtiyaç duyarlar. Sistemin toplam  $O_2$  gereksinimi ortamda bulunan indirgenebilecek kirlilik miktarına göre çalışma  $O_2$  sarfiyatı ( $OV_o$ ) ve OC rezervinden oluşur. Tüm  $O_2$  sarfiyatı; ortamda yeterli miktarda gıda maddesi arzı olduğu andaki  $O_2$  sarfiyatını belirleyen gıda solunumu ( $OV_g$ ) ve gıda maddesi arzının tükenip hücre elemanlarının oksitlenmesinde kullanılan  $O_2$  miktarı ( $OV_e$ )'nin toplamıdır. Sisteme verilen  $O_2$  ve tüketimi Şekil 3.2.'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Sisteme Verilen  $O_2$  ve Tüketimi (Kestioğlu,1983).



O<sub>2</sub> tüketimi ile mikroorganizmaların konsantrasyonunu gösteren kuru çamur miktarı X (KA) arasında da yakın bir ilişki vardır. Kuru çamur miktarının solunum aktivitesine etkisi spesifik solunum (Ovs) olarak adlandırılır. Ovs ve O<sub>v0</sub> arasındaki ilişki ise şöyledir:

Çalışma Solunumu = Kuru Madde Miktarı × Spesifik Solunum

$$O_{V0} = X (KA) \times O_{vs} \quad (3.1)$$

Bu durumda sistem için önemli olan ve gıda maddesinin bol olduğu ortamdaki solunum durumunda O<sub>2</sub> dengesi şu şekilde ifade edilir:

$$O_{Vg} = O_{Ctoplam} - O_{Ve} - O_{Crezerv} \quad (3.2)$$

Aerobik olarak gıda maddesinin indirgenmesinde O<sub>2</sub>'e, gıda solunumu (O<sub>Vg</sub>) ve iç solunum için (O<sub>Ve</sub>) gereksinim duyulmaktadır. Toplam O<sub>2</sub> tüketimi şöyledir:

$$O_{V0} = O_{Vg} + O_{Ve} \quad (3.3)$$

Gıda solunumunda harcanan O<sub>2</sub> miktarı ise, indirgenen gıda maddesi miktarına bağlıdır:

$$O_{Vg} = a \times S_e \quad (3.4)$$

a: Dissumilasyon katsayısı

S<sub>e</sub> : İndirgenen Gıda Maddesi Miktarı

İç solunumda harcanan O<sub>2</sub> miktarı kuru çamur miktarına bağlıdır:

$$O_{Ve} = b \times KA \quad (3.5)$$

b : İç solunum katsayısı

KA : kuru çamur miktarı

Son iki denklem 3.2.3'de yerine konursa aşağıdaki bir denklem elde edilir:

$$\frac{a \times Se}{KA} = \frac{O_{vo}}{KA} - b = \frac{O_{Vo}}{KA} - \frac{O_{Ve}}{KA} \quad (3.6)$$

Oksijen tüketim değerleri respirometre ile doğrudan ölçülebilmektedir. Oksijen tüketim değerleri solunum aktiviteleri olarak tanımlanabilir. Diğer taraftan mikroorganizmaların büyümesi ile ilgili olarak Monod Denklemi aşağıdaki gibi verilebilir:

$$\frac{dx}{dt} = \mu - \mu_{max} \frac{O_{Vo}}{S+K_m} \quad (3.7)$$

$$\frac{dx}{dt} = -y \frac{ds}{dt} \quad (3.8)$$

$$O_{Vo} = - (1-y) \frac{ds}{dt} \quad (3.9)$$

$\mu$  : Büyüme katsayısı (1/saat)

$\mu_{max}$  : Maksimum büyüme katsayısı (1/saat)

S : Gıda maddesi konsantrasyonu (BOİ cinsinden mg/L)

$K_m$  : Monod katsayısı (mg BOİ/L)

y : Büyüme verim katsayısı (g hücre/ g indirgen gıda maddesi)

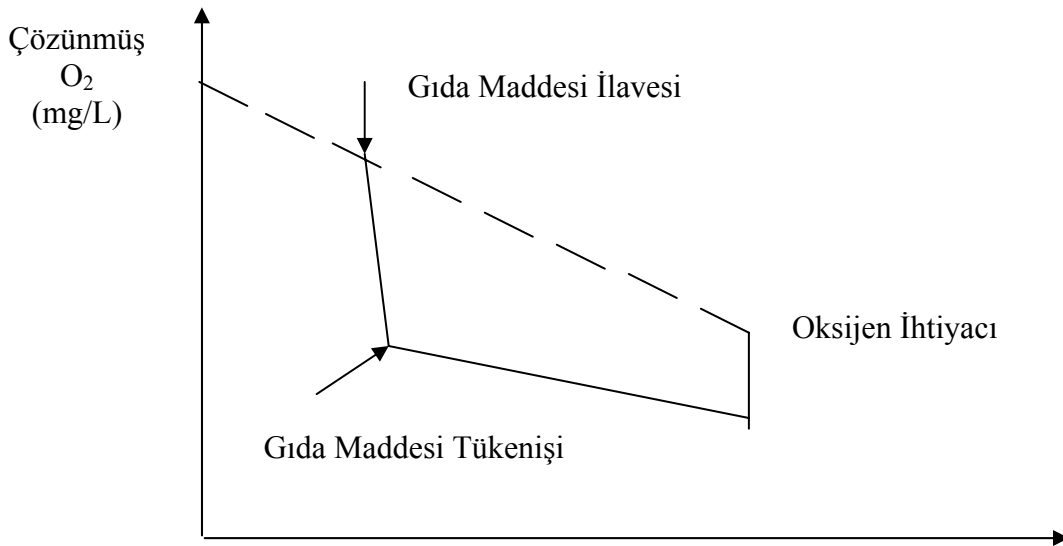
$O_{Vo}$  : Çalışma solunumu (mg  $O_2$  / L saat)

Respirasyon ölçümlerinde süre çok kısa olduğu için ölçümler esnasında çoğalma olmayacağından  $dx=0$  ve  $y=0$  alınabilir. Böylece:

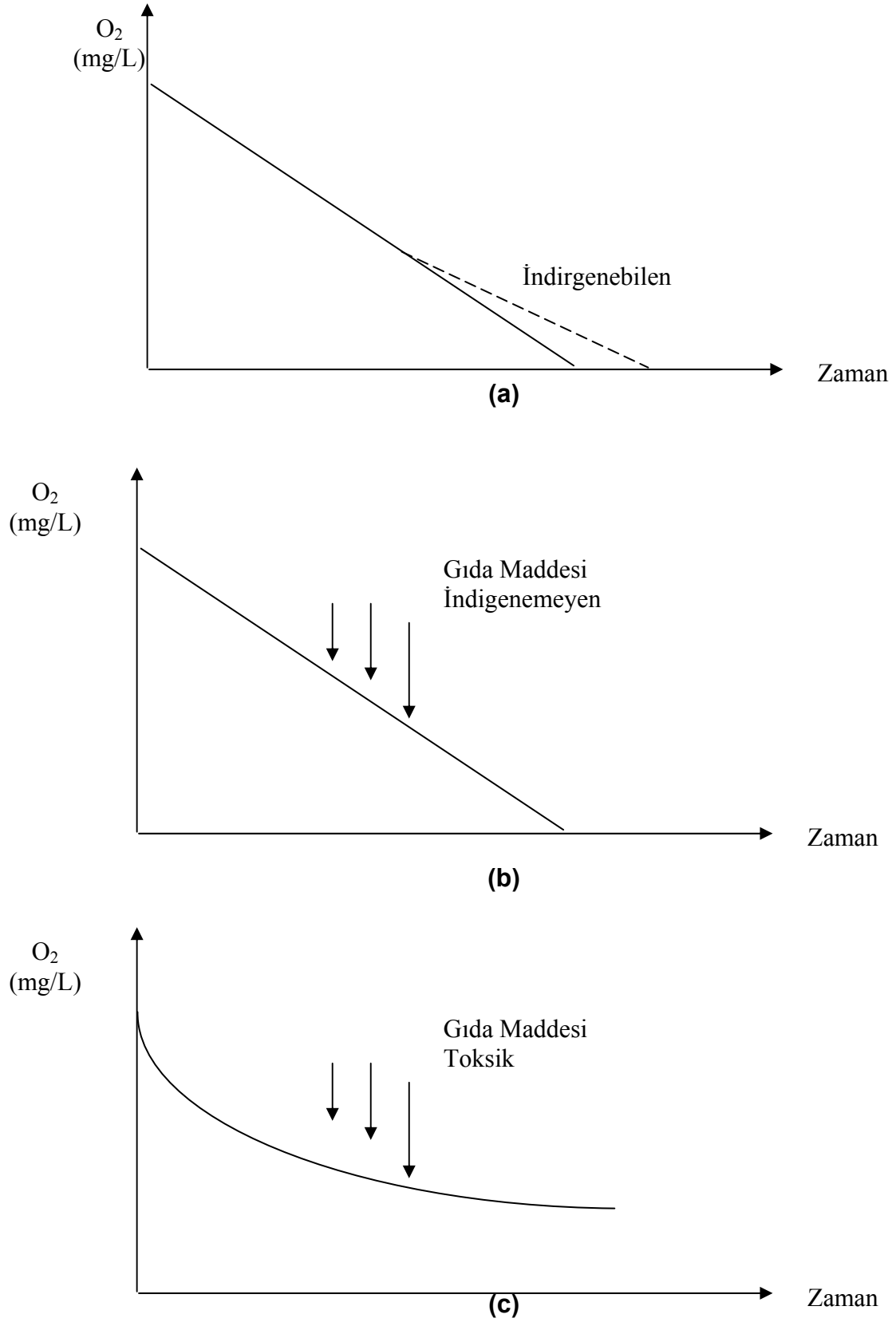
$$O_{Vo} = - \frac{ds}{dt} = \frac{dBOİ}{dt} \quad (3.10)$$

Bu eşitlik solunum aktivitesi ile gıda maddesi tüketimi arasında ilişki olduğunu göstergesidir.

Bu çalışmada, oksijen tüketiminin respirometrik yöntemlerle tespiti yapılarak solunum ölçümleri yardımıyla endüstriyel atıksuların ayrışabilirliklerinin ve aktif çamur üzerinde meydana getirebilecekleri toksisitenin saptanabileceği düşünülmektedir. Ölçümlerde ortama atıksu verilmeden önce  $O_2$  tüketimi nispi olarak azalmaktadır. Ortama atıksu verildiğinde  $O_2$  miktarı hızla azalıyorsa, bu atıksu biyolojik olarak indirgenabilir demektir. Atıksu eklenmesinden sonra  $O_2$  miktarı azalmasında bir değişiklik olmazsa ortamda mevcut mikroorganizmalar atıksuyun organik kirliliğini uzaklaştırma olasılığına sahip değildir denilebilir. Diğer bir deyişle atıksuyun ayrışabilirliği zayıftır. Bu durumda mikroorganizmaların atıksuya yavaş yavaş uyum sağlamalarını denemek gereklidir. Atıksu eklediğimiz halde ortamda  $O_2$  konsantrasyon değişmiyorsa; ortamda mikroorganizmalar  $O_2$  tüketmemektedir ve atıksu toksik maddeler içermektedir sonucuna varılabilir. Bu durumda arıtma öncesinde toksik maddeler arıtılacak atıksudan ön işlemler uygulanarak uzaklaştırılmalıdır. Şekil 3.3.'de sisteme gıda maddesi ilave edilmesi durumunda solunum ilişkisi verilmektedir. Şekil 3.4.'de ise kullanılmış suların oksijen tüketimine bağlı olarak sınıflandırılması görülmektedir.



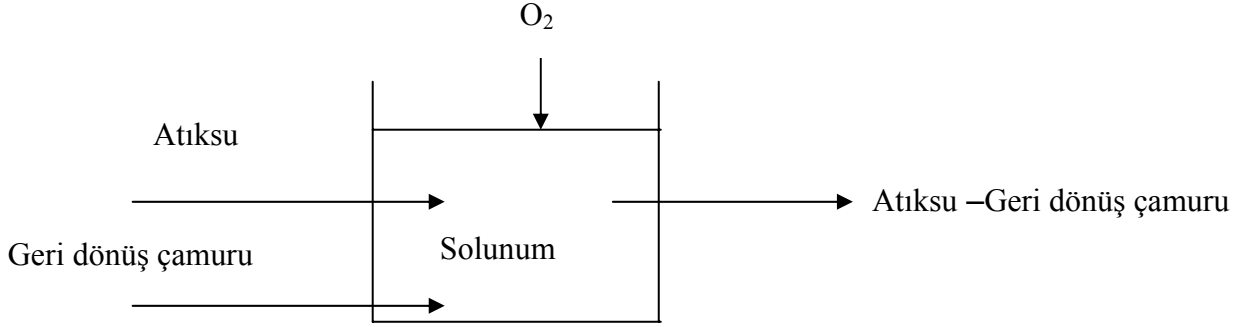
**Şekil 3.3.** Sisteme Gıda Maddesi Verilmesi İle Solunum İlişkisi (Kestioğlu,1983).



**Şekil 3.4.** Kullanılmış Suların Oksijen Tüketimine Bağlı Olarak Sınıflandırılması (Kesitoğlu, 1983).

### 3.2. O<sub>2</sub> Tüketimi ve Solunum Aktivite Ölçümlerinin Teorisi:

#### 3.2.1. Biyolojik Arıtmada Havalandırma Havuzundaki O<sub>2</sub> Tüketimi:



**Şekil 3.5.** Tam Karışımli Aktifleştirme Havuzu

Şekil 3.5.'e göre kütle dengesi yazılırsa;

$$q_A \times C_A + q_{RS} + k^1 (C_S^1 - C) = \frac{dC}{dt} + OV_o + (q_A + q_{RS}) C \quad (3.11)$$

Denklem düzenlenirse;

$$\frac{dC}{dt} = k^1 (C_S^1 - e) - OV_o - q_A (C - C_A) - q_{RS} (C - C_{RS}) \quad (3.12)$$

$k^1$  : İşletme şartlarında havalandırma katsayısı (1/saat)

$C_S^1$  : işletme şartlarında suyun O<sub>2</sub> le doyma değeri

$C$  : Havalandırma havuzundaki O<sub>2</sub> konsantrasyonu (mg O<sub>2</sub>/L)

$OV_o$  : Aktif çamurun çalışma solunumu (mg O<sub>2</sub>/L saat)

$q_A$  : Atıksuyun hacimsel debisi ( m<sup>3</sup> /m<sup>3</sup> saat)

$q_{RS}$  : Geri dönüş çamurunun hacimsel debisi ( m<sup>3</sup> /m<sup>3</sup> saat)

$C_A$  : Giren atıksuyun O<sub>2</sub> konsantrasyonu (mg O<sub>2</sub> /L)

$OC_{RS}$  : Geri dönüş çamurunun O<sub>2</sub> konsantrasyonu (mg O<sub>2</sub> /L)

$RS$  : Geri dönüş oranı

Genel olarak sisteme giren atıksuyun ve geri dönüş çamurunun hiç çözünmüş O<sub>2</sub> içermediği kabul edilebilir. Bu durumda C<sub>A</sub> = C<sub>RS</sub> = 0'dır. Buna bağlı olarak O<sub>2</sub> hesabı aşağıdaki denkleme dönüşür ve buradan hesaplanır:

$$\frac{dC}{dt} + OV_0 + (q_A + q_{RS})C = k^1 C_s^1 - k^1 C \quad (3.13.)$$

### 3.2.2. Solunum Aktivite Bağlıları:

**Solunum aktivite testi öncelikle işletme koşullarında mikroorganizmalar tarafından tüketilen O<sub>2</sub> miktarının izlenmesi esasına dayanmaktadır. O<sub>2</sub> tüketimi biyolojik ayrışmada havalandırma olayının izlenmesi ve temel bağıntıların belirlenmesi yoluyla Hixson ve Gaden tarafından solunum aktivite ölçümlerinde kullanılabilir şekilde dönüştürülmüştür (1950). Bu yöntemde kontrol değişkeni olarak çözünmüş O<sub>2</sub> konsantrasyonu alınmış ve değişimi belirlenmiştir. Buna göre:**

$$\frac{dC}{dt} = k^1 (C_s^x - C) \quad (3.14)$$

Deney esnasında bir O<sub>2</sub> tüketimi olması durumunda bu eşitlik aşağıdaki şekle dönüşür:

$$\frac{dC}{dt} = k^1 (C_s^x - C) - OV_0 \quad (3.15)$$

k<sup>1</sup> : Havalandırma katsayısı (1/saat)

C<sub>s</sub><sup>x</sup> : Sudaki çözünmüş O<sub>2</sub> doygunluk değeri (mg O<sub>2</sub>/L)

C : Deney kabındaki suyun O<sub>2</sub> konsantrasyonu (mg O<sub>2</sub>/L)

OV<sub>0</sub> : Solunum aktivitesi (mg O<sub>2</sub>/L)

Havalandırma kesildiği zaman mikroorganizmalar, mevcut O<sub>2</sub>'i hızla tüketmektedir. Tekrar havalandırma durumunda O<sub>2</sub> konsantrasyonu artar ve belirli bir zaman sonra sabit bir değer olan relatif doyma değerine (C<sub>s</sub><sup>x</sup>) ulaşır. Deneyler arasında

kısa zaman aralığında  $OV_0$ 'ın değişmediği kabul edilirse denklem aşağıdaki şekle dönüşür:

$$OV_0 = k^I (Cs^1 - C^x) \quad (3.16)$$

$C$  değeri yerine relatif doyma değeri  $Cs^x$  konulursa aşağıdaki denklem elde edilir:

$$OV_0 = k^I (Cs^1 - Cs^x) \quad (3.17)$$

Hesaplanan havalandırma katsayısı, ölçülen  $OV_0$  ve  $Cs^x$  yardımıyla  $Cs^1$  değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir:

$$Cs^1 = Cs^x \pm \frac{OV_0}{k^I} \quad (3.18)$$

(3.2.5) denkleminin integrali alınır aşağıdaki denklem elde edilir.

$$dt = do e^{-kt} \quad (3.19)$$

(3.19) denklemi çeşitli düzenlemeler yapılarak aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$\frac{k}{2.303} = \frac{\log (Cs - C_2) - \log (Cs - C_1)}{t_2 - t_1} \quad (3.20)$$

Bu eşitlik yarı logaritmik olarak ifade edildiğinde bir doğru elde edilir. Bu doğrunun eğimi aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$\tan\alpha = \frac{k}{2.303} \quad (3.21)$$

(3.20) no'lu denklemde verilen  $\log (Cs - C_2) - \log (Cs - C_1)$  farkı (1) olacak şekilde seçilebilir. Bu durum  $(Cs - C_2) = 10(Cs - C_1)$  olması halinde mümkündür. Ayrıca doyma değeri farkının % 90 oranında azalması durumunda gerçekleşir. Bunun

için geçen süre  $t_{90}$  (%)'dir. Elde edilen sonuçların aşağıdaki denkleme  $O_{vo} = k^1(C_s^1 - C)$  uygulanması ile havalandırma katsayısı (k) değerleri belirlenir.

$$k = \frac{60}{t_{90} (\%)} \times 2.303 \quad (3.22)$$

Sistemde tüketim olması halinde  $O_{vo}$  değeri bakterilerin solunum aktivitesini ortaya koymaktadır. Buradaki değişim doğrusaldır ve birim zamanda tüketilen  $O_2$  miktarının izlenmesi yoluyla azalma hızından çalışma solunum aktivitesi hesaplanabilir.

(3.18)'de verilen  $C_s^1 = C_s^x \pm \frac{O_{VO}}{k^1}$  denkleminde yararlanılarak  $C_s^1$  bulunup  $k^1$  ile

çarpılarak sisteme verilmesi gereken  $O_2$  (OC) bulunur.

$$OC = k^1 \times C^1 \text{ (mg } O_2 \text{ /L saat)} \quad (3.23)$$

Buradan açıkça sistemde tüketim olması durumunun önem taşıdığı, gıda maddelerinin cinsinin ve miktarının sistemdeki tüketimi etkilediği ve mikroorganizmaların yaşamına tesir ettiği ortaya çıkmaktadır. Solunum aktivitelerinin izlenmesi yoluyla, gıda maddelerinin indirgenebilirliği hakkında karar verilebilmektedir (Kestioğlu, 1983).

### **3.3. Endüstriyel Atıksuların Eysel Atıksularla Birlikte Arıtılmasının Avantaj ve Dezavantajları:**

Endüstriyel atıksuların arıtılabilirliği genellikle eysel atıksularla karıştırıldığında kolaylaşmaktadır. Endüstriyel atıksuların eysel atıksularla birlikte arıtılmasının avantajları şöyle sıralanabilir:

- Organizmalar için gerekli olan nutrient eksikliği eysel atıksularla giderilebilir.



- Endüstriyel atıksularda bulunmayan aşı organizmalar evsel atıksularda bol miktarda mevcuttur ve bu eksikliği tamamlarlar.
- Evsel atıksu debileri, endüstriyel atıksu debilerinden genellikle daha fazla olduğundan endüstriyel atıksulardaki toksik bileşenler seyreltme yoluyla eşik değerlerin altına çekilebilir.
- Evsel atıksuların tamponlama kapasitesi ile endüstriyel atıksulardaki asidite nötralize edilebilir.
- Her bir endüstri için ayrı ayrı arıtma tesisi kurmak hem inşaat hem de işletme açısından oldukça masraflıdır. Endüstriyel atıksular evsel atıksularla birlikte arıtıldığında oldukça ekonomik olmaktadır (Şengül, 1996).

Endüstriyel atıksuların evsel atıksularla birlikte arıtılmasının getireceği bazı dezavantajlar ise şöyle sıralanabilir:

- Çok büyük hacimde ve kirlilikte endüstriyel atıksular kentsel arıtma tesislerinin hacminin genişlemesine neden olurlar.
- Endüstriyel atıksuların kanalizasyona sabit bir debide gelmesini sağlamak üzere dengeleme yapılması gerekir.
- Endüstriyel atıksuların kirliliklerinin belli bir seviyede olması gerekir. Bu nedenle tesiste endüstriyel atıksular için ön arıtma gerekebilir.
- Endüstriyel atıksular biyolojik arıtma tesislerinde inhibisyona neden olabilir (Şengül, 1996).

Belediye Çevre Mevzuatı'na göre Türkiye'de endüstriyel atıksuların kanalizasyon şebekesine deşarjında istenen limit değerler Çizelge 3.1.'de verilmektedir. Çizelge 3.2.'de ise karışık endüstriyel atıksuların alıcı ortama deşarj standartları verilmektedir.

**Çizelge 3.1.** Türkiye’de Endüstriyel Atıksuların Kanalizasyon Sistemine Deşarjında İstenen Limit Değerleri

<i>Parametre</i>	<b>Maksimum Değer(mg/L)</b>
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ <sub>5</sub> )	250
Askıda Katı Madde (AKM)	350
Toplam Azot (N)	30
Toplam Fosfor (P)	8
Yağ ve Gres	50
Anyonik Yüzey Aktif Maddeler (deterjanlar)	5
Arsenik (As)	3
Kadmiyum (Cd)	5
Toplam Krom (Cr)	5
Bakır (Cu)	10
Kurşun (Pb)	3
Nikel (Ni)	10
Civa (Hg)	1
Gümüş (Ag)	5
Toplam Siyanür (CN)	10
Fenol	10
Hidrojen Sülfür (H <sub>2</sub> S)	2
Balık Biyodeneği (TL50) (48 saat)	100
Sıcaklık (°C)	40

**Kaynak:** Güler ve Çobanoğlu, 2000. Belediye Çevre Mevzuatı, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası Yayınları, ISBN: 973-395-395-X, Ankara

Çizelge 3.2. Karışık Endüstriyel Atıksuların Alıcı Ortama Deşarj Standartları

Parametreler	Birim	Kompozit Numune (2 Saatlik)	Kompozit Numune (24 Saatlik)
BOİ <sub>5</sub>	(mg/L)	200	100
KOİ	(mg/L)	400	300
AKM	(mg/L)	200	100
Yağ ve Gres	(mg/L)	20	10
Toplam Fosfor	(mg/L)	2	1
Toplam Krom	(mg/L)	2	1
Krom +6	(mg/L)	0.5	0.5
Kurşun	(mg/L)	2	1
Toplam Siyanür	(mg/L)	1	0.5
Kadmiyum	(mg/L)	0.1	-
Demir	(mg/L)	10	-
Florür	(mg/L)	15	-
Bakır	(mg/L)	3	-
Çinko	(mg/L)	5	-
Civa	(mg/L)	-	0.05
Balık biyodeneyi	ZSF	10	10
pH		6-9	6-9

**Kaynak:** ANONİM, 1999 a. Türk Çevre Mevzuatı Cilt- I, Türkiye Çevre Vakfı Yayını, Ankara.

#### 3.4. Respirometrik Yöntem ve Respirometrelerin Kullanım Alanları:

Aktif çamur prosesinin verimli bir şekilde işletilebilmesi için belirli aralıklarla çeşitli kontrollerin yapılması gerekmektedir. Bu amaçla, direkt olarak aktif çamurun biyokimyasal prosesini gösteren BOİ (biyokimyasal oksijen ihtiyacı); atık

konsantrasyonunun ölçümünde geniş çapta kullanılmaktadır. Ancak genellikle  $BOI_5$  olarak bilinen  $BOI$ 'nin bu şekilde kontrol amaçlı kullanımı uygun değildir. Çünkü analizler için gerekli olan beş günlük zaman, gerçek prosesin kontrolü için oldukça uzun bir süredir. Bu problemi çözebilmek için  $KOI$  (kimyasal oksijen ihtiyacı) ve  $TOK$  (toplam organik karbon) gibi ölçümler yapılmış ancak bunlar da atık konsantrasyonunda meydana gelen değişikliklere yeterli cevap verememişlerdir. Tüm bu nedenlerden dolayı  $BOI$ 'nin belirlenebilmesi için farklı metotlar geliştirilmiştir. Tüm bu metotlar respirometrik esaslara dayanmaktadır ve kısa sürede  $BOI$  ölçümü sağlamaktadırlar (Spanjers ve ark., 1998).

Respirometri, mikrobiyal popülasyonlar tarafından tüketilen oksijen miktarının ölçümü olarak tanımlanabilir (Mahendraker ve Viraraghavan, 1995). Respirometrik teknik, atıksuyun arıtılabilirliği konusunda fikir veren ekonomik ve oldukça kullanışlı bir sistemdir. Respirometre çok çeşitli endüstriyel atıksuların karakteristik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılarak atıksu arıtma tesisi dizaynı için prosete oluşabilecek değişik durumların etkilerinin daha iyi anlaşılması anlamında yardımcı olmaktadır. Aktif çamur arıtma tesisi dizaynı için gereken parametre verileri, ölçülen  $O_2$  tüketim değerlerinden hesaplanabilmektedir. Ayrıca bu sistem atıksu toksisitesinin belirlenmesi amacıyla da kullanılabilir (Acar, 2001).

Respirometrenin en yeni teknolojiyle üretilmiş pek çok çeşidi bulunmaktadır. Bunların pek çoğu bir bilgisayar yardımıyla verilerin elde edildiği ve analizlendiği sistemlerdir. Günümüzde kompleks yapıdaki kimyasal bileşiklerin oluşturduğu atıksuların üretildiği endüstrilerin kaçınılmaz olarak artmasıyla birlikte, bu sistemlerin kullanımına olan ihtiyaç da giderek artmaktadır. Prosesin ve aktif çamur tesisi için gereken  $O_2$ 'nin on-line kontrolünde respirometreler kullanılmaktadır. Respirometrelerin atıksular için kullanım alanlarından başlıcaları aşağıda verildiği gibidir (Acar, 2001).

- Aktif çamur sistemlerinin on-line kontrolü,
- İnhibitör ve inhibitör olmayan maddelerin biyokinetik sabitlerinin belirlenmesi,
- Proses simülasyon modellerinin oluşturulması,
- Bir proses içindeki inhibitör maddenin kritik büyüme hızı ve kritik substrat konsantrasyonunun belirlenmesi,

- BOİ ölçümleri,
- Suyu çıkış özelliğinin tahmini,
- Mevcut biyolojik prosese ilave edilecek yeni atıksuyun etkisinin belirlenmesi,
- Toksikite ve çıkış bileşenlerinin belirlenmesidir.

### **3.5. Respirometrik Yöntemle Respirasyon Hızının Belirlenmesi:**

Atıksu biyolojik olarak parçalanabilir organik madde içermediğinde veya ortamda bu tip organik maddeler tükendiğinde respirasyon hızı biyomas ölümü gerçekleşinceye kadar azalmaya devam eder. Bu faz boyunca respirasyon hızı endojen respirasyon hızı olarak adlandırılır. Bu tanımlamaya göre; endojen respirasyon sadece bakterilerin içsel solunumu değil aynı zamanda protozoaların oksijen tüketimini de içermektedir. Endojen respirasyon hızı substrat konsantrasyonuna bağlı olmakla beraber aktif biyomasın da göstergesidir (Vanrolleghem, 2002).

Genellikle aktif çamur proseslerinde biyolojik olarak parçalanabilir maddenin tesise gelen akışla sürekli gelmesi sağlanmaktadır. Bu sürekli akışın sonucunda biyomasın artması ve endojen fazdakinden daha fazla respirasyon hızının ortaya çıkmasına neden olur. Bu gerçek respirasyon hızı havalandırma tankındaki organik maddenin konsantrasyonu ile alakalıdır. Gerçek respirasyon hızı akışla gelen organik madde yükü ve organik maddenin biyolojik olarak parçalanabilirlik derecesinden etkilenir (Vanrolleghem, 2002).

Eğer organik maddenin konsantrasyonu çok yüksekse biyomas çoğalma oranı ve respirasyon hızı da maksimum düzeyde gerçekleşir. Bu durumda respirasyon hızı maksimum respirasyon hızı olarak tanımlanır. İşletilmekte olan bir aktif çamur sisteminde mikroorganizma popülasyonunun farklı çeşitlerdeki substratı okside etmeleri neticesinde respirasyon sonuçlanır.

Oksijen kullanım yani solunum hızı (OTH), respirasyon zinciri esas alınarak giriş ve çıkıştaki çözünmüş oksijen konsantrasyonları ve zaman kullanılarak oksijen kütle dengesi oluşturulmasıyla hesaplanabilir (Gernaey ve ark. ,1998).

### 3.6. Respirometrik Yöntemle Yapılmış Çalışmalar:

Respirometrik yöntem geçmiş birkaç yılda tanınmış ve çözülmüş oksijen ölçümlerinin spesifik durumlar altında büyük potansiyele sahip olduğu belirlenmiş ve oksijen tüketim oranının (OTH) yeniden incelenmesi birçok araştırmacı tarafından yapılmıştır. Sharmas ve Englande (1992), Spanjers (1993), Vanrolleghem (1994) ve Lee ve Suh (1995); yaptıkları çalışmalarda respirometrik yöntemle atıksuyun biyokimyasal karakterizasyonu konusunda çalışmışlar ve BOİ eğrilerinden 1. derece biyokinetik katsayıları (k), nihai BOİ (BOİ<sub>u</sub>) ve adaptasyon periyotlarını tahmin etmişlerdir. Endüstriyel atıksuların inhibisyonunun belirlenmesi için de respirometrik metotlar kullanılmıştır.

Birçok araştırmacı tarafından aktif çamur prosesinde mikrobiyal büyüme üzerine inhibitör maddelerin toksik etkileri araştırılmıştır. Nowak ve Suadral (1993), Kong ve ark. (1996); BOİ, substrat tüketimindeki değişim yüzdesi, respirasyon oranı konularında çalışmalar yapmışlardır.

Cadena (1995); bu metotla kesikli reaktör yöntemiyle ciddi bir seyrelme olduğundan konsantrasyonların herhangi bir ter etkisi olmaksızın kabul edilebileceğini belirlenmiştir. Respirometrenin aktif çamur tesislerinde hem oksijen tüketim oranı (OTH) hem de hücre konsantrasyonu ve spesifik solunum aktivitesi gibi aerobik şartlarda yaygın bir kullanım alanı vardır. Guwy (1998); online monitör kullanarak katalaz aktivitesiyle ölçülen respirometrelerin karşılaştırılması konusunda çalışma yapılmıştır. Sonuçta kullanılan monitörün aktif çamur tesislerinin O<sub>2</sub> tüketim hızının ölçümüne basit ve kuvvetli bir alternatif olarak sunulabildiği belirlenmiştir. Chan ve Arkadaşları (1999); Optik taramalı respirometre kullanarak aktif çamurda fenolik kimyasalların toksiditesinin izlenmesi konusunda çalışma yapmışlardır. Bu çalışma sonucunda aktif çamurdaki çeşitli fenolik kimyasalların IC 50 değerleri belirlenmiştir.

Çokgör ve Arkadaşları (1998); aktif çamur davranışlarının respirometrik analizi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada evsel atıksuyun tekstil, süthane, mezbaha, deri ve şeker endüstrisi atıksularıyla arıtılabilirliği ve KOİ'nin biyolojik olarak ayrışabilirliği incelenmiştir.

Stronmann ve Arkadaşları (1999); aktif çamur bakterilerinin heterotrofik büyüme katsayılarının belirlenmesinde respirometrik bir test metodunun gelişimi üzerine çalışmışlardır. Bu çalışma sonucunda aerobik olarak aktif çamur bakterilerinin heterotrofik büyüme katsayısı kolayca belirlenmiş ve heterotrofik büyüme katsayılarının geniş bir aralıkta F/M oranından bağımsız olduğu belirlenmiştir.

Orupöld ve Arkadaşları (2000); yaptıkları çalışmada aktif çamurdaki fenolik bileşiklerin respirometreyle ayrışma parametrelerini incelemişler, Michaelis- Menten kinetiğini kullanarak çalışılan bileşiklerin teorik oksijen ihtiyacının %23 - % 38 olduğunu bulmuşlardır. Gernaey ve Ark. (2001); yaptıkları çalışmada respirometrik – titrimetrik ölçümlerle kombine olarak aktif çamuru izlemişlerdir.

Yoong ve arkadaşları (2000); yüksek fenol konsantrasyonu içeren atıksuların bir SBR reaktörde arıtımını in situ respirometresi kullanarak incelemişlerdir. Bu çalışmada oksijen tüketim hızlarından ve kalıntı substrattaki çözünmüş KOİ değerlerinden veriler vermişlerdir.

Ficara ve arkadaşları (2000); nitrifikasyon kinetik parametrelerinin belirlenmesinde titrimetrik ve respirometrik tekniklerin karşılaştırılması konusunda çalışmalar yapmışlardır.

Libelli ve arkadaşları (2001); aktif çamur modellemesi için bir respirometrenin doğruluk analizleri üzerine çalışmışlardır. Sonuç olarak oksijen tüketim hızı ölçümlerinde nihai doğruluğun her bir parametrenin uzantısı olarak etkilenebildiğini belirtmişlerdir.

Plessis ve arkadaşları (2001); Archia mikrobiyal aktivitesiyle ilgili olarak respirometrik metodun geliştirilmesiyle ilgili olarak çalışmalar yapmışlardır. Yüksek sıcaklıklarda termofilik Archia'nın izlenmesi esnasında mikro-oksi max respirometresi kullanmışlardır. Buna ilave olarak Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> gibi bileşiklerin inhibisyon miktarının belirlenmesi için jenerik metotları açıklamışlardır.

Goudar ve Ellis (2001); respirasyon deneylerinden mevcut biyoayırışma kinetiklerinin tahmini üzerine çalışmışlardır. Bu çalışma sonucunda respirometrik deneylerden elde edilen çözünmüş oksijen konsantrasyonu için basit bir cebirsel denklem önermişlerdir.

Gutierrez ve arkadaşları (2001); Microtox ve aktif çamur O<sub>2</sub> tüketim inhibisyonu arasında karşılaştırmalı bir çalışma yapmışlardır. Her iki sistem arasında

pek çok fark gözlemlenmiştir. Bu çalışma sonucunda atıksu arıtma tesisindeki bir bileşiğin potansiyel toksisitesinin değerlendirilmesi için tercih edilmesi gereken biyolojik yaşam aktif çamurun kendisi olmalıdır ifadesi vurgulanmıştır.

Dalzell ve arkadaşları (2002); hızlı toksik etki yapan beş farklı metodun mukayesesiyle kirliliklerin aktif çamura olan toksik etkileri üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada beş farklı hızlı toksik etki yapan metod endüstriyel atıklar, karışık zehirleticiler ve tek zehirleyicilerin toksisitesini hesaplamak üzere üç farklı Avrupa ülkesine uygulanmıştır.

Meriç ve arkadaşları (2003); aktif çamura uygulanan 2,4-diklorofenoksiasetik asitin toksik etkilerini hesaplamak üzere bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada oksijen tüketim hızlarını (OTH) kullanarak 2,4-diklorofenoksiasetik asitin aktif çamur olan toksik etkisi hesaplanmıştır.

Gendig ve arkadaşları (2003); aktif çamur respirasyon inhibisyon testinin değerlendirmesi üzerine çalışmışlardır.

Arslan ve Ayberk (2003); İzmit evsel ve endüstriyel atıksu arıtma tesisinin atıksularının biyolojik arıtılabilirliği ve karakterizasyonunu respirometrik yöntemle incelemişlerdir. Bu çalışmada 14 farklı numunede KOİ analizi yapılmış, 80 – 1822 mg/L arasında değerler bulunmuş ve ortalama değer olarak KOİ'si 1201 mg/L olarak belirlenmiştir. Çözünmüş KOİ değerleri 168 – 1061 mg/L arasında olup ortalama değer 661 mg/L'dir. Giriş atıksuyundaki BOİ / Toplam KOİ oranı ise % 20 olarak bulunmuştur. Bu değerlere göre atıksuyun biyolojik arıtma için uygun olmadığı belirtilmiştir. Ancak KOİ fraksiyon çalışmaları göstermektedir ki, atıksuyun organik içeriği oldukça yüksektir (% 84- 92). Buna rağmen klasik atıksu karakterizasyonunun biyolojik atıksu proseslerinin gerçek tasarımı için uygun olmadığı belirlenmiştir.

Ren (2004); atıksu toksisitesinin aktif çamura olan etkisi üzerine çalışmıştır. Bu çalışmada aynı zamanda son yıllarda yapılan çalışmaları da değerlendirmiş ve incelemiştir.

Ricco ve arkadaşları (2004); belediye atıksu arıtma tesisindeki aktif çamuru üzerindeki genel zenobiyotik bileşiklerin toksisite değerlendirmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada Microtox ve respirometrik yöntemin karşılaştırması yapılmıştır.



#### **4. ÇALIŞMALARDA KULLANILAN ENDÜSTRİLERİN ÖZELLİKLERİ, ATIKSULARININ KARAKTERİZASYONU ve DEŞARJ KRİTERLERİ**

Çalışma kapsamında altı farklı atık suyla çalışılmıştır. Çalışılan atıksular, gıda endüstrisinden, tekstil endüstrisinden, deri endüstrisinden, peynir endüstrisinden, otomotiv endüstrisinden ve organize sanayi bölgesinden alınmıştır. Aşağıda çalışılan endüstrilerin özellikleri, atık su karakterizasyonları ve deşarj kriterleriyle ilgili bilgiler verilmiştir.

##### **4.1. Tekstil Endüstrisi:**

Bu bölümde tekstil endüstrinin işleyişi, üretim sırasında ve sonrasında çıkan atıksuların özellikleri, arıtım yöntemleri ve deşarj kriterleri verilecektir.

##### **4.1.1. Tekstil Endüstrisinin Tanıtımı:**

Tekstil endüstrisi doğal ve üretilmiş elyafları kullanarak kumaş ve diğer tekstil ürünlerini imal eden bir endüstri dalıdır. Bu endüstri; doğal ve fabrikasyon ipliklerin hazırlanması, dokuma, örme veya başka yöntemlerle kumaş, triko, halı gibi tekstil ürünleri haline getirilmesi, iplik ve kumaşlarla boya, baskı, apre gibi terbiye işlemlerinin uygulanması faaliyetlerini içerir (Tünay,1996).

Üretimde yer alan proses ve işlemler elyafa bağlı olmaksızın tanım olarak birbirine benzerdir. Yıkama, boyama, baskı gibi temel proseslere tekstil endüstrisinin bütün kollarında yer verilir. Mesela yünlü ürünlere uygulanan karbonizleme ve dinkleme, pamuklu ürünlere uygulanan merserizasyon işlemleri farklı üretim prosesleri oluşturan uygulamalardır (Tünay,1996).

Tekstil endüstrisi kendi içinde Pamuklu, Yünlü ve Sentetik olmak üzere üç başlık altında toplanmaktadır (Şengül, 1996).

Pamuklu tekstil mamüllerinin üretimi sırasında uygulanan işlemler haşıl sökme işlemi, ağartma, yıkama işlemleri, merserizasyon işlemi, boyama işlemi ve apre (bitirme) işlemleridir.

Ham olarak gelen kumaş, renk metrajlarına göre (1200-1600 m) hazırlama kısmında ayrılarak gaze makinesine gönderilir. Ardından haşıl sökme ve yıkama işlemine tabi tutulur, gerekirse ağartılır (ağartıcılar veya hidrojen peroksit ile). Haşıl sökme işlemi sonucunda askıda katı madde, çözünmüş katı madde, yağ ve gres içeren atıklar suya karışır. Bu işlem, tekstil atıksularında toplam kirlilik yükünün yaklaşık %50'sini oluşturur (Şengül, 1996).

Ardından merserizasyon işlemine tabi tutulur. Kumaş boyama işlemine hazır durumdadır. Kumaş elyaf cinsine ve boyama tekniklerine göre boya jetlerine gönderilir. Daha sonra yıkama ve yaş açma makinelerine gönderilir. Ardından fiske ve apreleme işlemlerine tabi tutulur. Daha sonra kalite kontrolden geçer, toplarına ayrılır ve metrajları tespit edilip etiketlenir. Böylece kumaş sevke hazır hale getirilmiş olur (Şengül, 1996).

#### **4.1.2. Tekstil Endüstrisi Atıksularının Özellikleri ve Deşarj Kriterleri:**

Tekstil endüstrisinde ortaya çıkan atıksulardaki kirlilik yükü, işlenen elyafın cinsi, proseslerde kullanılan kimyasallar, üretim yöntemlerindeki teknolojik farklılıklar nedeniyle geniş bir değişim aralığı gösterir (Kemer ve Kara, 1998).

Pamuklu, yünlü ve sentetik tekstil endüstrilerinde proses değişimi, kimyasal madde değişimi ve bitirme işlemlerinin değişimi atıksuların karakteristiğinin bir tekstil tesisinden diğerine çok değişmesine neden olmaktadır. Pamuklu tekstil ürünlerinin terbiye işlemlerinden ortaya çıkan atıklar, yağ içermemesi ve nispeten düşük koli madde konsantrasyonu ile yünlü tekstil atıksularından daha az kirletici özellik gösterirler. Bunun yanında sentetik ürünlerin terbiye prosesi atıksuları, kirletici madde miktarı ve özellikleri bakımından pamuklu tekstil terbiyesi atıklarından genellikle daha düşüktür. Sentetik atıksularının, diğerlerinden ayıran bir özellik, boyamada metalik iyon içeren boyalar kullanıldığı zaman bu suların toksik olabilmesidir (Kaptan,2002).

Pamuklu tekstil endüstrisi atıksularındaki en önemli kirlilik problemleri; organik madde içeriğinin yüksek olması, pH'ın yüksek olması, toksik maddelerin bulunması, sıcaklık, deterjan ve sabunlar, yağ ve gres, sülfür, katı maddeler ve alkalinite içermesi olarak özetlenebilir (Şengül, 1996). Pamuklu tekstil endüstrisinin atıksu

karakterizasyonu Çizelge 4.1.'de verilmiştir. Çizelge 4.2.'de ise kompozit tekstil endüstrisinin atıksu karakterizasyonu verilmektedir.

Çizelge 4.1. Pamuklu Tekstil Endüstrisi Atıksularının Karakterizasyonu

Parametre	Haşılama	Ağartma	Piştirme	Merserizasyon	Boyama	Baskı
pH	5.90	9.2	12.48	11.7	7.78	8.6
KOI (mg/L)	8154	95	38	154	402	137.2
BOİ (mg/L)	3240	63	12	43	176	-
Deterjan (mg/L)	14.5	7.5	5.4	7.5	2.10	39.3
Sülfat (mg/L)	100	95	-	-	280	18.4
Klorür (mg/L)	208	1044	94	150.8	75.8	68.10
AKM	169	157	412.5	75	94	35.8
TKM	5576	1968	40030.0	508.5	826	46.5
Fosfat	5.30	1.26	3.5	3.10	27	793

**Kaynak:** KEMER, M., KARA, Ş., 1998. Pamuklu Sentetik Tekstil Endüstrisi Atıksularının Arıtılması, Lisans Bitirme Tezi.

Çizelge 4.2. Kompozit Tekstil Endüstrisi Atıksularının Karakterizasyonu

Parametre	Birim	Değeri
pH	-	7.0-9.0
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ)	mg/L	80-6,000
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/L	150-12,000
Toplam Askıda Katı Madde	mg/L	15-8,000
Toplam Çözünmüş Katı Madde	mg/L	2,900-3,100
Serbest Klor	mg/L	1000-1600
Toplam Kjendal Azotu	mg/L	70-80
Renk	Pt-Co	50-2500

**Kaynak:** Al- Kdasi, A., Idris, A., Saed, K. ve Guan, C.,T., 2004. Treatment of Textile Wastewater by Advanced Oxidation Processes: A Review, Global Nest:the Int.J.Vol 6, No 3, pp 226-234

Pamuklu tekstil endüstrisi atıksularının alıcı ortama deşarj kriterleri Çizelge 4.3.'te verilmektedir.

**Çizelge 4.3.** Pamuklu Tekstil Endüstrisi Atıksularının Alıcı Ortama Deşarj Kriterleri

Parametre	Birim	Kompozit Numune 2 Saatlik	Kompozit Numune 24 Saatlik
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ)	mg/L	90	60
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/L	250	200
Toplam Askıda Katı Madde	mg/L	160	120
Amonyum Azotu (NH <sub>4</sub> -N)	mg/L	5	
Serbest Klor	mg/L	0.3	
Toplam Krom	mg/L	2	1
Sülfür (S <sup>-2</sup> )	mg/L	0.1	
Sülfid	mg/L	1	
Yağ ve Gres	mg/L	10	
Balık Biyodenyi (ZZF)	mg/L	4	3
pH	-	6-9	6-9

**Kaynak:** [http:// www.cevreorman.gov.tr](http://www.cevreorman.gov.tr)

#### 4.1.3. Tekstil Endüstrisi Atıksularının Arıtım Yöntemleri:

Tekstil endüstrisinde atıksudaki asıl kirlilik boyama, terbiye ve apreleme proseslerinden kaynaklanmaktadır (Al-Kdasi ve ark., 2004).

Pamuklu tekstil endüstrisinde fazla BOİ miktarını istenen seviyelere kadar arıtmak üzere kimyasal arıtma ve biyolojik arıtma uygulanmaktadır. Kimyasal arıtmada alüm, demir sülfat, demir klorür koagülant olarak kullanılır. Kireç ve sülfirik asitle pH kontrolü yapılarak pıhtılaştırma ve yumaklaştırma sağlanır (Şengül, 1996).

Tekstil atıksuların biyolojik arıtımında ise genellikle aktif çamur sistemleri tercih edilmektedir. Uzun havalandırılmalı aktif çamur yönteminde BOİ giderme verimi çok yüksektir. Tekstil atıksularının biuolojik arıtmadan önce pH'nın kontrolü

gerekmektedir. Optimum BOİ giderimleri için gereken pH sınırı 7-9 arasındır. Bu aralığın aşılması durumunda atıksuyun dengelenmesi ve nötralizasyonu gereklidir (Şengül, 1996).

Tekstil atıksularının biyolojik olarak arıtılmasında kullanılan bir diğer yöntem damlatmalı filtrelerdir. Ancak damlatmalı filtreler günümüzde kullanım ve işletim zorlukları ve ekonomik olmamaları nedeniyle tercih edilmemektedirler (Şengül, 1996).

Tekstil atıksularının arıtımında kullanılan diğer bir yöntem, yüksek madde içeren tekstil atıksularında süspanse büyüme-havalandırma prosesleri uygun sonuçlar vermiştir. Pamuklu tekstil atıksuları ile yapılan pilot tesis çalışmaları bu arıtmanın, tekstil atıksularının biyolojik arıtımı için başarılı bir yöntem olduğunu göstermiştir (Şengül, 1996).

Tekstil endüstrisi atıksularının ozon ve UV prosesleriyle de giderimi mümkün olabilmektedir (Al-Kdasi ve ark., 2004).

Tekstil atıksularının arıtımında damlatmalı filtreyle aktif çamur kombinasyonunun bir arada kullanıldığı sistemlerde de denenmiştir. Bu sistemlerde ilk olarak atıksu damlatmalı filtreye gelmektedir. Damlatmalı filtre kaba biyolojik arıtma adımı olarak kullanılmış; ikinci kademede aktif çamurla daha iyi bir biyolojik arıtma yapmak mümkün olmuştur. Ayrıca bu yöntemle %40-45 oranında renk giderimi de sağlanabilmektedir. Pamuklu tekstil endüstrisi atıksularının arıtımında son kademe olarak granüle aktif karbon içeren adsorbsiyon kolonlarında adsorbsiyon işlemi uygulanabilmekte ve böylece renk giderimi gerçekleştirilebilmektedir (Şengül, 1996).

#### **4.2. Gıda Endüstrisi:**

Bu çalışma kapsamında gıda endüstrisi olarak seçilen fabrikada marmelat, meyva konservesi, kestane şekeri, meyva pulpu, kabak şekeri, ayva tatlısı, meyve şekerlemesi, meyve özleri ve şıra özü ve limon suyu üretimi gerçekleştirilmektedir. Bu bölümde seçilen gıda endüstrinin işleyişi, üretim sırasında ve sonrasında çıkan atıksuların özellikleri, arıtım yöntemleri ve deşarj kriterleri verilecektir.

#### 4.2.1. Gıda Endüstrisinin Tanıtımı:

Dondurulmuş gıda ve konserve sektörü; dondurulmaya ve konserve yapmaya uygun hammaddenin temini, (tohum seçimi, üretimi, satın alınması) ile başlayan ve hammaddenin uygun koşullarda tesislere taşınması, tesislerde bekletilmeden seçme, yıkama, boyutlama ve ürüne özel tekniklerle işlenmesi, derin dondurma ve uygun şekillerde paketlenerek, tekniğine uygun, depolama, yükleme, taşıma, dağıtım ve tüketimi sonucunda, müşteri sonuçlarının izlenmesine kadar, faaliyet gösteren bir gıda sanayi koludur (Anonim, 2000).

Dondurarak muhafaza etmenin temel ilkesi;  $-8^{\circ}\text{C}$  ve daha düşük sıcaklık derecelerinde gıdayı hızlı bir şekilde dondurarak, gıda bozulmasına sebep olan mikroorganizmaların çalışma ve çoğalma faaliyetlerini tam olarak durdurma (Anonim, 2000).

Dondurulmuş gıda sanayinde pek çok madde işlenmektedir. Çalışmanın yapıldığı fabrikada marmelat, meyva konservesi ve meyva pulpu üretimi gerçekleştirilmektedir.

Marmelat Üretimi: Hammaddeler yıkama işlemlerinden geçirilir. Çekirdek çıkarma ve kabuk soyma işlemlerinden sonra son yıkama işlemine tabi tutularak parçalama işlemi gerçekleşir. Parçalaması biten hammaddeler haşlama (pişirme) işlemine tabi tutulur. Haşlanan ürünler palperlerden geçirilerek püre haline getirilir. Püre haline getirilen ürünlere sitrik asit, glikoz, şeker ve pektin çözeltisi ilave edilerek vakum kazanında kaynatma işlemi gerçekleşir. Bu işlemlerde sonra marmelat ürünü elde edilir. Elde edilen marmelat kavanozlara doldurulur (Anonim, 2003).

Meyve Pulp Üretimi: Hammaddeler yıkama işlemlerinden geçirilir. Çekirdek çıkarma ve kabuk soyma işlemlerinden sonra son yıkama işlemine tabi tutulur. Bu işlemden sonra parçalama işlemi gerçekleşir. Parçalaması biten hammaddeler sitrik asit ilavesiyle ısıtılma işlemine tabi tutulur. Isıtılma işlemine tabi tutulan ürünler palperlerden geçirilerek pulp haline getirilir. Pulp haline getirilen ürünler kavanozlara doldurularak egostlama işleminden geçirilir. Kavanozların kapakları kapatılarak pastörizasyon işlemine tabi tutulur (Anonim, 2003).

Meyve Konservesi Üretimi: Atıksuyun alındığı fabrikada pek çok meyvanın konservesi yapılmaktadır. Bu meyvalar: armut, şeftali, ayva, vişne, kiraz şekeri ve karışık meyva konservesidir. Her bir meyva konserveleme işleminde hemen hemen aynı işlemlere tabi tutulur. Meyvalar yıkanarak kabukları soyulur. Kabuk soyma işleminden sonra yıkanan meyvalar bölünerek sitrik asitli suda bekletilir. Daha sonra dolun işlemi gerçekleşir. Ambalajına doldurulan ürünlere şurup ilavesi yapılır. Daha sonra egostlama işlemi gerçekleşir. Ambalajların ağzı kapanarak pastörizasyon işlemine tabi tutulur (Anonim, 2003).

#### **4.2.2. Gıda Endüstrisi Atıksularının Özellikleri ve Deşarj Kriterleri:**

Dondurulmuş gıda ve konserve endüstrisinde ürünün eldesi sırasında oluşan atıkların miktarı ve özellikleri; kullanılan hammaddeye, kullanılan metoda, sebze veya meyve meyvenin özelliklerine bağlıdır. Bu endüstride meyve, sebze ve narenciye işlenir. Söz konusu maddelerin hasadı ve konserve haline getirilmesi kısa sürelerde olduğundan konserve fabrikaları birkaç çeşit ürünü işleyecek şekilde kurulur. Bu tip tesislerden oluşan atıksular organik atıkları içerirler. Ham maddenin ayıklanması, suyun alınması, ağartılması ve pastörizasyonu, proste kullanılan malzemelerin temizlenmesi, hazırlanmış ürünün soğutulması gibi işlemler sonucunda atıklar oluşur (Şengül, 1996).

Çizelge 4.4.'te sebze konserveleme ve dondurma prosesleri tüm detaylarıyla özetlenmektedir. Bezelye, pancar, havuç, muz, kabak ve baklagiller konserve için işlendiklerinde oldukça kuvvetli atıklar oluşturan sebzelerdir. Her bir sebze için konserve hazırlama prosesi farklı olmakla beraber, konservecilikte kullanılan temel proseslerde fazla bir değişiklik yoktur. ,bu nedenle sebze konservelemede oluşan atıklar hemen hemen benzer özelliktedir. Proses atıkları, çoğunlukla yıkama suları, temizleme, kabuk soyma, ayılama ve iç kısımların çıkarılması sırasında oluşan katı atık maddeleri, makinelerin doldurulması ve boşaltılması sırasında oluşan sızıntı suları, yerlerin, masaların, duvarların ve diğer teçhizatların yıkanması sırasında oluşan sular şeklinde sıralanabilir (Şengül, 1996).

**Çizelge 4.4.** Sebze Konserve Tesisleri Atıksularının Hacmi ve Kirlilik Özellikleri

Ürün	Sebze veya Meyve lt/kasa	BOİ5 (mg/L)	Askıda Katı Madde (mg/L)
Kuşkonmaz	265	100	30
Taze Fasulye	98,4-166,5	160-600	60-85
Pancar	102-246	1580-5480	720-2188
Havuç	87,0	520-3030	1830
Mısır	90,8	623	302
Bezelye	53-212	380-4700	272-400
Mantar	24-981	76-390	50-242
Patates	13248	235	610
Kabak	76-159	2850-6875	785-3500
Ispanak	606	280-730	90-580
Kayısı	216-303	200-1020	260
Domates	11,4-56,8	570-4000	190-2000
Domates Suyu	144-378	178-3880	170-1168

**Kaynak:** Şengül, F., 1996. Endüstriyel Atıksuların Özellikleri ve Arıtılması, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları, No:172, İzmir

Meyve işlemede ise şeftali, çilek, kiraz, elma, armut ve üzümün işlenmesi esnasında, atıksular oluşur. Bu atıksular soyma, temizleme, püskürtmeli yıkama, ayıklama, sınıflandırma, dilimleme ve konserveleme sırasında oluşur. Konserve kaplarının yıkanması, kondansat sularının atılması, tesisin yıkanması ve bazı özel işlemler sonucu da atıksular meydana gelir. Narenciyelerden portakal, limon ve greyluft çoğunlukla aynı tesiste işlene meyveleridir. Bu tip tesislerde oluşan sıvı atıklar içinde soğutma suları, pektin artıkları, sıkma-presleme işlemi artıkları, proses atıksuları ve yer yıkama atıksuları başlıca bileşenleri oluşturmaktadır. Narenciye konserve tesislerinden gelen atıklar meyve kabuklarını, meyve tohumlarını, yıkama işlemlerinden arta kalan atık meyve sularını ve bozulmuş meyve artıklarını içerirler Çizelge 4.5.'te meyve



konserve tesislerinin atıksularının hacmi ve kirlilik özellikleri verilmiştir (Şengül, 1996).

**Çizelge 4.5.** Meyve Konserve Tesislerinin Atıksularının Hacmi ve Kirlilik Özellikleri

Ürün	Sebze veya Meyve Lt/Kasa	BOİ5 (mg/L)	Askıda Katı Madde (mg/L)
Armut	123-160	238-468	340-637
Şeftali	142	1070	250
Elma	101,5	1600	300
Kiraz	60,6	800	185

**Kaynak:** Şengül, F., 1996. Endüstriyel Atıksuların Özellikleri ve Arıtılması, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları, No:172, İzmir

Çalışmada kullanılan konserve gıda endüstrisinin alıcı ortama deşarj kriterleri Çizelge 4.6.'da verilmektedir.

**Çizelge 4.6.** Gıda Endüstrisi (Sebze, Meyve Yıkama ve İşleme) Alıcı Ortama Deşarj Kriterleri

Parametre	Birim	Kompozit Numune 2 Saatlik	Kompozit Numune 24 Saatlik
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ)	mg/L		40
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/L	200	160
Askıda Katı Madde (TKM)	mg/L	100	60
Yağ ve Gres	mg/L	30	20
pH		6-9	6-9

**Kaynak:** [http:// www.cevreorman.gov.tr](http://www.cevreorman.gov.tr)

### 4.2.3. Gıda Endüstrisi Atıksularının Arıtım Yöntemleri:

Konserve sektörü mevsimlik bir sektördür. Konserve atıksularının arıtımı 6 grupta incelenebilir (Şengül, 1996):

1. Ön arıtma
2. Kimyasal arıtma
3. Biyolojik arıtma
4. Arazide uzaklaştırma
5. Kentsel arıtma tesislerinde evsel atıksularla birlikte arıtma

Konserve tesislerinin atıksularının arıtımında biyolojik filtrasyon da uygulanabilir bir yöntemdir. Ancak bu yöntem çok yaygın olarak kullanılmamaktadır. Anaerobik çürütme işlemi de kullanılan bir diğer yöntemdir (Contreras ve ark., 2001).

Konserve endüstrisi atıksularının arıtımında ilk uygulanan işlem ızgara ve eleklerden geçirilerek kaba kirliliklerin tutulmasıdır. Izgara ve eleklerde tutulan atıklar toprağa verilebilir (Şengül, 1996).

Kimyasal çöktürme, ön arıtma işlemlerinden sonra uygulanır. Elma, domates ve kiraz konserve işletmeleri atıksularının arıtılmasında kimyasal çöktürme işlemi çok etkili bir yöntemdir. Kimyasal çöktürme işleminde % 40-50 BOİ giderimi elde edilmektedir. Kimyasal çöktürme işlemi sonucunda ise % 10-15 oranında çamur oluşmaktadır. Oluşan bu çamur, çamur kurutma yataklarında herhangi bir koku sorunu oluşturmadan kısa sürede kurutulabilmektedir (Şengül, 1996).

Konserve endüstrisi atıksularının içerdiği organik bileşiklerin giderilebilmesi için biyolojik oksidasyon işlemi gereklidir. Konserve tesisi mevsimsel olarak sınırlı bir çalışma süresine sahipse biyolojik arıtma yapmak oldukça maliyetli olacaktır. Ancak evsel atıksuların da arıtıldığı bir biyolojik arıtma tesisi düşünülüyorsa uygun ve ekonomik bir çözüm olabilmektedir. Konserve endüstrisinde biyolojik arıtma olarak damlatmalı filtreler kullanılarak % 95 oranında BOİ giderimi mümkün olabilmektedir. Ancak bu sistem kalifiye eleman gerektirmesi ve tıkanma problemi nedeniyle günümüzde çok fazla tercih edilen bir sistem değildir. Bu nedenle evsel atıksuların da arıtıldığı klasik aktif çamur prosesi konserve endüstrisi için daha uygun ve avantajlı olmaktadır (Şengül, 1996).

### 4.3. Deri Endüstrisi:

Bu bölümde deri endüstrinin işleyişi, üretim sırasında ve sonrasında çıkan atıksuların özellikleri, arıtım yöntemleri ve deşarj kriterleri verilecektir.

#### 4.3.1. Deri Endüstrisinin Tanıtımı:

Deri endüstrisi oldukça kapsamlı sanayi dallarından biridir. Deri endüstrisinde ham madde deridir. Kullanılan hammaddeler küçükbaş ve büyükbaş hayvan derileri olarak gruplandırılır. Ham derilerin işleme tarzlarına ve kullanım yerlerine göre işlenmiş deri çeşitleri; harçlı kösele, kromlu kösele, semikrom kösele, vidala, süet, napa gibi çeşitli ürünler olmaktadır (Şengül, 1996).

Deri endüstrisinde ham madde deridir. Ham derilerin mamul deri haline getirilmesinde kullanılan işlemler aşağıda açıklanmıştır (Tünay, 1996).

Islatma: Üretime tuzlanmış olarak gelen deriler havuzlarda ısıtılarak kaybettikleri nem geri verilir, yumuşar ve temizlenir.

Kavaleta: Derinin iç yüzeyindeki fazla yağ ve et kavaleta bıçaklarıyla giderilir.

Kireçlik: Kimyasal yöntemlerle, genellikle alkali ortamlarda sülfürle giderme yapılarak derideki kıllar kıl dipleri eritilerek giderilmektedir.

Kireç Giderimi: Kireçlik sonrası deride kalan kireç amonyum tuzları ile çözünür hale getirilip uzaklaştırılır.

Sama: Enzimlerin kullanımıyla kolajen protein elyafı, kıl dipleri deriden uzaklaştırılır.

Piklaj: Deriyi sepiye hazırlama işlemidir.

Yağ Giderme: Küçükbaş hayvan derilerinde fazla yağlar solventler veya su bazlı yağ gidericiler ile uzaklaştırılır.

Sepileme: Sepileme işlemiyle deri ayrışmaya, çözünmeye ve aşınmaya dayanıklı hale getirilir.

Nötralizasyon: Sepi sonrası deri asiditesi bazik maddelerle giderilir.

İkinci Sepi: İşlenmiş deri kısa süre tekrar sepileme işlemine tabi tutulur.

Boyama/Yağlama: Deriler boyanır ve yağlanarak deriye esneklik ve yumuşaklık kazandırılır.

Son İşlemler: Bunlar deriye çeşitli mekanik özellikler kazandırmak üzere yürütülen kurutma, tavlama, iskete gibi işlemlerdir (Tünay, 1996).

#### **4.3.2. Deri Endüstrisi Atıksularının Özellikleri ve Deşarj Kriterleri:**

Deri endüstrisinden kaynaklanan atıksular genellikle yaş işlemlerden kaynaklanmaktadır. Deri endüstrisinde su tüketimi bir prodesten diğesine değışiklik göstermektedir. Genellikle bitkisel tabaklayıcı maddelerin kullanılması halinde daha az; krom gibi tabaklayıcıların kullanılmasında ise daha fazla su tüketilmektedir. Atıksuyun özelliği ise uygulana işlem türüne, işlem süresine ve işleme giren kimyasal maddelerin özelliklerine göre değışmektedir. Islatma – yumuşatma işlemlerinden çıkan sular bazı protein atıklarını, kan ve benzeri organik kirlilikleri, kıl, yün toprak gibi bazı maddeleri içerirler. Atıksuyun en önemli özelliği yüksek tuzluluk içermesi ve hafif alkali özellikte olmasıdır. Aynı zamanda kıl giderme işlemlerinde zırnık ve sönmüş kireç kullanıldığından atıksuyun pH'ı 9-10 civarında olmaktadır. Kireçleme işleminden gelen atıksular sülfür içerdiklerinden alıcı ortamda fazladan oksijen tüketilmesi ve H<sub>2</sub>S gazının çıkmasına neden olabilirler (Kestioğlu ve ark, 1997).

Kireç alma ve sama işleminden gelen atıksularda proteinler ve amonyum tuzları bulunmaktadır. Pickle işleminden gelen atıklarda çözünmüş halde tuz ve asit bulunmaktadır. Bu işlem atıklarının pH'ı 4-5 civarındadır ve asidik karakterdedir (Şengül, 1996).

Tabaklamada en yaygın olarak kullanılan madde ise krom tuzlarıdır. Krom banyosu atıksularında krom bileşikleri bulunmaktadır ve oldukça asidiktirler. Tabaklama işleminden sonra nötralizasyon işlemi uygulanır. Nötralizasyon sonucunda oluşan atıksuların pH'ı 5 civarındadır (Tünay, 1996).

Derilerin imalinde en son kademe olarak bitim işlemi uygulanır. Bu işlemlerden gelen atıksular yağ bileşiklerini, boya atıklarını içerirler. Kullanılan boyanın özelliğine göre asidik veya alkali özellikte olabilmektedirler. Literatürden elde edilen deri sanayi atıksularının karakterizasyonu Çizelge 4.7'de verilmektedir (Kestioğlu, 1996).

**Çizelge 4.7.** Deri Endüstrisi Atıksularının Karakterizasyonu

Parametre	Birim	Değer
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ)	mg/L	1500 - 6500
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/L	2000 - 10000
Askıda Katı Madde (AKM)	mg/L	650 - 5000
Yağ ve Gres	mg/L	450 - 3000
Sülfür (S <sup>-2</sup> )	mg/L	300 - 3000
Krom (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	150 - 1500
pH		6-9

**Kaynak:** Kestioğlu, K., Deri Organize Sanayi Bölgesi Atıksuları Arıtma Tesisi Fizibilite Çalışmalarının Değerlendirilmesi, 1996

Çalışmada kullanılan deri endüstrisinin alıcı ortama deşarj kriterleri ise Çizelge 4.8.'de verilmektedir

**Çizelge 4.8.** Deri, Deri Mamulleri ve Benzeri Sanayilerinin Atıksularının Alıcı Ortama Deşarj Kriterleri

Parametre	Birim	Kompozit Numune 2 Saatlik	Kompozit Numune 24 Saatlik
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ)	mg/L	150	100
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/L	300	200
Askıda Katı Madde (AKM)	mg/L	125	-
Yağ ve Gres	mg/L	30	20
Sülfür (S <sup>-2</sup> )	mg/L	2	1
Krom (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	0.5	0.3
Toplam Krom	mg/L	3	2
Balık Biyodenevi (ZSF)		4	4
pH		6-9	6-9

**Kaynak:** [http:// www.cevreorman.gov.tr](http://www.cevreorman.gov.tr)

### 4.3.3. Deri Endüstrisi Atıksularının Arıtım Yöntemleri:

Deri endüstrisi atıksularındaki en ciddi problem kromdur. Dikromattaki +6 değerlikli krom, düşük konsantrasyonlarda bile biyolojik proseslerde toksik etki yapar. Krom fazlası atık çamur içerisinde bulunacak ve dolayısıyla atık çamurun nihai bertarafı ya da çamurun zirai amaçlarla kullanımı kısıtlanacaktır. Bu nedenle atıksudaki kromun uzaklaştırılması gerekmektedir. Krom (+3) atıksuya kireç ilave edilerek hidroksit bileşiği oluşturularak çöktürülerek uzaklaştırılabilir. Krom (+6) ise çöktürülerek uzaklaştırılmaz. Bu nedenle krom (+6)'nın önce krom (+3)'e indirgenmesi ve sonra hidroksitle birlikte çöktürülerek uzaklaştırılması gerekmektedir. Krom (+6)'nın indirgenmesinde sodyum sülfid, bisülfat, metabisülfid veya kükürt dioksit ve sülfirik asit ilavesiyle yapılmaktadır (Toprak ve Girgin, 2000).

Deri atık suyunun arıtımında kromun giderilmesi dışında uygulanacak yöntemler; mekanik arıtma, ön çökeltme, dengeleme, kimyasal arıtma ve biyolojik arıtma yöntemleridir (Şengül, 1996).

Deri atık suyundaki deri, et, yağ, kıl parçacıklarının yaklaşık % 40-60'ı ızgaradan geçirme ve elekten geçirme sırasında tutulmaktadır. Büyük tesisler için ızgara kanalının mekanik olarak temizlemesi yapılır. Deri endüstrisi atık suyuna mekanik arıtmadan sonra ön çökeltim uygulanabilir. Ön çökeltimde askıda katı maddeler tutulmaktadır (Şengül, 1996).

Eğer deri endüstrisi atık suyu evsel atık suyla arıtma tesisinde birlikte arıtılacaksa dengeleme işlemi gereklidir. Dengelem tankında çökelmeyi ve aneorobik koşulların oluşmasını engellemek amacıyla havalandırma gerekmektedir (Şengül, 1996).

Tüm bu ön arıtma işlemlerinden sonra deri endüstrisi atıksuyuna kimyasal arıtma uygulanmaktadır. Eğer ön arıtma ile sülfür uzaklaştırılmazsa, kimyasal arıtma sırasında uzaklaştırılabilmektedir. Aluminyum sülfat ve demir (2) sülfat en çok kullanılan kimyasal koagülantlardır. Kimyasal arıtma sırasında sülfürler ve albüminli bileşikler atıksudan uzaklaştırılmaktadırlar (Şengül, 1996).

Deri endüstrisi atıksuları biyolojik yöntemlerle de arıtılabilmektedirler. Kullanılabilecek biyolojik yöntemlerden biri damlatmalı filtrelerdir. Bunun için ön arıtmadan geçmiş deri atıksuları evsel atıksularla 1:1 veya 1:2 oranında seyreltilerek

verilmelidir. Ancak damlatmalı filtrelerin hem işletimi hem de kurulumu zor olduğundan genellikle tercih edilmemektedirler (Şengül,1996).

Almanya ve Amerika'da deri atıksularının arıtımında aktif çamur metodu kullanılmaktadır. Ön arıtmadan sonra atıksu evsel atıksuyla 1:2 oranında seyreltilerek sisteme verilmektedir. Bu seyreltme biyolojik arıtmanın gerçekleşmesi için zorunludur. Aktif çamur metosuyla deri endüstrisi atıksularının arıtılması sırasında anthrax bakterilerinin gelişme gösterdikleri gözlemlenmiştir. Bu nedenle arıtılmış suların alıcı ortamlara verilmeden önce hızlı kum filtrelerinden geçirilmesi veya dezenfekte edilmesi gerekmektedir (Şengül, 1996).

Deri endüstrisi atıksularından tehlikeli patojenik bakterileri uzaklaştırmada çoğunlukla kullanılan yöntem klorlamadır. Kullanılacak klor dozu ve temas süresi atıksuyun özelliğine ve uygulanan arıtmanın dercesine bağlı olarak değişmektedir. Yeterli doz ile pek çok patojenik mikroorganizmanın yok edilmesi mümkün olmaktadır (Şengül,1996).

#### **4.4. Otomotiv Endüstrisi:**

Bu bölümde otomotiv endüstrinin işleyişi, üretim sırasında ve sonrasında çıkan atıksuların özellikleri, arıtım yöntemleri ve deşarj kriterleri verilecektir.

##### **4.4.1. Otomotiv Endüstrisinin Tanıtımı:**

Otomotiv endüstrisi tüm sanayileşmiş ülkelerde ekonominin lokomotifi olarak kabul edilmektedir. Otomotiv sanayi demir, çelik, petro-kimya, lastik gibi temel sanayi dallarında başlıca alıcı ve sektördeki teknolojik gelişmelerin de sürükleyicisidir (Solmaz ve ark., 2002).

Otomotiv endüstrisi Türkiye'deki en önemli sanayi kollarından biridir. Otomotiv endüstrisinde ham madde sac malzemeler, çeşitli boyalar, çeşitli plastik maddeler ve sacın dayanıklılığını arttırmak için kullanılan çeşitli ağır metallerdir (Şengül,1996). Otomotiv endüstrisinde üretim süreci başlıca şu basamaklardan oluşmaktadır ([http:// www.karsan.com.tr](http://www.karsan.com.tr)):

- Kalıp ve Pres
- Kaynak
- Boya
- Montaj
- Kalite Kontrol

Kalıp ve Pres: Kalıplar yatırım maliyetleri yüksek olmakla birlikte, araç üretiminin en önemli parametrelerindendir. Kalıp bölümünün iki ana işlevi vardır;

- Kalıpların imalatı için gerekli tasarımlar yapılır. Ayarlama ve montajla ilgili sorun yaşamamak için, kalıplar çeşitli bilgisayar programlarının desteğiyle tasarlanır. Üretim çıktıları bu tasarımlarla elde edilir.

- Daha sonra modelleme, tezgah işleme, taşlama, montaj ve alıştırma işlemleri yapılır. Üretilen kalıba göre CNC veya konvansiyonel makinalar kullanılarak süreç sonlandırılır.

Pres bölümünde, levha veya rulo halindeki saclar önce giyotin makaslarda istenen ölçülere getirilir ve pres hattında şekil verilmek üzere çeşitli kapasitelerdeki eksantrik ve hidrolik preslerde ardışık kalıplara bağlanarak şekillendirilir. Pres işlemleri biten parçalar kaynaklı montaj işlemleri yapılmak üzere Kaynak bölümüne gönderilir.

Kaynak: Kaynak bölümünde üretilen araçların gövdeleri üretilmektedir. Üretim, başta elektrik direnç kaynağı olmak üzere çeşitli kaynak metodları kullanılarak, her bir model için ayrı kaynak fikstürlerinde, preslerde şekillendirilmiş sac parçaların birleştirilmesiyle gerçekleştirilir. Çoğunluğu manuel bir kısmı da pinomatik olan fikstürlerin doğruluğu, periyodik ölçümler ve bakım faaliyetleri ile sağlanır.

Tüm proses parametreleri (akım, kuvvet, zaman ve soğutma suyu sistemi) hazırlanmış olan kontrol planına göre kontrol ve takip edilir. Tüm emniyet puntaları gözle ve tahribatsız keski-çekiç yöntemiyle kontrol edilmektedir. Üretim ekipmanlarının ayarlarında değişiklik yapıldığında ilgili parçalar grubu ve tüm gövde tertibatı komple teste tabi tutulur. Üretimi tamamlanan gövdeler kalite kontrol sonrası boya bölümüne gönderilir.



Boya: Kaynak bölümünden teslim alınan araçların sac halindeki gövdeleri ve gerekli yedek parçaları Boya Üretim Birimi'nde fonksiyonel ve kozmetik olmak üzere iki temel işlemden geçirilir:

Fonksiyonel İşlemler: Gövde ve yedek parçaların paslanmaya karşı korunması için, tüm parçalar tam otomatik sistem yardımıyla fosfat ve kataforez banyolarına daldırıldıktan sonra fırınlanır. Bu işlem sonrasında yedek parçalar paketlenerek servislere gönderilirken, gövdeler bir sonraki işlem olan mastik ve alt kaplama operasyonlarına gönderilir. Sac birleşim noktalarına uygulanan mastik, araç su sızdırmazlığının azaltılmasına ve sac birleşim noktalarının paslanmasına engel olur. Araçların alt bölgeleri şasinin yoldan gelen darbelere karşı korunması ve yol gürültüsünün azaltılması için PVC ile kaplanır, iç alt zeminlere ses sönümleyici asfalt plakalar döşenir ve fırınlarda pişirilir. Araçlar, tüm iç ve özellikle dış yüzeylerinin yoldan gelebilecek taş darbelerine karşı korunması, pas direncinin artırılması ve gövde yüzeyinin son kat boyaya pürüzsüz olarak hazırlanması için astar boya ile kaplanarak fırında pişirilir.

Kozmetik İşlemler: Aracın piyasa sunulacağı son renk belirlendikten sonra son kat boya kabininde boyanarak pişirilen araçlar, kalite kontrol istasyonuna gönderilir. Boyama işlemi tamamlanan ve kalite kontrol onayım alan araçlar Montaj Üretim Birimi'ne gönderilmek üzere boyalı araç stok sahasına yönlendirilir.

Montaj: Boyahanedan gelen boyanmış gövdeler, montaj atölyesinde sıkma-vidalama, sıvı ve gaz dolumları, yapıştırma uygulamaları ve manuel operasyonlardan geçtikten sonra nihai araç haline getirilir.

Bu tekniklerin uygulanmasında çeşitli ekipmanlar kullanılmaktadır. Bunlardan başka, bütün proses parametrelerinin (tork değerleri, hava basıncı, vakum değerleri, sıcaklıklar, boyutlar.vs.) kontrol planlarına uygunluğu izlenir. Tüm güvenlik noktaları kayıt altına alınır ve işaretlenerek izlenir. Bu noktalar hat içindeki proses kalite operatörleri tarafından görsel olarak ve çekiç-dinamik tork ölçüm (transducer) metodları ile kontrol edilir Aracın sorunsuz ve kusursuz çalışmasının kontrolü için kalite birimine gönderilir.

Kalite Kontrol: Tüm fonksiyonel ve görünüm kalite gerekliliklerinin uygunluk kontrolleri kalite hazırlanmış kalite planlarına göre ve kalite politikasında gösterilen hedefler göz önünde bulundurularak uygulanır.

Yerinde kalite sistemi gereğince;

- Hatalı ürün bir sonraki işleme ilerleyemez,
- Bir sonraki proses, bir öncekinin müşterisi olarak kabul edilir.

Bu sistemin tüm gerekleri, parçanın veya malzemenin yan sanayilerden sağlanmasından, ürünün müşteriye teslimine kadar garanti altına alınmıştır.

Montaj Üretim Birimi'nin işlerini tamamlamasının ardından, son kontrol aracı teslim alır. Araç üzerinde yapılan işlemlerin doğruluğunu dünya çapında kabul edilmiş göstergelere göre kontrol ederek, ürün kalitesini garanti altına alır. Tüm araçlar, fabrikadaki özel olarak hazırlanmış pistte yol testine tabi tutulurlar. Bu test pisti çeşitli yol koşullarını simüle etmektedir. Hattan teslim alınan her araç fren tüneli, tümsekli yollar, basamaklar, büyük/küçük taşlı yollar gibi özel etaplardan geçirilir. Tüm bu işlemlerden sonra araç satışa hazır hale gelmiş olur ([http:// www.karsan.com.tr](http://www.karsan.com.tr)).

#### **4.4.2. Otomotiv Endüstrisi Atıksularının Özellikleri ve Deşarj Kriterleri:**

Otomotiv endüstrisinde kullanılan banyoların çoğunluğu asidik özelliktedir. Ayrıca sodyum sülfür, siyanürler ve hidroksitleri içeren alkali banyolar da kullanılır. Otomotiv sanayinde kullanılan metal plakaların ve sac parçaların temizlenmesi işleminde alkali temizleyiciler veya organik solventler kullanılabilir (Şengül,1996).

Otomotiv endüstrisinin atıksuları hem asidik hem de alkali özellikte olabilmektedir. Alkali temizleme banyolarının kullanımıyla oldukça yüksek pH'lı, buna karşılık kromat banyoları ile asidik pH'lı atıklar oluşur. Otomotiv endüstrisinde sac plakanın dayanıklılığını artırmak için de pek çok kimyasal maddeyle muamele edilmektedir. Ayrıca boyama esnasında boyalı atıksular meydana gelmektedir (Şengül,1996). Otomotiv Endüstrisi'nde açığa çıkan atıksuların özellikleri Çizelge 4.9.'da verilmektedir.

**Çizelge 4.9.** Otomotiv Endüstrisi Atıksularının Özellikleri

Parametre	Birim	Değer
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/L	1590
Askıda Katı Madde (AKM)	mg/L	285
Yağ ve Gres	mg/L	296
Amonyum Azotu (NH <sub>4</sub> -N)	mg/L	17,6
Nitrit Azotu (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	7,5
Serbest Siyanür	mg/L	0
Toplam Krom	mg/L	1,5
Krom (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	1,5
Nikel (Ni)	mg/L	2,4
Kadmiyum (Cd)	mg/L	0
Demir (Fe)	mg/L	0,1
Alüminyum (Al)	mg/L	0
Kurşun (Pb)	mg/L	0,8
Bakır (Cu)	mg/L	0,1
Çinko (Zn)	mg/L	14,5
Civa (Hg)	mg/L	0
Florür (F <sup>-</sup> )	mg/L	-
Balık Biyodeneyi (ZSF)		-
pH		7,5

**Kaynak:** Anonim, 1998 a. Tofaş Türk Otomotiv Sanayi A.Ş. Atıksu Arıtma Tesisi Staj Notları

Çalışmada kullanılan otomotiv endüstrisinin alıcı ortama deşarj kriterleri Çizelge 4.10.'da verilmektedir.

**Çizelge 4.10.** Taşıt Fabrikaları (Otomobil, Kamyon, Traktör, Minibüs, Bisiklet, Motosiklet ve Benzeri Taşıt Aracı Üreten Fabrikalar) alıcı Ortama Deşarj Kriterleri

Parametre	Birim	Kompozit Numune 2 Saatlik	Kompozit Numune 24 Saatlik
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/L	400	300
Askıda Katı Madde (AKM)	mg/L	80	40
Yağ ve Gres	mg/L	20	10
Amonyum Azotu (NH <sub>4</sub> -N)	mg/L	100	
Nitrit Azotu (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	5	
Serbest Siyanür	mg/L	0.05	
Toplam Krom	mg/L	0.5	
Krom (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	0.05	
Nikel (Ni)	mg/L	1	
Kadmiyum (Cd)	mg/L	0.05	
Demir (Fe)	mg/L	3	
Alüminyum (Al)	mg/L	3	
Kurşun (Pb)	mg/L	0.3	
Bakır (Cu)	mg/L	0.3	
Çinko (Zn)	mg/L	2	
Civa (Hg)	mg/L	0.005	
Florür (F <sup>-</sup> )	mg/L	5	
Balık Biyodenyi (ZSF)		8	
pH		6-9	6-9

**Kaynak:** [http:// www.cevreorman.gov.tr](http://www.cevreorman.gov.tr)

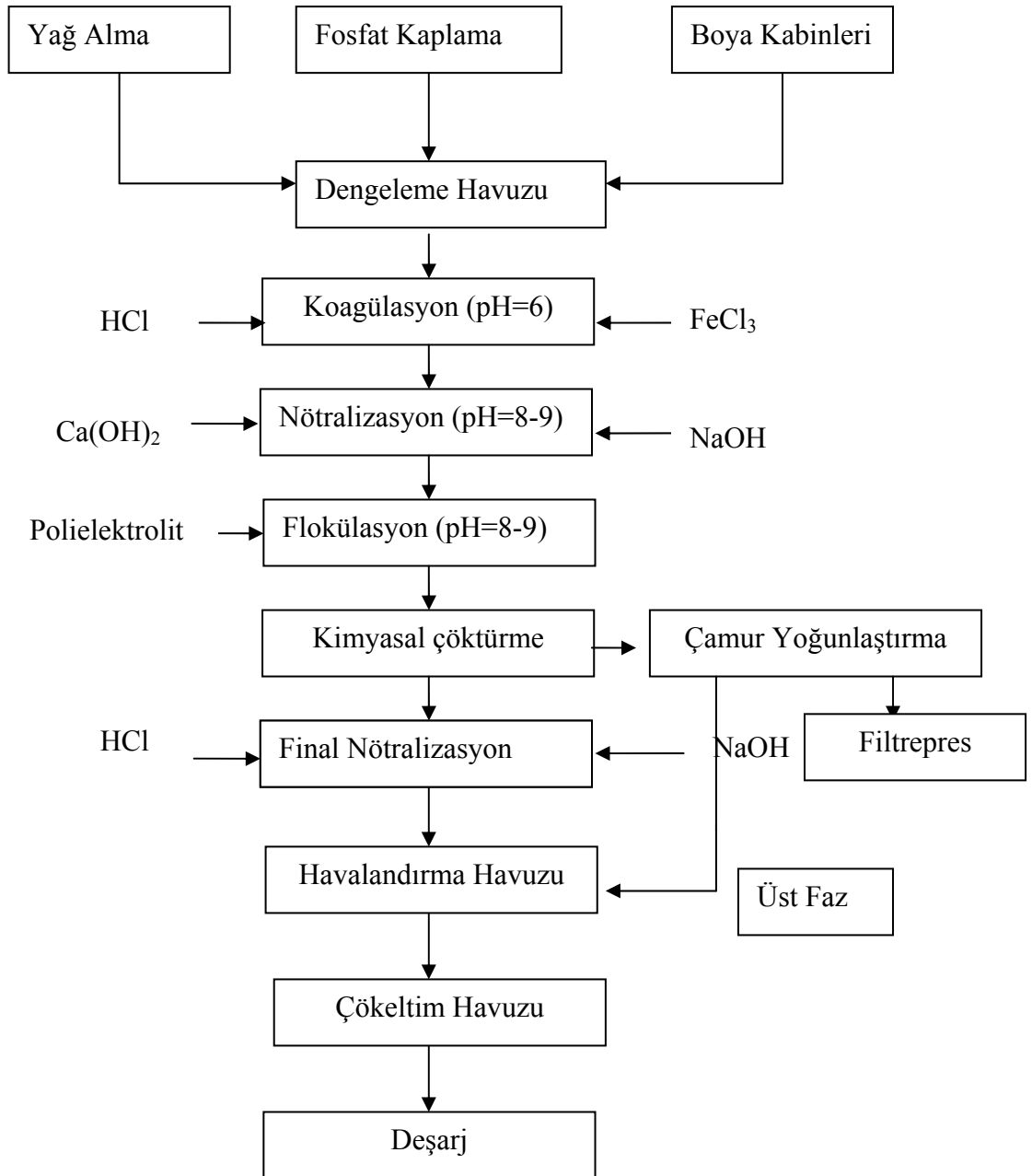
#### 4.4.3. Otomotiv Endüstrisi Atıksularının Arıtım Yöntemleri:

Otomotiv endüstrisi atıksuları ağır metal içerdiğinden bu atıksulara genellikle kimyasal arıtma işlemleri uygulanmaktadır (Şengül, 1996).

Otomotiv endüstrisinde endüstriyel atıksular boyalı ve yağlı atıksulardır. Genellikle bu atıksular farklı hatlarda toplanarak ayrı ayrı arıtılmaktadırlar. Örnek

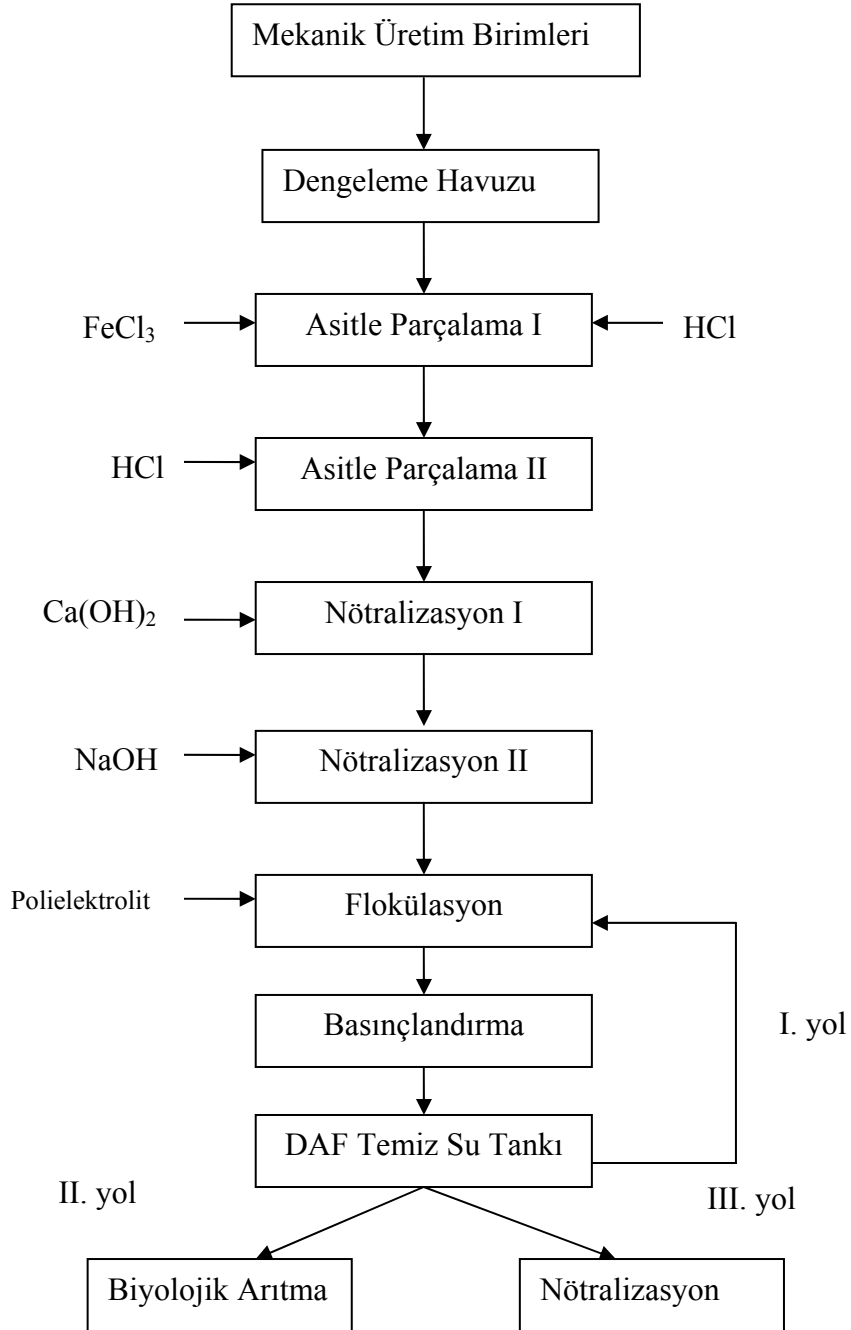
olarak ele alınan otomobil fabrikasında da boyalı ve yağlı atıksular da farklı hatlarda arıtılmaktadırlar.

Boyalı atıksular, ilk önce dengeleme tankında toplanmaktadırlar. Bu sayede değişken debiler ayarlanmaktadır. Daha sonra sırasıyla koagülasyon, nötralizasyon, flokülasyon, kimyasal çöktürme, final nötralizasyon ve biyolojik arıtma işlemlerinden geçirilerek arıtılmaktadırlar. Boyalı atıksular arıtma hattı Şekil 4.1.'de görülmektedir (Solmaz ve ark., 2002).



Şekil 4.1. Boyalı Atıksular Arıtma Hattı Akış Şeması (Solmaz ve ark., 2002)

Yağlı atıksular ise sırasıyla asitle parçalama, pıhtılaştırma, nötralizasyon, yumaklaştırma, DAF ve biyolojik işlemlerden geçirilerek deşarj edilirler. Şekil 4.2.'de ise yalpy atıksular arıtma hattı akış şeması görölmektedir (Solmaz ve ark., 2002).



Şekil 4.2. Boyalı Atıksular Arıtma Hattı Akış Şeması (Solmaz ve ark., 2002)

#### **4.5. Süt Endüstrisi:**

Bu bölümde süt endüstrinin işleyişi, üretim sırasında ve sonrasında çıkan atıksuların özellikleri, arıtım yöntemleri ve deşarj kriterleri verilecektir.

##### **4.5.1. Süt Endüstrisinin Tanıtımı:**

Süt ve süt ürünleri endüstrisi, çiğ süt, içme sütü, yoğurt ve ayran, tereyağı, peynir, dondurma, koyulaştırılmış süt, süt tozu çocuk maması, yoğunlaştırılmış ve kurutulmuş peynir suyu, laktoz gibi süt ürünlerine dönüştüren kuruluşları kapsamaktadır. Bu kuruluşlar üretimlerinde bu ürünlerin bir kısmına veya tamamına yer vermektedirler (Anonim, 1998 b)

Ülkemizdeki mevcut süt işletme tesisleri, kapasiteleri, teknolojileri ve diğer karşılaştırılabilir özellikleri itibarı ile oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Süt ve süt mamullerine ait üretim miktarları, altıncı beş yıllık kalkınma planında verilen hedefler ile mukayese edildiğinde işlenmiş içme sütü; yoğurt ve diğer peynirlere ait üretimler belirlenen hedeflerin üzerinde gerçekleşmiş bulunmaktadır. Süt ve süt ürünleri endüstrisinde ana hammadde çiğ süttür. Toplam çiğ süt üretiminin %62'si inek, %21'i koyun, %12'si keçi, %5'i manda sütüdür, Çiğ süt, içme sütü ve çeşitli süttten yapılmış ürünlere dönüştürülmektedir ([http:// www.cevreorman.gov.tr](http://www.cevreorman.gov.tr)).

##### **4.5.2.Süt Endüstrisi Atıksularının Özellikleri ve Deşarj Kriterleri:**

Süt ve süt ürünleri işleyen işletmelerden kaynaklanan atıksular, kirletilmiş sular ve kirli sular olmak üzere iki gruba ayrılabilir. İşletmelerin genelde toplam atıksu hacminin %60-98'ini soğutma suları oluştururlar. Süt mamullerinin eldesin de kullanılan tüm cihazlar ve tanklar işlenmiş süt ve süt ürünlerini içerdiklerinden dolayı sistemde oluşan soğutma suları ile soğutulurlar. İkinci gruptaki atıksular, üretim işlemlerinden gelip, özellikleri çok değişkendir. Bir tesisten diğerine kullanılan yöntemlere göre farklılık gösterirler ([http:// www.cevreorman.gov.tr](http://www.cevreorman.gov.tr)).

Süt endüstrisi atıksuları diğer tüm tarım endüstrilerinde olduğu gibi yüksek organik içeriğinden dolayı, yüksek konsantrasyonlarda biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ)

ve kimyasal oksijen ihtiyacına (KOİ) sahiptirler. Ayrıca, Avrupa’da endüstriyel kirlilik açısından en geniş etkilere sahip sanayi sektörlerinden biridir. Öyle ki, tipik bir süthanenin günlük verdiği kirlilik etkisi 500 m<sup>3</sup> civarındadır. Süt endüstrileri yüksek konsantrasyonlarda organik madde içermelerinden dolayı evsel atıksu arıtma tesislerinde de ciddi problemlere neden olabilmektedirler (Demirel ve ark., 2004).

Süt endüstrisi atıksuları fizikokimyasal ve biyolojik arıtma metotları kullanılarak arıtılmaktadır. Ancak çözülmüş kimyasal oksijen ihtiyacının (KOİ) düşük olmasından dolayı biyolojik arıtma prosesleri fiziko-kimyasal arıtma yöntemlerine göre daha çok tercih edilen yöntemlerdir. Biyolojik arıtma proseslerinden de aktif çamur prosesleri ve anaerobik arıtma prosesleri en çok tercih edilen proseslerdir. Süt endüstrisinde kimyasal oksijen ihtiyacının (KOİ) önemli şekilde değişim göstermesi nedeniyle anaerobik arıtma bu atıksular için ideal bir yöntemdir. Bunun dışında süt endüstrisi atıksuları her iki yöntem (aerobik-anaerobik) kombine edilerek de arıtılabilmektedir (Demirel ve ark., 2004).

Süt endüstrisi genellikle kesikli çalışan sistemlerdir. Dolayısıyla süt endüstrisi atıksularının karakteristiği de mevsimsel çalışma dolayısıyla geniş bir aralıkta olmaktadır. Genellikle kirlilik değerleri yaz aylarında yüksek, kış aylarında ise düşük olmaktadır (Demirel ve ark., 2004).

Süt endüstrisinden kaynaklanan atıksularda, en büyük kirletici kaynağı, peynir üretimi sonucu oluşan ve kirletici vasfı yüksek olan peynir altı suları (PAS) oluşturmaktadır ([http:// www.cevreorman.gov.tr](http://www.cevreorman.gov.tr)).

PAS prosese giren sütün yaklaşık % 80-90’ını oluşturmakta ve ham sütün içindeki katı maddelerin yarısından fazlasını içermektedir. Yine ham sütün içerdiği proteinin % 20’si, laktozun büyük çoğunluğu, mineraller ve çözülmüş vitaminler peynir altı suyu içersinde yer almaktadır. Üretilen bir birim ağırlığındaki peynir için 5-10 birim PAS oluşmaktadır ve yüksek organik madde içeriği nedeniyle alıcı ortamlara deşarjı büyük sorun yaratmaktadır. Ham süttten üretilen doğal veya çedar tipi peynirden kaynaklanan PAS, tatlı PAS olarak adlandırılmakta ve pH’ı 5-7 civarında olmaktadır. Yağı alınmış süttten üretilen PAS’ın 4-5 civarında asidik karakterdedir (Orhon ve Artan, 1985).



Çizelge 4.11.'de PAS'ın genel karakteristik özellikleri verilmektedir.

**Çizelge 4.11.** Peynir Altı Suyunun Genel Karakteristik Özellikleri

Parametre	Birim	Değeri
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/L	73000-86000
pH	-	4,3-8,7
Toplam Azot	mg/L	897-1200
Fosfat	mg/L	420-540

**Kaynak:** FARİZOĞLU, B. ve KESKİNLER, B., 2006. Sludge Characteristics and Effects of Crossflow Membran Filtration On Membrane Fouling in a Jet Loop Membrane Bioreactor (JLMBR), Journal Of Membrane Science xxx(2006) xxx-xxx ve KALYUZHINHY, S., V., MARTINEZ, E., P. v MARTINEZ, J., R., 1997. Aneorobik Treatment of Hgh-Strength Cheese-Whey Wastewaters In Laboratory and Pilot UASB-Reactors, Bioresource Technology 60, pp 59-65

Süt ve süt endüstrisi atıksularının SKKY'ne göre deşarj kriterleri ise Çizelge 4.12'de verilmektedir.

**Çizelge 4.12.** Süt ve Süt Ürünleri Endüstrisi Deşarj Kriterleri

Parametre	Birim	Kompozit Numune	
		2 Saatlik	24 Saatlik
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	(mg/L)	170	160
Yağ ve Gres	(mg/L)	60	30
pH		6-9	6-9

**Kaynak:** [http:// www.cevreorman.gov.tr](http://www.cevreorman.gov.tr)

#### 4.5.3. Süt Endüstrisi Atıksularının Arıtım Yöntemleri:

Süt endüstrisi atıksuları diğ er tüm tarım endüstrilerinde oldu ğ u gibi yüksek organik içeriğ inden dolayı, yüksek konsantrasyonlarda biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) ve kimyasal oksijen ihtiyacına (KOİ) sahiptirler. Ayrıca, Avrupa'da endüstriyel kirlilik

açısından en geniş etkilere sahip sanayi sektörlerinden biridir. Öyle ki, tipik bir süthanenin günlük verdiği kirlilik etkisi 500 m<sup>3</sup> civarındadır. Süt endüstrileri yüksek konsantrasyonlarda organik madde içermelerinden dolayı evsel atıksu arıtma tesislerinde de ciddi problemlere neden olabilmektedirler (Demirel ve ark., 2004).

Süt endüstrisi atıksuları fizikokimyasal ve biyolojik arıtma metotları kullanılarak arıtılmaktadır. Ancak çözünmüş kimyasal oksijen ihtiyacının (KOİ) düşük olmasından dolayı biyolojik arıtma prosesleri fiziko-kimyasal arıtma yöntemlerine göre daha çok tercih edilen yöntemlerdir. Biyolojik arıtma proseslerinden de aktif çamur prosesleri ve anaerobik arıtma prosesleri en çok tercih edilen proseslerdir. Süt endüstrisinde kimyasal oksijen ihtiyacının (KOİ) önemli şekilde değişim göstermesi nedeniyle anaerobik arıtma bu atıksular için ideal bir yöntemdir. Bunun dışında süt endüstrisi atıksuları her iki yöntem (aerobik-anaerobik) kombine edilerek de arıtılabilmektedir (Demirel ve ark., 2004).

PAS'ın asit ve yağ oranı yüksek bir materyal olması nedeniyle arıtılması da pahalı olmaktadır. Bugün ülkemizde süt işletmeciliği yapan tesislerin çoğunun ilkel şartlarda çalışan küçük kapasiteli işletmeler olması arıtma için gerekli olan altyapının yapılmasını ekonomik açıdan güçleştirmekte, bu nedenle çoğu işletme arıtma tesisi yapmaktansa bu suları doğrudan alıcı ortama vermeyi tercih etmektedirler.

Çevre kirliliğinin önlenmesi ve süt işletmeleri atıksularının değerlendirilebilmesi için Hollanda, İtalya, Fransa gibi Avrupa ülkelerinde olduğu gibi bu tür atıkları değerlendiren yatırımlar desteklenerek gerçekleştirilmelidir. Bu konuda ülkemizde PAS'dan toz üretimi yapan MİS (Balıkesir-Gönen), PINAR (İzmir), MAMSAN (Edirne-Havsa) ve MAYBİ (Tekirdağ-Malkara) olmak üzere 4 tane işletme bulunmaktadır. Bununla birlikte, küçük işletmelerin, prosesleri sonucu oluşturdukları PAS doğrudan veya dolaylı olarak alıcı ortamlara deşarjı yerine, yakın bölgelerinde bulunan ve bu tür atıkları değerlendiren işletmelere vermektedirler (<http://www.cevreorman.gov.tr>).

#### **4.6. Organize Sanayi Bölgesi Atıksuları:**

Bu bölümde Organize Sanayi Bölgeleri'nin (OSB) işleyişi, OSB'lerinden çıkan atıksuların özellikleri, arıtım yöntemleri ve deşarj kriterleri verilecektir.

##### **4.6.1. Organize Sanayi Bölgelerinin Tanıtımı:**

Ülkemizde sanayinin bölgeler arasında dengeli dağılımını ve gelişmesini sağlamak üzere Organize Sanayi Bölgeleri (OSB) kurulmuştur (Üstün, 2001).

OSB'lerin genel amacı endüstriyel yatırımları bir bölgede toplayarak üretimin daha ucuza ve daha iyi bir altyapıyla yapılmasını sağlamaktır (Solmaz ve ark., 2004).

Türkiye'de OSB'ler gelişmelerin bölgeler açısından dengeli olması bakımından özel sektör yatırımlarının desteklenerek teşvik edilmesi için parasal ve fiziksel teşviklerin verilmesinin bir aracıdır. OSB'ler, aynı zamanda da, gelişmekte olan sanayilerin arazi gereksinimlerinin karşılanması, birbiriyle ilişkisi olan sanayilerin belirli bir program çerçevesinde bir arada üretim yapmalarına olanak sağlayacak iekilde örgütlenmesi ve bunun sonucunda da dışsal ekonomiler yaratılması yoluyla yararlar sağlamaktadır. Ayrıca, uzmanlaşmış (ihtisaslaşmış) sanayilerin birlikte üretimde bulunmalarından yarar sağlamak üzere de OSB'ler oluşturulmaktadır (Özdemir, 1990).

Ülkemizde OSB'lerin kurulma çalışmaları 1960 yılında şekillenmiş, 1962 yılında kurulmaya başlayan OSB'ler Türkiye'nin ekonomik kalkınmasında büyük rol oynamıştır. Kurulan ilk OSB Bursa'dadır ve inşaatı 1962 yılında başlamıştır. 2000 yılı itibariyle bitirilen OSB sayısı 46'dır (Üstün, 2001).

##### **4.6.2. Organize Sanayi Bölgesi Atıksularının Özellikleri ve Deşarj Kriterleri:**

Çalışmada Bursa Organize Sanayi Bölgesi (Pilot Sanayi)'nin atıksuyu kullanılmıştır. Bursa Organize Sanayi Bölgesi atıksu arıtma tesisine girişteki kirletici konsantrasyonları Çizelge 4.13'te verilmiştir.

**Çizelge 4.13.** Bursa Organize Sanayi Bölgesi Arıtma Tesisi Giriş Kirlenici Konsantrasyon Değerleri

PARAMATRE	BİRİM	GİRİŞ DEĞERİ
Biyokimyasal oksijen İhtiyacı(BOİ)	mg/L	322
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/L	973
Askıda Katı Madde (AKM)	mg/L	279
Yağ ve Gres	mg/L	89
Sülfat	mg/L	327
Sülfür	mg/L	0.4
Serbest Klor	mg/L	0.065
Krom (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	0.03
Bakır (Cu)	mg/L	0.2
Nikel (Ni)	mg/L	1.1
Çinko (Zn)	mg/L	0.16
Demir (Fe)	mg/L	0.33
Kurşun (Pb)	mg/L	0.2
Siyanür (CN <sup>-</sup> )	mg/L	0.2
Amonyak Azotu	mg/L	20.97
Nitrit Azotu	mg/L	0.11
Klorür	mg/L	455
Deterjan	mg/L	476
Toplam Fosfor	mg/L	5.61
Toplam Azot	mg/L	45
pH		8-9
Bulanıklık		414

**Kaynak:** Anonim, 1997. Bursa Organize Sanayi Bölgesi Atıksu Arıtma Tesisi Envanter Planı

Organize Sanayi Bölgeleri'nin alıcı ortama deşarj kriterleri Çizelge 4.14'de verilmektedir.

**Çizelge 4.14.** Karışık Endüstriyel Atıksuların Alıcı Ortama Deşarj Kriterleri (Küçük ve Büyük Organize Sanayi Bölgeleri ve Sektör Belirlemesi Yapılmayan Diğer Sanayiler)

Parametre	Birim	Kompozit Numune 2 Saatlik	Kompozit Numune 24 Saatlik
Biyokimyasal oksijen İhtiyacı(BOİ)	mg/L	200	100
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/L	400	300
Askıda Katı Madde (AKM)	mg/L	200	100
Yağ ve Gres	mg/L	20	10
Toplam Fosfor	mg/L	2	1
Toplam Krom	mg/L	2	1
Krom (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	0.5	0.5
Kurşun (Pb)	mg/L	2	1
Toplam Siyanür (CN <sup>-</sup> )	mg/L	1	0.5
Kadmiyum (Cd)	mg/L	0.1	-
Demir (Fe)	mg/L	10	-
Florür (F <sup>-</sup> )	mg/L	15	-
Bakır (Cu)	mg/L	3	-
Çinko (Zn)	mg/L	5	-
Civa (Hg)	mg/L	-	0.05
Balık Biyodeneyi (ZSF)		10	10
pH		6-9	6-9

**Kaynak:** [http:// www.cevreorman.gov.tr](http://www.cevreorman.gov.tr)

#### **4.7. Endüstriyel Atıksuların Kentsel Kanalizasyon Sistemine Deşarj Kriterleri:**

Endüstriyel atıksuların deşarj edilebileceği alıcı ortamlardan biri de kentsel kanalizasyon sistemleridir. Endüstriyel atıksuların kanalizasyona deşarj edilebilmesi için;

1. Kanalizasyon sisteminin yapısına ve çalışmasına engel olmaması, borularda korozyona neden olmaması gerekmektedir.
2. Kanalizasyon sisteminde çalışan personel ve civarındaki yerleşim yerlerinde yaşayanların sağlığını tehlikeye atmaması gerekmektedir.
3. Kanalizasyon sisteminin sonuçta bağlandığı arıtma sisteminin çalışmasını ve verimini olumsuz yönde etkilememelidir.
4. Arıtma tesisinde oluşan atıkların (fazla çamur v.b.) uzaklaştırılmasını, kullanılmasını zorlaştırmamalı ve çevre kirlenmesine yol açacak nitelik kazanmalarına neden olamamalıdır (Şengül,1996).

Endüstriyel atıksuların kanalizasyon sistemlerine büyük hacimlerde verilmesi, kanalizasyon sistemlerde aşırı yüklenmeler neden olabilmektedir. Endüstriyel atıksuların bazı kirleticilerin kanalizasyon borularına doğrudan etkisi olabilmektedir. Atıksuların asidik olması veya yüksek konsantrasyonlarda sülfat içermesi durumunda kanalizasyon borularında korozyona neden olabilmektedirler. Ayrıca yüksek konsantrasyonlarda kolayca parçalanabilen organik madde içeren atıksular kanallarda anaerobik koşulların oluşumuna neden olabilir. Özellikle kanalizasyon borularında hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S) gazı çıkışı oluşabilmektedir. Uçucu ve alev alabilen organik çözücülerin patlama tehlikesi nedeniyle kanalizasyona verilmesi pek çok ülkede kanunlarla yasaklanmıştır. Yüksek konsantrasyonlarda yağ ve gres içeren atıklar, kanalların yağ ve gres tabakasıyla kaplanmasına neden olurlar ve pahalı temizleme işlemlerini gerektirebilirler. Askıda katı maddeler ise kanallarda çökelmelere, birikimlere ve dolayısıyla tıkanmalara yol açabilmektedirler (Şengül,1996).

Eğer endüstriyel atıksular birtakım toksik bileşikleri içeriyorsa kanalizasyona deşarjında özellikle dikkat edilmesi gerekmektedir. Asetilen, alkol, benzen, petrol, metan, klor, hidrojen sülfür, eter v.b. bileşikler kanalizasyon sistemi için tehlikelidirler.

Bu bileşiklerden bazıları patlamalara neden olabilmekte bazıları ise solunduğunda zehir etkisi yapabilmektedirler. Ayrıca endüstriyel atıksuların kanalizasyona deşarjında bazı atıkların diğere atıklarla oluşturacağı girişim de dikkate alınmalıdır (Şengül, 1996).

Endüstriyel atıksuların yüksek tuzluluk içermesi de hem çelik hem beton boruların korozyonuna neden olmaktadır. Kükürt bileşikleri agresiftirler, betona korozyon etkisi yaparlar ve arıtma tesisinde de çürütme prosesini olumsuz yönde etkilerler. Endüstriyel atıksuların kanalizasyona deşarjında aşırı hidrolik yüklemelerden, ani deşarjlardan ve şok kirlilik yüklemelerinden kaçınılmalıdır (Şengül, 1996).

Tüm bu nedenlerden dolayı atıksuların kanalizasyona deşarjında pek çok unsur göz önünde bulundurulmalıdır. Atıksuların toksik etki yaratabilecekleri bir ön arıtmaya tabi tutulduktan sonra kanalizasyon sistemine verilmelidir. Ayrıca kanalizasyon sistemindeki ani yüklemeleri engellemek için atıksuların kanalizasyon sistemine verilmeden önce bir dengeleme havuzuna toplanmaları gerekmektedir. Böylece hem aşırı hidrolik yüklemeleri hem de şok kirlilik yüklemeleri önlenmiş olur (Şengül, 1996).

#### **4.8. Ülkemizde ve Çeşitli Ülkelerde Endüstriyel Atıkların Kentsel Kanalizasyon Sistemine Deşarj Kriterleri:**

Her ülke endüstriyel atıksularını kanalizasyon sistemine deşarjında limit değerlerini belirlemiştir. Çizelge 4.15.'te çeşitli ülkelerde endüstriyel atıksuların kanalizasyona deşarjında öngörülen limit değerler verilmektedir.

Ülkemizde endüstriyel atıksuların kentsel kanalizasyon sistemine deşarj kriterleri Türk Çevre Mevzuatı, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY)'nde belirtilen sınır değerlerle belirlenmiştir. SKKY'ne göre atıksuların altyapı tesislerine deşarjında ön görülen atıksu standartları Çizelge 4.16.'da verilmektedir.

**Çizelge 4.15.** Çeşitli Ülkelerde Endüstriyel Atıksuların Kanalizasyona Deşarjında Öngörülen Limit Değerler

Parametre	Birim	İtalya	Almanya	İngiltere	Macaristan	İsviçre	U.S.A.
pH	-	5.5-9.5	6.5-10	6-10	6.5-10	6-9.5	6-10
BOİ	mg/L	250					
KOİ	mg/L	500		1000			
Sülfür	mg/L	2	2	5	1	1	24
Krom (III)	mg/L	1		10	50	2	12
Krom (VI)	mg/L	0.2	0.5		10	0.5	
Toplam Krom	mg/L	1	3				
Klorür	mg/L	1200					
Sülfat	mg/L	1000	600	1000	400	300	
Toplam Azot (N)	mg/L						
Amonyak	mg/L	30	200				
Nitrit	mg/L	0.6					
Nitrat	mg/L	30					
Yağ-Gres	mg/L	40	250				

**Kaynak:** Çetinel, N. ve Hararci, S., 1996. Deri OSB Atıksu Arıtma Tesisi Fizibilite Çalışmaları ve Arıtma Tesisinin Boyutlandırılması



**Çizelge 4.16.** Atıksuların Altyapı Tesislerine Deşarjında Öngörülen Atıksu Standartları

Parametre	Birim	Kanalizasyon Sistemleri Tam Arıtımla Sonuçlanan Alt Yapı Tesislerinde	Kanalizasyon Sistemleri Derin Deniz Deşarjıyla Sonuçlanan Atıksu Altyapı Tesislerinde
Sıcaklık	°C	40	40
pH		6.5-10.0	6.0-10.0
Askıda Katı Madde (AKM)	mg/L	500	350
Yağ ve Gres	mg/L	250	50
Katran ve Petrol Kökenli Yağlar	mg/L	50	10
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/L	4000	600
Sülfat (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	mg/L	1000	1000
Toplam Sülfür (S)	mg/L	2	2
Fenol	mg/L	20	10
Serbest Klor	mg/L	5	5
Toplam Azot (N)	mg/L	-	40
Toplam Fosfor (P)	mg/L	-	10
Arsenik (As)	mg/L	3	10
Toplam Siyanür (CN <sup>-</sup> )	mg/L	10	10
Toplam Kurşun (Pb)	mg/L	3	3
Toplam Kadmiyum (Cd)	mg/L	2	2
Toplam Krom	mg/L	5	5
Toplam Civa (Hg)	mg/L	0.2	0.2
Toplam Bakır (Cu)	mg/L	2	2
Toplam Nikel (Ni)	mg/L	5	5
Toplam Çinko (Zn)	mg/L	10	10
Toplam Kalay (Sn)	mg/L	5	5
Toplam Gümüş (Ag)	mg/L	5	5
Klorür (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	10000	-
Florür (F <sup>-</sup> )		15	-
Yüzey Aktif Maddeler		Biyolojik olarak parçalanması Türk Standartları Enstitüsü'ne uygun olan maddelerin boşaltımı yasaktır.	

**Kaynak:** [http:// www.cevreorman.gov.tr](http://www.cevreorman.gov.tr)

Bursa içinse endüstriyel atıksu kaynaklarının kanalizasyon sistemine verilme şartları Bursa Su Kanalizasyon İdaresi (BUSKİ) Atıksu Deşarj Yönetmeliği'ne göre belirlenmiştir. BUSKİ Atıksu Deşarj Yönetmeliği'ne göre belirlenen değerler Çizelge 4.17.'de verilmektedir.

**Çizelge 4.17.** Endüstriyel Atıksuların Kanalizasyon Sistemine Deşarj Kriterleri

Parametre	Birim	2 SAATLİK KOMPOZİT ATIKSU ÖRNEĞİNDE İZİN VERİLEBİLİR ÜST DEĞER
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/L	800
Askıda Katı Madde (AKM)	mg/L	350
Toplam Azot (TN)	mg/L	75
Toplam Fosfor (TP)	mg/L	10
Yağ ve Gres	mg/L	100
pH		6 - 9
Sıcaklık	°C	40
Anyonik Yüzey Aktif Maddeler (Deterjan)	mg/L	Biyolojik olarak parçalanması TSE'ye göre uygun olmayan maddelerin boşaltımı yasaktır.
Arsenik (As)	mg/L	3
Antimon (Sb)	mg/L	3
Kalay (Sn)	mg/L	5
Bor (B)	mg/L	3
Kadmiyum (Cd)	mg/L	2
Toplam Krom (Cr)	mg/L	5
Bakır (Cu)	mg/L	3
Kurşun (Pb)	mg/L	3
Nikel (Ni)	mg/L	5
Çinko (Zn)	mg/L	5
Civa (Hg)	mg/L	0.2
Gümüş (Ag)	mg/L	5
Toplam Siyanür (CN)	mg/L	10
Fenol	mg/L	10
Toplam Sülfür	mg/L	2
Sülfat (SO <sub>4</sub> )	mg/L	1000
Demir ( Fe)	mg/L	10
Florür ( F)	mg/L	15
Alüminyum (Al)	mg/L	10

**Kaynak:** [http:// www.buski.gov.tr](http://www.buski.gov.tr)

## 5. MATERYAL ve METOT

### 5.1. Materyal:

#### 5.1.1. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Atıksuların Karakterizasyonu:

Deneysel çalışmalarda altı farklı sektörden toplanan atıksular kullanılmıştır. Atıksuların hepsi Bursa'daki çeşitli fabrikalardan kompozit numune olarak alınmıştır. Bu atıksular tekstil, gıda, otomotiv, deri, organize sanayi bölgesi ve süt endüstrisi (peynir altı suyu) atıksularıdır. Atıksular toplandıktan sonra, atıksuyun bozulmaması için vakit kaybetmeden deneyler gerçekleştirilmiştir. İlk olarak her bir sektörden toplanan atıksuların karakterizasyonları belirlenmiştir. Karakterizasyonlar belirlenirken yapılan tüm deneyler Standart Metot'lara göre yapılmıştır.

Her bir atıksuyun karakterizasyonu aşağıdaki çizelgelerde sırasıyla verilmektedir:

**Çizelge 5.1.** Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Tekstil Endüstrisi Atıksuyunun Karakterizasyonu

Parametre	Birim	Değer
KOİ	mg/L	2100
Bikarbonat Alkalinitesi	mg/L	720
Toplam Azot	mg/L	13,8
Toplam Fosfor	mg/L	4,12
AKM	mg/L	112
pH	-	8.38
Debi	m <sup>3</sup> /gün	2000

**Çizelge 5.2.** Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Gıda Endüstrisi Atıksuyunun Karakterizasyonu

Parametre	Birim	Değer
KOİ	mg/L	2200
Toplam Azot	mg/L	76,2
Toplam Fosfor	mg/L	10,9
AKM	mg/L	135
pH	-	7,22
Debi	m <sup>3</sup> /gün	10

**Çizelge 5.3.** Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Deri Endüstrisi Atıksuyunun Karakterizasyonu

Parametre	Birim	Değer
KOİ	mg/L	5800
Toplam Azot	mg/L	82
Toplam Fosfor	mg/L	9,2
AKM	mg/L	2600
pH	-	8,88
Yağ-gres	mg/L	520
Toplam Cr	mg/L	138
Sülfür	mg/L	118
Debi	m <sup>3</sup> /gün	60

**Çizelge 5.4.** Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Otomotiv Endüstrisi Atıksuyunun Karakterizasyonu

Parametre	Birim	Değer
KOİ	mg/L	1040
Toplam Azot	mg/L	28
Toplam Fosfor	mg/L	2,9
AKM	mg/L	268
pH	-	8,02
Yağ-gres	mg/L	113
CN-	mg/L	0,03
Fe	mg/L	1,3
Cu	mg/L	0,01
Zn	mg/L	0,02
Ni	mg/L	0,07
Pb	mg/L	0,09
Florür	mg/L	0,7
Cd	mg/L	0,02
Debi	m <sup>3</sup> /gün	1000

**Çizelge 5.5.** Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Peynir Altı Suyu Atıksuyunun Karakterizasyonu

Parametre	Birim	Değer
KOİ	mg/L	68000
Toplam Azot	mg/L	798
Toplam Fosfor	mg/L	230
AKM	mg/L	18000
pH	-	5,2
Yağ-gres	mg/L	1240
Sülfür	mg/L	118
Debi	m <sup>3</sup> /gün	5

**Çizelge 5.6.** Deneysel Çalışmalarda Kullanılan OSB Atıksuyunun Karakterizasyonu

Parametre	Birim	Değer
KOİ	mg/L	1240
Bikarbonat Alkalinitesi	mg/L	310
Toplam Azot	mg/L	52
Toplam Fosfor	mg/L	6,2
AKM	mg/L	98
pH	-	6,92
Yağ-gres	mg/L	82
Sülfür	mg/L	0,092
Fenol	mg/L	1,08
Top-Cr	mg/L	0,05
Y.A.M	mg/L	1,25
Cu	mg/L	0,01
Zn	mg/L	0,02
Ni	mg/L	0,01
Pb	mg/L	0,01
Flor	mg/L	0,09
Cd	mg/L	0,08
Debi	m <sup>3</sup> /gün	45000

## 5.2. Metotlar:

### 5.2.1. Deneysel Çalışma Esnasında Kullanılan Metotlar:

Çalışmadaki deneyler TS 10868 EN ISO 8192/ Şubat 1999 standart metodu referans alınarak yapılmıştır.

Deneylerin yapılması esnasında kullanılan bu standart, maddelerin, karışımların veya atıkların potansiyel zehirliliklerinin belirlenmesine ait bir standarttır. Bu metotla

elde edilen bilgiler, deney maddesinin su ortamında, özellikle aerobik-biyolojik arıtma sistemlerinde karışık bakteri toplulukları üzerindeki etkilerini tayininde kullanılmaktadır.

Adı geçen standart, bir deney maddesinin aktif çamur mikroorganizmalarının oksijen tüketimini engelleyici bir metodu kapsamaktadır. Bu standart, 180 dakikayı aşmayan kısa süreler boyunca deney malzemesinin etkilerine maruz bırakılan aktif çamurda mevcut organizmalar üzerindeki toksisite hakkında bilgi sağlamaktadır. Deneyde kullanılan yapay ortam çözeltisinin içeriği Çizelge 5.7.'de verilmektedir.

**Çizelge 5.7.** Yapay Ortam (100 kat derişik OECD yapay lağım suyu)

Bileşen	Miktar
Pepton	16 g
Et ekstraktı	11 g
Üre	3 g
Sodyum Klorür (NaCl)	0,7 g
Kalsiyum Klorür Dihidrat (CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O)	0,4 g
Magnezyum Sülfat Heptahidrat (MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O)	0,2 g
Dipotasyum Hidrojen Fosfat (K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> )	2,8 g
Su	1000 ml

**Kaynak:** ANONİM, 1999 b. TS 10868 EN ISO 8192/Şubat 1999 Türk Standardı, Su Kalitesi- Aktif Çamur Oksijen Tüketimi Engelleme Deneyi

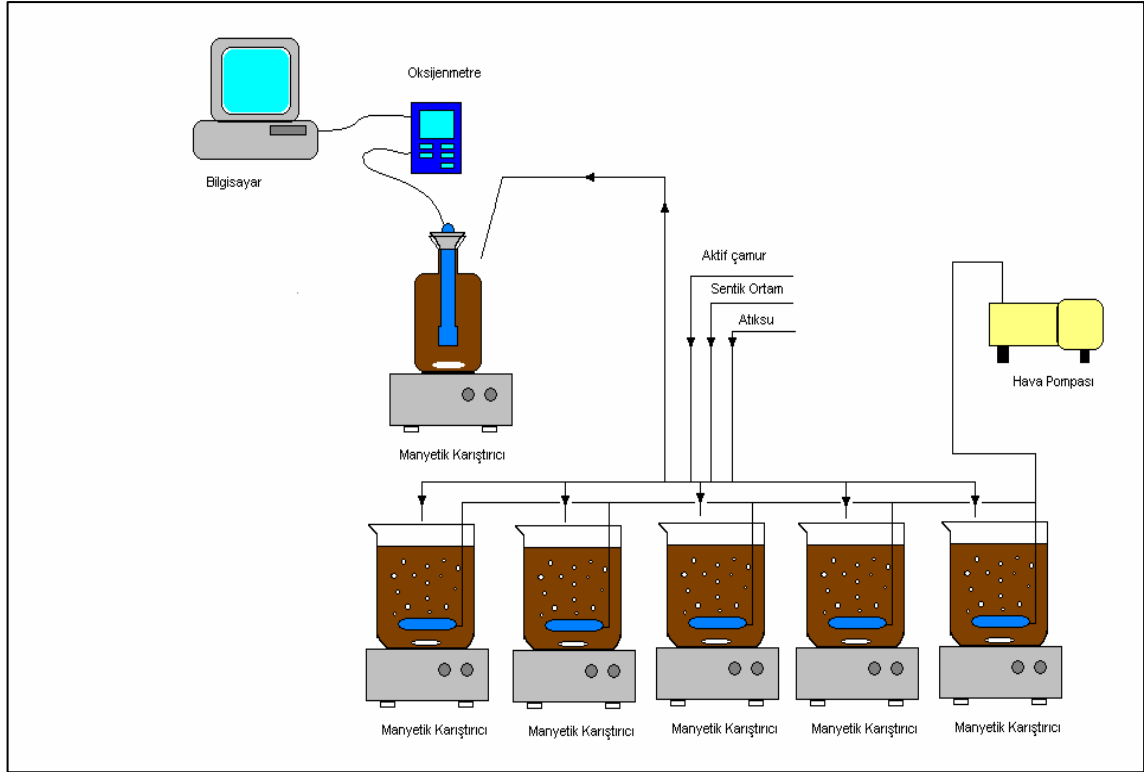
Bu çözeltinin pH'ı  $7 \pm 0,5$  değerinde tutulmuştur. Hazırlanan yapay ortam çözeltisi hemen kullanılmaması durumunda karanlıkta (0-4)°C'de, bir haftadan fazla olmamak üzere bileşiminde herhangi bir değişiklik oluşturmayacak şartlarda muhafaza edilmiştir.

Deneyde kullanılan aktif çamur, evsel atıksu arıtan bir arıtma tesisinin havalandırma tankından alınmıştır. Aktif çamur kullanımdan önce havalandırılmış ve alındıktan 24 saat içinde kullanılmaya çalışılmıştır. Deneylerin 24 saat içerisinde tamamlanamadığı durumlarda yapay ortam çözeltisi gibi uygun bir substratla günlük

olarak beslenmiştir. Gerekli olduğunda, 15 dakika gibi kısa bir süre dinlendirilerek iri parçacıklar çöktürülmüş, ince parçacıkların bulunduğu üst faz uzaklaştırılmıştır.

### 5.2.2. Metoda Göre Deneylerin Yapılışı:

Deneysel çalışmaların yürütüldüğü düzeneğin şematik gösterimi Şekil 5.1.'de görülmektedir.



**Şekil 5.1.** Deneysel Çalışmaların Yürütüldüğü Düzeneğin Şematik Gösterimi

Bu çalışmada oksijen metre olarak WTW OXI 340i kullanılmıştır. Oksijen metrenin okuduğu değerler her 5 veya 10 saniyede bir WTW Multilab Pilot programıyla bilgisayara kaydedilmiştir. Çözünmüş oksijen derişimi, yaklaşık 5 ila 10 dakika veya oksijenin hızlı tüketildiği durumlarda oksijen derişimi 1 mg/L'nin altına düşünceye kadar ölçülmüştür.

Ölçüm tamamlandıktan sonra karışım tekrar deney kabına konularak havalandırmaya ve karıştırmaya devam edilmiştir. Bu işlem, her bir deney kabındaki numune, bütün deney karışımları için 30 dakikada bir seri okuma sağlayabilmek için



sırayla tekrarlanmıştır. Daha fazla temas süresi için ise kuluçkanın başlamasından sonra 180 dakikada işlem tekrarlanmıştır.

Deneysel çalışmalarda kullanılan aktif çamur bir evsel atıksu arıtma tesisinden alınmış ve derişimi, yaklaşık litrede 1500 mg askıda katı madde olacak şekilde hazırlanmıştır. Deney karışımları, deney boyunca havalandırılmıştır. Oksijen tüketim ölçümleri, kuluçka işleminden 30 dakika sonra yapılmıştır. Daha uzun süreli temas için ise ölçümler 180 dakika sonra tekrar gerçekleştirilmiştir.

Öncelikle her atıksu için ön denemeler metoda göre yapılmış bundan sonra inhibisyon denemeleri gerçekleştirilmiştir. Ön deney karışımları yaklaşık 1000 ml'lik karıştırma kaplarında Çizelge 5.8.'e göre hazırlanmıştır.

**Çizelge 5.8.** Ön Deney Karışımları Çizelgesi

Karışım Cinsleri	Deney Kapları				
	FT <sub>1</sub>	FT <sub>2</sub>	FT <sub>3</sub>	F <sub>B</sub>	F <sub>BC</sub>
Deney Maddesi Stok Çözeltisi (mL)	0,5	5	50	0	50
Yapay Ortam Stok Çözeltisi (mL)	16	16	16	16	16
Aktif Çamur (mL)	250	250	250	250	0
Su (mL)	233,5	229	184	234	434
Toplam Karışım Hacmi (mL)	500	500	500	500	500

**Kaynak:** ANONİM, 1999 b. TS 10868 EN ISO 8192/Şubat 1999 Türk Standardı, Su Kalitesi- Aktif Çamur Oksijen Tüketimi Engelleme Deneyi

Burada; deney maddesi stok çözeltisi kavramı kullanılan endüstriyel atıksuyu, yapay ortam stok çözeltisi Çizelge 5.7'deki çözeltiyi, aktif çamur, evsel atıksu arıtma tesisinden alınan aktif çamuru, su ise dinlendirilmiş, kloru uçurulmuş ve havalandırılmış çeşme suyunu temsil etmektedir.

Çizelge 5.8.'e göre hazırlanan bütün çözeltiler ve deneyin gerçekleştirileceği yer aynı sıcaklıkta ( $20 \pm 2$  °C) olacak şekilde çalışılmıştır. Karışımlar, manyetik karıştırıcı bulunan deney kaplarına deney maddesi (F<sub>BC</sub> hariç) ve yapay ortamın ilave edilmesi ile hazırlanmıştır. Aktif çamur, her bir karıştırma kabına (F<sub>BC</sub> hariç) yaklaşık 10 dakika uygun aralıklarla ve sırayla eklenmiştir. Karıştırma kaplarında hacim, su ile 500 mL'ye

ayarlanmış, karıştırma kapları havalandırılmış ve manyetik karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Birinci karışımın ( $FT_1$ ) hazırlanmasından 30 dakika sonra çözünmüş oksijen derişiminin ölçülmesine başlanmış, karıştırma kabından numune alınmış ve oksijen tüketimi hızlı bir şekilde ölçülmüştür.

### 5.2.3. Deneý Sonuçlarının Deęerlendirilmesi:

Deneý karışımlarının oksijen tüketim hızı, oksijen derişiminin zamana karşı grafiğinin doğrusal kısmından hesaplanmıştır ve oksijen tüketim hızı, mg/L.sa ve mg/g.sa olarak belirtilmiştir.

Oksijen tüketim hız  $R$ , mg/L.sa olarak, oksijen azalması grafiğinin doğrusal bölümünden aşağıdaki bağıntıya göre hesaplanmış veya enterpolasyonla bulunmuştur.

$$R = \frac{l_1 - l_2}{\Delta t} \times 60 \quad (5.1)$$

Burada;

$l_1$  : Grafiğın doğrusal bölümde ilk ölçülen çözünmüş oksijen derişimi (mg/L)

$l_2$  : Grafiğın doğrusal bölümünde son ölçülen çözünmüş oksijen derişimi (mg/L)

$\Delta t$  : İki ölçüm arasındaki süre (dakika)

Her bir derişimdeki oksijen tüketimini engelleme (toksisite ) yüzdesi (%I), aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmıştır.

$$I = \frac{R_B - (R_T - R_{BC})}{R_R} \times 100 \quad (5.2)$$

Burada;

$R_T$  : Deneý karışımının  $F_T$ , oksijen tüketim hızı

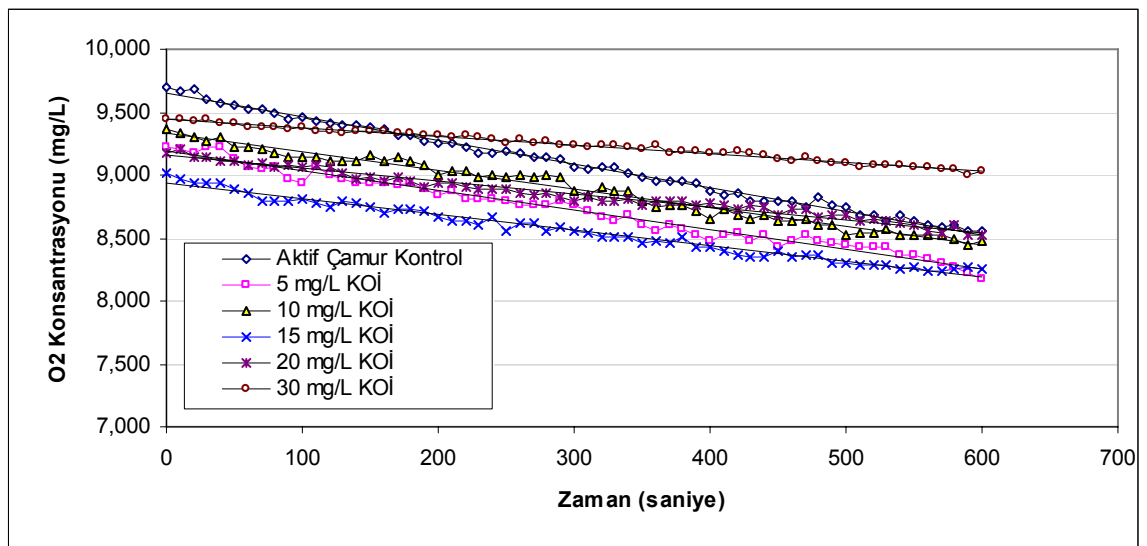
$R_B$  : Tanık kontrolünün,  $F_B$ , oksijen tüketim hızı

$R_{BC}$  : Fizikokimyasal kontrolün,  $F_{BC}$ , oksijen tüketim hızı

Farklı seyrelme oranlarında elde edilen oksijen tüketim hızlarını (OTH) % 20 ve % 50 oranında inhibe eden KOİ değerleri ( $EC_{20,50}$ ; mg/L)  $\log KOİ$  ( $\log C$ ) değerlerine karşılık elde edilen oksijen tüketimi engelleme yüzdesi (%I) değerlerine karşı çizilen grafiğin enterpolasyonundan hesaplanmıştır. Ayrıca oksijen tüketim hızlarını %0 oranında inhibe eden KOİ değerleri de yine enterpolasyonla hesaplanmıştır. %I = 0 olduğunda endüstriyel atıksuyun OTH'ı, evsel atıksuyun OTH'ına eşit olacaktır ( $R_B = R_T$ ). Bu demektir ki, endüstriyel atıksuyun %I =0 olduğundaki KOİ değeri ve bu değer altındaki KOİ, aktif çamur mikroorganizmalarının faaliyetini etkilememekte ve dolayısıyla endüstriyel atıksu evsel atıksularla artılabildir denilebilmektedir.

#### 5.2.4. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Aktif Çamurun Duyarlılığının Belirlenmesi:

ISO 8192 metoduna göre aktif çamurun duyarlılığı, 3,5-diklorofenol referans maddesiyle kontrol edilmiştir. Metoda göre 3,5-diklorofenol referans maddesinin  $EC_{50}$  değeri 5 mg/L - 30 mg/L arasındadır. Buna göre toplam hacmi 250 ml olacak şekilde yapay ortam çözeltisi ile seyreltilen ve içerisinde farklı seyreltilerde (5, 10, 15, 20 ve 30 mg/L) 3,5-diklorofenol bulunan çözeltilere 1500 mg/L aktif çamur ilave edilerek, 30. ve 180. dakikalardaki aktif çamur solunum hızında % 50 inhibisyona yol açan konsantrasyon değerleri hesaplanmıştır. 30. dakikalar için zamana karşı belirlenen oksijen tüketim hızları (OTH) Şekil 5.2.'de verilmektedir.

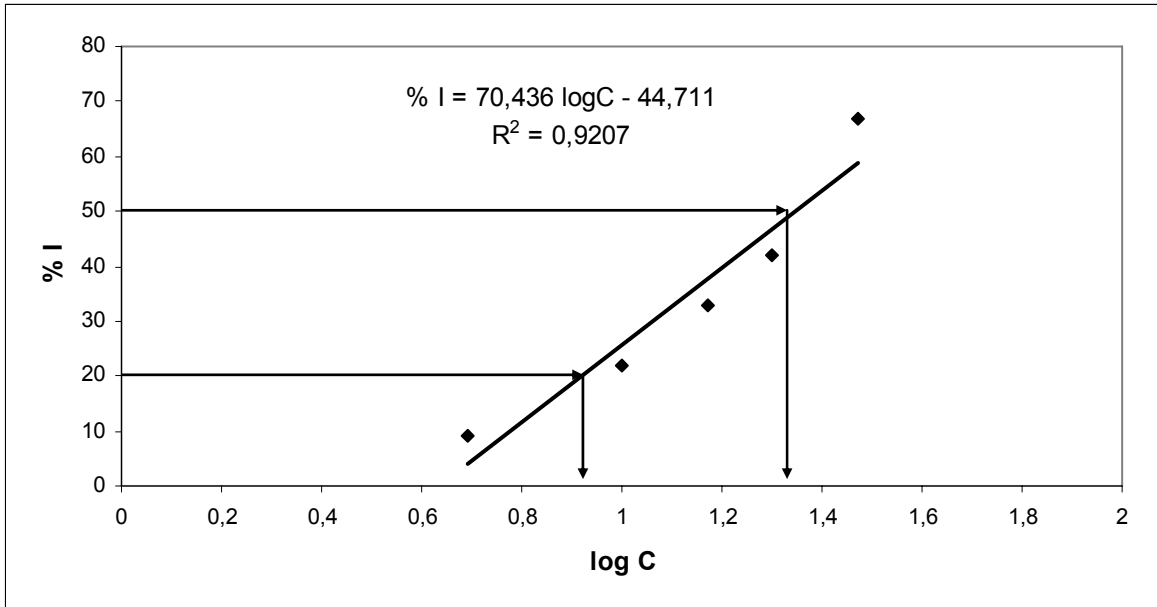


**Şekil 5.2.** 30 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi

Şekil 5.2.'de çizilen grafiğin eğimlerinden hareketle her bir konsantrasyon için hesaplanan oksijen tüketim hızları (OTH) ve oksijen tüketim hızlarında meydana gelen oksijen tüketimi inhibisyon yüzdesi (%I) değerleri Çizelge 5.9.'da sunulmaktadır. Buradan hareketle elde edilen OTH değerlerinden yola çıkılarak hesaplanan inhibisyon yüzdeleri de grafiğe aktarılarak (Şekil 5.3.) EC 50 ve EC 20 değerleri hesaplanmıştır.

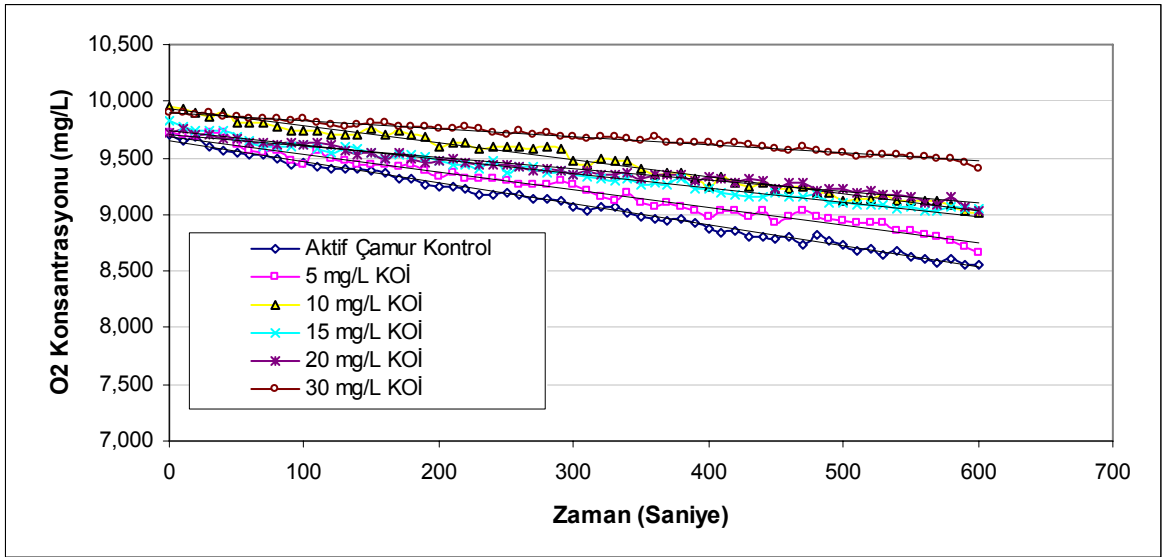
**Çizelge 5.9.** 30 Dakikalık Havalanma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve % I Değerleri

3-5 Diklorofenol Konsantrasyonu	OTH (mg/L.sa <sup>-1</sup> )	I (%)
5	6,24	8,77
10	5,34	21,93
15	4,56	33,33
20	3,96	42,11
30	2,52	63,16



**Şekil 5.3.** 30 Dakikalık Havalandırma İçin Elde Edilen log C- % I Grafiği (MLSS= 1500 mg/L)

180. dakikalar için zamana karşı belirlenen oksijen tüketim hızları (OTH) Şekil 5.4'te verilmektedir. Şekil 5.4'te çizilen grafiğin eğimlerinden hareketle her bir konsantrasyon için hesaplanan oksijen tüketim hızları (OTH) ve oksijen tüketim hızlarında meydana gelen oksijen tüketimi inhibisyon yüzdesi (%I) değerleri ise Çizelge 5.10.'da sunulmaktadır. Buradan hareketle elde edilen OTH değerlerinden yola çıkılarak hesaplanan inhibisyon yüzdeleri de grafiğe aktararak (Şekil 5.5) EC 50 ve EC 20 değerleri hesaplanmıştır.



**Şekil 5.4.** 180 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi

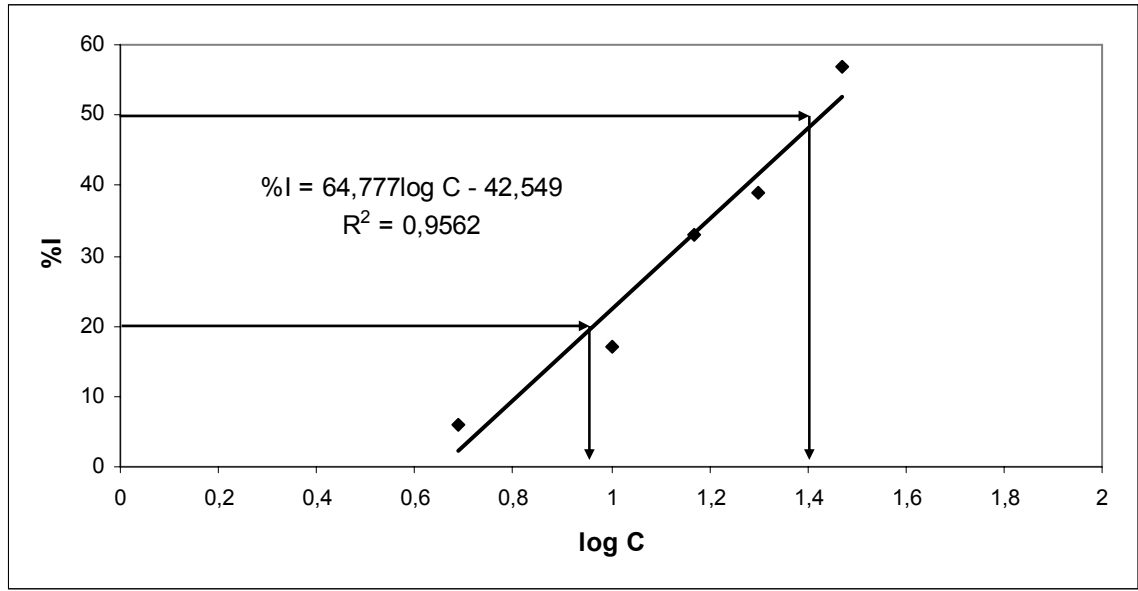
**Çizelge 5.10.** 180 Dakikalık Havalanma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve % I Değerleri

3-5 Diklorofenol Konsantrasyonu	OTH (mg/L.sa <sup>-1</sup> )	I (%)
5	6,42	6,14
10	5,64	17,54
15	4,57	33,19
20	4,14	39,47
30	2,94	57,02

Çizelge 5.11.'de ise 3,5-Diklorofenol maddesi için elde edilen EC 20 ve EC 50 değerleri verilmektedir.

**Çizelge 5.11.** 3,5-Diklorofenol Referans Maddesi İçin Elde Edilen EC 20 ve EC 50 Değerleri

Havalandırma Süresi (Dakika)	EC 20 (mg/L)	EC 50 (mg/L)
30	8,29	22,11
180	9,24	26,84



**Şekil 5.5.** 180 Dakikalık Havalandırma İçin Elde Edilen log C- % I Grafiği (MLSS= 1500 mg/L)

30. ve 180. dakikalar sonunda elde edilen EC 20 değerlerinin ortalaması 8,77 mg/L'dir. 30. ve 180. dakikalar sonunda elde edilen EC 50 değerlerinin ortalaması ise 24,47 mg/L'dir. Buna göre, 3,5-diklorofenol referans maddesi için bulunan EC 50 değeri, metoda göre 3,5-diklorofenol referans maddesi için saptanmış sınırların içinde yer almaktadır (5 – 30 mg/L). Bu nedenle deneylerin sağlanan aktif çamurla yapılmasında bir sakınca olmadığı sonucuna varılmıştır.

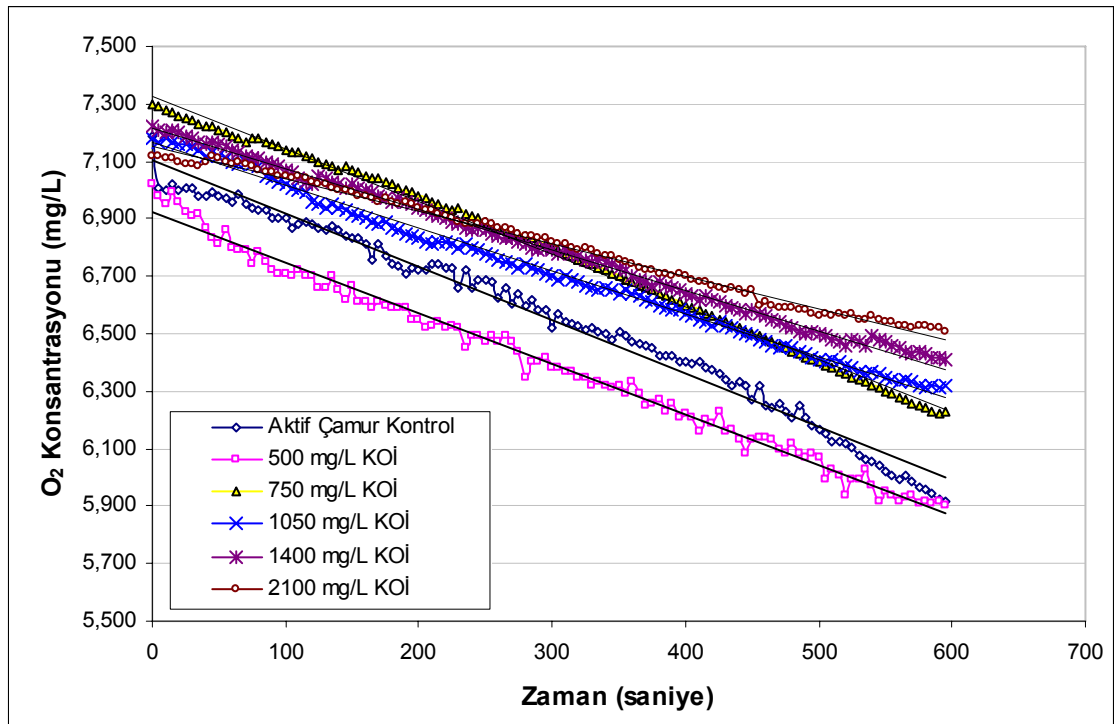
## 6. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 6.1. Tekstil Endüstrisi Atıksuyunda Yürütülen Respirometrik Çalışmalar:

Tekstil endüstrisinden kaynaklanan atıksuların aktif çamur üzerindeki toksisitesinin belirlenmesi amacıyla respirometrik çalışmalar yürütülmüştür. Bu çalışmalarda karakterizasyonu Bölüm 5 Çizelge 5.1.'de verilen atıksu kullanılmıştır.

#### 6.1.1. Tekstil Endüstrisi Ham Atıksuyunda Yürütülen Çalışmalar:

İlk olarak tekstil endüstrisi ham atıksuyunun KOİ'sine göre çeşitli seyrelme oranlarında (%75, %67, %50, %34, %0) aktif çamur üzerindeki toksisitesi 30 dakikalık havalandırma sonucu yapılan testlerle belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalarda öncelikle oksijen tüketim hızları (OTH) belirlenmiştir. Zamana karşı belirlenen OTH değerleri Şekil 6.1.'de verilmektedir.

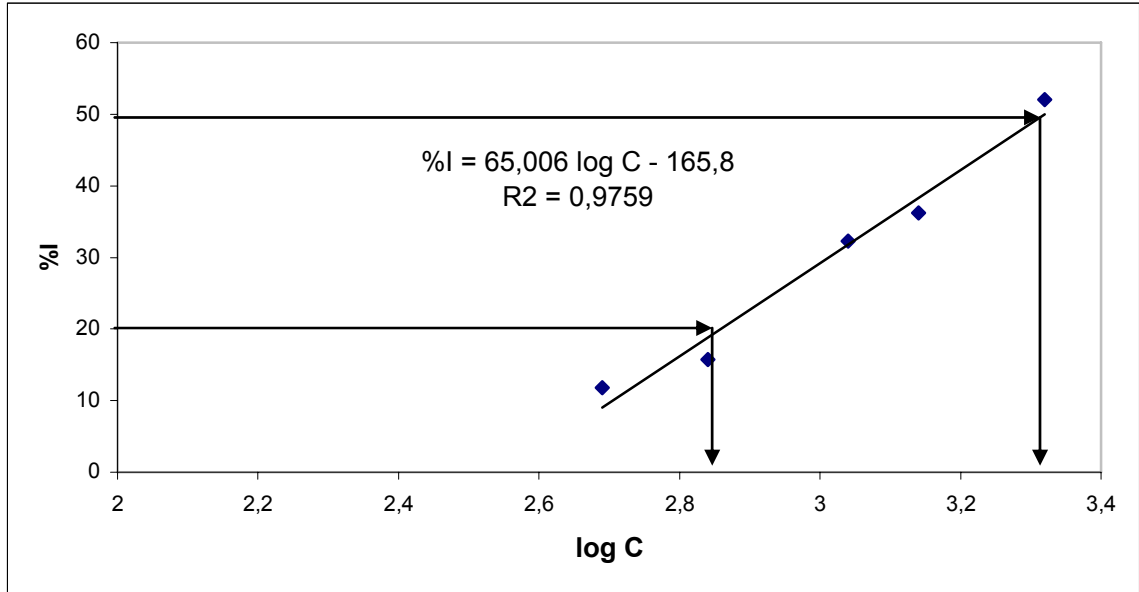


**Şekil 6.1.** Tekstil Endüstrisi Ham Atıksuyunun 30 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi

Şekil 6.1.'de çizilen grafiğin eğimlerinden hareketle her bir numune (konsantrasyon) için hesaplanan oksijen tüketim hızları (OTH) ve oksijen tüketim hızlarında meydana gelen oksijen tüketimi engelleme (inhibisyon) yüzdesi (%I) değerleri Çizelge 6.1.'de sunulmaktadır. Buradan hareketle elde edilen OTH değerlerinden yola çıkılarak hesaplanan inhibisyon yüzdeleri de grafiğe aktarılarak (Şekil 6.2) EC50, EC20 ve %I=0 değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan %I=0 değeri normalde grafikten okunamamaktadır. Ancak çizilen doğru X eksenine doğru izafi olarak uzatılarak %I=0 değeri hesaplanmıştır.

**Çizelge 6.1.** Tekstil Endüstrisi Ham Atıksuyuyla 30 Dakikalık Havalanma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve % I Değerleri

Seyrelme Oranları	KOİ (mg/L)	OTH (mg/L.sa <sup>-1</sup> )	I (%)
% 75	500	6,72	11,81
% 67	750	6,42	15,74
% 50	1050	5,16	32,28
% 34	1400	4,86	36,22
% 0 (Ham su)	2100	3,66	52,00



**Şekil 6.2.** 30 Dakikalık Havalandırma Sonrasında Gerçekleştirilen Test Sonucu Elde Edilen Tekstil Endüstrisi Ham Atıksuyu Numuneleri İçin logC Değerlerine Karşı Çizilen I (%) Grafiği

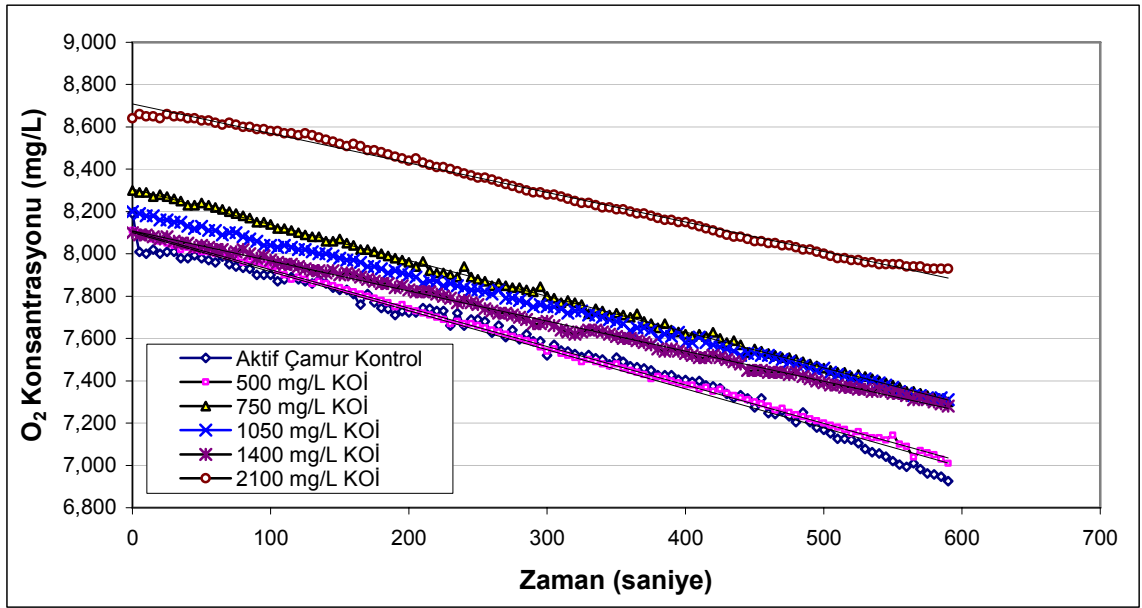


Şekil 6.2’de verilen %I grafiğinden yola çıkılarak %I = 50 değerine karşı gelen logC değeri 3,320’dir. Buna göre 2087,88 mg/L KOİ’ye sahip atıksuyun aktif çamur mikroorganizmalarını %50 oranda inhibe ettiği söylenebilmektedir. Bir diğer ifadeyle %1 seyrelme oranındaki tekstil endüstrisi ham atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını %50 oranda inhibe etmektedir (EC50=%1 seyrelmiş atıksu). %I=20 değerine karşılık gelen logC değeri ise 2,858’dir. Buna göre 721,44 mg/L KOİ’ye sahip atıksuyun aktif çamur mikroorganizmalarını %20 oranda inhibe etmektedir. Diğer bir ifadeyle %66 seyrelme oranındaki tekstil endüstrisi ham atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını %20 oranında inhibe etmektedir (EC20= %66 seyrelmiş atıksu). %I=0 değerine karşılık gelen logC değeri enterpolasyonla 2,55 olarak hesaplanmıştır. Buna göre 354,81 mg/L KOİ’ye sahip atıksu aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmemektedir. Başka bir deyişle 354,81 mg/L KOİ’ye sahip tekstil endüstrisi ham atıksuyu evsel atıksuyu gibi düşünülebilir. Yani aktif çamur mikroorganizmaları 354,81 mg/L KOİ’ye sahip tekstil endüstrisi ham atıksuyunu arıtırken evsel atıksuyuyla aynı hızda oksijen tüketmektedir. Diğer bir ifadeyle %83 seyrelme oranındaki tekstil endüstrisi ham atıksuyu aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon etkisi yaratmamaktadır.

ISO 8192 metoduna göre 30 dakika sonunda yapılan inhibisyon testleri yetersiz görüldüğü takdirde daha uzun kuluçka sürelerinde inhibisyonun incelenebileceği belirtilmektedir. Bu nedenle tekstil endüstrisi ham atıksuları 180 dakika sonrasında teste tabi tutulmuştur. Bu testten elde edilen OTH Şekil 6.3.’te görülmektedir. Bu verilerden elde edilen OTH değerleri ve oksijen tüketim hızlarında meydana gelen oksijen tüketimi engelleme (inhibisyon) yüzdesi (%I) değerleri Çizelge 6.2.’de sunulmaktadır.

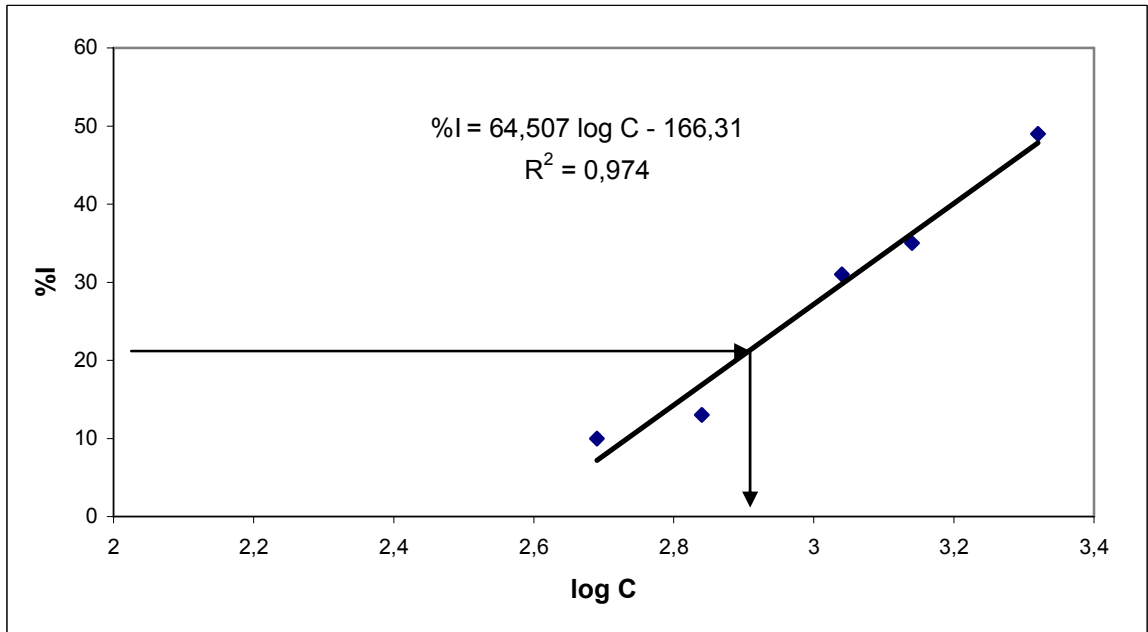
**Çizelge 6.2.** Tekstil Endüstrisi Ham Atıksuyunun 180 Dakikalık Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve % I Değerleri

Seyrelme Oranları	KOİ (mg/L)	OTH (mg/L.sa <sup>-1</sup> )	I (%)
% 75	500	6,6	7,83
% 67	750	6,0	21,95
% 50	1050	5,34	29,64
% 34	1400	4,92	35,18
% 0 (Ham su)	2100	4,26	43,87



**Şekil 6.3.** Tekstil Endüstrisi Ham Atıksuyunun 180 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi

OTH değerlerinden yola çıkılarak hesaplanan inhibisyon yüzdeleri de grafiğe aktarılarak (Şekil 6.4.) EC<sub>50</sub>, EC<sub>20</sub> ve %I=0 değerleri hesaplanmıştır.



**Şekil 6.4.** 180 Dakikalık Havalandırma Sonrasında Gerçekleştirilen Test Sonucu Elde Edilen Tekstil Endüstrisi Ham Atıksuyu Numuneleri İçin logC Değerlerine Karşı Çizilen I (%) Grafiği

Şekil 6.4.'de verilen %I grafiğinden yola çıkılarak %I = 50 değerine karşı gelen logC değeri 3.353'tür. En yüksek KOİ değerine sahip atıksuyun, diğer bir ifadeyle hiçbir seyrelme uygulanmamış tekstil atıksuyunun (% 100) inhibisyon değeri %50'den düşük olmasından dolayı EC50 değeri hesaplanamamıştır. EC50 değeri > 2100 mg/L olarak kabul etmek mümkündür. %I = 20 değerine karşılık gelen logC değeri ise 2.888'dir. Buna göre 773,06 mg/L KOİ'ye sahip atıksuyun aktif çamur mikroorganizmalarını %20 oranda inhibe etmektedir. Diğer bir ifadeyle %63 seyrelme oranındaki tekstil endüstrisi ham atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını %20 oranında inhibe etmektedir (EC20= %63 seyrelmiş atıksu). %I=0 değerine karşılık gelen logC değeri enterpolasyonla 2,578 olarak hesaplanmıştır. Buna göre 378,44 mg/L KOİ'ye sahip atıksu aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmemektedir. Başka bir deyişle 378,44 mg/L KOİ'ye sahip tekstil endüstrisi ham atıksuyu evsel atıksuyu gibi düşünülebilir. Yani aktif çamur mikroorganizmaları 378,44 mg/L KOİ'ye sahip tekstil endüstrisi ham atıksuyunu artırırken evsel atıksuyuyla aynı hızda oksijen tüketmektedir. Diğer bir ifadeyle %82 seyrelme oranındaki tekstil endüstrisi ham atıksuyu aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon etkisi yaratmamaktadır.

Havalandırma süresinin uzatılarak, yani 30 dakikadan 180 dakikaya çıkararak, tekstil endüstrisi ham atıksuyuyla aktif çamur mikroorganizmalarının daha uzun süre temas ettirilmesi atıksu bünyesinde bulunan kirliliklerin ayrışması üzerinde çok büyük bir değişiklik yapmamıştır. Aynı şekilde atıksuyun aktif çamur mikroorganizmaları üzerindeki inhibisyon oranlarında bu sürede çok fazla değişmediği gözlenmiştir.

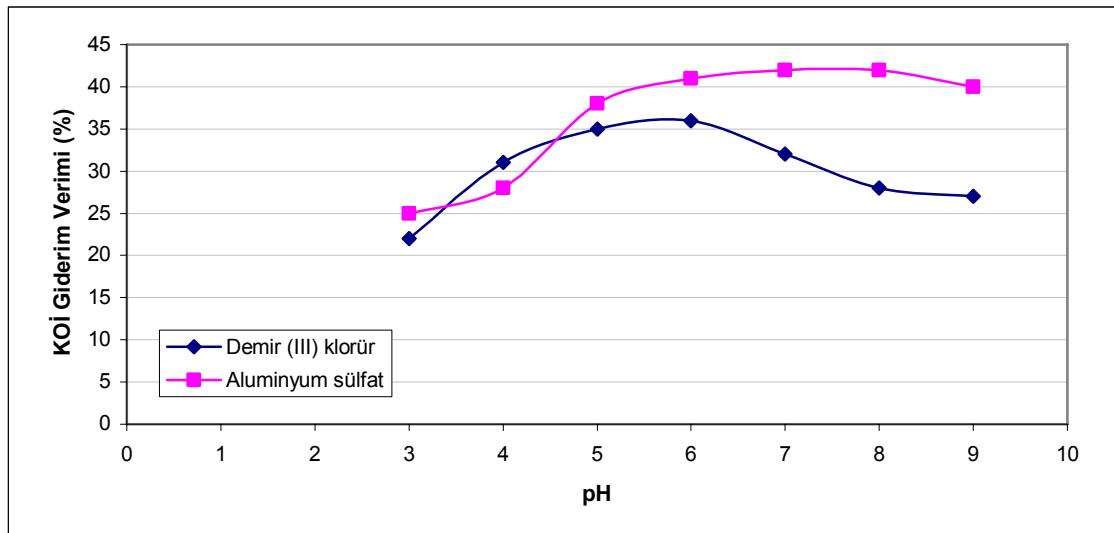
Tüm bu sonuçlara göre hiçbir ön işlem uygulanmamış tekstil endüstrisi atıksularıyla yapılan respirometrik denemeler neticesinde atıksuyun aktif çamur üzerinde inhibisyon oluşturduğu açıkça tespit edilmiştir. Tekstil endüstrisi atıksuyunun aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon yaratmaması için ancak %82-%83 oranında seyreltilmesi gerekmektedir ki bu oldukça yüksek bir değerdir. Bu doğrultuda tekstil endüstrisi atıksularının herhangi bir ön işleme tabi tutulmaksızın evsel atıksularla beraber bertarafından ziyade, bir ön arıtma işleminden sonra evsel atıksularla arıtımının daha uygun olabileceği kanısına varılmıştır. Bu nedenle tekstil endüstrisi atıksuyuyla kimyasal arıtılabilirlik çalışmaları yapılmıştır.

### 6.1.2. Kimyasal Arıtma Uygulanmış Tekstil Atıksuyunda Yürütülen Çalışmalar:

Tekstil endüstrisi atıksuyunun aktif çamur mikroorganizmalarına doğrudan verildiği durumda inhibisyon etkisi yarattığı tespit edildiğinden, atıksular kimyasal arıtma işleminden geçirildikten sonra respirometrik deneylere tabi tutulmuşlardır.

Yapılan kimyasal arıtılabilirlik denemelerinde alüminyum sülfat ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ) ve demir (III) klorür ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) kullanılmıştır. Yapılan bu ön işlemin ardından da atıksuların respirometrik ölçümleri yapılmıştır.

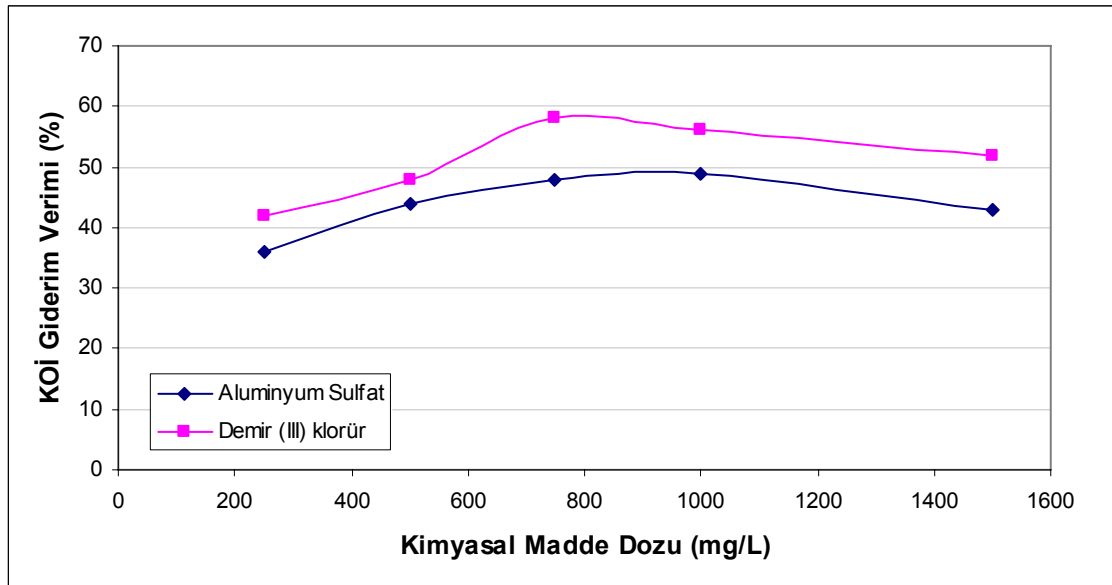
Bu amaçla öncelikli olarak jar testin optimum pH'ı belirlenmiş, ardından da optimum koagülant dozu belirlenmeye çalışılmıştır. pH optimizasyonunun belirlenmesi amacıyla atıksu numuneleri 0,1 N  $\text{H}_2\text{SO}_4$  veya 0,1 N NaOH kullanılarak 3, 4, 5, 6, 7, 8 ve 9 pH değerlerine ayarlanmıştır. pH değeri ayarlanan tekstil endüstrisi atıksuları 100 mg/L alum ve demir (III) klorür dozu eşliğinde jar teste tabi tutulmuşlardır. Yapılan jar test denemelerinde 1 L'lik numunelerde hızlı karıştırma işlemi 3 dakika, yavaş karıştırma işlemi 15 dakika ve çökeltme işlemi de en az 1 saat olacak şekilde tüm testlerde eşit olarak uygulanmıştır (Eckenfelder, 1989). Yapılan pH optimizasyonu neticesinde Alum için optimum pH=7 değeri ve demir (III) klorür için de pH=6 değerleri optimum pH olarak belirlenmiştir (Şekil 6.5.)



**Şekil 6.5.** Jar Test Denemelerinde Elde Edilen pH Optimizasyon Sonuçları ( $C_{\text{alum}}$ , demir (III) klorür = 100 mg/L)

Bir sonraki kademede de optimum pH değeri sabit tutularak kimyasal madde dozları optimize edilmiştir (Şekil 6.6.).

Yapılan kimyasal arıtılabilirlik çalışmaları neticesinde demir (III) klorürün aluma göre daha iyi sonuç verdiği ve 750 mg/L'lik doz eşliğinde ve pH=6 değerinde KOİ'nin %58 giderilebildiği belirlenmiştir. Alumla yapılan denemelerde ise optimum doz 1000 mg/L (pH=7) ve elde edilen maksimum KOİ giderim verimi de %49 olarak belirlenmiştir. Respirometrik denemelerde kullanılmak üzere 10 L hacimde atıksu üzerinde 750 mg/L demir (III) klorür dozu eşliğinde jar test uygulanmış ve buradan elde edilen atıksularda respirometrik denemeler yürütülmüştür.



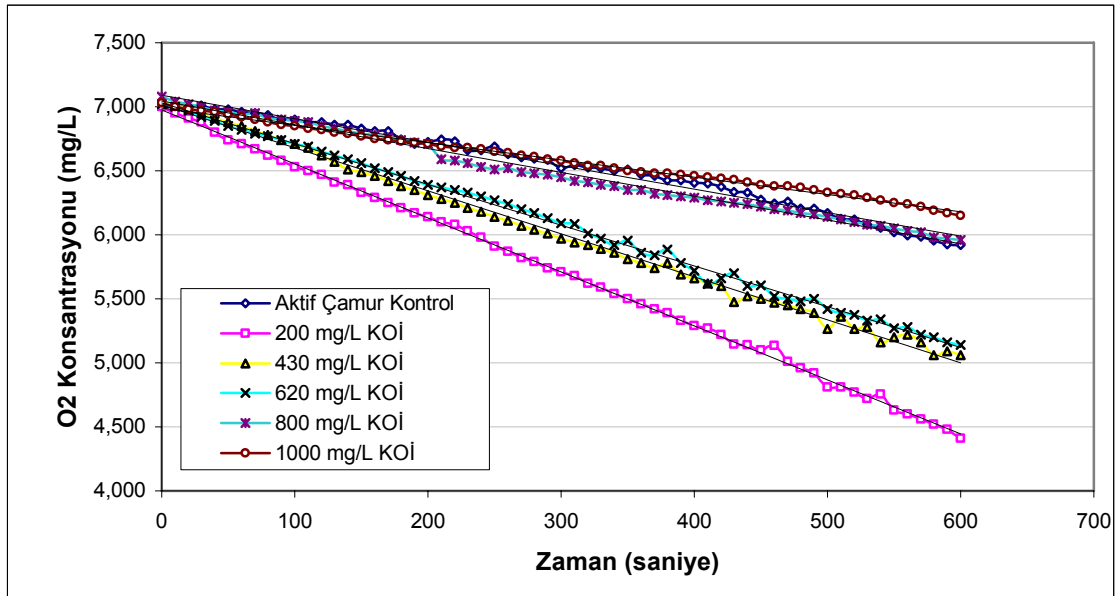
**Şekil 6.6.** Jar Test Alum (pH=7) ve Demir (III) klorür (pH=6) Dozu Optimizasyonu.

Tekstil endüstrisi atıksuyunun daha önceki çalışmalara benzer olarak KOİ'sine göre çeşitli seyrelme oranlarında (%80, %60, %40, %20 ve %0) ve 30 dakikalık temas süresi sonunda aktif çamur üzerindeki toksisitesi belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalarda öncelikle oksijen tüketim hızları (OTH) belirlenmiştir (Şekil 6.7.).

Şekil 6.7.'de çizilen grafiğin eğimlerinden hareketle her bir numune (konsantrasyon) için hesaplanan oksijen tüketim hızları (OTH) ve oksijen tüketim hızlarında meydana gelen oksijen tüketimi engelleme (inhibisyon) yüzdesi (%I) değerleri Çizelge 6.3.'te sunulmaktadır.

**Çizelge 6.3.** Kimyasal Arıtma Uygulanmış Tekstil Endüstrisi Atıksuyuyla 30 Dakikalık Havalandırma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve %I Değerleri

Seyrelme Oranları	KOİ (mg/L)	OTH (mg/L.sa <sup>-1</sup> )	I (%)
% 80	200	15,54	-139,81
% 60	430	11,94	-84,26
% 40	620	11,28	-74,07
% 20	800	6,72	-3,70
% 0 (Ham su)	1000	5,28	18,5

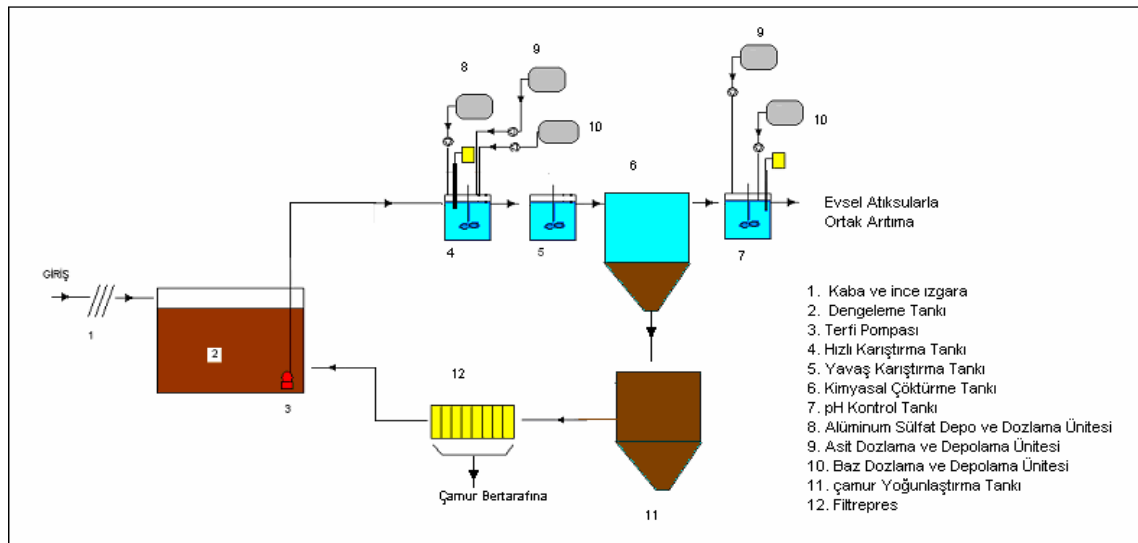


**Şekil 6.7.** Kimyasal Arıtma Uygulanmış Tekstil Endüstrisi Atıksuyunun 30 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi

Çizelge 6.3.'e göre kimyasal arıtma işlemine tabi tutulmuş, %80, %60, %40 ve %20 seyrelme uygulanmış tekstil endüstrisi atıksu numuneleriyle yapılan respirometrik ölçümler neticesinde atıksuyun aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon oluşturmadığı görülmektedir. Başka bir deyişle bu seyrelmeye sahip tekstil endüstrisi atıksu numuneleri oksijen tüketimi inhibisyon yüzdeleri (%I) negatif çıkmıştır. Bu demektir ki, bu atıksular evsel atıksularla arıtılabilir. Kimyasal arıtma işlemine tabi tutulmuş tekstil endüstrisi atıksularından yalnızca %0 seyrelme oranına sahip olan atıksu numunesinin oksijen tüketimi inhibisyon yüzdesi pozitif çıkmıştır (%18.5). Buna

göre, kimyasal arıtma işlemi uygulanmış %0 seyrelme oranına sahip tekstil endüstrisi atıksuyu aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde bir miktar toksisite yapmaktadır. Ancak bu atıksuyun da evsel atıksularla karıştırıldığında bir miktar seyrelmeye uğrayacağı, dolayısıyla toksisite etkisinin kaybolacağı düşünülmektedir. %I=0 değeri hesaplandığında kimyasal atıksu uygulanmış tekstil endüstrisi atıksuyunun KOİ değeri 879,88 mg/L olarak hesaplanmıştır. Buna göre bu ve bunun altındaki KOİ'ye sahip kimyasal arıtma uygulanmış tekstil endüstrisi atıksuları aktif çamur mikroorganizmalarının faaliyetlerini etkilememektedirler. Bu değer de %12 seyrelmeye denk gelmektedir. Ancak bahsedildiği üzere kimyasal arıtma uygulanmış tekstil endüstrisi atıksuyunun ham hali çok az miktarda toksik etki yaratmaktadır ve bu değerinde aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde çok büyük bir etki yaratmayacağı düşünülmektedir.

Bu sonuçlardan dolayı kimyasal arıtma işlemi uygulanmış tekstil atıksuyuyla yapılan respirometrik çalışmalar 30 dakika temas süresinden sonra yapılan ölçümlerle tamamlanmış ve 180 dakikalık havalandırma sonucu yapılan respirometrik ölçümlere gerek duyulmamıştır. Tüm bu sonuçlara göre, tekstil endüstrisi atıksularının direkt olarak evsel atıksularla arıtımının bir toksisiteye sebep olduğu açıktır. Bunu önlemek için öncelikle tekstil atıksularının bir fiziksel ve kimyasal ön arıtıma tabi tutulması, daha sonra evsel atıksu arıtma tesislerine verilmesinin daha uygun olacağı kanaatine varılmıştır. Tekstil endüstrisi atıksularının ön arıtımına ait akım şeması Şekil 6.8.'de verilmektedir.



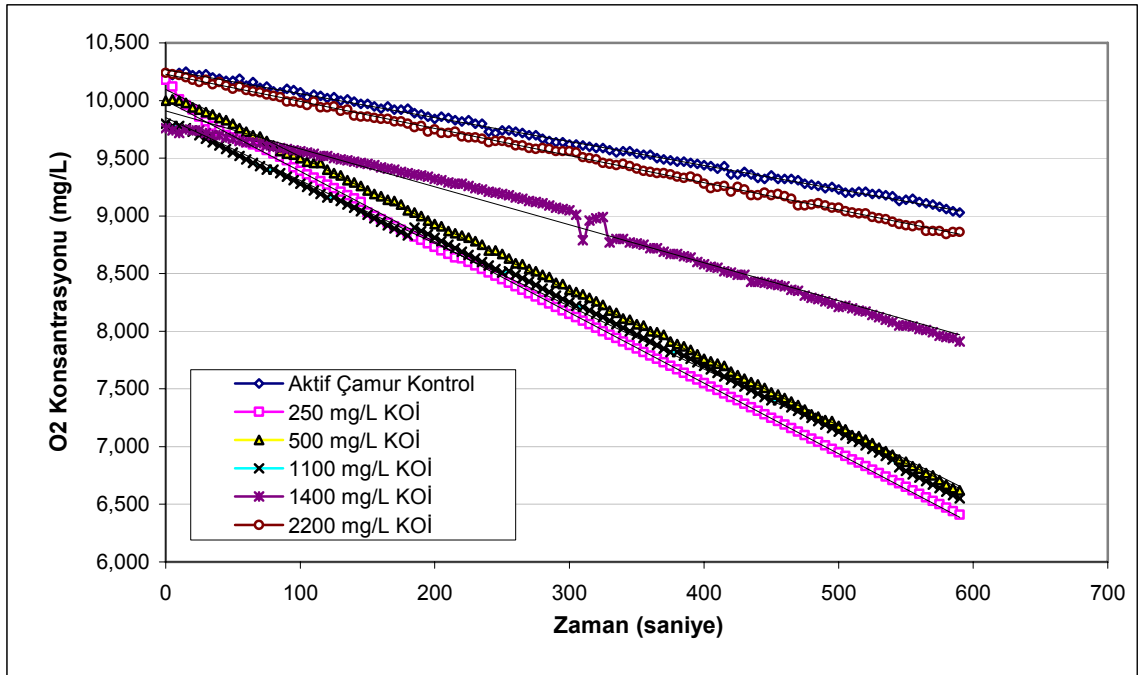
**Şekil 6.8.** Tekstil Endüstrisi Atıksuyu İçin Ön Arıtma Alternatif Akım Şeması

## 6.2. Gıda Endüstrisi Atıksuyunda Yürütülen Respirometrik Çalışmalar:

Gıda endüstrisinden kaynaklanan atıksuların aktif çamur üzerindeki toksisitesinin belirlenmesi amacıyla respirometrik çalışmalar yürütülmüştür. Bu çalışmalarda karakterizasyonu Bölüm 5 Çizelge 5.2.'de verilen atıksu kullanılmıştır.

### 6.2.1. Gıda Endüstrisi Ham Atıksuyunda Yürütülen Çalışmalar:

Gıda endüstrisi ham atıksuyunun KOİ'sine göre çeşitli seyrelme oranlarında (%90, %80, %50, %25 ve %0) aktif çamur üzerindeki toksisitesi 30 dakikalık havalandırma sonucu yapılan testlerle belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalarda öncelikle oksijen tüketim hızları (OTH) belirlenmiştir. Zamana karşı belirlenen OTH değerleri Şekil 6.9.'da verilmektedir.



**Şekil 6.9.** Gıda Endüstrisi Ham Atıksuyunun 30 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi

Şekil 6.9.'da çizilen grafiğin eğimlerinden hareketle her bir numune (konsantrasyon) için hesaplanan oksijen tüketim hızları (OTH) ve oksijen tüketim



hızlarında meydana gelen oksijen tüketimi inhibisyon yüzdesi (%I) değerleri Çizelge 6.4.'te sunulmaktadır.

**Çizelge 6.4.** Gıda Endüstrisi Ham Atıksuyuyla 30 Dakikalık Havalandırma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve %I Değerleri

Seyrelme Oranları	KOİ (mg/L)	OTH (mg/L.sa <sup>-1</sup> )	I (%)
% 90	250	19,5	-225,0
% 80	500	22,62	-191,38
% 50	1100	20,28	-180,17
% 25	1400	11,10	-59,48
% 0 (Ham su)	2200	8,28	-18,97

Çizelge 6.4.'e göre %90, %80, %50, %25 ve %0 oranlarında seyrelme uygulanmış ve 30 dakika temas süresi sonunda teste tabi tutulmuş gıda endüstrisi ham atıksuyu numuneleriyle yapılan respirometrik ölçümler neticesinde atıksuyun aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon oluşturmadığı görülmektedir. Başka bir deyişle bu seyrelme oranlarına sahip gıda endüstrisi ham atıksu numuneleri oksijen tüketimi inhibisyon yüzdeleri (%I) negatif çıkmıştır. Bu demektir ki, bu atıksular evsel atıksularla arıtılabilir.

Gıda endüstrisi atıksuyuyla 30 dakikalık temas süresi sonunda yapılan respirometrik ölçümler neticesinde, bu atıksuyun aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon etkisi yaratmadığı görüldüğünden gıda endüstrisi atıksuyuyla başka herhangi bir respirometrik deney yapılmasına gerek duyulmamıştır. Elde edilen sonuçlara göre, gıda endüstrisi atıksuları evsel atıksularla arıtılabilir denilebilir.

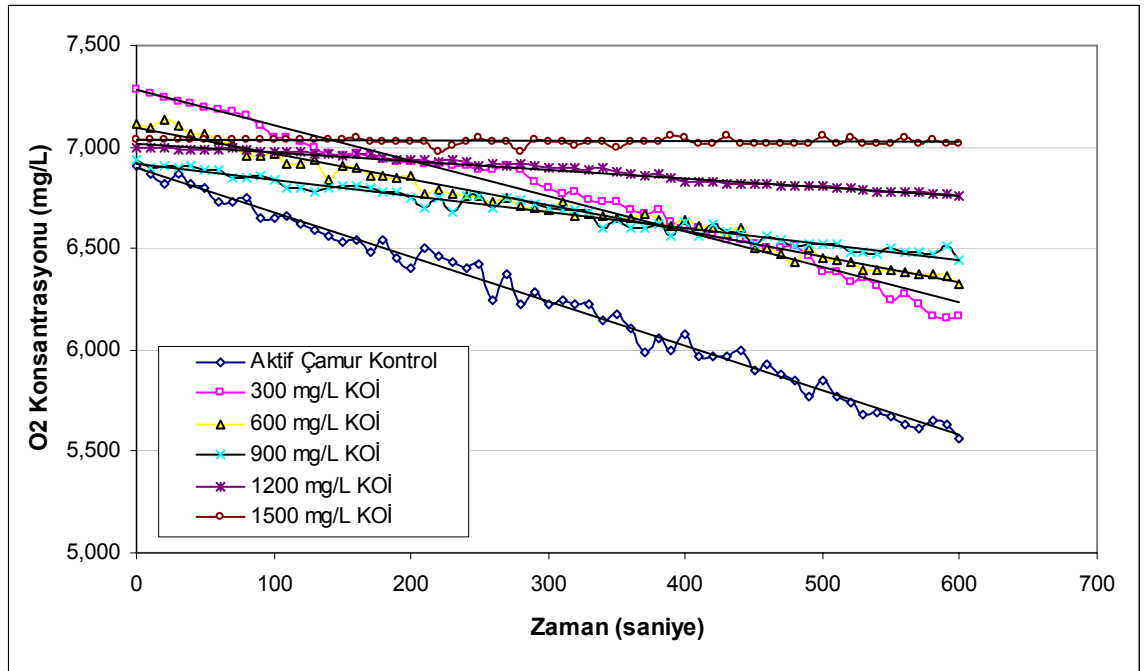
Diğer bir ifadeyle, bu sanayiden kaynaklanan atıksuların, temel bir fiziksel arıtımın ardından kanalizasyona ve buradan da evsel atıksuların arıtıldığı bir atıksu arıtma tesisine verilebileceği sonucuna varılabilir.

### 6.3. Deri Endüstrisi Atıksuyunda Yürütülen Respirometrik Çalışmalar:

Deri endüstrisinden kaynaklanan atıksuların aktif çamur üzerindeki inhibisyonunun belirlenmesi amacıyla respirometrik çalışmalar yürütülmüştür. Bu çalışmalarda karakterizasyonu Bölüm 5 Çizelge 5.3.'te verilen atıksu kullanılmıştır.

#### 6.3.1. Deri Endüstrisi Ham Atıksuyuyla Yürütülen Çalışmalar:

Başlangıçta deri endüstrisi ham atıksuyunun çeşitli seyrelme oranlarında (%95, %90, %85, %80 ve %75) aktif çamur üzerindeki toksisitesi 30 dakikalık havalandırma sonucu yapılan testlerle belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalarda öncelikle oksijen tüketim hızları (OTH) belirlenmiştir. Zamana karşı belirlenen OTH değerleri Şekil 6.10.'da verilmektedir. Durumun daha açık anlaşılabilmesi için çizilen grafiğin eğimlerinden hareketle her bir numune (konsantrasyon) için hesaplanan oksijen tüketim hızları (OTH) ve oksijen tüketim hızlarında meydana gelen oksijen tüketimi engelleme (inhibisyon) yüzdesi (%I) değerleri ise Çizelge 6.5.'de sunulmaktadır.

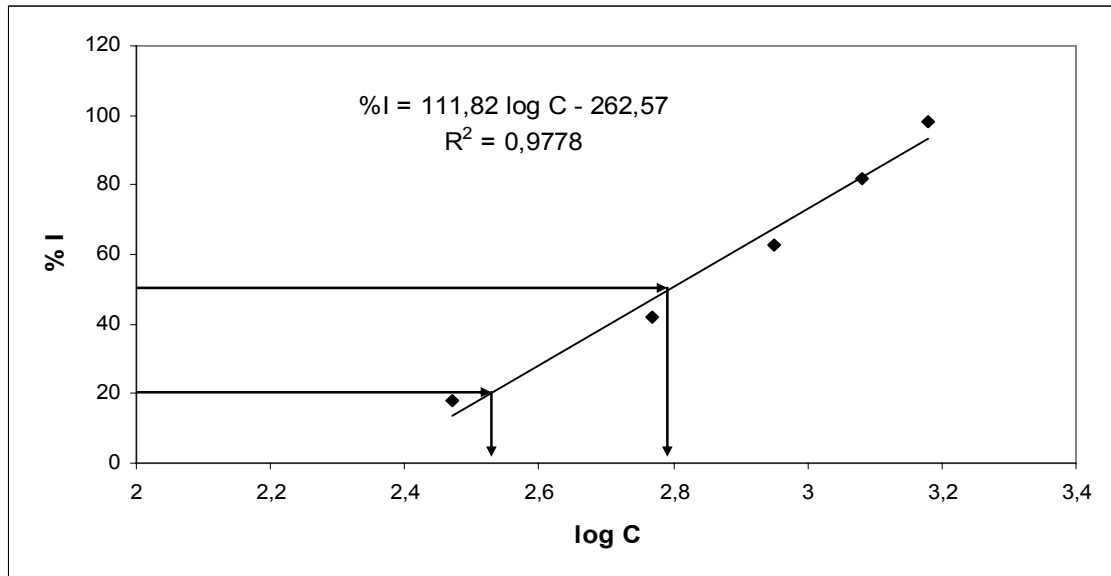


**Şekil 6.10.** Deri Endüstrisi Ham Atıksuyunun 30 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi

**Çizelge 6.5.** Deri Endüstrisi Ham Atıksuyuyla 30 Dakikalık Havalandırma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve %I Değerleri

Seyrelme Oranları	KOİ (mg/L)	OTH (mg/L.sa <sup>-1</sup> )	I (%)
% 95	300	6,66	17,78
% 90	600	4,70	41,98
% 85	900	3,00	62,96
% 80	1200	1,44	82,22
% 75	1500	0,12	98,52

Çizelge 6.5.'ten görüleceği üzere deri endüstrisi atıksuyu aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde oldukça yüksek bir toksik etki yapmaktadır. %95 oranında seyrelmiş deri endüstrisi atıksuyunun bile aktif çamur mikroorganizmaları üzerindeki inhibisyon yüzdesi %17,78'dir ki bu değer oldukça yüksektir. Çizelge 6.5.'ten hareketle elde edilen OTH değerlerinden yola çıkılarak hesaplanan inhibisyon yüzdeleri grafiğe aktararak (Şekil 6.11.) deri endüstrisi ham atıksuları için EC50, EC20 ve %I=0 değerleri hesaplanmıştır.



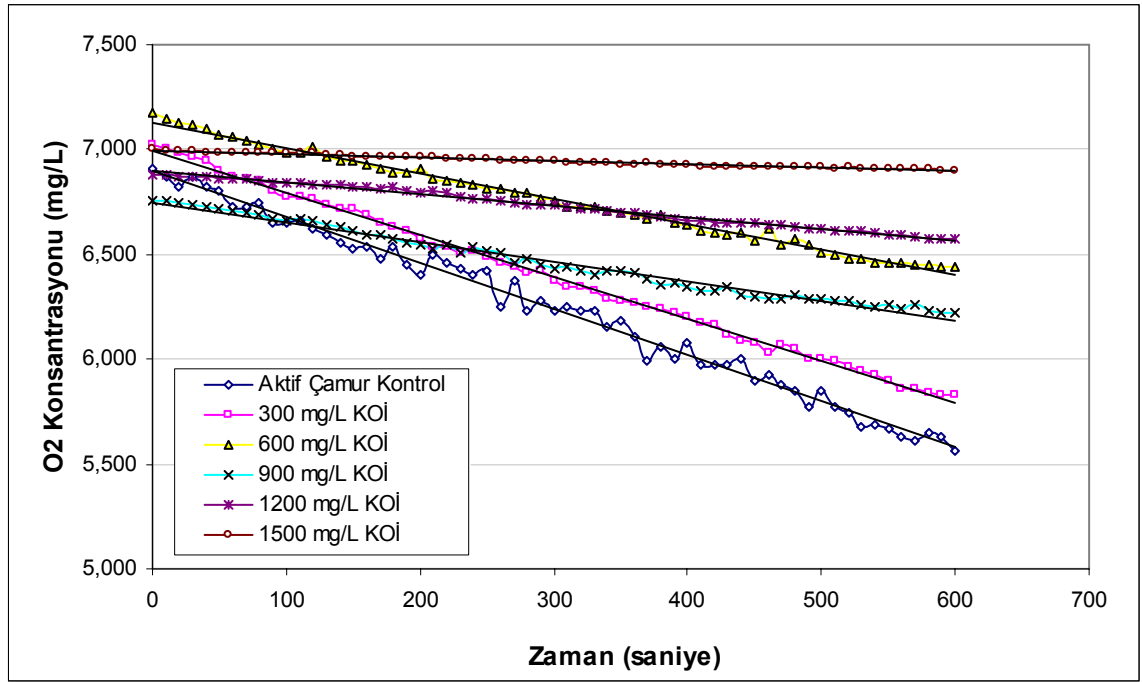
**Şekil 6.11.** 30 Dakikalık Havalandırma Sonrasında Gerçekleştirilen Test Sonucu Elde Edilen Deri Endüstrisi Ham Atıksuyu Numuneleri İçin logC Değerlerine Karşı Çizilen I (%) Grafiği

Şekil 6.11.'de verilen %I grafiğinden yola çıkılarak %I = 50 değerine karşı gelen logC değeri 2.795'tir. Buna göre 624,16 mg/L KOİ'ye sahip deri endüstrisi ham atıksuyunun aktif çamur mikroorganizmalarını %50 oranda inhibe ettiği söylenebilmektedir. Bir diğer ifadeyle %89 seyrelme oranına sahip deri endüstrisi ham atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını %50 oranda inhibe etmektedir (EC50 = %89 seyrelmiş atıksu). %I= 20 değerine karşılık gelen logC değeri ise 2,527'dir. Buna göre 336,52 mg/L KOİ'ye sahip atıksuyun aktif çamur mikroorganizmalarını %20 oranda inhibe etmektedir. Başka bir ifadeyle %94 seyrelme oranındaki deri endüstrisi ham atıksuları aktif çamur mikroorganizmalarını %20 oranında inhibe etmektedir (EC20= %94 seyrelmiş atıksu). %I=0 değerine karşılık gelen logC değeri enterpolasyonla 2,348 olarak hesaplanmıştır. Buna göre 222,84 mg/L KOİ'ye sahip atıksu aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmemektedir. Başka bir deyişle 222,84 mg/L KOİ'ye sahip deri endüstrisi ham atıksuyu evsel atıksuyu gibi düşünülebilir. Yani aktif çamur mikroorganizmaları 222,84 mg/L KOİ'ye sahip deri endüstrisi ham atıksuyunu artırırken evsel atıksuyuyla aynı hızda oksijen tüketmektedir. Diğer bir ifadeyle %96 seyrelme oranındaki deri endüstrisi ham atıksuyu aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon etkisi yaratmamaktadır.

ISO 8192 metoduna göre 30 dakikalık temas süresi sonunda yapılan inhibisyon testleri yetersiz görüldüğü takdirde daha uzun temas sürelerinde inhibisyonun incelenebileceği belirtildiğinden deri endüstrisi ham atıksuyu 180 dakikalık temas süresi sonunda tekrar inhibisyon testine tabi tutulmuştur. Bu testten elde edilen oksijen tüketim hızları (OTH) Şekil 6.12.'de görülmektedir. Bu verilerden elde edilen OTH değerleri de Çizelge 6.6.'da sunulmuştur.

**Çizelge 6.6.** Deri Endüstrisi Ham Atıksuyuyla 180 Dakikalık Havalandırma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve %I Değerleri

Seyrelme Oranları	KOİ (mg/L)	OTH (mg/L.sa <sup>-1</sup> )	I (%)
% 95	300	7,14	11,85
% 90	600	4,44	45,19
% 85	900	3,24	60,00
% 80	1200	1,86	77,04
% 75	1500	0,6	92,59

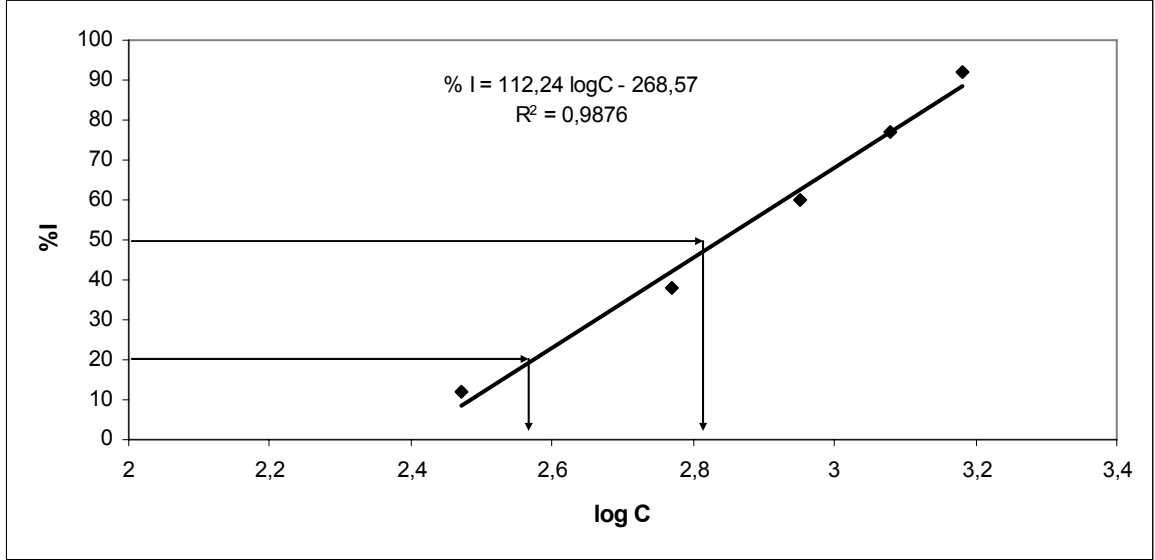


**Şekil 6.12.** Deri Endüstrisi Ham Atıksuyunun 180 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi

Çizelge 6.6. ile Çizelge 6.5. kıyaslandığında 30 dakikalık temas süresi yapılan respirometrik ölçüm sonuçlarıyla 180 dakikalık temas süresi sonunda yapılan respirometrik ölçüm sonuçlarından elde edilen %I değerlerinin hemen hemen aynı olduğu gözlemlenmektedir. Dolayısıyla deri endüstrisi ham atıksularının aktif çamur mikroorganizmaları üzerindeki toksik etkisinin oldukça yüksek olduğu açıkça görülebilmektedir. Çizelge 6.6.'dan yararlanılarak deri endüstrisi ham atıksularıyla yapılan 180 dakikalık temas süresi sonunda yapılan respirometrik ölçümler sonucu çizilen grafik Şekil 6.13.'te sunulmuştur.

Şekil 6.13.'te verilen %I grafiğine göre %I = 50 değerine karşı gelen logC değeri 2,838'dir. Buna göre 689,12 mg/L KOİ değerine sahip deri endüstrisi ham atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını %50 oranında inhibe etmektedir. Diğer bir ifadeyle %88 seyrelme oranındaki deri endüstrisi ham atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını %50 oranda inhibe etmektedir (EC50= %88 seyrelmiş atıksu). %I= 20 değerine karşılık gelen logC değeri ise 2,571'dir. Buna göre 372,40 mg/L KOİ'ye sahip deri endüstrisi ham atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını %20 oranda inhibe etmektedir. Bu demektir ki, %93,6 seyrelme oranındaki deri endüstrisi

ham atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını %20 oranında inhibe etmektedir (EC20= %93,6 seyrelmiş atıksu).



**Şekil 6.13.** 180 Dakikalık Havalandırma Sonrasında Gerçekleştirilen Test Sonucu Elde Edilen Deri Endüstrisi Ham Atıksuyu Numuneleri İçin log C Değerlerine Karşı Çizilen I (%) Grafiği

%I=0 değerine karşılık gelen logC değeri enterpolasyonla 2,393 olarak hesaplanmıştır. Buna göre 247,17 mg/L KOİ'ye sahip atıksu aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmemektedir. Başka bir deyişle 247,17 mg/L KOİ'ye sahip deri endüstrisi ham atıksuyu evsel atıksuyu gibi düşünülebilir. Yani aktif çamur mikroorganizmaları 247,17 mg/L KOİ'ye sahip deri endüstrisi ham atıksuyunu artırırken evsel atıksuyuyla aynı hızda oksijen tüketmektedir. Diğer bir ifadeyle %95,88 seyrelme oranındaki deri endüstrisi ham atıksuyu aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon etkisi yaratmamaktadır.

Temas süresinin 30 dakikadan 180 dakikaya çıkarılması, başka bir ifadeyle deri endüstrisi ham atıksuyuyla aktif çamur mikroorganizmalarının daha uzun süre temas ettirilmesi atıksu bünyesinde bulunan kirliliklerin ayrışması üzerinde çok büyük bir değişiklik yapmamıştır. Aynı şekilde atıksuyun aktif çamur mikroorganizmaları üzerindeki inhibisyon oranlarının da bu sürede çok fazla değişmediği gözlenmiştir.

Tüm bu sonuçlara göre hiçbir arıtma işlemi uygulanmamış deri endüstrisi atıksuyla yapılan respirometrik denemeler neticesinde atıksuyun aktif çamur üzerinde

inhibisyon oluşturduğu açıkça tespit edilmiştir. Deri endüstrisi atıksuyunun aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon yaratmaması için ancak ortalama %96 oranında seyreltilmesi gerekmektedir ki bu da oldukça yüksek bir değerdir. Bu doğrultuda deri endüstrisi atıksularının herhangi bir ön işleme tabi tutulmaksızın evsel atıksularla beraber arıtılabilirliğinin uygun olmadığı kanısına varılmıştır.

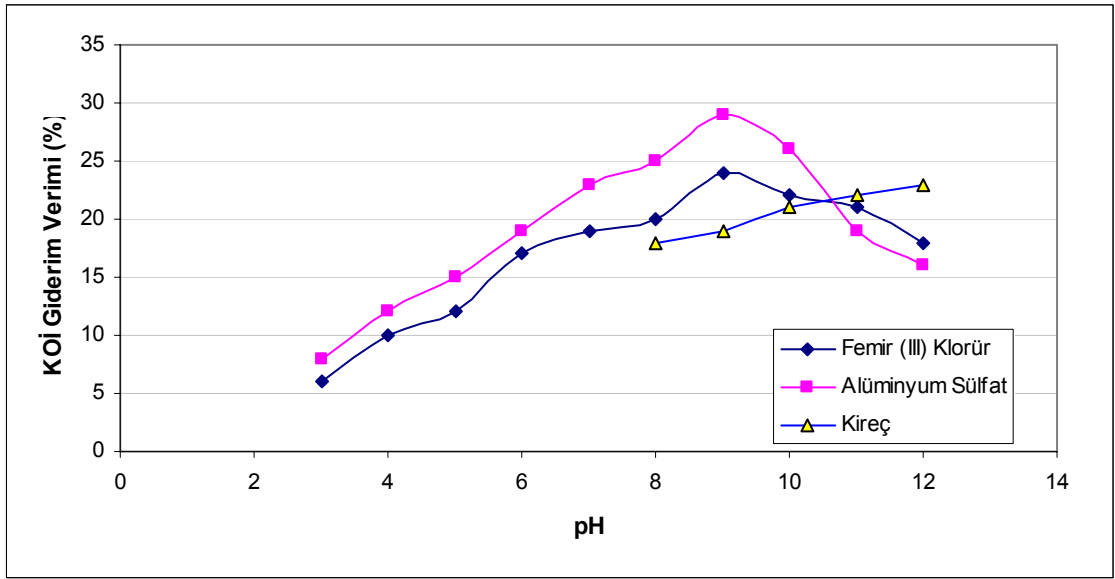
Bu nedenle deri endüstrisi atıksuyu üzerinde çeşitli arıtma işlemleri uygulanmış ve bu uygulamalar neticesinde elde edilen atıksularla benzer respirometrik denemeler yürütülmüştür.

### **6.3.2. Kimyasal Arıtma Uygulanmış Deri Endüstrisi Atıksuyunda Yürütülen Çalışmalar:**

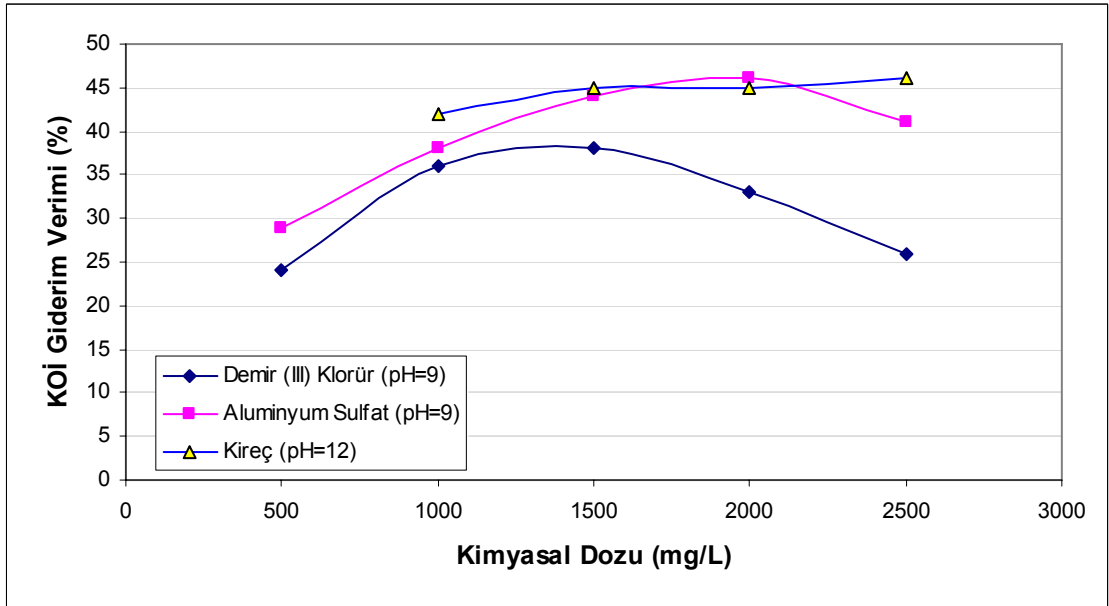
Yapılan kimyasal arıtılabilirlik denemelerinde alüminyum sülfat ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ), demir (III) klorür ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ve kireç ( $\text{CaCO}_3$ ) kullanılarak kimyasal arıtılabilirlik çalışmaları yapılmıştır. Bu işlemin ardından da atıksuların respirometrik ölçümleri yapılmıştır.

Bu amaçla öncelikli olarak jar testin optimum pH'ı belirlenmiş, ardından da optimum koagülant dozu belirlenmeye çalışılmıştır. pH optimizasyonunun belirlenmesi amacıyla atıksu numuneleri 0,1 N  $\text{H}_2\text{SO}_4$  veya 0,1 N NaOH kullanılarak 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12 pH değerlerine ayarlanmıştır. pH değeri ayarlanan deri endüstrisi atıksuları 100 mg/L alum, demir (III) klorür ve kireç dozu eşliğinde jar teste tabi tutulmuşlardır. Yapılan jar test denemelerinde 1 L'lik numunelerde hızlı karıştırma işlemi 3 dakika, yavaş karıştırma işlemi 15 dakika ve çökeltme işlemi de en az 1 saat olacak şekilde tüm testlerde eşit olarak uygulanmıştır. Yapılan pH optimizasyonu sonucu Alum için pH=9 değeri, demir (III) klorür için pH=9 ve kireç için pH = 12 değerleri optimum pH olarak belirlenmiştir (Şekil 6.14.). Bir sonraki kademedede de optimum pH değeri sabit tutularak kimyasal madde dozları optimize edilmiştir (Şekil 6.15.).

Yapılan kimyasal arıtılabilirlik çalışmaları neticesinde alumun 2000 mg/L'lik doz eşliğinde ve pH=9 değerinde KOİ'yi %46 giderilebildiği, demir (III) klorürün 1500 mg/L doz eşliğinde KOİ'yi %38 giderebildiği, kirecin ise 2500 mg/L'lik doz eşliğinde ve pH=12 değerinde KOİ'yi yine %46 giderebildiği belirlenmiştir.



**Şekil 6.14.** Jar Test Denemelerinde Elde Edilen pH Optimizasyon Sonuçları  
( $C_{\text{alum}}$ , demir (III) klorür, kireç = 100 mg/L)

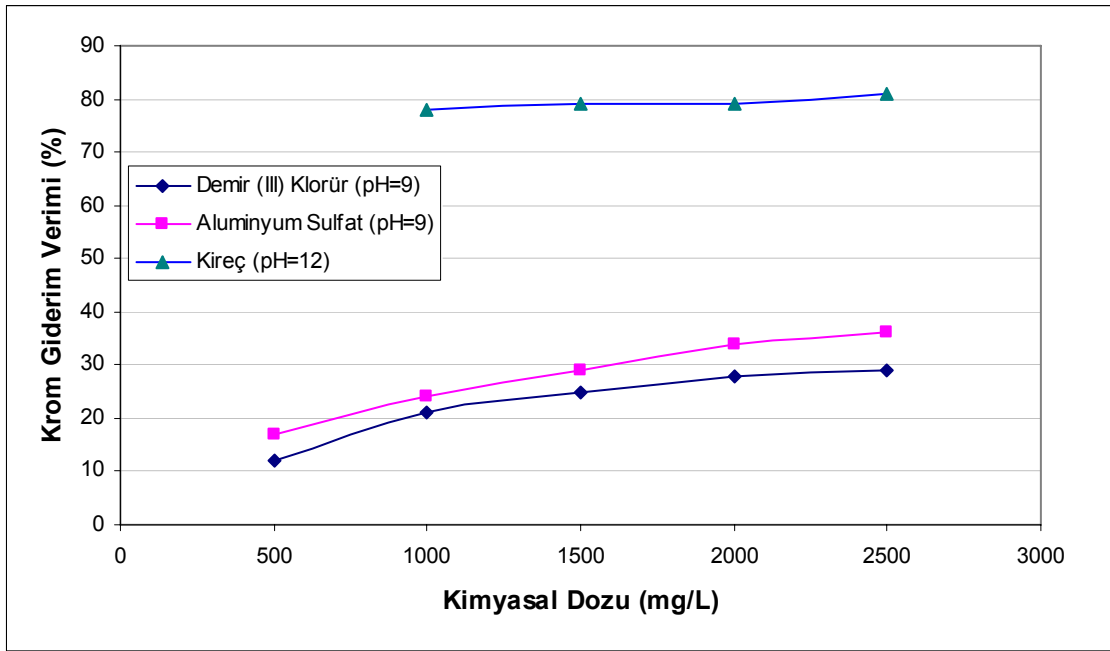


**Şekil 6.15.** Jar Test Alum (pH=9), Demir (III) klorür (pH=9) ve Kireç (pH=12) Dozu Optimizasyonu.

Deri endüstrisi atıksuyunda KOİ giderim veriminin yanında en önemli etkenlerden biri de kromun giderilmesidir. Çünkü deri endüstrisi atıksularındaki en büyük problem yaratan maddelerden biri kromdur. Bu nedenle kullanılan koagülanlarla kromun giderim verimine de bakılmıştır. Koagülanlarla belirlenen optimum dozlar eşliğinde yapılan krom giderim verimlerinin grafiği Şekil 6.16.'da verilmektedir.

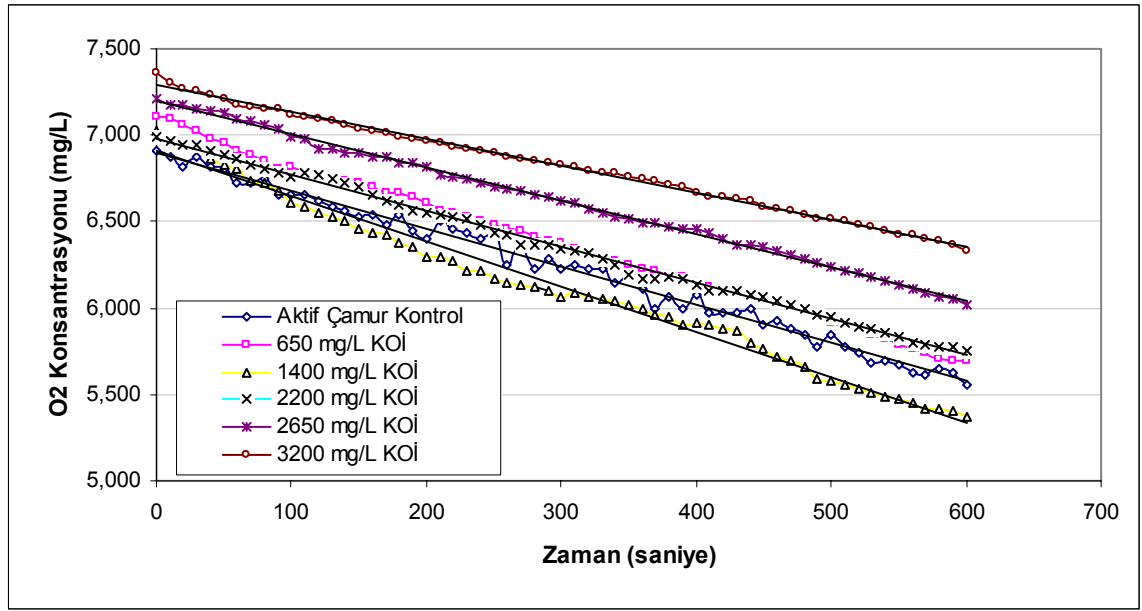


Şekil 6.16.'ya göre alumun krom giderim verimi hayli düşüktür (2500 mg/L doz eşliğinde %36). Demir (III) klorürün krom giderim verimi ise alumdan da düşüktür (2500 mg/L doz eşliğinde %29). Kireçin krom giderim verimi ise oldukça yüksektir (2500 mg/L doz eşliğinde %81). Kireçin krom giderim veriminin bu kadar yüksek olmasının sebebi kireçin kromu  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  olarak çöktürerek atıksudan uzaklaştırabilmesi özelliğidir. Respirometrik denemelerde kullanılmak üzere 10 L hacimde atıksu üzerinde 2500 mg/L kireç dozu eşliğinde jar test uygulanmış ve buradan elde edilen atıksularla respirometrik denemeler yürütülmüştür.



Şekil 6.16. Krom Giderim Verimleri Grafiği (Alum (pH=9), Demir (III) klorür (pH=9) ve Kireç (pH=12))

Deri endüstrisi atıksuyunun KOİ'ye göre çeşitli seyrelme oranlarında (%80, %60, %30, %20 ve %0) ve 30 dakikalık temas süresi sonunda aktif çamur üzerindeki inhibisyonu belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalarda, öncelikle oksijen tüketim hızları (OTH) belirlenmiştir (Şekil 6.17.). Bu verilerden elde edilen OTH değerleri ise Çizelge 6.7.'de verilmiştir.

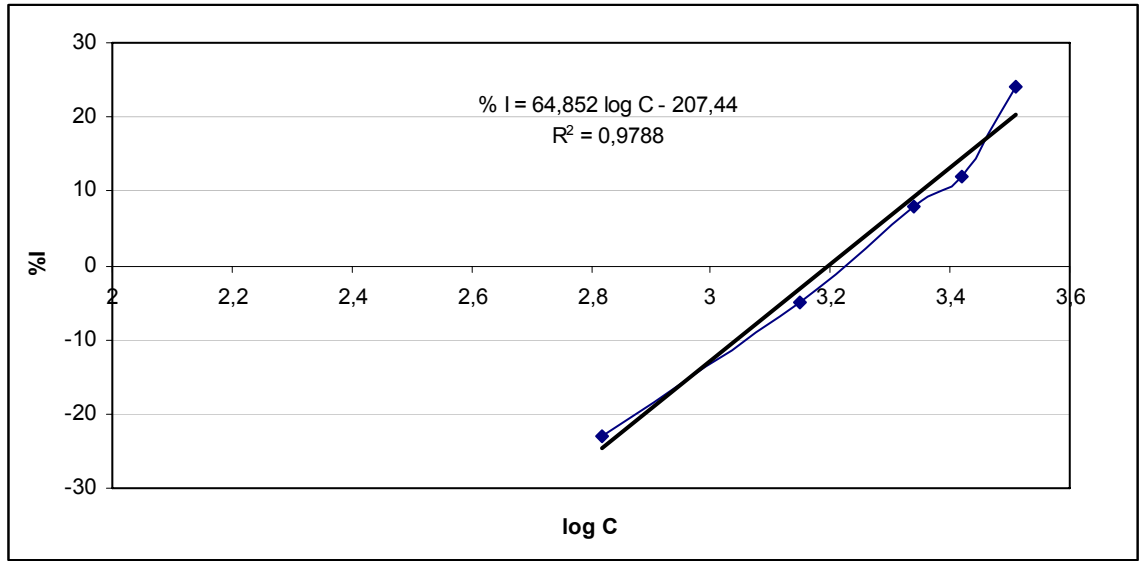


**Şekil 6.17.** Kimyasal Arıtma Uygulanmış Deri Endüstrisi Atıksuyunun 30 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi

**Çizelge 6.7.** Kimyasal Arıtma Uygulanmış Deri Endüstrisi Atıksuyuyla 30 Dakikalık Havalandırma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve %I Değerleri

Seyrelme Oranları	KOİ (mg/L)	OTH (mg/L.sa <sup>-1</sup> )	I (%)
% 80	650	10,44	-28,89
% 60	1400	9,96	-22,96
% 30	2200	8,52	-5,19
% 20	2650	7,44	8,15
% 0 (Ham su)	3200	6,18	23,70

Çizelge 6.7.'den yararlanılarak kimyasal arıtma uygulanmış deri endüstrisi atıksuyuyla 30 dakikalık temas süresi sonunda yapılan respirometrik ölçümlerden elde edilen logC- % I grafiği Şekil 6.18.'de verilmektedir.



**Şekil 6.18.** 30 Dakikalık Havalandırma Sonrasında Gerçekleştirilen Test Sonucu Elde Edilen Kimyasal Arıtma Uygulanmış Deri Endüstrisi Atıksuyu Numuneleri İçin log C Değerlerine Karşı Çizilen I (%) Grafiği

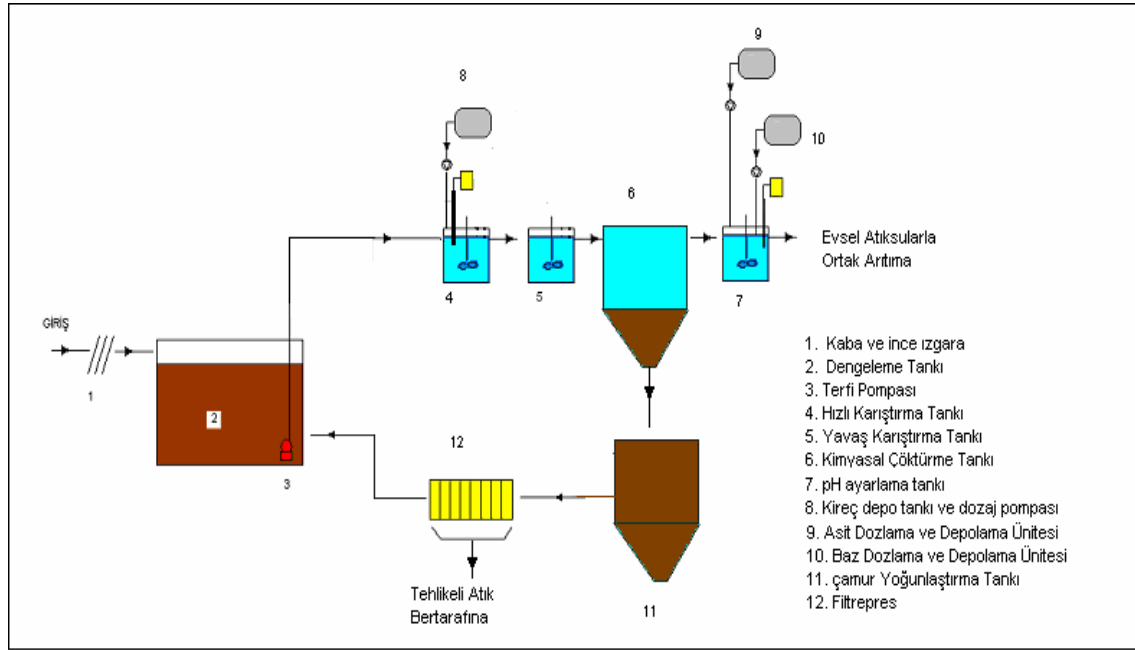
Elde edilen OTH değerleri ve bu değerlerden hesaplanan inhibisyon yüzdeleri incelendiğinde, %80, %60 ve %30 seyrelme oranlarına sahip kimyasal arıtma uygulanmış deri endüstrisi atıksuyunun aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon etkisinin olmadığı görülmektedir. Ancak %20 ve %0 seyrelme oranlarına sahip kimyasal arıtma uygulanmış deri endüstrisi atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmektedir. (%20 seyrelme oranında sahip atıksu için %I= %8,15, %0 seyrelme oranına sahip atıksu için %I = %23,7).

Tüm bu sonuçlara göre deri endüstrisi atıksuları kimyasal arıtma uygulansa da belirli seyrelme oranları sağlanmadıkça, aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon etkisi yaratmaktadır. Bunun en büyük nedeninin deri endüstrisi atıksuyunda bulunan krom olduğu düşünülmektedir. Kireçle birlikte deri endüstrisi atıksuyundaki kromun büyük bir kısmı çöktürmeyle uzaklaştırılsa bile çöktürmeyle uzaklaştırılamayan krom, aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde bir miktar toksisite yapmaktadır.

Deri endüstrisi atıksularının kimyasal arıtma uygulansa bile bir toksisiteye sahip olduğu açıktır. Bu nedenle deri endüstrisi atıksularının evsel atıksularla bertarafı söz konusuysa öncelikle deri endüstrisi atıksularının mutlak olarak bir kimyasal arıtma işlemine tabi tutulması; ardından da bu endüstriden kaynaklanan atıksuların evsel atıksulara olan hacimsel oranına dikkat edilmesi gerekmektedir. Eğer bu atıksuların

evsel atıksulara verilen atıksular içerisinde hacimsel oranları yüksekse inhibisyon etkisinin olmaması için kimyasal arıtma uygulandıktan sonra bile belli oranlarda seyreltilerek evsel atıksularla karıştırılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

Deri endüstrisi atıksularına uygulanacak ön arıtımla ilgili akım şeması Şekil 6.19.'da verilmektedir.



Şekil 6.19. Deri Endüstrisi Atıksuları İçin Ön Arıtma Alternatifi Akım Şeması

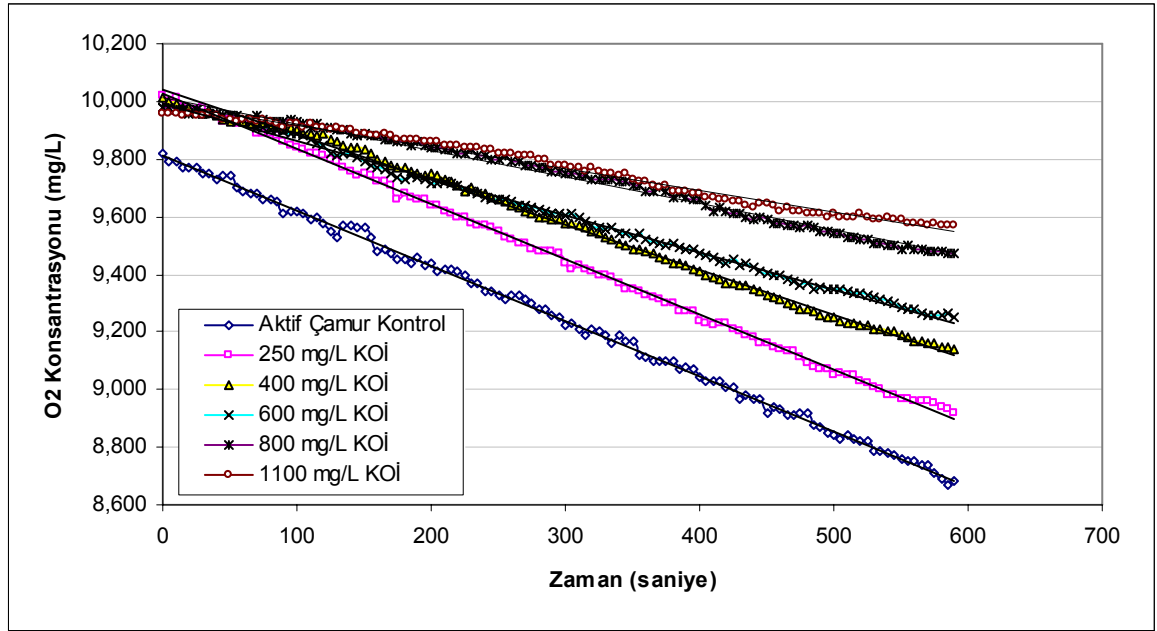
#### 6.4. Otomotiv Endüstrisi Atıksuyunda Yürütülen Respirometrik Çalışmalar:

Otomotiv endüstrisinden kaynaklanan atıksuların aktif çamur üzerindeki toksisitesinin belirlenmesi amacıyla respirometrik çalışmalar yürütülmüştür. Bu çalışmalarda karakterizasyonu Bölüm 5 Çizelge 5.4.'de verilen atıksu kullanılmıştır.

##### 6.4.1. Otomotiv Endüstrisi Ham Atıksuyunda Yürütülen Çalışmalar:

İlk olarak otomotiv endüstrisi ham atıksuyunun KOİ'sine göre çeşitli seyrelme oranlarında (%80, %60, %40, %20 ve %) aktif çamur üzerindeki toksisitesi 30 dakikalık havalandırma sonucu yapılan testlerle belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan

deneysel çalışmalarda öncelikle oksijen tüketim hızları (OTH) belirlenmiştir. Zamana karşı belirlenen OTH değerleri Şekil 6.20.'de verilmektedir.



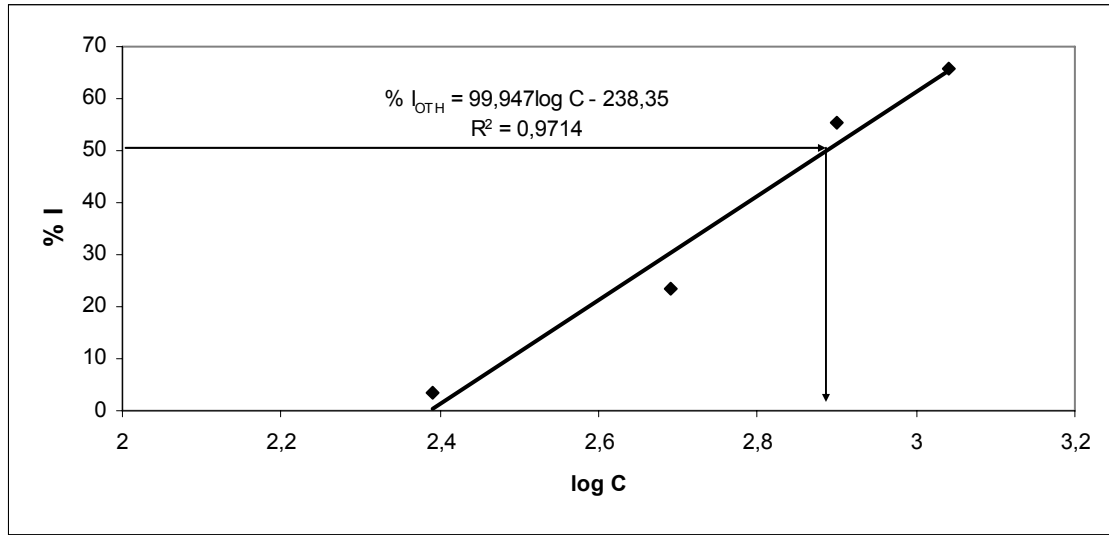
**Şekil 6.20.** Otomotiv Endüstrisi Ham Atıksuyununun 30 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi

Şekil 6.20.'de görüldüğü üzere aktif çamurun oksijen tüketimi daha yüksek seyretmektedir. Otomotiv sanayi ham atıksuyununun seyrelme oranı düştükçe ise atıksu inhibisyon etkisi yapmaktadır. Durumun daha açık anlaşılabilmesi için çizilen grafiğin eğimlerinden hareketle her bir numune (konsantrasyon) için hesaplanan oksijen tüketim hızları (OTH) ve oksijen tüketim hızlarında meydana gelen oksijen tüketimi engelleme (inhibisyon) yüzdesi (%I) değerleri Çizelge 6.8.'de sunulmaktadır.

Çizelge 6.8.'den hareketle elde edilen OTH değerlerinden yola çıkılarak hesaplanan inhibisyon yüzdeleri grafiğe aktarılarak (Şekil 6.21.) EC50, EC20 ve %I=0 değerleri hesaplanmıştır.

**Çizelge 6.8.** Otomotiv Endüstrisi Ham Atıksuyuyla 30 Dakikalık Havalandırma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve %I Değerleri

Seyrelme Oranları	KOİ (mg/L)	OTH (mg/L.sa <sup>-1</sup> )	I (%)
% 80	250	6,6	3,51
% 60	400	5,22	23,68
% 40	600	4,38	35,96
% 20	800	3,06	55,26
% 0 (Ham su)	1100	2,34	65,79

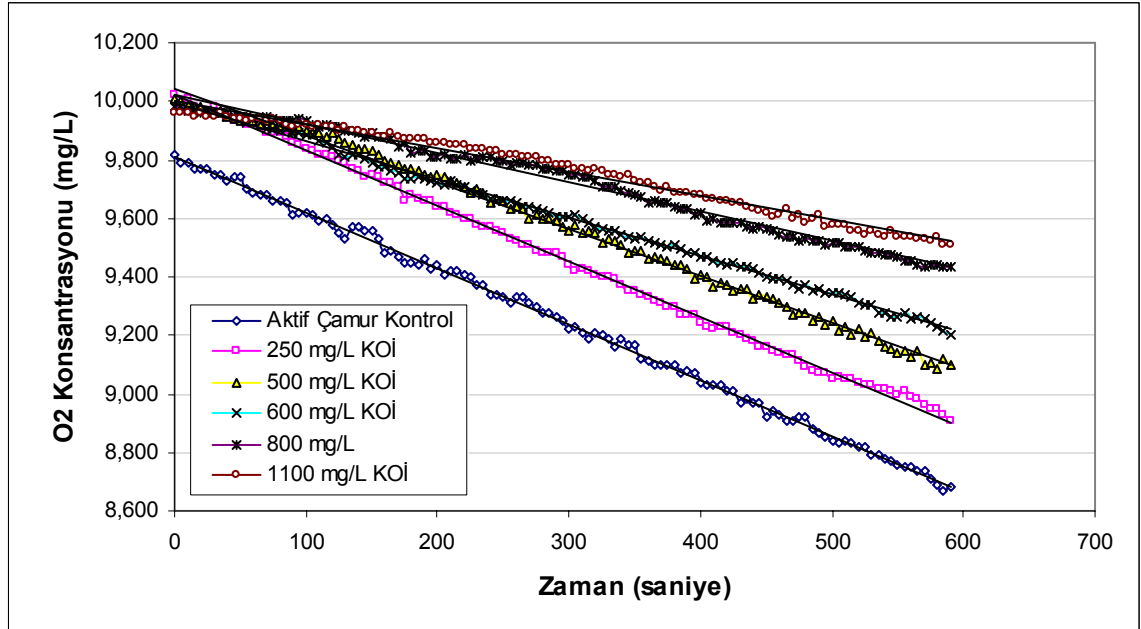


**Şekil 6.21.** 30 Dakikalık Havalandırma Sonrasında Gerçekleştirilen Test Sonucu Elde Edilen Otomotiv Endüstrisi Ham Atıksuyu Numuneleri İçin logC Değerlerine Karşı Çizilen I (%) Grafiği

Şekil 6.21.'de verilen %I grafiğinden yola çıkılarak %I = 50 değerine karşı gelen logC değeri 2,885'tir. Buna göre 767,41 mg/L KOİ'ye sahip atıksuyun aktif çamur mikroorganizmalarını %50 oranda inhibe ettiği söylenebilmektedir. Bir diğer ifadeyle %30 seyrelme oranındaki otomotiv endüstrisi ham atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını %50 oranda inhibe etmektedir (EC50= %30 seyrelmiş atıksu). %I= 20 değerine karşılık gelen logC değeri ise 2,584'tür. Buna göre 384,48 mg/L KOİ'ye sahip atıksuyun aktif çamur mikroorganizmalarını %20 oranda inhibe etmektedir. Başka bir ifadeyle %65 seyrelme oranındaki otomotiv endüstrisi ham atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını %20 oranında inhibe etmektedir

(EC20= %65 seyrelmiş atıksu). %I=0 değerine karşılık gelen logC değeri enterpolasyonla 2,383 olarak hesaplanmıştır. Buna göre 241,55 mg/L KOİ'ye sahip atıksu aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmemektedir. Başka bir deyişle 241,55 mg/L KOİ'ye sahip otomotiv endüstrisi ham atıksuyu evsel atıksuyu gibi düşünülebilir. Yani aktif çamur mikroorganizmaları 241,55 mg/L KOİ'ye sahip otomotiv endüstrisi ham atıksuyunu arıtırken evsel atıksuyuyla aynı hızda oksijen tüketmektedir. Diğer bir ifadeyle otomotiv endüstrisi ham atıksuyunun aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmemesi ya da faaliyetlerinde herhangi bir değişiklik yaratmaması için %81 oranında seyreltilmesi gerekmektedir.

ISO 8192 metoduna göre 30 dakikalık temas süresi sonunda yapılan inhibisyon testleri yetersiz görüldüğü takdirde daha uzun kuluçka sürelerinde inhibisyonun incelenebileceği belirtilmektedir. Bu noktadan yola çıkılarak otomotiv endüstrisi ham atıksuyu 180 dakikalık temas süresi sonunda tekrar inhibisyon testine tabi tutulmuştur. Bu testten elde edilen oksijen tüketim hızları (OTH) Şekil 6.22.'de görülmektedir. Bu verilerden elde edilen OTH değerleri de Çizelge 6.9.'da sunulmuştur.

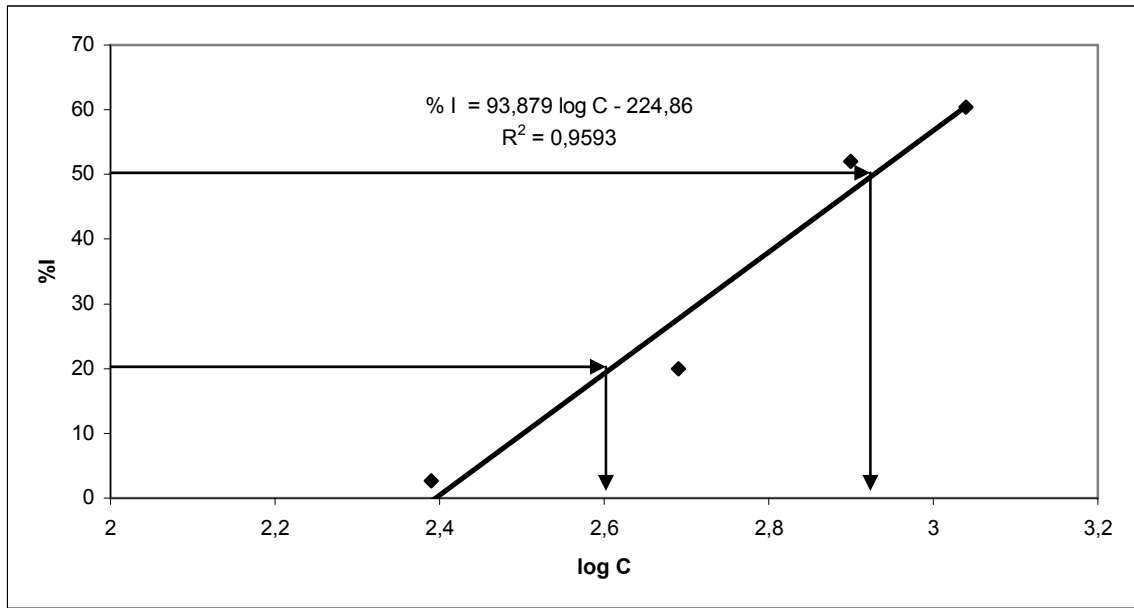


**Şekil 6.22.** Otomotiv Endüstrisi Ham Atıksuyunun 180 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi

**Çizelge 6.9.** Otomotiv Endüstrisi Ham Atıksuyunun 180 Dakikalık Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve %I Değerleri

Seyrelme Oranları	KOİ (mg/L)	OTH (mg/L.sa <sup>-1</sup> )	I (%)
% 80	250	6,66	2,63
% 60	500	5,47	20,01
% 40	600	4,68	31,58
% 20	800	3,28	52,05
% 0 (Ham su)	1100	2,71	60,38

Otomotiv endüstrisi ham atıksuyuyla yapılan 180 dakikalık test sonucunda elde edilen OTH değerlerine göre hesaplanan %I değerleri Şekil 6.23.'te sunulmuştur.



**Şekil 6.23.** 180 Dakikalık Havalandırma Sonrasında Gerçekleştirilen Test Sonucu Elde Edilen Otomotiv Endüstrisi Ham Atıksuyu Numuneleri İçin logC Değerlerine Karşı Çizilen I (%) Grafiği

Şekil 6.23.'te verilen %I grafiğinden yola çıkılarak %I = 50 değerine karşı gelen logC değeri 2,928'dir. Buna göre 846,68 mg/L KOİ değerine sahip otomotiv endüstrisi ham atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını %50 oranında inhibe etmektedir. Diğer bir ifadeyle %23 seyrelme oranındaki otomotiv endüstrisi ham atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını %50 oranda inhibe etmektedir (EC50= % 23 seyrelmiş atıksu).



$%I=20$  değerine karşılık gelen  $\log C$  değeri ise 2,608'dir. Buna göre 405,74 mg/L KOİ'ye sahip otomotiv endüstrisi ham atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını %20 oranda inhibe etmektedir. Bu demektir ki, %63 seyrelme oranındaki otomotiv endüstrisi ham atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını %20 oranında inhibe etmektedir ( $EC_{20}=\%63$  seyrelmiş atıksu).  $%I=0$  değerine karşılık gelen  $\log C$  değeri enterpolasyonla 2,395 olarak hesaplanmıştır. Buna göre 248,31 mg/L KOİ'ye sahip atıksu aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmemektedir. Başka bir deyişle 248,31 mg/L KOİ'ye sahip otomotiv endüstrisi ham atıksuyu evsel atıksuyu gibi düşünülebilir. Yani aktif çamur mikroorganizmaları 248,31 mg/L KOİ'ye sahip otomotiv endüstrisi ham atıksuyunu arıtırken evsel atıksuyuyla aynı hızda oksijen tüketmektedir. Diğer bir ifadeyle otomotiv endüstrisi ham atıksuyunun aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmemesi ya da faaliyetlerinde herhangi bir değişiklik yaratmaması için %80,08 oranında seyreltilmesi gerekmektedir.

Havalandırma süresinin uzatılarak otomotiv endüstrisi ham atıksuyuyla aktif çamur mikroorganizmalarının daha uzun süre temas ettirilmesi atıksu bünyesinde bulunan kirliliklerin ayrışması üzerinde çok büyük bir değişiklik yapmamıştır. Aynı şekilde atıksuyun aktif çamur mikroorganizmaları üzerindeki inhibisyon oranlarında bu sürede çok fazla değişmediği gözlenmiştir.

Tüm bu sonuçlara göre hiçbir ön işlem uygulanmamış otomotiv endüstrisi atıksuyuyla yapılan respirometrik denemeler neticesinde atıksuyun aktif çamur üzerinde inhibisyon oluşturduğu açıkça tespit edilmiştir. Otomotiv endüstrisi ham atıksuyunun hiçbir arıtma uygulanmaksızın evsel atıksularla birlikte arıtılabilmesi için ortalama %80 oranında seyreltilmesi gerekmektedir. Ancak bu oranda seyreltilirse aktif çamur mikroorganizmalarının faaliyetini değiştirmemektedir. Bu doğrultuda otomotiv endüstrisi atıksularının herhangi bir ön işleme tabi tutulmaksızın evsel atıksularla beraber bertarafından ziyade, bir ön arıtma işleminden sonra evsel atıksularla arıtımının daha uygun olabileceği kanısına varılmıştır.

Bu nedenle otomotiv sanayi atıksuyu üzerinde çeşitli arıtma işlemleri uygulanmış ve bu uygulamalar neticesinde elde edilen atıksularla benzer respirometrik denemeler yürütülmüştür.

#### 6.4.2. Ön Çökeltim Uygulanmış Otomotiv Endüstrisi Atıksuyunda Yürütülen Çalışmalar:

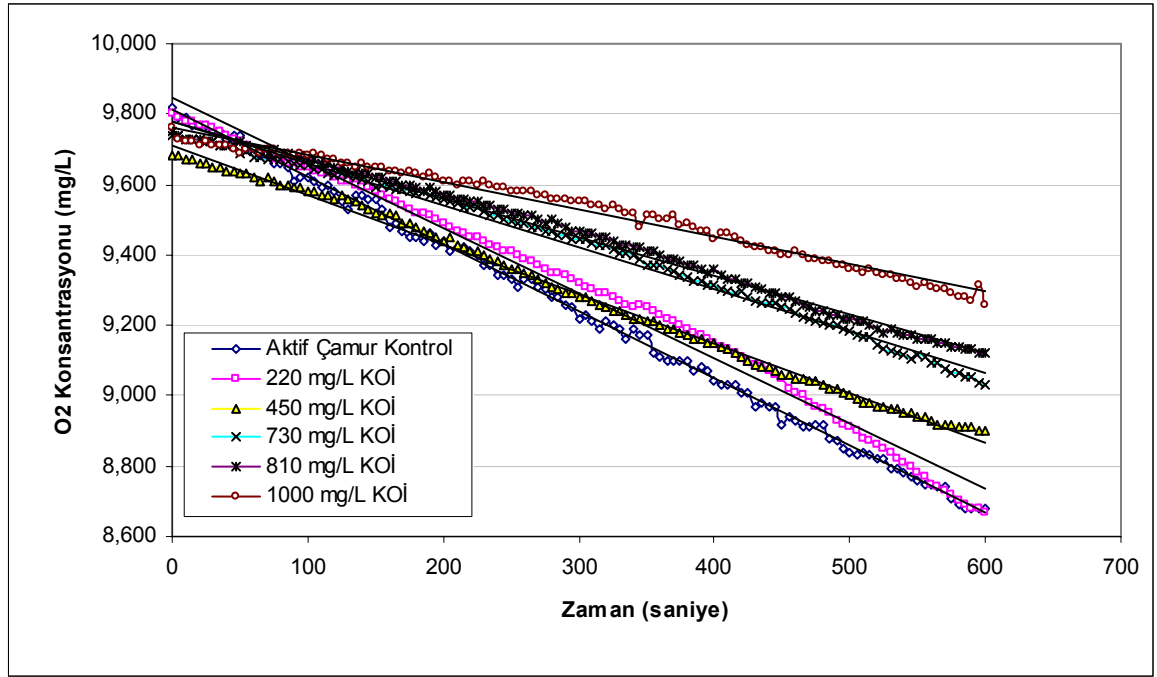
İlk olarak otomotiv sanayi atıksuyu üzerinde ön çökeltim denemeleri Imhoff Hunisi yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla Imhoff Hunisine konan otomotiv endüstrisi atıksuyunun 3., 60. ve 120. dakikalarında numuneler alınarak KOİ giderim verimleri irdelenmiştir. Elde edilen veriler Çizelge 6.10.'da sunulmuştur.

**Çizelge 6.10.** Imhoff Hunisi Testi Sonucu Elde Edilen Çamur Hacimleri ile KOİ Giderim Verimleri

Süre Parametre	Birim	3. dakika	60. dakika	120. dakika
Çamur Hacmi	ml /L	2	4	5
KOİ	mg/L	1048	1020	996
<b>KOİ Giderim Verimi</b>	<b>%</b>	<b>4,72</b>	<b>7,27</b>	<b>9,45</b>

Üç dakikalık bekleme süresi sonucunda elde edilen KOİ giderim verimi %4,72 seviyesinde kalmıştır. Oluşan çamur hacmi ise 2 ml/L seviyesinde tespit edilmiştir. Birinci ve ikinci saat sonunda gözlenen değerler ise 3. dakikada elde edilen KOİ ve Bulanıklılık giderim verimlerinin çok üzerinde elde edilmemiştir.

Bu değerlere göre otomotiv endüstrisi atıksuyu için yapılacak bir kum tutucunun ya da ön çökeltim tankının çok yüksek bir KOİ giderimi sağlamayacağı açıktır. Ancak ön çökeltimin aktif çamur üzerindeki inhibisyon etkisinin araştırılması amacıyla çeşitli seyrelme oranlarında respirometrik çalışmalar yapılmıştır. 30 dakikalık temas süresi sonunda yapılan respirometrik çalışmalardan elde edilen oksijen tüketim hızları (OTH) Şekil 6.24.'te sunulmuştur. Bu verilerden elde edilen OTH değerleri de Çizelge 6.11.'de verilmektedir.

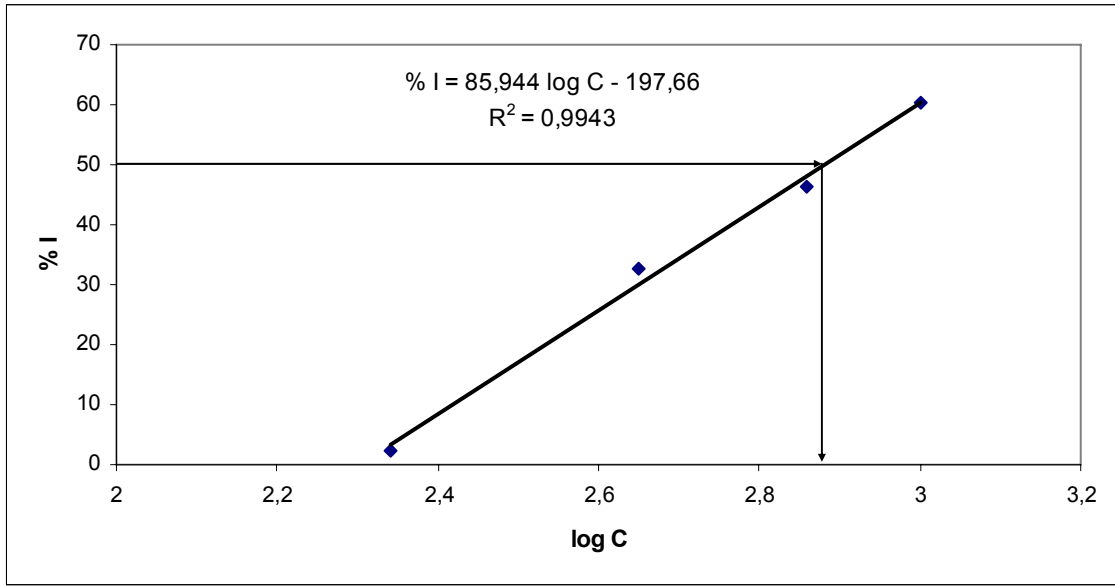


**Şekil 6.24.** Ön Çökeltim Uygulanmış Otomotiv Endüstrisi Atıksuyunun 30 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi

**Çizelge 6.11.** Ön Çökeltim Uygulanmış Otomotiv Endüstrisi Atıksuyuyla 30 Dakikalık Havalandırma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve %I Değerleri

Seyrelme Oranları	KOİ (mg/L)	OTH (mg/L.sa <sup>-1</sup> )	I (%)
% 80	220	6,78	0,88
% 60	450	4,68	31,58
% 40	730	4,26	37,72
% 20	810	3,78	54,74
% 0 (Ham su)	1000	3,00	56,14

Yapılan bu çalışmalarda da aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyonun devam ettiği açıkça görülmektedir. Bu inhibisyonun ne oranda olduğunun belirlenmesi amacıyla Çizelge 6.11.'de sunulan OTH değerleri hesaplanmış ve bu değerlerin yardımıyla da %I değerleri belirlenmiştir. Bu değerler Şekil 6.25.'te grafiğe aktarılarak EC50, EC20 ve %I=0 değerleri enterpolasyon yardımıyla hesaplanmıştır.

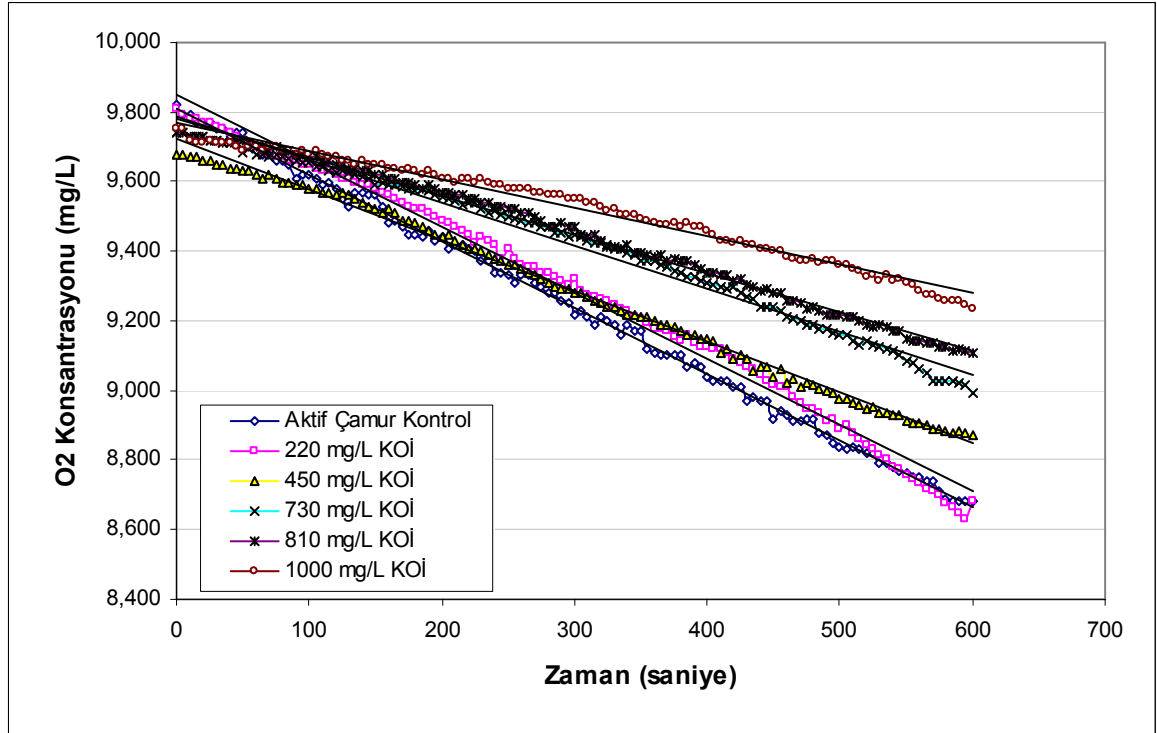


**Şekil 6.25.** 30 Dakikalık Havalandırma Sonrasında Gerçekleştirilen Test Sonucu Elde Edilen Ön Çökeltim Uygulanmış Otomotiv Endüstrisi Atıksuyu Numuneleri İçin log C Değerlerine Karşı Çizilen I (%) Grafiği

Şekil 6.25.'te verilen %I grafiğinden yola çıkılarak %I = 50 değerine karşı gelen logC değeri 2,882'dir. Buna göre 761,45 mg/L KOİ değerine sahip ön çökeltim uygulanmış otomotiv endüstrisi atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını %50 oranında inhibe etmektedir. Başka bir ifadeyle %24 seyrelme oranındaki ön çökeltim uygulanmış otomotiv endüstrisi atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını %50 oranda inhibe etmektedir (EC50= %24 seyrelmiş atıksu). %I= 20 değerine karşılık gelen logC değeri ise 2,533'tür. Buna göre 340,86 mg/L KOİ'ye sahip ön çökeltim uygulanmış otomotiv endüstrisi atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını %20 oranda inhibe etmektedir. Bu demektir ki, %66seyrelme oranındaki ön çökeltim uygulanmış otomotiv endüstrisi atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını %20 oranında inhibe etmektedir (EC20=%66 seyrelmiş atıksu). %I=0 değerine karşılık gelen logC değeri enterpolasyonla 2,300 olarak hesaplanmıştır. Buna göre 199,53 mg/L KOİ'ye sahip atıksu aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmemektedir. Yani aktif çamur mikroorganizmaları 199,53 mg/L KOİ'ye sahip ön çökeltim uygulanmış otomotiv endüstrisi atıksuyunu arıtırken evsel atıksuyuyla aynı hızda oksijen tüketmektedir. Diğer bir ifadeyle ön çökeltim uygulanmış otomotiv endüstrisi atıksuyunun aktif çamur

mikroorganizmalarını inhibe etmemesi ya da faaliyetlerinde herhangi bir değişiklik yaratmaması için %81 oranında seyreltilmesi gerekmektedir.

ISO 8192 metoduna göre 180 dakikalık temas süresi neticesinde yapılan respirometrik ölçümlerden elde edilen oksijen tüketim eğrileri (OTH) Şekil 6.26.'da sunulmuştur. Bu verilerden elde edilen OTH değerleri de Çizelge 6.12'de sunulmuştur.

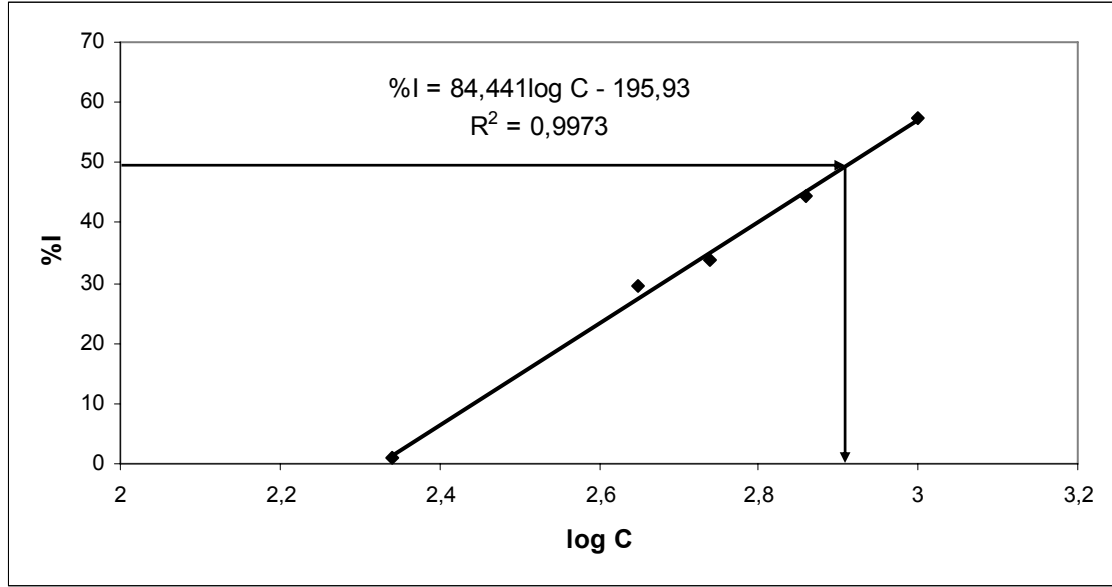


**Şekil 6.26.** Ön Çökeltim Uygulanmış Otomotiv Endüstrisi Atıksuyunun 180 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi

**Çizelge 6.12.** Ön Çökeltim Uygulanmış Otomotiv Endüstrisi Atıksuyuyla 180 Dakikalık Havalandırma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve %I Değerleri

Seyrelme Oranları	KOİ (mg/L)	OTH (mg/L.sa <sup>-1</sup> )	I (%)
% 80	220	6,76	1,17
% 60	450	4,84	29,24
% 40	730	4,48	34,50
% 20	810	3,80	44,44
% 0 (Ham su)	1000	3,08	54,97

Ön çökeltim uygulanmış otomotiv endüstrisi ham atıksuyuyla yapılan 180 dakikalık test sonucunda elde edilen OTH değerlerine göre hesaplanan %I değerleri Şekil 6.27’de sunulmuştur.



**Şekil 6.27.** 180 Dakikalık Havalandırma Sonrasında Gerçekleştirilen Test Sonucu Elde Edilen Ön Çökeltim Uygulanmış Otomotiv Endüstrisi Atıksuyu Numuneleri İçin log C Değerlerine Karşı Çizilen I (%) Grafiği

Şekil 6.27.’de verilen %I grafiğinden yola çıkılarak %I = 50 değerine karşı gelen logC değeri 2,912’dir. Buna göre 817,42 mg/L KOİ değerine sahip ön çökeltim uygulanmış otomotiv endüstrisi atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını %50 oranında inhibe etmektedir. Başka bir ifadeyle %18 seyrelme oranındaki ön çökeltim uygulanmış otomotiv endüstrisi atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını %50 oranda inhibe etmektedir (EC50= %18 seyrelmiş atıksu). %I= 20 değerine karşılık gelen logC değeri ise 2,557’dir. Buna göre 360,72 mg/L KOİ’ye sahip ön çökeltim uygulanmış otomotiv endüstrisi atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını %20 oranda inhibe etmektedir. Bu demektir ki, %64 seyrelme oranındaki ön çökeltim uygulanmış otomotiv endüstrisi atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını %20 oranında inhibe etmektedir (EC20=%64 seyrelmiş atıksu). %I=0 değerine karşılık gelen logC değeri enterpolasyonla 2,320 olarak hesaplanmıştır. Buna göre 208,93 mg/L KOİ’ye sahip atıksu aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmemektedir. Yani aktif çamur mikroorganizmaları 208,93 mg/L KOİ’ye sahip ön çökeltim uygulanmış otomotiv

endüstrisi atıksuyunu arıtırken evsel atıksuyuyla aynı hızda oksijen tüketmektedir. Diğer bir ifadeyle ön çökeltim uygulanmış otomotiv endüstrisi atıksuyunun aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmemesi ya da faaliyetlerinde herhangi bir değişiklik yaratmaması için %81 oranında seyreltilmesi gerekmektedir.

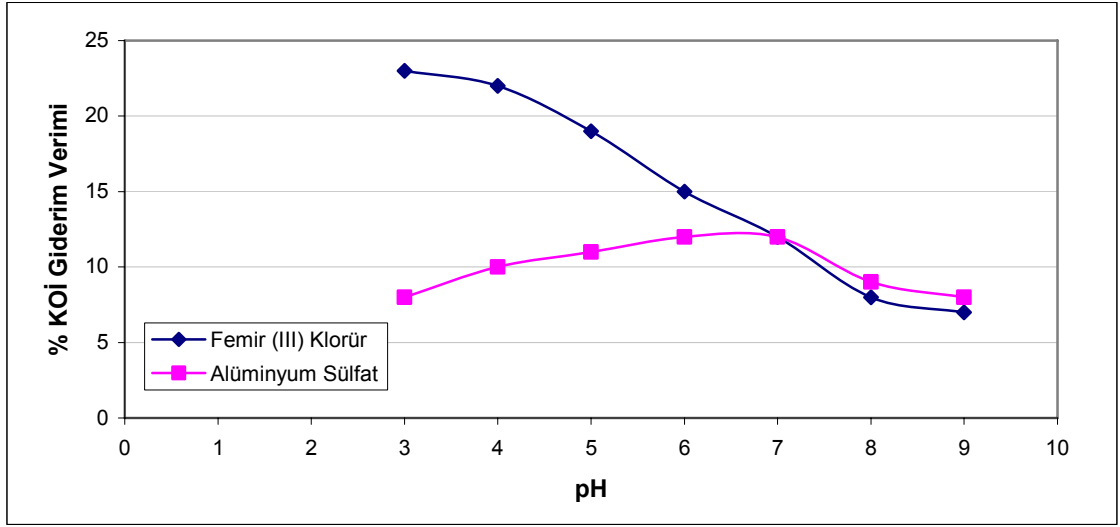
Elde edilen değerler neredeyse hem ham atıksularla hem de ön çökeltimden geçmiş (30 dakikalık havalandırma sonuçları) ile aynılık arz etmektedir. Diğer bir ifadeyle ön çöktürme işlemi otomotiv endüstrisi atıksuyundaki toksisitenin giderilmesi için yeterli bir ön işlem olarak gözlenmemiştir. Bu nedenle bir sonraki kademedeki otomotiv atıksuyuna kimyasal arıtılabilirlik testleri uygulanmıştır.

#### **6.4.3. Kimyasal Arıtma Uygulanmış Otomotiv Endüstrisi Atıksuyunda Yürütülen Çalışmalar:**

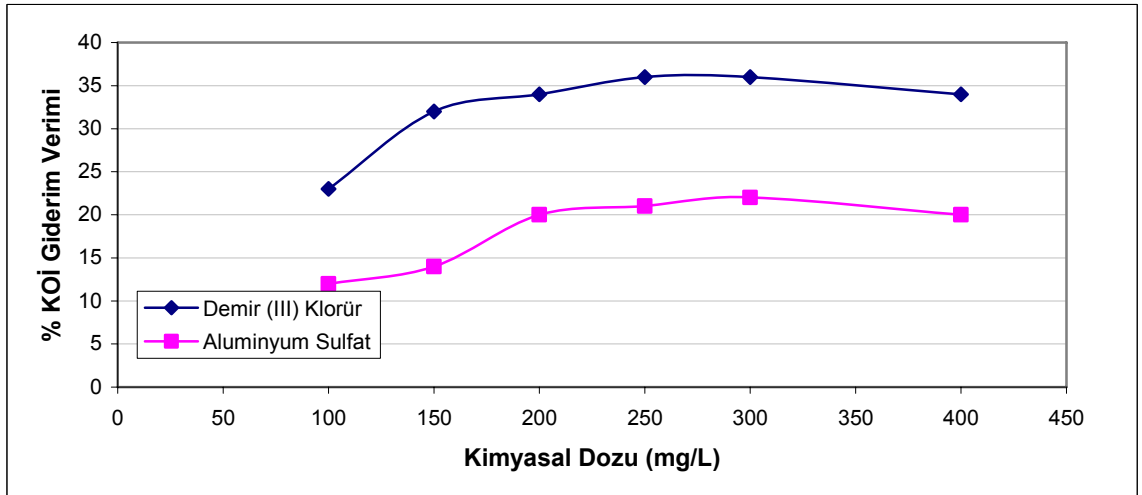
Yapılan kimyasal arıtılabilirlik denemelerinde alüminyum sülfat ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ) ve demir (III) klorür ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) kullanılmıştır. Yapılan bu ön işlemin ardından da atıksuların respirometrik ölçümleri yapılmıştır.

Öncelikle jar testin optimum pH'ı belirlenmiş, ardından da optimum koagülant dozu belirlenmeye çalışılmıştır. İlk olarak, atıksu numuneleri 0,1 N  $\text{H}_2\text{SO}_4$  veya 0,1 N NaOH kullanılarak 3, 4, 5, 6, 7, 8 ve 9 pH değerlerine ayarlanmıştır. pH değeri ayarlanan otomotiv endüstrisi atıksuları 100 mg/L alum ve demir (III) klorür dozu eşliğinde jar teste tabi tutulmuşlardır. Yapılan denemelerde 1 L'lik numunelerde hızlı karıştırma işlemi 3 dakika, yavaş karıştırma işlemi 15 dakika ve çökeltme işlemi de en az 1 saat olacak şekilde tüm testlerde eşit olarak uygulanmıştır (Eckenfelder, 1989). Yapılan pH optimizasyonu neticesinde Alum için optimum pH=7 değeri ve demir (III) klorür için de pH=3 değerleri optimum pH olarak belirlenmiştir (Şekil 6.28.)

Bu değerlere göre, demir (III) klorürün alume nazaran daha iyi sonuç verdiği ve 250 mg/L'lik doz eşliğinde ve pH=3 değerinde KOİ'nin %36 giderilebildiği belirlenmiştir. Alum ile yapılan denemelerde ise optimum doz 300 mg/L (pH=7) ve elde edilen maksimum KOİ giderim verimi de %22 olarak belirlenmiştir. Respirometrik denemelerde kullanılmak üzere 10 L hacimde atıksu üzerinde 250 mg/L demir (III) klorür dozu eşliğinde jar test uygulanmış ve buradan elde edilen atıksularda respirometrik denemeler yürütülmüştür.



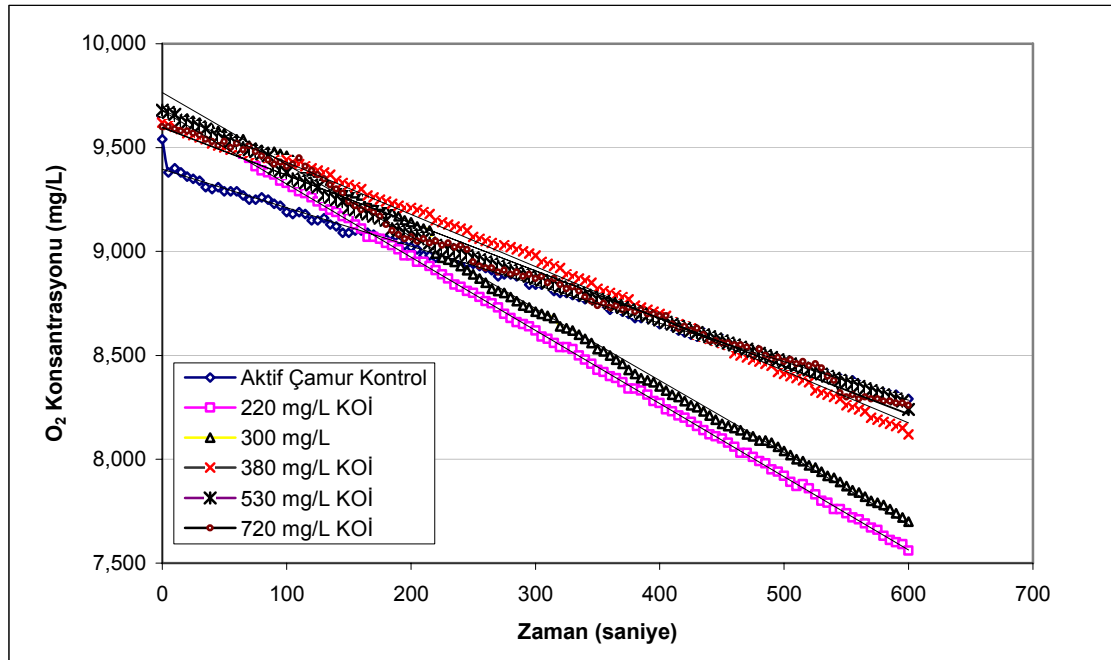
**Şekil 6.28.** Jar Test Denemelerinde Elde Edilen pH Optimizasyon Sonuçları  
( $C_{alum, demir (III) klorür} = 100 \text{ mg/L}$ )



**Şekil 6.29.** Jar Test Alum (pH=7) ve Demir (III) klorür (pH=3) Dozu Optimizasyonu.

Otomotiv sanayi atıksuyunda daha önceki çalışmalara benzer olarak çeşitli seyrelme oranlarında (%70, %60, %50, %25 ve %0) aktif çamur üzerindeki inhibisyonu belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalarda, diğer çalışmalarda yapıldığı gibi öncelikle oksijen tüketim hızları (OTH) belirlenmiştir (Şekil 6.30.). Bu verilerden elde edilen OTH değerleri de Çizelge 6.13'te sunulmuştur.





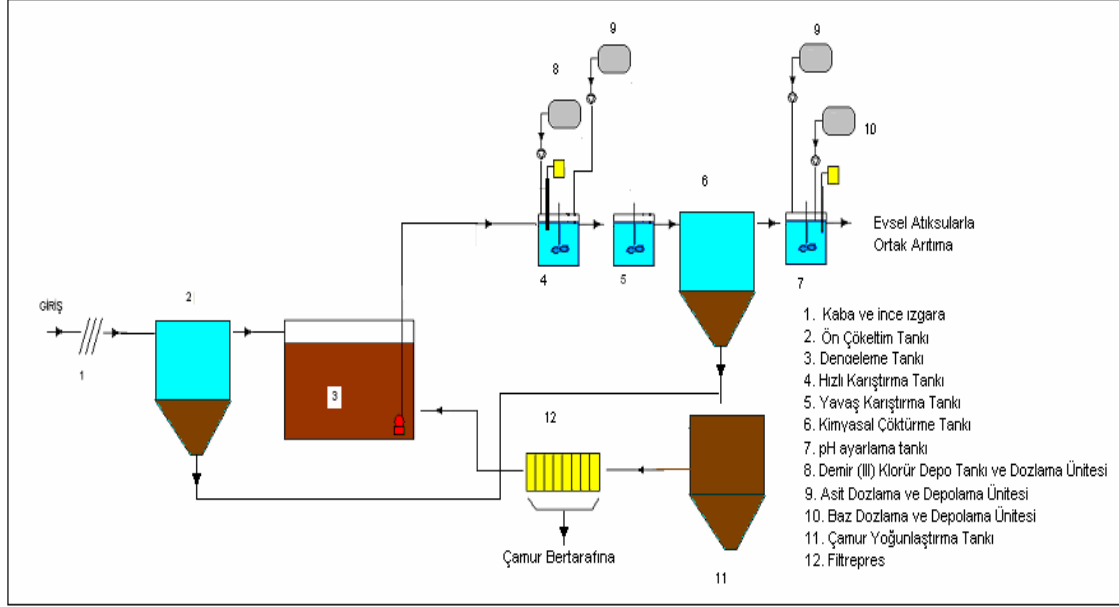
**Şekil 6.30.** Kimyasal Arıtma İşlemi Uygulanmış Otomotiv Endüstrisi Atıksuyunun 30 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi

**Çizelge 6.13.** Kimyasal Arıtma Uygulanmış Otomotiv Endüstrisi Atıksuyuyla 30 Dakikalık Havalandırma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve %I Değerleri

Seyrelme Oranları	KOİ (mg/L)	OTH (mg/L.sa <sup>-1</sup> )	I (%)
% 70	220	12,48	-66,4
% 60	300	11,76	-56,8
% 50	380	9,00	-20,0
% 25	530	8,64	-15,2
% 0 (Ham su)	720	8,04	-7,2

Elde edilen OTH değerleri ve bu değerlerden hesaplanan inhibisyon yüzdeleri de incelendiğinde kimyasal arıtma uygulanmış otomotiv endüstrisi atıksuyunun aktif çamur mikroorganizmalarına inhibisyonunun negatif çıktığı Çizelge 6.13.'te görülmektedir. Buna göre kimyasal arıtma neticesinde elde edilen otomotiv endüstrisi atıksuyunun evsel atıksularla arıtılabilir olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen çalışma

sonuçlarının ışığında otomotiv endüstrisi için ön arıtma akım şeması oluşturulmuş ve Şekil 6.31.'de sunulmuştur.



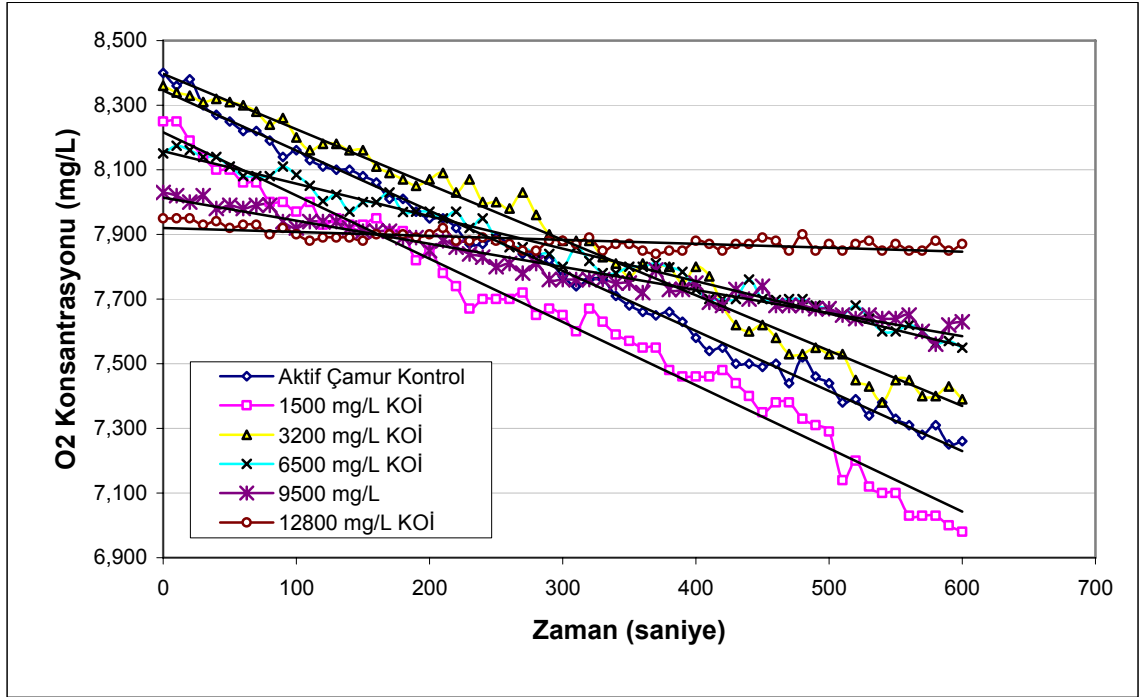
**Şekil 6.31.** Otomotiv Endüstrisi Atıksuları Ön Arıtma Alternatifi Akım Şeması

## 6.5. Süt Endüstrisi Atıksuyunda (Peynir Altı Suyu) Yürütülen Respirometrik Çalışmalar:

Süt endüstrisinden kaynaklanan atıksularda sadece peynir altı suyuyla (PAS) çalışma yapılmıştır. Peynir altı suyunun aktif çamur üzerindeki toksisitesinin belirlenmesi amacıyla respirometrik çalışmalar yürütülmüştür. Bu çalışmalarda kullanılan peynir altı suyunun karakterizasyonu Bölüm 5 Çizelge 5.5.'te verilmiştir.

### 6.5.1. Ham Peynir Altı Suyunda Yürütülen Çalışmalar:

Başlangıçta PAS'ın çeşitli KOİ'sine göre çeşitli seyrelme oranlarında (%98, %95, %90, %85 ve %80) aktif çamur üzerindeki toksisitesi, 30 dakikalık havalandırma sonucu yapılan testlerle belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalarda öncelikle oksijen tüketim hızları (OTH) belirlenmiştir. Zamana karşı belirlenen OTH değerleri Şekil 6.32.'de verilmektedir.



**Şekil 6.32.** Ham Peynir Altı Sularının 30 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi

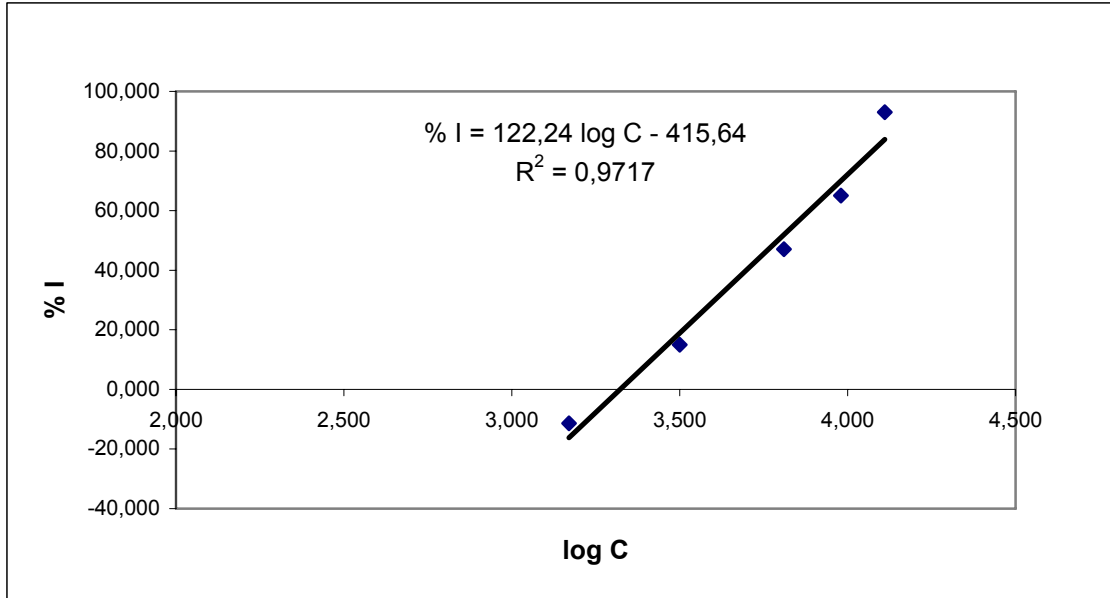
Şekil 6.32.'de verilen grafiğin eğimlerinden hareketle her bir seyrelme değeri için hesaplanan oksijen tüketim hızları (OTH) ve oksijen tüketim hızlarında meydana gelen oksijen tüketimi engelleme (inhibisyon) yüzdesi (%I) değerleri Çizelge 6.14'te sunulmaktadır.

**Çizelge 6.14.** Ham Peynir Altı Suyuyla 30 Dakikalık Havalandırma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve %I Değerleri

Seyrelme Oranları	KOİ (mg/L)	OTH (mg/L.sa <sup>-1</sup> )	I (%)
% 98	1500	7,61	-11,40
% 95	3200	5,82	14,91
% 90	6500	3,60	43,37
% 85	9500	2,83	64,90
% 80	12800	0,84	92,98

Çizelge 6.14.'te hesaplanan değerlerden görüldüğü üzere, ham PAS seyreltilmiş olmasına rağmen %98 seyrelme oranına sahip PAS hariç olmak üzere, aktif çamur

mikroorganizmaları üzerinde çok yüksek bir inhibisyon yapmaktadır. Çizelge 6.14.'ten hareketle elde edilen OTH değerlerinden yola çıkılarak hesaplanan inhibisyon yüzdeleri grafiğe aktarılmış ve Şekil 6.33.'te logC değerlerine karşı % I değerleri verilmiştir.

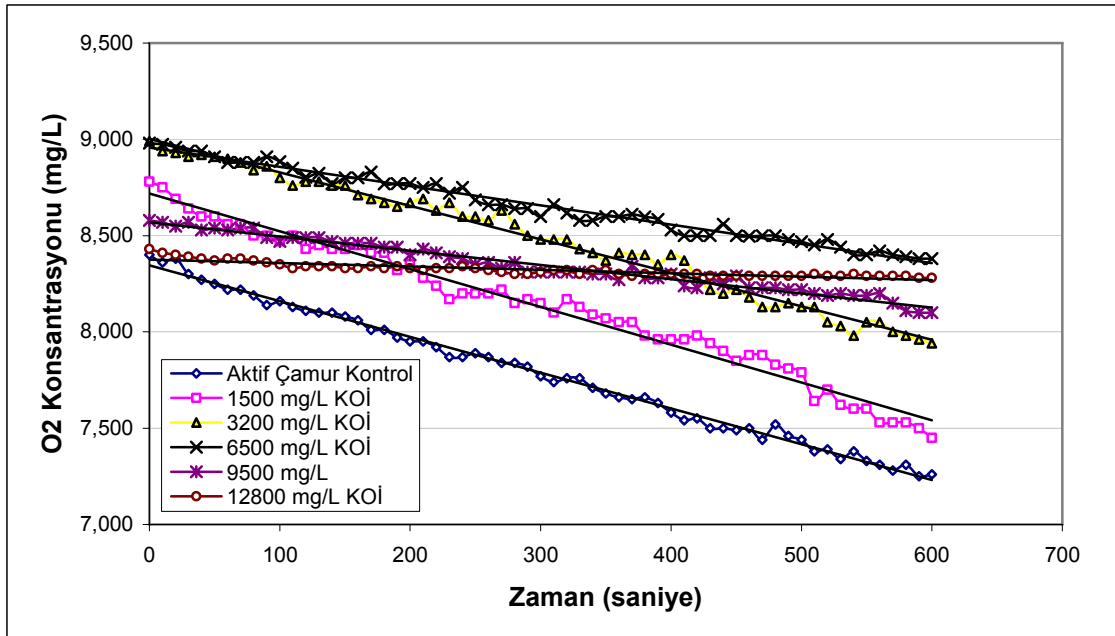


**Şekil 6.33.** 30 Dakikalık Havalandırma Sonrasında Gerçekleştirilen Test Sonucu Elde Edilen Ham Peynir Altı Suyu Numuneleri İçin logC Değerlerine Karşı Çizilen I (%) Grafiği

Şekil 6.33.'te verilen %I grafiğinden yola çıkılarak %I = 50 değerine karşı gelen logC değeri 3,809'dur. Buna göre 6445,07 mg/L KOİ'ye sahip ham PAS'ın aktif çamur mikroorganizmalarını %50 oranda inhibe ettiği söylenebilmektedir. Bir diğer ifadeyle %91,5 seyrelme oranındaki ham PAS, aktif çamur mikroorganizmalarını %50 oranda inhibe etmektedir (EC50= %91,5 seyrelmiş atıksu). %I= 20 değerine karşılık gelen logC değeri ise 3,564'tür. Buna göre 3662,76 mg/L KOİ'ye sahip ham PAS'ın aktif çamur mikroorganizmalarını %20 oranda inhibe etmektedir. Diğer bir ifadeyle %94,6 seyrelme oranındaki ham PAS aktif çamur mikroorganizmalarını % 20 oranında inhibe etmektedir (EC20=%94,6 seyrelmiş atıksu). %I=0 değerine karşılık gelen logC değeri enterpolasyonla 3,401 olarak hesaplanmıştır. Buna göre 2517,68 mg/L KOİ'ye sahip ham PAS aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmemektedir. Yani aktif çamur mikroorganizmaları 2517,68 mg/L KOİ'ye sahip ham PAS'ı artırırken evsel atıksuyuyla aynı hızda oksijen tüketmektedir. Diğer bir ifadeyle ham PAS'ın aktif çamur

mikroorganizmalarını inhibe etmemesi ya da faaliyetlerinde herhangi bir değişiklik yaratmaması için %96 oranında seyreltilmesi gerekmektedir.

Bu değerler göstermektedir ki; oldukça yüksek seyrelmelere sahip PAS bile aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon etkisi yapmaktadır. ISO 8192 metoduna göre 30 dakikalık temas süresi sonunda inhibisyon testlerinin yanında PAS için 180 dakikalık temas süresi sonunda da inhibisyon testleri yapılmıştır. Buna göre yapılan respirometrik ölçümlerden elde edilen oksijen tüketim hızları (OTH) Şekil 6.34.'te görülmektedir.



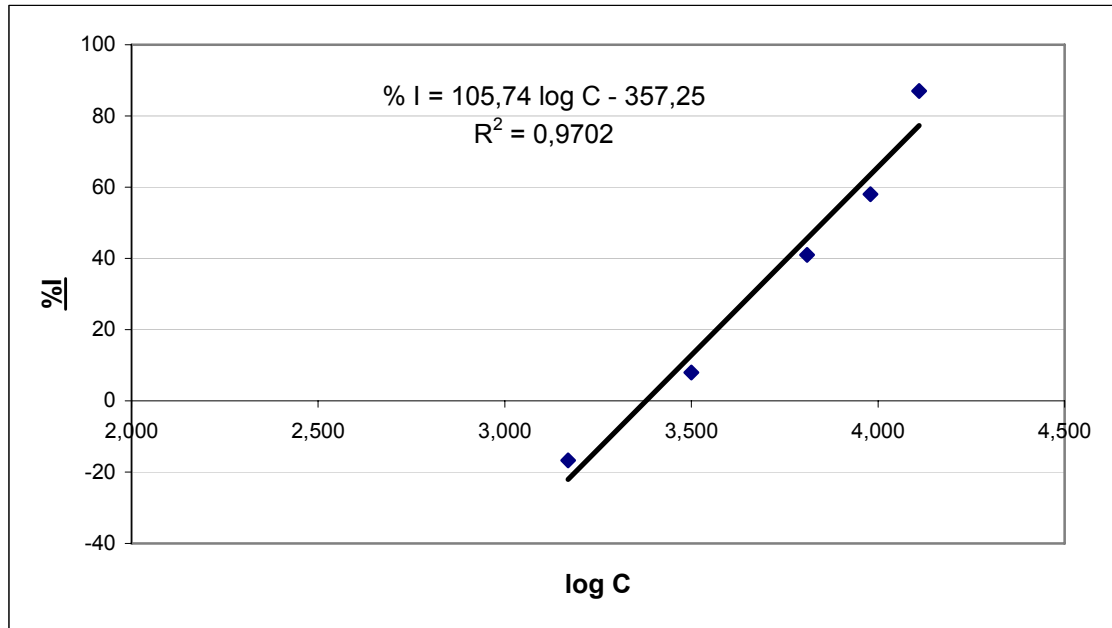
**Şekil 6.34.** Ham Peynir Altı Suyunun 180 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi

Şekil 6.34.'te verilen grafiğin eğimlerinden hareketle her bir seyrelme değeri için hesaplanan oksijen tüketim hızları (OTH) ve oksijen tüketim hızlarında meydana gelen oksijen tüketimi inhibisyon yüzdesi (%I) değerleri Çizelge 6.15'te verilmiştir.

Çizelge 6.15.'ten hareketle elde edilen OTH değerlerinden yola çıkılarak hesaplanan inhibisyon yüzdeleri ise grafiğe aktarılmış ve Şekil 6.35.'te logC değerlerine karşı % I değerleri verilmiştir.

**Çizelge 6.15.** Ham Peynir Altı Suyuyla 180 Dakikalık Havalandırma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve %I Değerleri

Seyrelme Oranları	KOİ (mg/L)	OTH (mg/L.sa <sup>-1</sup> )	I (%)
% 98	1500	7,98	-16,67
% 95	3200	6,30	7,88
% 90	6500	4,02	41,18
% 85	9500	2,83	58,62
% 80	12800	0,84	87,71



**Şekil 6.35.** 180 Dakikalık Havalandırma Sonrasında Gerçekleştirilen Test Sonucu Elde Edilen Ham Peynir Altı Suyu Numuneleri İçin logC Değerlerine Karşı Çizilen I (%) Grafiği

Şekil 6.35.'te verilen %I grafiğinden yola çıkılarak %I= 50 değerine karşı gelen logC değeri 3,851'dir. Buna göre 7102,77 mg/L KOİ'ye sahip PAS'ın aktif çamur mikroorganizmalarını %50 oranda inhibe ettiği söylenebilmektedir. Bir diğer ifadeyle %88 seyrelme oranındaki PAS aktif çamur mikroorganizmalarını %50 oranda inhibe etmektedir (EC50=%88 seyrelmiş atıksu). %I= 20 değerine karşılık gelen logC değeri ise 3,568'dir. Buna göre 3695,84 mg/L KOİ'ye sahip PAS'ın aktif çamur mikroorganizmalarını %20 oranda inhibe etmektedir. Diğer bir ifadeyle %93,6 seyrelme oranındaki PAS aktif çamur mikroorganizmalarını %20 oranında inhibe etmektedir

(EC20=%93,6 seyrelmiş atıksu). %I=0 değerine karşılık gelen logC değeri enterpolasyonla 3,379 olarak hesaplanmıştır. Buna göre 2393,32 mg/L KOİ'ye sahip atıksu aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmemektedir. Yani aktif çamur mikroorganizmaları 2393,32 mg/L KOİ'ye sahip ham PAS'ı arıtırken evsel atıksuyuyla aynı hızda oksijen tüketmektedir. Diğer bir ifadeyle ham PAS'ın aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmemesi ya da faaliyetlerinde herhangi bir değişiklik yaratmaması için %96,44 oranında seyreltilmesi gerekmektedir.

Bu değerler göstermektedir ki, havalandırma süresinin 30 dakikadan 180 dakikaya çıkması, başka bir ifadeyle, PAS'la aktif çamur mikroorganizmalarının daha uzun süre temas ettirilmesi PAS bünyesinde bulunan kirliliklerin ayrışması üzerinde çok büyük bir değişiklik yapmamıştır. Aynı şekilde PAS'ın aktif çamur mikroorganizmaları üzerindeki inhibisyon oranlarının da bu sürede çok fazla değişmediği gözlenmiştir.

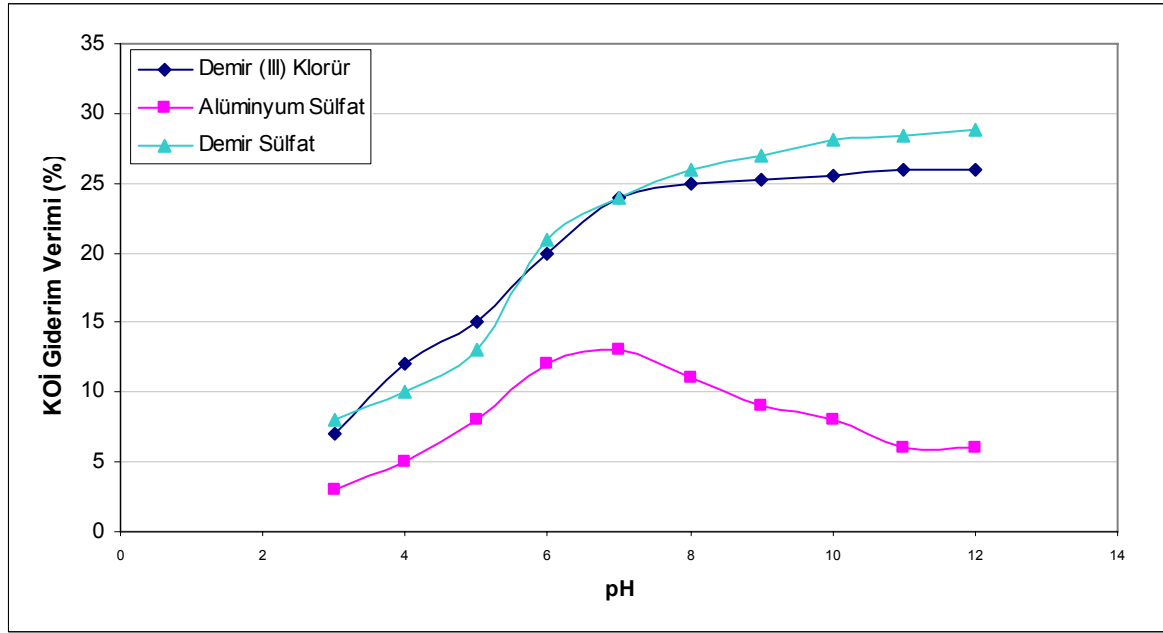
Tüm bu sonuçlara göre hiç bir ön işlem uygulanmamış PAS'la yapılan respirometrik denemeler neticesinde atıksuyun aktif çamur üzerinde inhibisyon oluşturduğu açıkça tespit edilmiştir. Hiçbir ön arıtma uygulanmamış PAS'ın aktif çamur mikroorganizmalarının faaliyetlerini etkilemeden evsel atıksularla arıtılabilmesi için yaklaşık %96 oranında seyreltilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda PAS'ın herhangi bir ön işleme tabi tutulmaksızın evsel atıksularla arıtılabilirliğinin mümkün olmadığı düşünülmektedir. Bu nedenle PAS'la fizikokimyasal arıtılabilirlik çalışmaları yapılarak respirometrik deneyler tekrarlanmıştır.

### **6.5.2. Kimyasal Arıtma Uygulanmış Peynir Altı Suyunda Yürütülen Çalışmalar:**

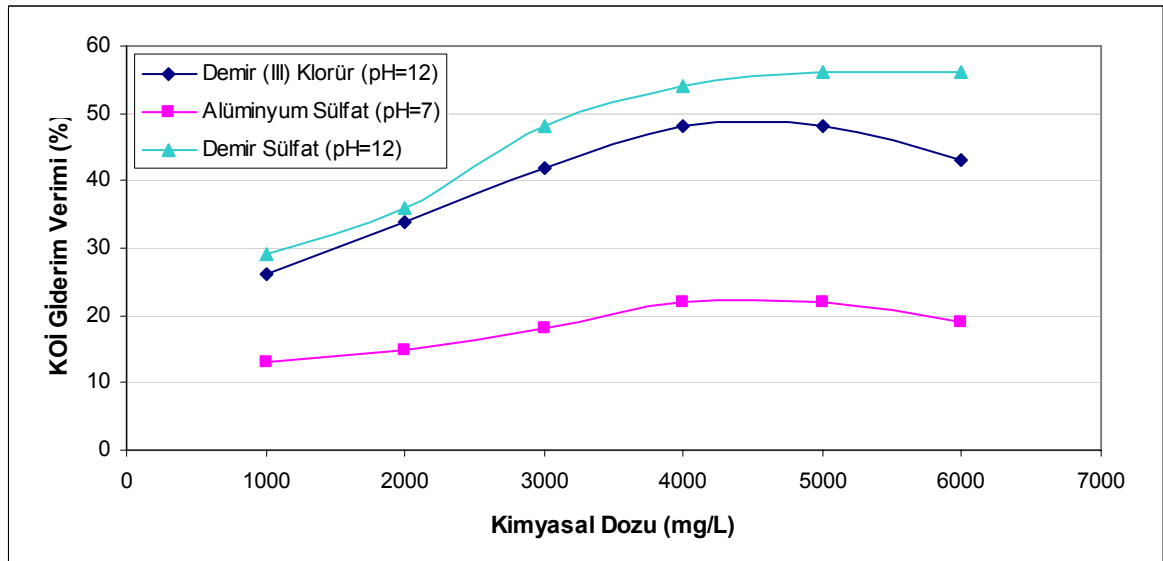
PAS'ın kimyasal arıtılabilirlik denemelerinde koagülant olarak alüminyum sülfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ), demir (III) klorür ( $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ) ve demir sülfat ( $FeSO_4$ ) kullanılmıştır. Bu işlemin ardından da atıksuyun respirometrik ölçümleri yapılmıştır.

Bu amaçla öncelikli olarak jar testin optimum pH'ı belirlenmiş, ardından da optimum koagülant dozu belirlenmeye çalışılmıştır. pH optimizasyonunun belirlenmesi amacıyla atıksu numuneleri 0,1 N  $H_2SO_4$  veya 0,1 N NaOH kullanılarak 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,10,11 ve 12 pH değerlerine ayarlanmıştır. pH değeri ayarlanan PAS, 100 mg/L alum, demir (III) klorür ve demir sülfat dozu eşliğinde jar teste tabi tutulmuşlardır. Yapılan jar test denemelerinde 1 L'lik numunelerde hızlı karıştırma işlemi 3 dakika, yavaş

karıştırma işlemi 15 dakika ve çökelme işlemi de en az 1 saat olacak şekilde tüm testlerde eşit olarak uygulanmıştır. Yapılan pH optimizasyonu sonucu Alum için pH=7 değeri, demir (III) klorür için pH=12 ve demir sülfat için pH = 12 değerleri optimum pH olarak belirlenmiştir (Şekil 6.36). Bir sonraki kademedede de optimum pH değeri sabit tutularak kimyasal madde dozları optimize edilmiştir (Şekil 6.37.).



**Şekil 6.36.** Jar Test Denemelerinde Elde Edilen pH Optimizasyon Sonuçları  
( $C_{\text{Alum}}$ , demir (III) klorür, demir sülfat = 100 mg/L)

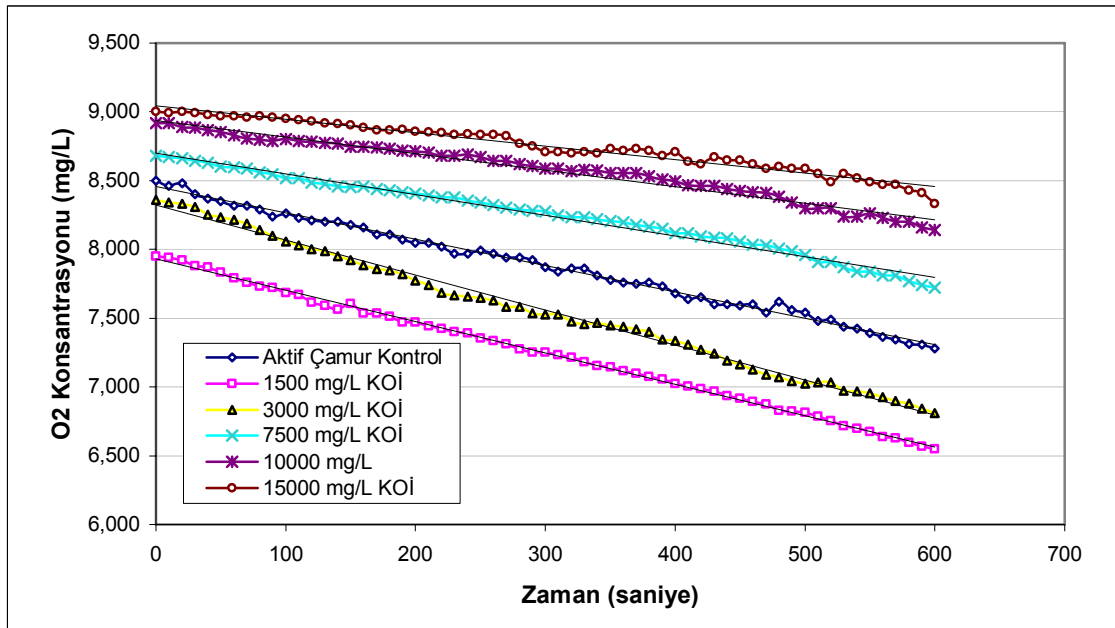


**Şekil 6.37.** Jar Test Alum (pH=7), Demir (III) klorür (pH=12) ve Demir sülfat (pH=12) Dozu Optimizasyonu.



Yapılan kimyasal artılabilirlik çalışmaları neticesinde alumun 4000 mg/L'lik doz eşliğinde ve pH=7 değerinde KOİ'yi %22 giderilebildiği, demir (III) klorürün 4000 mg/L'lik doz eşliğinde ve pH=12 değerinde KOİ'yi %48 giderebildiği, demir sülfatın ise 5000 mg/L doz eşliğinde ve pH=12'de KOİ'yi %56 giderebildiği belirlenmiştir. Demir sülfat 4000 mg/L doz eşliğinde ise ve pH=12'de KOİ'yi %48 gidermektedir.

Demir (III) klorür oldukça pahalı bir koagülanttir. Aynı zamanda suda renk bırakmaktadır. Bu nedenle koagülant olarak daha iyi floklaşan demir sülfat tercih edilmiştir. Bu sonuçlara göre respirometrik denemelerde kullanılmak üzere 10 L hacimde PAS üzerinde 4000 mg/L demir sülfat eşliğinde jar test uygulanmış ve buradan elde edilen PAS'la respirometrik denemeler yürütülmüştür. PAS'ın çeşitli KOİ'sine göre çeşitli seyrelme oranlarında (% 95, %90, %75, %67 ve %50) ve 30 dakikalık temas süresi sonunda aktif çamur üzerindeki inhibisyonu belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalarda, öncelikle oksijen tüketim hızları (OTH) belirlenmiştir (Şekil 6.38.). Bu verilerden elde edilen OTH değerleri ise Çizelge 6.16.'da verilmiştir.

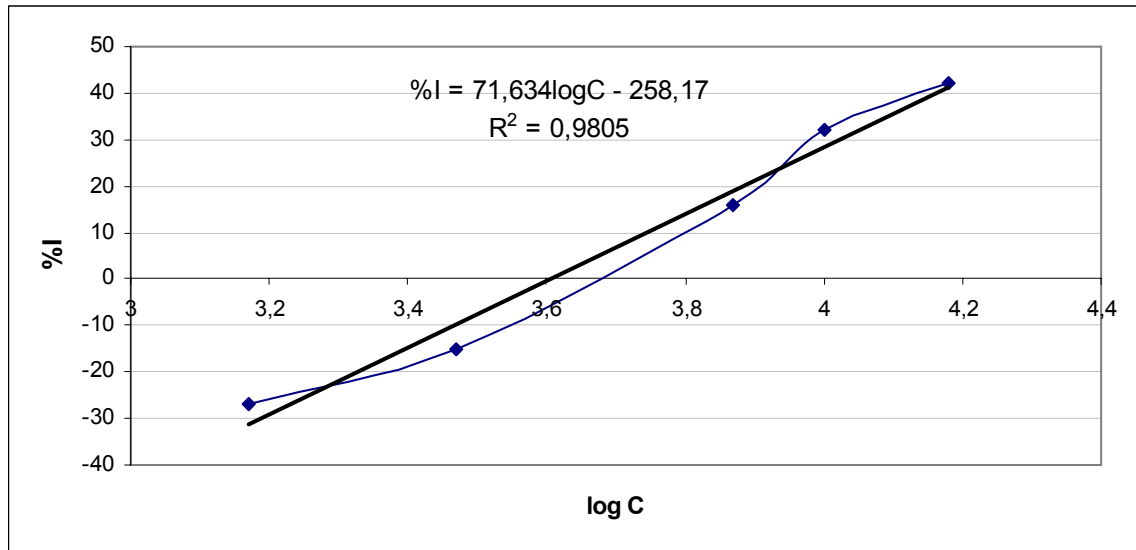


**Şekil 6.38.** Kimyasal Arıtma Uygulanmış Peynir Altı Suyunun 30 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi

**Çizelge 6.16.** Kimyasal Arıtma Uygulanmış PAS'la 30 Dakikalık Havalandırma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve %I Değerleri

Seyrelme Oranları	KOİ (mg/L)	OTH (mg/L.sa <sup>-1</sup> )	I (%)
% 95	1500	9,30	-27,05
% 90	3000	8,40	-15,07
% 75	7500	5,75	15,93
% 67	10000	4,65	32,01
%50	15000	3,96	42,10

Çizelge 6.16.'dan yararlanılarak kimyasal arıtma uygulanmış PAS'ın 30 dakikalık temas süresi sonunda yapılan respirometrik ölçümlerden elde edilen logC- % I grafiği Şekil 6.39.'da verilmektedir.

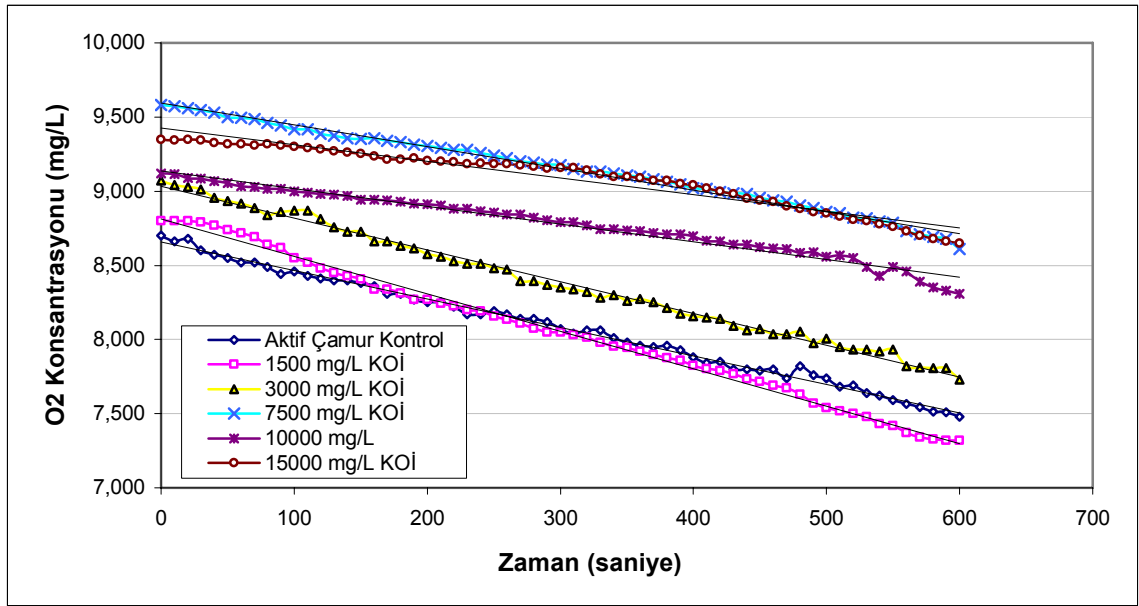


**Şekil 6.39.** 30 Dakikalık Havalandırma Sonrasında Gerçekleştirilen Test Sonucu Elde Edilen Kimyasal Arıtma Uygulanmış Peynir Altı Suyu Numuneleri İçin logC Değerlerine Karşı Çizilen I (%) Grafiği

Elde edilen OTH değerleri ve bu değerlerden hesaplanan inhibisyon yüzdeleri incelendiğinde, %95 ve %90 seyrelme oranlarına sahip kimyasal arıtma uygulanmış PAS aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon etkisinin olmadığı görülmektedir. Ancak %75, %67 ve %50 seyrelme oranlarına sahip kimyasal arıtma uygulanmış PAS aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmektedir. (%75 seyrelme

oranında sahip PAS için %I= %15,93; %67seyrelme oranına sahip PAS için %I = 32,01 ve %50 seyrelme oranına sahip atıksu için %I=%42,10). %I=0 değerine karşılık gelen seyrelme oranı ise %81,05 olarak hesaplanmıştır. Buna göre 5701,39 mg/L KOİ'ye sahip ön arıtma uygulanmış PAS aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmemektedir. Yani aktif çamur mikroorganizmaları 5701,39 mg/L KOİ'ye sahip ön arıtma uygulanmış PAS'ı arıtırken evsel atıksuyuyla aynı hızda oksijen tüketmektedir. Diğer bir ifadeyle ham PAS'ın aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmemesi ya da faaliyetlerinde herhangi bir değişiklik yaratmaması için %81,05 oranında seyreltilmesi gerekmektedir.

ISO 8192 metoduna göre aynı respirometrik ölçümler 30 dakika temas süresi dışında, 180 dakika temas süresi için de yapılmıştır. 180 dakikalık temas süresi sonunda yapılan respirometrik ölçümlerden elde edilen oksijen tüketim hızları (OTH) Şekil 6.40.'ta verilmektedir.

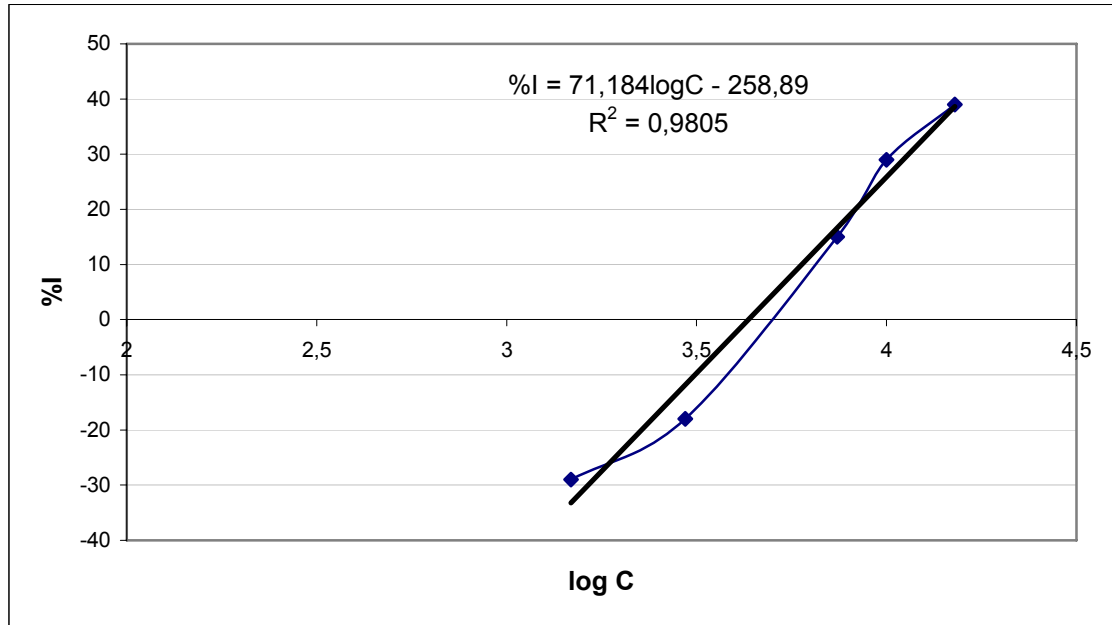


**Şekil 6.40.** Kimyasal Arıtma Uygulanmış Peynir Altı Suyunun 180 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselleştirilmesi

Bu verilerden elde edilen OTH değerleri ise Çizelge 6.17.'de verilmiştir. Çizelge 6.17'den de hareketle elde edilen OTH değerlerinden yola çıkılarak hesaplanan inhibisyon yüzdeleri grafiğe aktarılmış ve Şekil 6.41.'de logC değerlerine karşı %I değerleri verilmiştir

**Çizelge 6.17.** Kimyasal Arıtma Uygulanmış Peynir Altı Sularıyla 180 Dakikalık Havalandırma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve %I Değerleri

Seyrelme Oranları	KOİ (mg/L)	OTH (mg/L.sa <sup>-1</sup> )	I (%)
% 95	1500	8,82	-28,94
% 90	3000	8,04	-17,54
% 75	7500	5,82	14,91
% 67	10000	4,84	28,94
% 50	15000	4,20	42,62

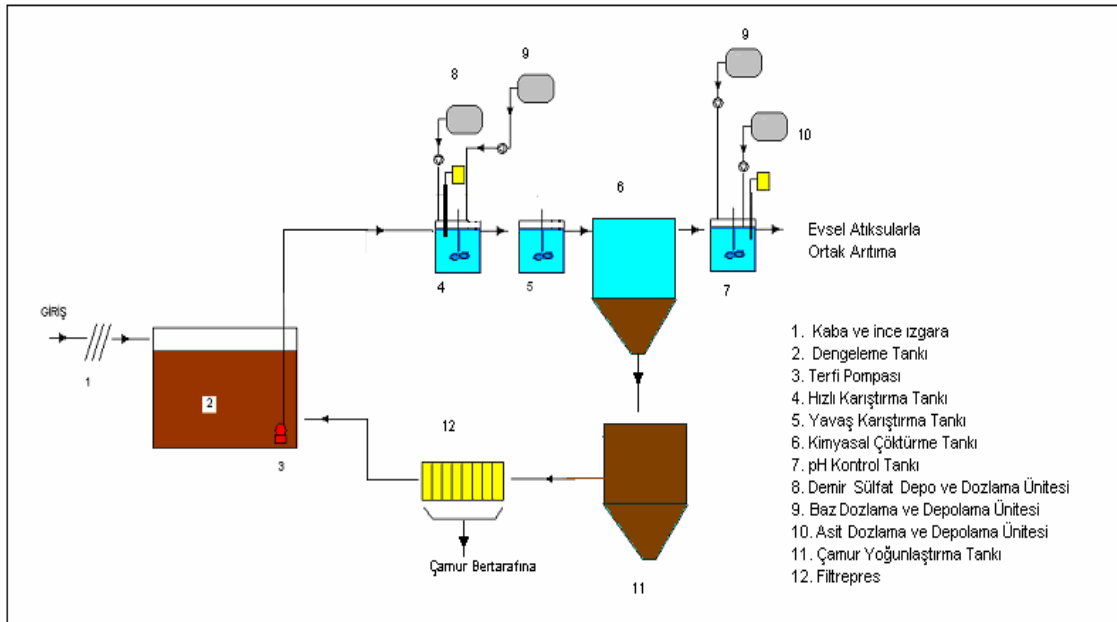


**Şekil 6.41.** 180 Dakikalık Havalandırma Sonrasında Gerçekleştirilen Test Sonucu Elde Edilen Kimyasal Arıtma Uygulanmış Peynir Altı Suyu Numuneleri İçin logC Değerlerine Karşı Çizilen I (%) Grafiği

Elde edilen OTH değerleri ve bu değerlerden hesaplanan inhibisyon yüzdeleri incelendiğinde, 30 dakikalık temas süresi yapılan respirometrik ölçümlerden elde edilen değerlerde olduğu gibi, %95 ve %90 seyrelme oranlarına sahip kimyasal arıtma uygulanmış PAS'ın aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon etkisinin olmadığı görülmektedir. Yine %75, %67 ve %50 seyrelme oranlarına sahip kimyasal arıtma uygulanmış PAS ise 30 dakikalık temas süresi sonrası yapılan testlerde olduğu gibi, aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmektedir. (%75 seyrelme oranında

sahip PAS için  $%I = %14,91$ ;  $%67$  seyrelme oranına sahip PAS için  $%I = %28,94$  ve  $%50$  seyrelme oranına sahip PAS için  $%I = %42,62$ ).  $%I=0$  değerine karşılık gelen seyrelme oranı  $%81,05$  olarak hesaplanmıştır. Buna göre ham PAS'ın aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmemesi ya da faaliyetlerinde herhangi bir değişiklik yaratmaması için  $%81,05$  oranında seyreltilmesi gerekmektedir.

Elde edilen verilere göre PAS'ın, kimyasal arıtma uygulansa bile aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde belli bir toksisiteye sahip olduğu açıktır. Bunun en büyük nedeni, PAS'ın besin değerinin yüksek oluşudur. PAS, aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde aşırı besin yüklemesine neden olmaktadır. Başka bir deyişle, substrat inhibisyonu yaratmaktadır. Bu nedenle PAS'ın evsel atıksularla bertarafı söz konusuysa öncelikle PAS mutlaka kimyasal arıtmaya tabi tutulması; ardından da bu endüstriden kaynaklanan atıksuların evsel atıksulara olan hacimsel oranına dikkat edilmesi gerekmektedir. Eğer hacimsel oranları yüksekse inhibisyon etkisinin olmaması için kimyasal arıtma uygulandıktan sonra bile belli oranlarda seyreltilerek evsel atıksularla karıştırılmasının uygun olacağı düşünülmektedir. PAS'a uygulanacak ön arıtımla ilgili akım şeması Şekil 6.42.'de verilmektedir.



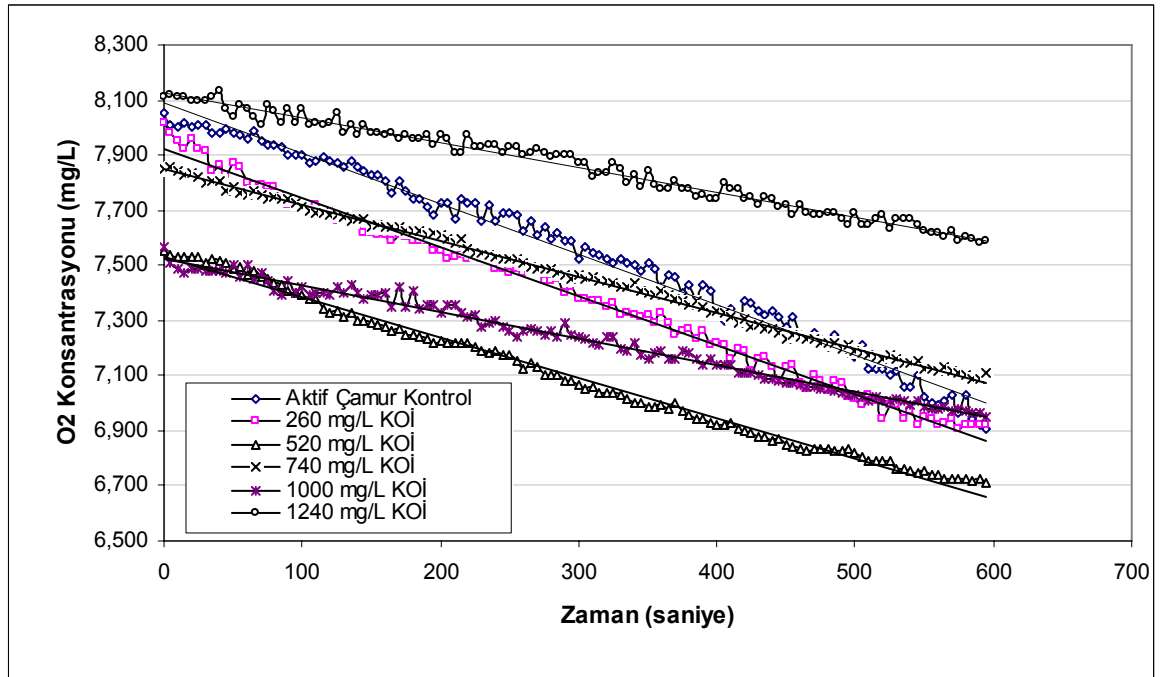
**Şekil 6.42.** Peynir Altı Suları İçin Ön Arıtma Alternatifi Akım Şeması

## 6.6. Organize Sanayi Bölgesi Atıksuyunda Yürütülen Respirometrik Çalışmalar:

Organize Sanayi Bölgesinden (OSB) kaynaklanan atıksuların aktif çamur üzerindeki toksisitesinin belirlenmesi amacıyla respirometrik çalışmalar yürütülmüştür. Bu çalışmalarda karakterizasyonu Bölüm 5 Çizelge 5.6.'da verilen OSB atıksuyu kullanılmıştır.

### 6.6.1. Organize Sanayi Bölgesi Ham Atıksuyunda Yürütülen Çalışmalar:

İlk olarak OSB ham atıksuyunun KOİ'sine göre çeşitli seyrelme oranlarında (%80, %60, %40, %20 ve %0) aktif çamur üzerindeki toksisitesi 30 dakikalık havalandırma sonucu yapılan testlerle belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalarda öncelikle oksijen tüketim hızları (OTH) belirlenmiştir. Zamana karşı belirlenen OTH değerleri Şekil 6.43.'te verilmektedir.



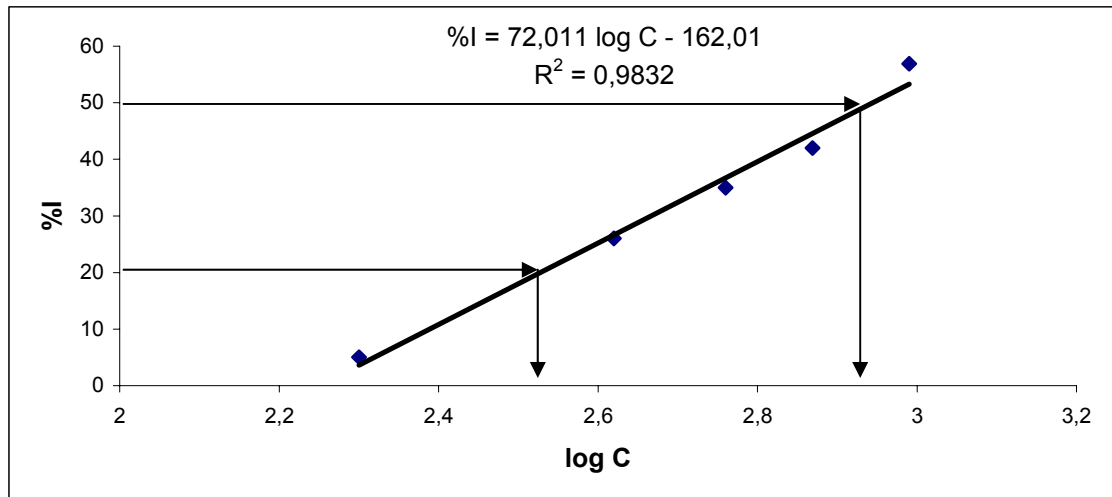
Şekil 6.43. OSB Ham Atıksuyunun 30 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi

Şekil 6.43.'te çizilen grafiğin eğimlerinden hareketle her bir seyrelme oranları için hesaplanan oksijen tüketim hızları (OTH) ve oksijen tüketim hızlarında meydana gelen oksijen tüketimi engelleme (inhibisyon) yüzdesi (%I) değerleri Çizelge 6.18.'de sunulmaktadır.

**Çizelge 6.18.** OSB Ham Atıksuyuyla 30 Dakikalık Havalandırma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve %I Değerleri

Seyrelme Oranları	KOİ (mg/L)	OTH (mg/L.sa <sup>-1</sup> )	I (%)
% 80	260	6,6	3,51
% 60	520	5,04	26,32
% 40	740	4,44	35,09
% 20	1000	3,72	51,61
% 0 (Ham su)	1240	3,13	54,24

Çizelge 6.18.'den görüleceği üzere OSB ham atıksuyunun aktif çamur mikroorganizmaları üzerine inhibisyon etkisi %I değerlerine göre hayli yüksektir. Buradan hareketle elde edilen OTH değerlerinden yola çıkılarak hesaplanan inhibisyon yüzdeleri (%I) de grafiğe aktarılarak (Şekil 6.44.) EC50, EC20 ve %I=0 değerleri hesaplanmıştır.



**Şekil 6.44.** 30 Dakikalık Havalandırma Sonrasında Gerçekleştirilen Test Sonucu Elde Edilen OSB Ham Atıksuyu Numuneleri İçin logC Değerlerine Karşı Çizilen I (%) Grafiği

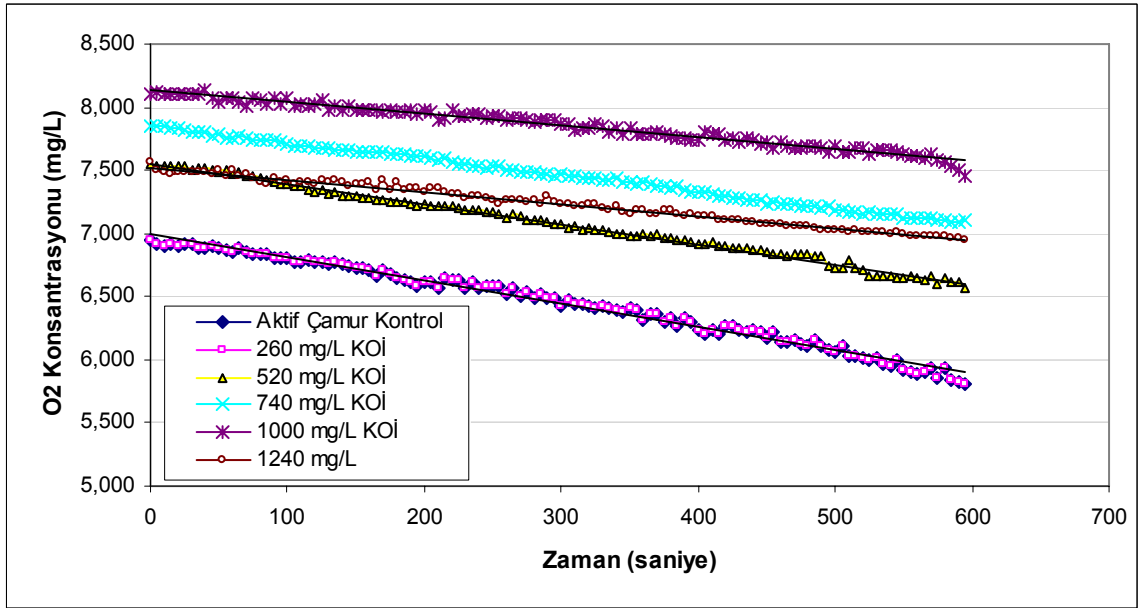
Şekil 6.44.'te verilen %I grafiğinden yola çıkılarak %I = 50 değerine karşı gelen logC değeri 2,944'tür. Buna göre 879,29 mg/L KOİ'ye sahip atıksuyun aktif çamur mikroorganizmalarını %50 oranda inhibe ettiği söylenebilmektedir. Bir diğer ifadeyle %29 seyrelme oranındaki OSB ham atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını %50 oranda inhibe etmektedir (EC50 = %29 seyrelmiş atıksu). %I=20 değerine karşılık gelen logC değeri ise 2,528'dir. Buna göre 336,92 mg/L KOİ'ye sahip atıksuyun aktif çamur mikroorganizmalarını %20 oranda inhibe etmektedir. Diğer bir ifadeyle %73 seyrelme oranındaki OSB ham atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını %20 oranında inhibe etmektedir (EC20 = %73 seyrelmiş atıksu). %I=0 değerine karşılık gelen logC değeri enterpolasyonla 2,251 olarak hesaplanmıştır. Buna göre 178,24 mg/L KOİ'ye sahip atıksu aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmemektedir. Yani aktif çamur mikroorganizmaları 178,24 mg/L KOİ'ye sahip ham OSB atıksuyunu arıtırken evsel atıksuyuyla aynı hızda oksijen tüketmektedir. Diğer bir ifadeyle ham OSB atıksuyunun aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmemesi ya da faaliyetlerinde herhangi bir değişiklik yaratmaması için %86 oranında seyreltilmesi gerekmektedir.

OSB ham atıksuları ISO 8192 metoduna göre 30 dakikalık temas süresinden sonra yapılan inhibisyon testlerinin yanında 180 dakikalık temas süresinden sonra da respirometrik ölçümlere tabi tutulmuştur. Bu ölçümlerden elde edilen oksijen tüketim hızları (OTH) Şekil 6.45.'de görülmektedir. Bu verilerden elde edilen OTH değerleri ve oksijen tüketim hızlarında meydana gelen oksijen tüketimi engelleme (inhibisyon) yüzdesi (%I) değerleri Çizelge 6.19.'da verilmektedir.

**Çizelge 6.19.** OSB Ham Atıksuyunun 180 Dakikalık Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve %I Değerleri

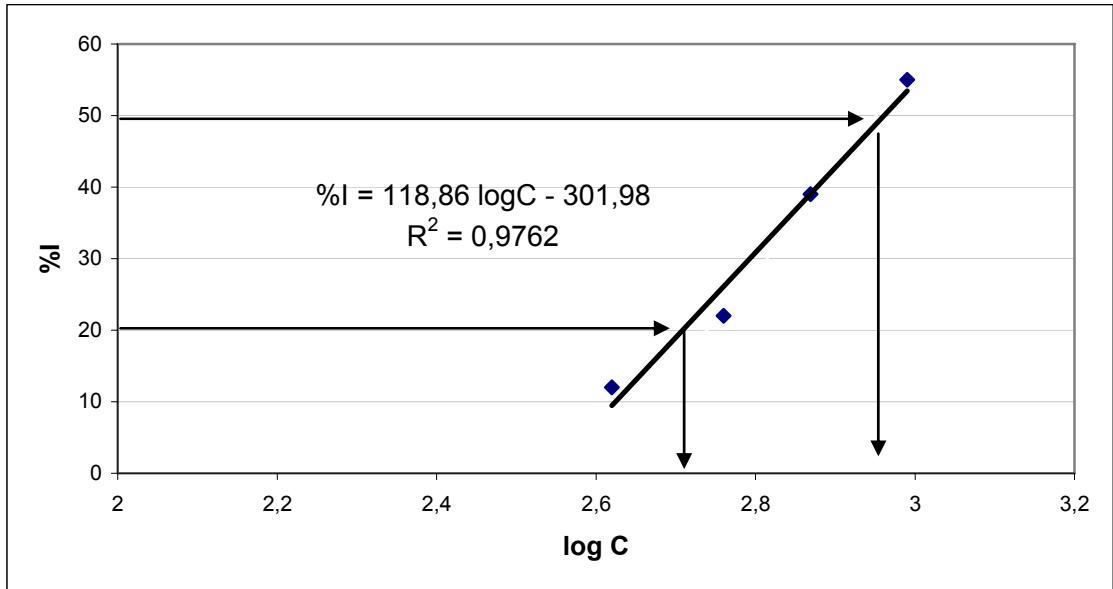
Seyrelme Oranları	KOİ (mg/L)	OTH (mg/L.sa <sup>-1</sup> )	I (%)
% 80	260	6,80	0,58
% 60	520	5,94	13,16
% 40	740	4,44	35,09
% 20	1000	3,90	52,98
% 0 (Ham su)	1240	3,72	55,61





**Şekil 6.45.** OSB Ham Atıksuyunun 180 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi

OTH değerlerinden yola çıkılarak hesaplanan inhibisyon yüzdeleri de grafiğe aktarılarak (Şekil 6.46.) EC50, EC20 ve %I=0 değerleri hesaplanmıştır



**Şekil 6.46.** 180 Dakikalık Havalandırma Sonrasında Gerçekleştirilen Test Sonucu Elde Edilen OSB Ham Atıksuyu Numuneleri İçin logC Değerlerine Karşı Çizilen I (%) Grafiği

Şekil 6.46.'da verilen %I grafiğinden yola çıkılarak %I= 50 değerine karşı gelen logC değeri 2,961'dir. Buna göre 914,74 mg/L KOİ'ye sahip atıksuyun aktif çamur mikroorganizmalarını %50 oranda inhibe ettiği söylenebilmektedir. Bir diğer ifadeyle %26 seyrelme oranındaki OSB ham atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını %50 oranda inhibe etmektedir (EC50=%26 seyrelmiş atıksu). %I= 20 değerine karşılık gelen logC değeri ise 2,709'dur. Buna göre 511,57 mg/L KOİ'ye sahip atıksuyun aktif çamur mikroorganizmalarını %20 oranda inhibe etmektedir. Diğer bir ifadeyle %58,74 seyrelme oranındaki OSB ham atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını %20 oranında inhibe etmektedir (EC20= %58,74 seyrelmiş atıksu). %I=0 değerine karşılık gelen logC değeri enterpolasyonla 2,541 olarak hesaplanmıştır. Buna göre 347,54 mg/L KOİ'ye sahip atıksu aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmemektedir. Yani aktif çamur mikroorganizmaları 347,54 mg/L KOİ'ye sahip ham OSB atıksuyunu arıtırken evsel atıksuyuyla aynı hızda oksijen tüketmektedir. Diğer bir ifadeyle ham OSB atıksuyunun aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmemesi ya da faaliyetlerinde herhangi bir değişiklik yaratmaması için %72 oranında seyreltilmesi gerekmektedir.

Havalandırma süresinin uzatılarak OSB ham atıksuyuyla aktif çamur mikroorganizmalarının daha uzun süre temas ettirilmesi atıksu bünyesinde bulunan kirliliklerin ayrışması üzerinde biraz değişiklik yapsa da bu değer yeterli değildir.

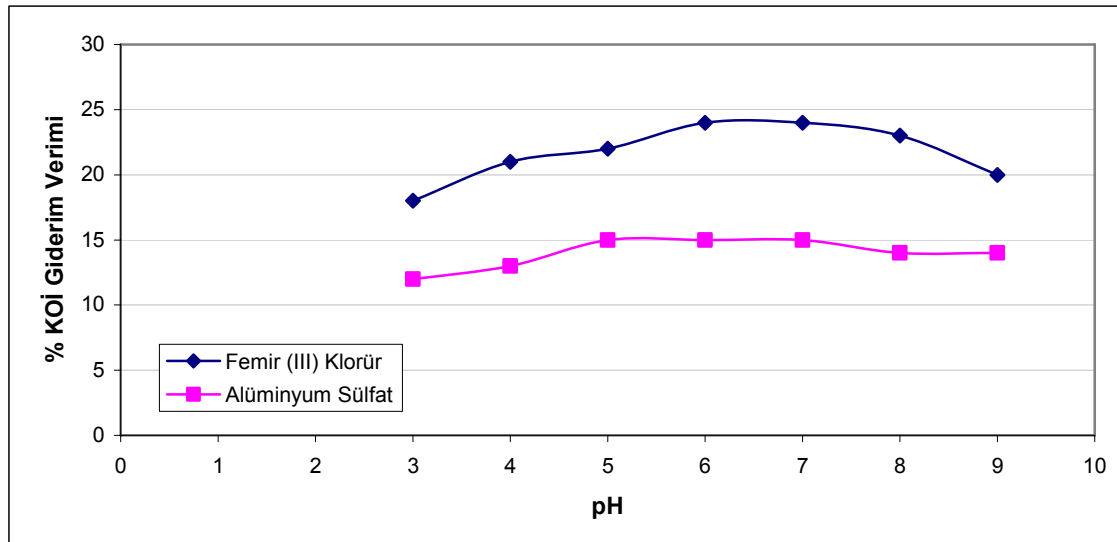
Tüm bu sonuçlara göre hiçbir ön işlem uygulanmamış OSB ham atıksuyuyla yapılan respirometrik denemeler neticesinde atıksuyun aktif çamur üzerinde inhibisyon oluşturduğu açıkça tespit edilmiştir. Ham OSB atıksuyunun aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon etkisi yaratmaması, başka bir deyişle mikroorganizmaların faaliyetlerini değiştirmemesi için ham OSB atıksuyunun yaklaşık olarak %70 oranında seyretildikten sonra evsel atıksuya verilmesi gerekmektedir ki bu değer oldukça yüksek bir değerdir. Bu doğrultuda OSB atıksularının herhangi bir ön işleme tabi tutulmaksızın evsel atıksularla beraber bertarafından ziyade, bir ön arıtma işleminden sonra evsel atıksularla arıtımının daha uygun olabileceği kanısına varılmıştır. Bu nedenle OSB atıksuyuyla kimyasal arıtılabilirlik çalışmaları yapılmıştır.

### 6.6.2. Kimyasal Arıtma Uygulanmış Organize Sanayi Bölgesi Atıksuyunda Yürütülen Çalışmalar:

OSB atıksuyunun aktif çamur mikroorganizmalarına doğrudan verildiği durumda inhibisyon etkisi yarattığı tespit edildiğinden, atıksu kimyasal arıtma işleminden geçirildikten sonra respirometrik deneylere tabi tutulmuşlardır.

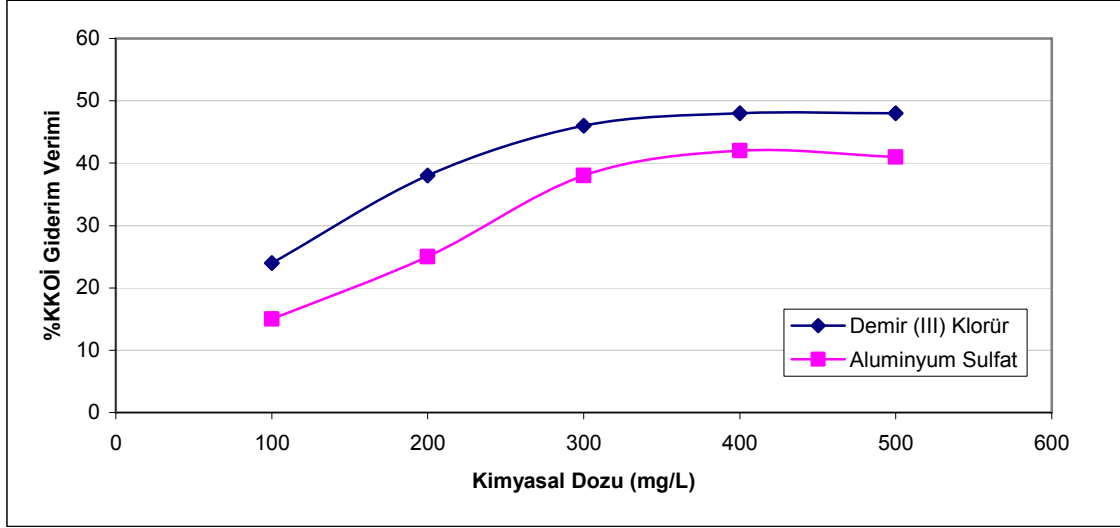
Alüminyum sülfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ) ve demir (III) klorür ( $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ) kullanılarak kimyasal arıtılabilirlik çalışmaları yürütülmüştür. Yapılan bu ön işlemin ardından da atıksuların respirometrik ölçümleri yapılmıştır.

Bu amaçla öncelikli olarak jar testin optimum pH'ı belirlenmiş, ardından da optimum alüminyum sülfat dozu belirlenmeye çalışılmıştır. pH optimizasyonunun belirlenmesi amacıyla atıksu numuneleri 0,1 N  $H_2SO_4$  veya 0,1 N NaOH kullanılarak 3, 4, 5, 6, 7, 8 ve 9 pH değerlerine ayarlanmıştır. pH değeri ayarlanan OSB atıksuları 100 mg/L alum ve demir (III) klorür dozu eşliğinde jar teste tabi tutulmuşlardır. Yapılan jar test denemelerinde 1 L'lik numunelerde hızlı karıştırma işlemi 3 dakika, yavaş karıştırma işlemi 15 dakika ve çökeltme işlemi de en az 1 saat olacak şekilde tüm testlerde eşit olarak uygulanmıştır. Yapılan pH optimizasyonu neticesinde Alum için optimum pH=7 değeri ve demir (III) klorür için de pH=6 değerleri optimum pH olarak belirlenmiştir (Şekil 6.47.).



**Şekil 6.47.** Jar Test Denemelerinde Elde Edilen pH Optimizasyon Sonuçları ( $C_{alum}$ , demir (III) klorür = 100 mg/L)

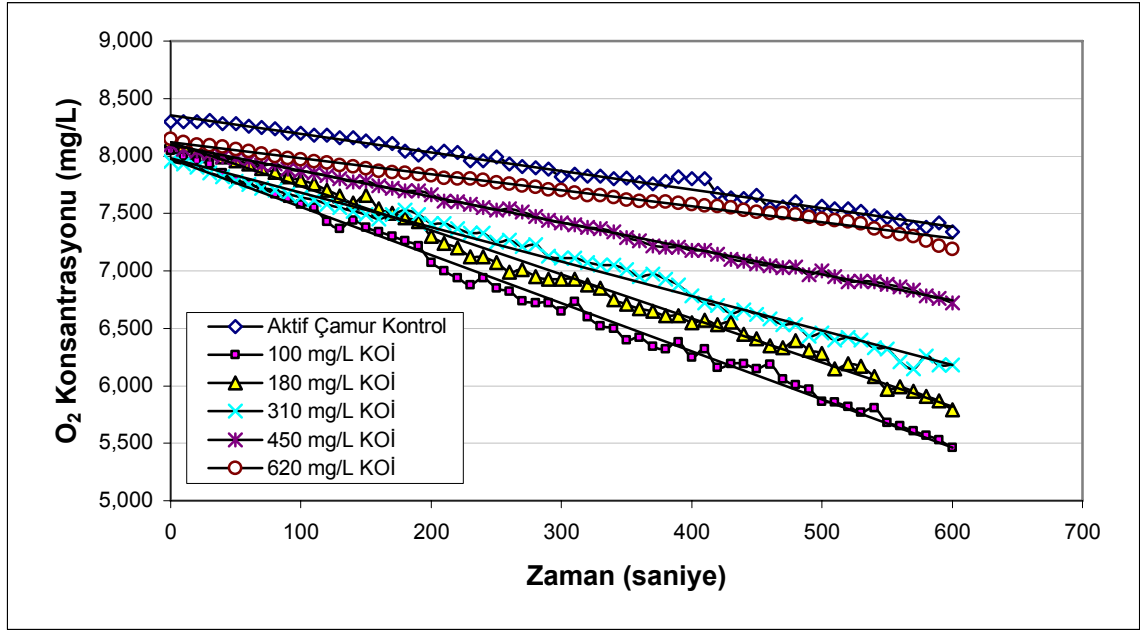
Bir sonraki kademede de optimum pH değeri sabit tutularak kimyasal madde dozları optimize edilmiştir (Şekil 6.48.).



**Şekil 6.48.** Jar Test Alum (pH=7) ve Demir (III) Klorür (pH=6) Dozu Optimizasyonu.

Yapılan kimyasal arıtılabilirlik çalışmaları neticesinde demir (III) klorürün aluma göre daha iyi sonuç verdiği ve 400 mg/L'lik doz eşliğinde ve pH=6 değerinde KOİ'nin %48 giderilebildiği belirlenmiştir. Alumla yapılan denemelerde ise optimum doz 400 mg/L (pH=7) ve elde edilen maksimum KOİ giderim verimi de %42 olarak belirlenmiştir. Respirometrik denemelerde kullanılmak üzere 10 L hacimde atıksu üzerinde 400 mg/L demir (III) klorür dozu eşliğinde jar test uygulanmış ve buradan elde edilen atıksularda respirometrik denemeler yürütülmüştür.

OSB atıksuyunun daha önceki çalışmalara benzer olarak çeşitli seyrelme oranlarında (%80, %60, %40, %20 ve %0) ve 30 dakikalık temas süresi sonunda aktif çamur üzerindeki toksisitesi belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalarda öncelikle oksijen tüketim hızları (OTH) belirlenmiştir (Şekil 6.49.). Şekil 6.49.'da verilen grafiğin eğimlerinden hareketle her bir numune atıksu numunesi için hesaplanan oksijen tüketim hızları (OTH) ve oksijen tüketim hızlarında meydana gelen oksijen tüketimi inhibisyon yüzdesi (%I) değerleri Çizelge 6.20'de sunulmaktadır.



**Şekil 6.49.** Kimyasal Arıtma Uygulanmış Organize Sanayi Bölgesi Atıksuyunun 30 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi

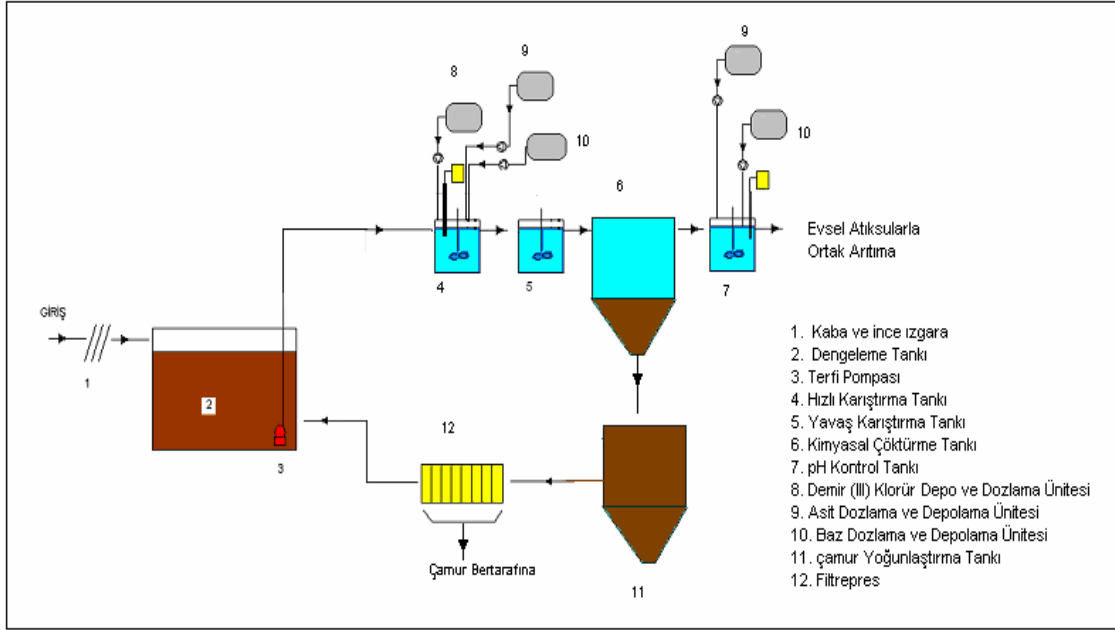
**Çizelge 6.20.** Kimyasal Arıtma Uygulanmış OSB Atıksuyuyla 30 Dakikalık Havalandırma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve %I Değerleri

Seyrelme Oranları	KOİ (mg/L)	OTH (mg/L.sa <sup>-1</sup> )	I (%)
% 80	100	15,54	-169,79
% 60	180	14,04	-143,75
% 40	310	10,62	-84,38
% 20	450	8,28	-43,75
% 0 (Ham su)	620	5,76	0

Çizelge 6.20.'ye göre kimyasal arıtma işlemine tabi tutulmuş, çeşitli seyrelme oranları uygulanmış OSB atıksu numuneleriyle yapılan respirometrik ölçümler neticesinde atıksuyun aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon oluşturmadığı görülmektedir. Buna göre, bu atıksuyun evsel atıksularla arıtılabilir olduğu kanaatine varılmıştır. Bu sonuçlardan dolayı kimyasal arıtma işlemi uygulanmış OSB atıksuyula yapılan respirometrik çalışmalar 30 dakika temas süresinden sonra

yapılan ölçümlerle tamamlanmış ve 180 dakikalık havalandırma sonucu yapılan respirometrik ölçümlere gerek duyulmamıştır.

Elde edilen sonuçlara göre, OSB atıksularının, kimyasal arıtma işlemine tabi tutulduktan sonra evsel atıksularla arıtılabilir olduğu düşünülmektedir. OSB atıksularına uygulanabilecek ön arıtma alternatifi Şekil 6.50.'de verilmiştir.



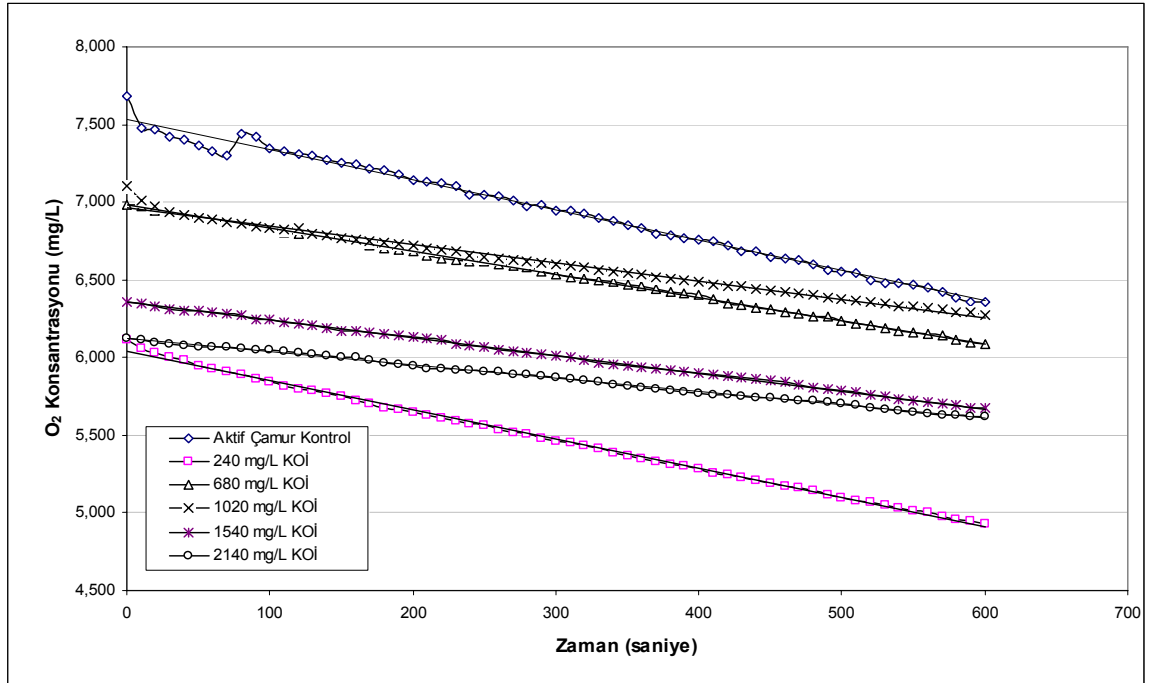
Şekil 6.50. OSB Atıksuları İçin Ön Arıtma Alternatifi Akım Şeması

### 6.7. Karışık Endüstriyel Atıksuda Yürütülen Respirometrik Çalışmalar:

Bu çalışmanın amacı, endüstriyel atıksuların birlikte ve evsel atıksularla arıtılabilirliğinin araştırılması olduğundan, yapılan respirometrik çalışmalarda aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde toksik etki yarattığı görülen otomotiv endüstrisi, tekstil endüstrisi, deri endüstrisi ve peynir altı suları debilerine göre karıştırıldıktan sonra birlikte arıtılabilirliğinin araştırılabilmesi amacıyla respirometrik ölçümlerden geçirilmiştir. Bu çalışmalarda karakterizasyonu ve debileri Bölüm 5'te ayrı ayrı verilmiş olan endüstriyel atıksular kullanılmıştır.

### 6.7.1. Ham Karışık Endüstriyel Atıksuyunda Yürütülen Çalışmalar:

Başlangıçta ham karışık endüstriyel atıksuyun KOİ'sine göre çeşitli seyrelme oranlarında (%90, %70, %50, %30 ve %0) aktif çamur üzerindeki toksisitesi 30 dakikalık havalandırma sonucu yapılan testlerle belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalarda öncelikle oksijen tüketim hızları (OTH) belirlenmiştir. Zamana karşı belirlenen OTH değerleri Şekil 6.51.'de verilmektedir.



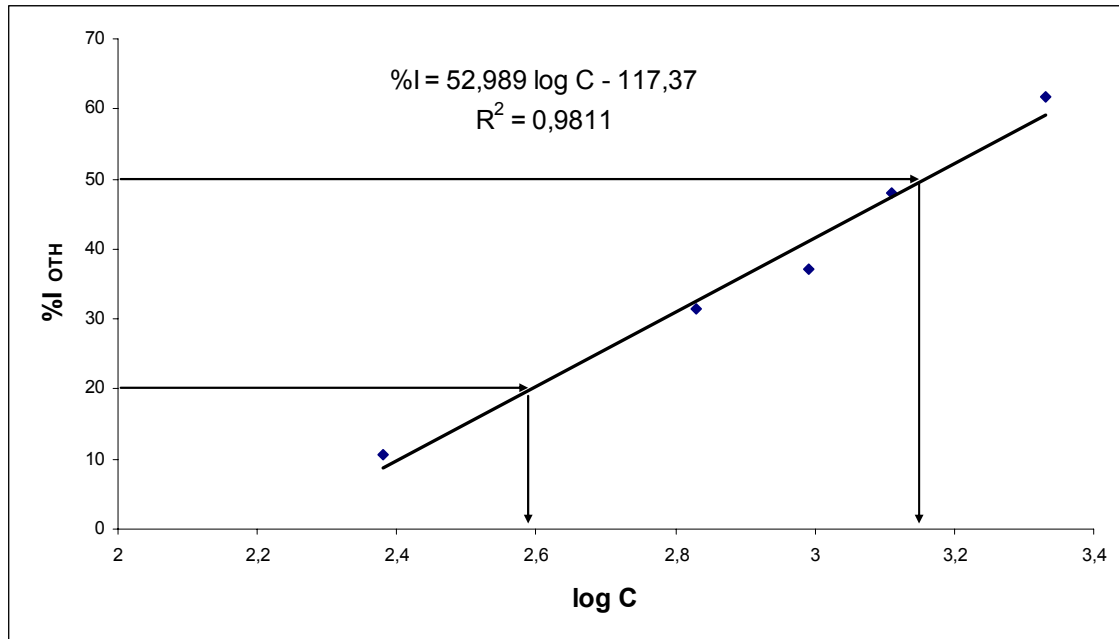
**Şekil 6.51.** Ham Karışık Endüstriyel Ham Atıksuyun 30 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızınının (OTH) Grafikselleştirilmesi

Şekil 6.51.'de çizilen grafiğin eğimlerinden hareketle her bir seyrelme oranları için hesaplanan oksijen tüketim hızları (OTH) ve oksijen tüketim hızlarında meydana gelen oksijen tüketimi engelleme (inhibisyon) yüzdesi (%I) değerleri Çizelge 6.21.'de sunulmaktadır.

**Çizelge 6.21.** Ham Karışık Endüstriyel Atıksuyunda 30 Dakikalık Havalandırma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve %I Değerleri

Seyrelme Oranları	KOİ (mg/L)	OTH (mg/L.sa <sup>-1</sup> )	I (%)
% 90	240	7,08	10,61
% 70	680	5,34	32,58
% 50	1020	4,98	37,12
% 30	1540	4,08	52,48
% 0	2140	3,00	62,12

Çizelge 6.21.'den görüleceği üzere ham karışık endüstriyel atıksuyun aktif çamur mikroorganizmaları üzerine inhibisyon etkisi, atıksuyun seyrelme oranı azaldıkça artmaktadır. Elde edilen OTH değerlerinden yola çıkılarak hesaplanan inhibisyon yüzdeleri (%I) grafiğe aktarılarak (Şekil 6.52.) EC50, EC20 ve %I=0 değerleri hesaplanmıştır.



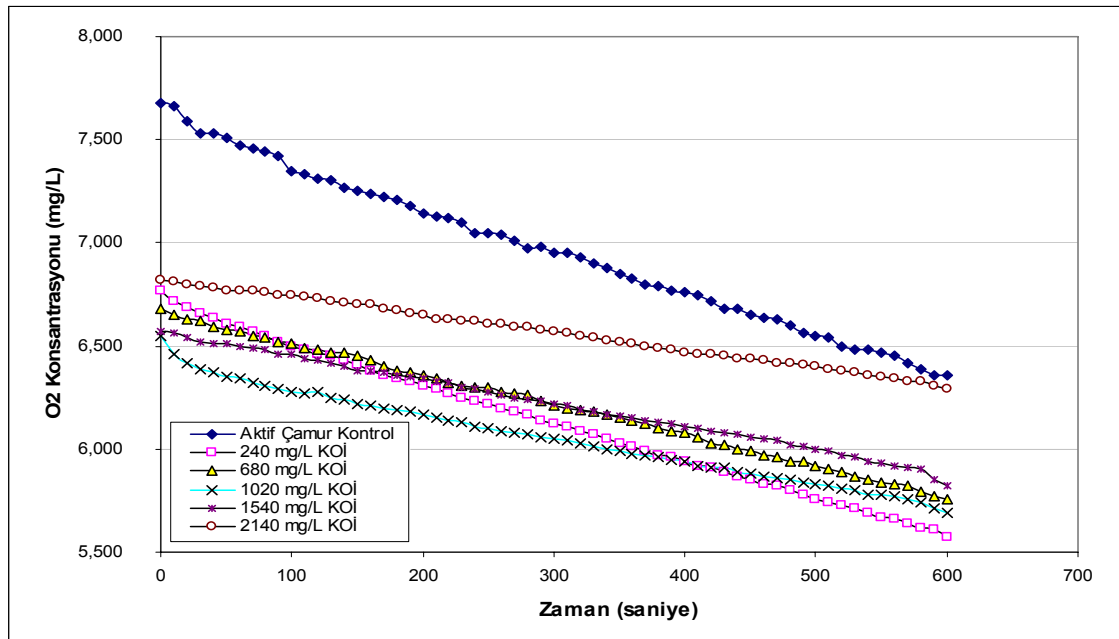
**Şekil 6.52.** 30 Dakikalık Havalandırma Sonrasında Gerçekleştirilen Test Sonucu Elde Edilen Ham Karışık Endüstriyel Atıksu Numuneleri İçin logC Değerlerine Karşı Çizilen I (%) Grafiği

Şekil 6.52'de verilen %I grafiğinden yola çıkılarak %I= 50 değerine karşı gelen logC değeri 3,159'dur. Buna göre 1440,72 mg/L KOİ'ye sahip atıksuyun aktif çamur



mikroorganizmalarını %50 oranda inhibe ettiği söylenebilmektedir. Bir diğer ifadeyle %33 seyrelme oranındaki ham karışık endüstriyel atıksuyu, aktif çamur mikroorganizmalarını %50 oranda inhibe etmektedir (EC50= %33 seyrelmiş atıksu). %I= 20 değerine karşılık gelen logC değeri ise 2,592'dir. Buna göre 391,22 mg/L KOİ'ye sahip atıksuyun aktif çamur mikroorganizmalarını %20 oranda inhibe etmektedir. Diğer bir ifadeyle %82 seyrelme oranındaki ham karışık endüstriyel atıksuyu, aktif çamur mikroorganizmalarını % 20 oranında inhibe etmektedir (EC20= %82 seyrelmiş atıksu). %I=0 değerine karşılık gelen logC değeri enterpolasyonla 2,214 olarak hesaplanmıştır. Buna göre 163,68 mg/L KOİ'ye sahip atıksu aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmemektedir. Yani aktif çamur mikroorganizmaları 347,54 mg/L KOİ'ye sahip ham karışık endüstriyel atıksuyunu artırırken evsel atıksuyuyla aynı hızda oksijen tüketmektedir. Diğer bir ifadeyle ham karışık endüstriyel atıksuyunun aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmemesi ya da faaliyetlerinde herhangi bir değişiklik yaratmaması için %92 oranında seyreltilmesi gerekmektedir.

Ham karışık endüstriyel atıksuları ISO 8192 metoduna göre 180 dakikalık temas süresinden sonra da respirometrik ölçümlere tabi tutulmuştur. Bu ölçümlerden elde edilen oksijen tüketim hızları (OTH) Şekil 6.53.'te görülmektedir.



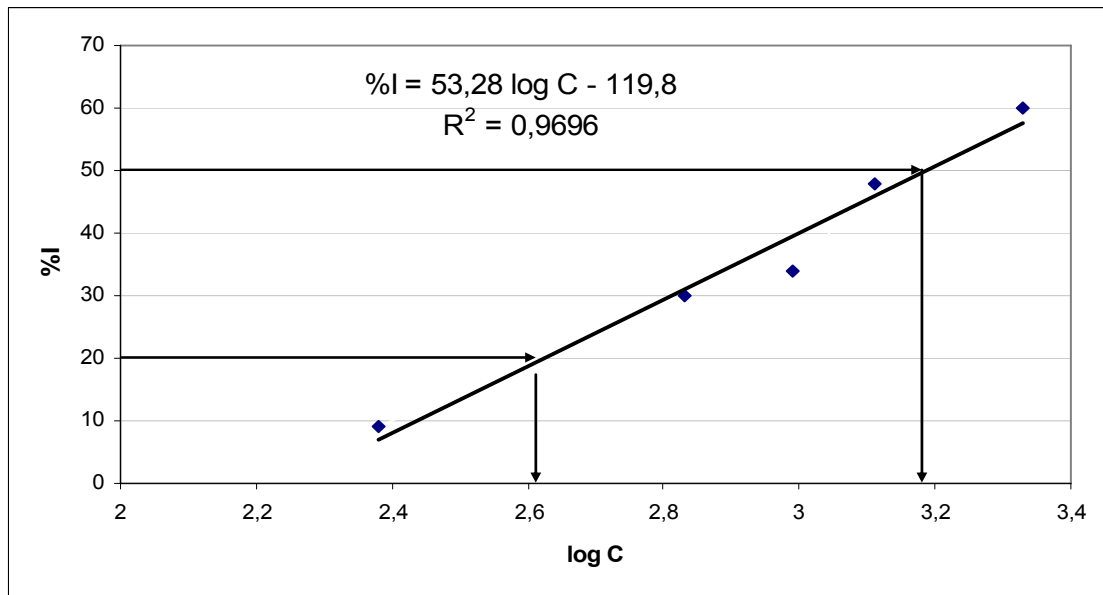
**Şekil 6.53.** Ham Karışık Endüstriyel Atıksuyun 180 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi

Bu verilerden elde edilen OTH değerleri ve oksijen tüketime hızlarında meydana gelen oksijen tüketimi engelleme (inhibisyon) yüzdesi (%I) değerleri Çizelge 6.22.'de verilmektedir.

**Çizelge 6.22.** Ham Karışık Endüstriyel Atıksuyun 180 Dakikalık Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve %I Değerleri

Seyrelme Oranları	KOİ (mg/L)	OTH (mg/L.sa <sup>-1</sup> )	I (%)
% 90	240	7,20	9,09
% 70	680	5,52	30,30
% 50	1020	5,16	34,85
% 30	1540	4,50	43,18
% 0	2140	3,18	59,85

Hesaplanan inhibisyon yüzdeleri de grafiğe aktarılarak (Şekil 6.54.) EC50, EC20 ve %I=0 değerleri hesaplanmıştır.



**Şekil 6.54.** 180 Dakikalık Havalandırma Sonrasında Gerçekleştirilen Test Sonucu Elde Edilen Ham Karışık Endüstriyel Atıksuyu Numuneleri İçin logC Değerlerine Karşı Çizilen I (%) Grafiği

Şekil 6.54.'te verilen %I grafiğinden yola çıkılarak %I= 50 değerine karşı gelen logC değeri 3,187'dir. Buna göre 1537,93 mg/L KOİ'ye sahip atıksuyun aktif çamur

mikroorganizmalarını %50 oranda inhibe ettiği söylenebilmektedir. Bir diğer ifadeyle %72 seyrelme oranındaki ham karışık endüstriyel atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını %50 oranda inhibe etmektedir (EC50= %28 seyrelmiş atıksu). %I= 20 değerine karşılık gelen logC değeri ise 2,624'tür. Buna göre 420,60 mg/L KOİ'ye sahip atıksuyun aktif çamur mikroorganizmalarını %20 oranda inhibe etmektedir. Diğer bir ifadeyle %80,4 seyrelme oranındaki ham karışık endüstriyel atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını %20 oranında inhibe etmektedir (EC20= %80,4 seyrelmiş atıksu). %I=0 değerine karşılık gelen logC değeri enterpolasyonla 2,249 olarak hesaplanmıştır. Buna göre 177,42 mg/L KOİ'ye sahip atıksu aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmemektedir. Yani aktif çamur mikroorganizmaları 177,42 mg/L KOİ'ye sahip ham karışık endüstriyel atıksuyunu arıtırken evsel atıksuyuyla aynı hızda oksijen tüketmektedir. Diğer bir ifadeyle ham karışık endüstriyel atıksuyunun aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmemesi ya da faaliyetlerinde herhangi bir değişiklik yaratmaması için %92 oranında seyreltilmesi gerekmektedir.

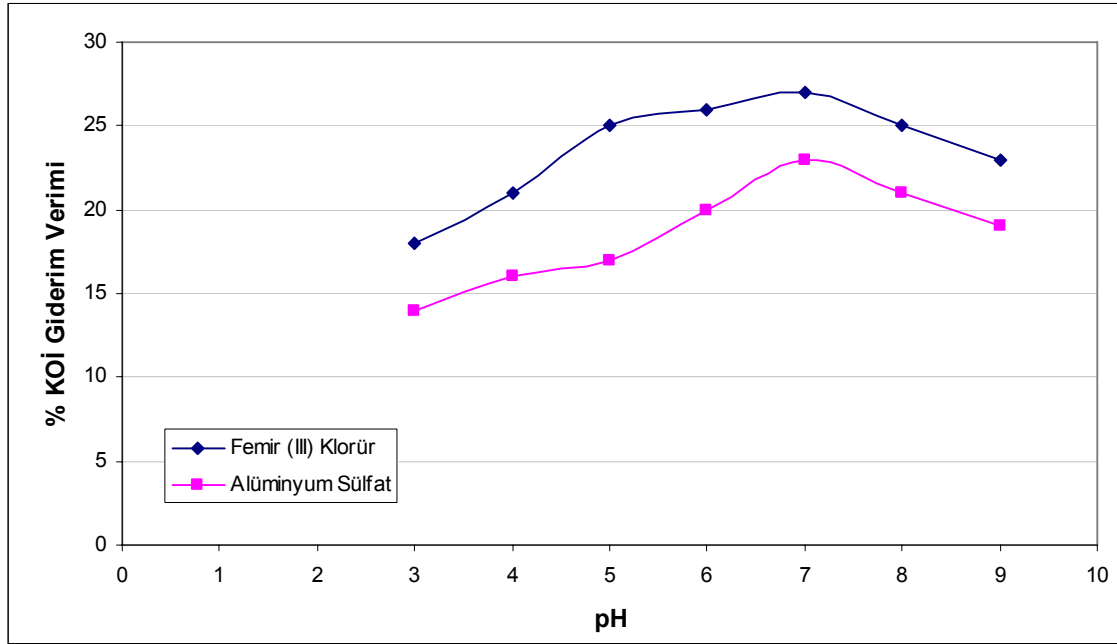
Havalandırma süresinin uzatılarak ham karışık endüstriyel atıksuyuyla aktif çamur mikroorganizmalarının daha uzun süre temas ettirilmesi atıksu bünyesinde bulunan kirliliklerin ayrışması üzerinde çok büyük bir değişiklik yapmamıştır. Aynı şekilde atıksuyun aktif çamur mikroorganizmaları üzerindeki inhibisyon oranlarının da bu sürede çok fazla değişmediği gözlenmiştir.

Tüm bu sonuçlara göre hiçbir ön işlem uygulanmamış ham karışık endüstriyel atıksuyuyla yapılan respirometrik denemeler neticesinde atıksuyun aktif çamur üzerinde inhibisyon oluşturduğu açıkça tespit edilmiştir. Ham karışık endüstriyel atıksuyun aktif çamur mikroorganizmalarının faaliyetlerini etkilememesi için %92 civarında seyreltikten sonra evsel atıksuya verilmesi gerekmektedir ki bu değer oldukça yüksektir. Bu doğrultuda ham karışık endüstriyel atıksularının herhangi bir ön işleme tabi tutulmaksızın evsel atıksularla beraber bertarafından ziyade, bir ön arıtma işleminden sonra evsel atıksularla arıtımının daha uygun olabileceği kanısına varılmıştır. Bu nedenle ham karışık endüstriyel atıksuyuyla kimyasal arıtılabilirlik çalışmaları yapıldıktan sonra respirometrik deneyler yürütülmüştür.

### 6.7.2. Kimyasal Arıtma Uygulanmış Karışık Endüstriyel Atıksuyunda Yürütülen Çalışmalar:

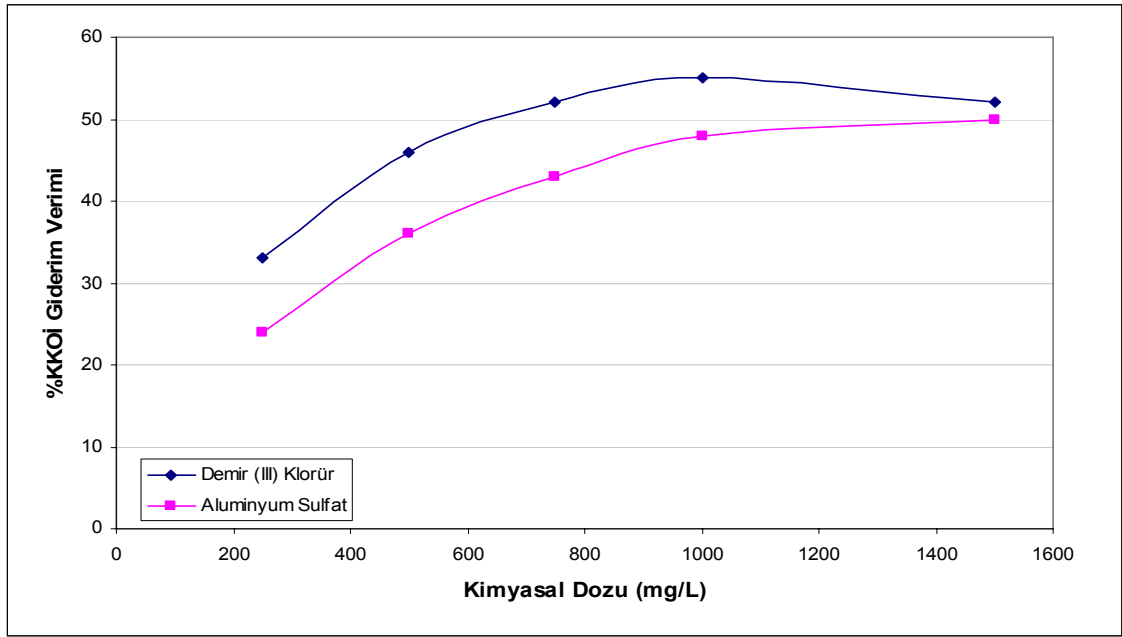
Otomotiv endüstrisi, tekstil endüstrisi, deri endüstrisi ve peynir altı suyunun Bölüm 5’te verilen debilerine göre karıştırılmasından elde edilen karışık endüstriyel atıksuyun aktif çamur mikroorganizmalarına doğrudan verildiği durumda inhibisyon etkisi yarattığı tespit edildiğinden, karışık endüstriyel atıksu kimyasal arıtma işleminden geçirildikten sonra respirometrik deneylere tabi tutulmuştur.

Kimyasal arıtılabilirlik denemelerinde koagülant olarak alüminyum sülfat ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ) ve demir (III) klorür ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) kullanılmıştır. Öncelikle jar testin optimum pH’ı belirlenmiş, ardından da optimum alüminyum sülfat dozu belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan pH optimizasyonu neticesinde Alum için optimum pH=7 değeri ve demir (III) klorür için de pH=6 değerleri optimum pH olarak belirlenmiştir (Şekil 6.55.).



Şekil 6.55. Jar Test Denemelerinde Elde Edilen pH Optimizasyon Sonuçları ( $C_{\text{alum}}$ , demir (III) klorür = 100 mg/L)

Bir sonraki kademede de optimum pH değeri sabit tutularak kimyasal madde dozları optimize edilmiştir (Şekil 6.56.).

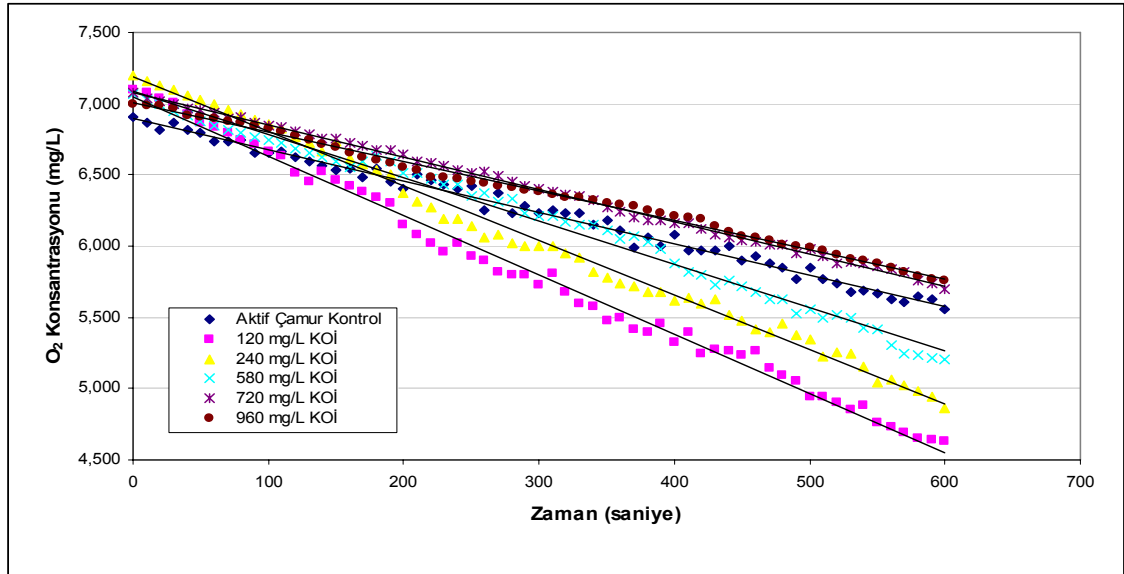


**Şekil 6.56.** Jar Test Alum (pH=7) ve Demir (III) Klorür (pH=6) Dozu Optimizasyonu.

Yapılan kimyasal arıtılabilirlik çalışmaları neticesinde demir (III) klorürün alumina göre daha iyi sonuç verdiği ve 1000 mg/L'lik doz eşliğinde ve pH=6 değerinde KOİ'nin %55 giderilebildiği belirlenmiştir. Alumla yapılan denemelerde ise optimum doz 1500 mg/L (pH=7) ve elde edilen maksimum KOİ giderim verimi de %50 olarak belirlenmiştir. buradan yola çıkılarak, respirometrik denemelerde kullanılmak üzere 10L hacimde atıksu üzerinde 1000 mg/L demir (III) klorür dozu eşliğinde jar test uygulanmış ve buradan elde edilen atıksularda respirometrik denemeler yürütülmüştür.

Kimyasal arıtma uygulanmış karışık endüstriyel atıksuyunun çeşitli seyrelme oranlarında (%77,5, %75, %40, %25 ve %0) ve 30 dakikalık temas süresi sonunda aktif çamur üzerindeki toksisitesi belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalarda öncelikle oksijen tüketim hızları (OTH) belirlenmiştir (Şekil 6.57.).

Şekil 6.57.'de verilen grafiğin eğimlerinden hareketle her bir numune atıksu numunesi için hesaplanan oksijen tüketim hızları (OTH) ve oksijen tüketim hızlarında meydana gelen oksijen tüketimi inhibisyon yüzdesi (%I) değerleri Çizelge 6.23'te sunulmaktadır.



**Şekil 6.57.** Kimyasal Arıtma Uygulanmış Karışık Endüstriyel Atıksuyunun 30 Dakikalık Havalandırma Süresi Sonrasında Ölçülen Oksijen Tüketim Hızının (OTH) Grafikselsel Gösterimi

**Çizelge 6.23.** Kimyasal Arıtma Uygulanmış Karışık Endüstriyel Atıksuyuyla 30 Dakikalık Havalandırma Sonrası Gerçekleştirilen Test Sonucunda Elde Edilen OTH ve %I Değerleri

Seyrelme Oranları	KOİ (mg/L)	OTH (mg/L.sa <sup>-1</sup> )	I (%)
% 77,5	120	14,82	-82,96
% 75	240	14,14	-74,57
% 40	580	11,22	-38,52
% 25	720	8,25	-1,85
% 0 (Ham su)	960	7,44	8,15

Çizelge 6.23.'e göre kimyasal arıtma işlemine tabi tutulmuş, çeşitli seyrelme oranları uygulanmış karışık endüstriyel atıksu numuneleriyle yapılan respirometrik ölçümler neticesinde %77,5, %75, %40 ve %25 seyrelme oranlarına sahip atıksuların aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon oluşturmadığı görülmektedir. %I=0 değeri ise interpolasyonla %13,59 bulunmuştur. Buna göre kimyasal arıtma uygulanmış karışık endüstriyel atıksuyun aktif çamur mikroorganizmalarının faaliyetini etkilemesi için %13,59 oranında seyreltilmesi gerekmektedir.

%0 seyrelme oranına sahip, başka bir değişle seyreltme uygulanmamış karışık endüstriyel atıksuyun çok düşük bir oranda inhibisyon etkisi gösterdiği görülmüştür. Ancak deneysel çalışmalarda endüstriyel atıksular aktif çamura direkt olarak hiçbir adaptasyon süresi tanınmadan verildiğinden bir miktar inhibisyonun kabul edilebilir olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle, karışık endüstriyel atıksuların evsel atıksularla arıtılabilir olduğu kanaatine varılmıştır. Bu sonuçlardan dolayı kimyasal arıtma işlemi uygulanmış karışık endüstriyel atıksularla yapılan respirometrik çalışmalar 30 dakika temas süresinden sonra yapılan ölçümlerle tamamlanmış ve 180 dakikalık havalandırma sonucu yapılan respirometrik ölçümlere gerek duyulmamıştır.

Elde edilen sonuçlara göre, karışık endüstriyel atıksuların kimyasal arıtma işlemine tabi tutulduktan sonra evsel atıksularla arıtılabilir olduğu düşünülmektedir. Karışık endüstriyel atıksularına uygulanabilecek ön arıtma alternatifi OSB atıksularına uygulanabilecek ön arıtma alternatifiyle aynı olduğundan tekrar verilmesine gerek duyulmamıştır.

## 7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında, aynı çevresel havza içinde bulunan evsel ve çeşitli endüstriyel atıksuların birlikte biyolojik olarak arıtılıp arıtılamayacağı respirometrik ölçüm metotlarıyla araştırılmıştır. Çalışmada tekstil, gıda, deri, otomotiv, süt (peynir altı suyu) ve organize sanayi bölgesi atıksuları olmak üzere altı farklı atıksu türüyle çalışılmıştır. Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde sunulmuştur.

### 1 Tekstil Endüstrisi Atıksuyunda Yürütülen Respirometrik Çalışmalar

Yapılan çalışmalarda ilk olarak tekstil endüstrisi atıksuyunda respirometrik çalışmalar yürütülmüştür. Başlangıçta, alınan tekstil atıksuyunun Standart Metotlara göre karakterizasyonu belirlenmiştir. Daha sonra birinci adım olarak tekstil endüstrisi ham atıksuyunun KOİ'sine göre çeşitli seyrelme oranlarında (%75, %67, %50, %34 ve %0) aktif çamur üzerindeki toksisitesi 30 dakikalık havalandırma sonucu yapılan testlerle belirlenmeye çalışılmıştır. Her bir seyrelme oranı için oksijen tüketim hızları (OTH) ve oksijen tüketim hızlarında meydana gelen oksijen tüketimi inhibisyon yüzdesi (%I) değerleri hesaplanmıştır. Buradan hareketle elde edilen OTH değerlerinden yola çıkılarak hesaplanan inhibisyon yüzdeleri de grafiğe aktarılarak EC50, EC20 ve %I=0 değerleri hesaplanmıştır. Buna göre 2087,88 mg/L KOİ'ye sahip ham tekstil atıksuyunun aktif çamur mikroorganizmalarını %50 oranda inhibe ettiği belirlenmiştir. Bir diğer ifadeyle %1 seyrelme oranındaki tekstil endüstrisi ham atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını %50 oranda inhibe etmektedir (EC50= %1 seyrelmiş atıksu). 721,44 mg/L KOİ'ye sahip ham tekstil endüstrisi atıksularının ise %20 oranında inhibisyon etkisi yarattığı belirlenmiştir. Diğer bir ifadeyle %66 seyrelme oranındaki tekstil endüstrisi ham atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını %20 oranında inhibe etmektedir (EC20= %66 seyrelmiş atıksu) %I=0 değeri hesaplandığında 354,81 mg/L KOİ'ye sahip atıksuyun aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmediği saptanmıştır. Başka bir deyişle 354,81 mg/L KOİ'ye sahip tekstil endüstrisi ham atıksuyu evsel atıksuyu gibi düşünülebilir. Yani aktif çamur mikroorganizmaları 354,81 mg/L KOİ'ye sahip tekstil endüstrisi ham atıksuyunu arıtırken evsel atıksuyuyla aynı hızda oksijen



tüketmektedir. Diğer bir ifadeyle %83 seyrelme oranındaki tekstil endüstrisi ham atıksuyu aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon etkisi yaratmamaktadır.

ISO 8192 metoduna göre, atıksularla aktif çamur mikroorganizmalarının 30 dakikalık temas süresi sonrası yapılan inhibisyon testleri yetersiz görüldüğü takdirde daha uzun temas sürelerinde inhibisyonun incelenebileceği belirtilmektedir. Bu noktadan yola çıkılarak tekstil endüstrisi ham atıksuyu, 180 dakikalık temas süresinden sonra teste tabi tutulmuştur. Havalandırma süresinin uzatılarak tekstil endüstrisi ham atıksuyuyla aktif çamur mikroorganizmalarının daha uzun süre temas ettirilmesi atıksu bünyesinde bulunan kirliliklerin ayrışması üzerinde çok büyük bir değişiklik yapmamıştır. Bu test sonucunda, hiçbir seyrelme uygulanmamış tekstil atıksuyunun (%100) inhibisyon değeri %50'den düşük olmasından dolayı EC50 değeri hesaplanamamıştır. EC50 değeri > 2100 mg/L olarak kabul edilmiştir. EC20 değeri 773,06 mg/L KOİ bulunmuştur. Diğer bir ifadeyle %63 seyrelme oranındaki tekstil endüstrisi ham atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını %20 oranında inhibe etmektedir (EC20= %63 seyrelmiş atıksu). %I=0 değeri 378,44 mg/L KOİ bulunmuştur. Başka bir deyişle 378,44 mg/L KOİ'ye sahip tekstil endüstrisi ham atıksuyu evsel atıksuyu gibi düşünülebilir. Yani aktif çamur mikroorganizmaları 378,44 mg/L KOİ'ye sahip tekstil endüstrisi ham atıksuyunu artırırken evsel atıksuyuyla aynı hızda oksijen tüketmektedir. Diğer bir ifadeyle %82 seyrelme oranındaki tekstil endüstrisi ham atıksuyu aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon etkisi yaratmamaktadır.

Tüm bu sonuçlara göre hiçbir ön işlem uygulanmamış tekstil endüstrisi atıksuyuyla yapılan respirometrik denemeler neticesinde atıksuyun aktif çamur üzerinde inhibisyon oluşturduğu açıkça tespit edilmiştir. Tekstil endüstrisi atıksuyunun aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon yaratmaması için ancak %82-%83 oranında seyreltilmesi gerekmektedir ki bu oldukça yüksek bir değerdir. Bu doğrultuda tekstil endüstrisi atıksularının herhangi bir ön işleme tabi tutulmaksızın evsel atıksularla beraber bertarafından ziyade, bir ön arıtma işleminden sonra evsel atıksularla arıtımının daha uygun olabileceği kanısına varılmıştır.

Bu nedenle tekstil endüstrisi atıksuyuyla kimyasal arıtılabilirlik çalışmaları yapılmıştır. Yapılan pH optimizasyonu neticesinde Alum için optimum pH=7 değeri ve demir (III) klorür için de pH=6 değerleri optimum pH olarak belirlenmiştir. Yapılan kimyasal arıtılabilirlik çalışmaları neticesinde demir (III) klorürün aluma göre daha iyi

sonuç verdiği ve 750 mg/L'lik doz eşliğinde ve pH=6 değerinde KOİ'nin %58 giderilebildiği belirlenmiştir. Respirometrik denemelerde kullanılmak üzere 10L hacimde atıksu üzerinde 750 mg/L demir (III) klorür dozu eşliğinde jar test uygulanmış ve buradan elde edilen atıksularda respirometrik denemeler yürütölmüştür.

Kimyasal arıtma işlemine tabi tutulmuş, %80, %60, %40 ve %20 seyrelme uygulanmış tekstil endüstrisi atıksuları numuneleriyle yapılan respirometrik ölçümler neticesinde atıksuyun aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon oluşturmadığı kanaatine varılmıştır. Başka bir deyişle, bu seyrelmeye sahip tekstil endüstrisi atıksu numuneleri oksijen tüketimi inhibisyon yüzdeleri (%I) negatif çıkmıştır. Bu demektir ki, bu atıksular evsel atıksularla arıtılabilir. Kimyasal arıtma işlemine tabi tutulmuş tekstil endüstrisi atıksuyu numunelerinden yalnızca %0 seyrelme oranına sahip olan atıksu numunesinin oksijen tüketimi inhibisyon yüzdesi pozitif çıkmıştır (%18.5 seyrelmiş atıksu). Bu demektir ki, kimyasal arıtma işlemi uygulanmış %0 seyrelme oranına sahip tekstil endüstrisi atıksuyu aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde bir miktar toksisite yapmaktadır. Ancak bu atıksuyun da evsel atıksularla karıştırıldığında bir miktar seyrelmeye uğrayacağı, dolayısıyla toksisite etkisinin kaybolacağı düşünölmektedir. %I=0 değeri hesaplandığında kimyasal atıksu uygulanmış tekstil endüstrisi atıksuyunun KOİ değerı 879,88 mg/L olarak hesaplanmıştır. Buna göre bu ve bunun altındaki KOİ'ye sahip kimyasal arıtma uygulanmış tekstil endüstrisi atıksuları aktif çamur mikroorganizmalarının faaliyetlerini etkilememektedirler. Bu değer de %12 seyrelmeye denk gelmektedir. Ancak bahsedildiği üzere kimyasal atıksuyunun ham hali çok az miktarda toksik etki yaratmaktadır ve bu değerın de aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde çok büyük bir etki yaratmayacağı düşünölmektedir.

Bu sonuçlardan dolayı kimyasal arıtma işlemi uygulanmış tekstil atıksuyuyla yapılan respirometrik çalışmalar 30 dakika temas süresinden sonra yapılan ölçümlerle tamamlanmış ve 180 dakikalık havalandırma sonucu yapılan respirometrik ölçümlere gerek duyulmamıştır. Elde edilen sonuçlara göre, tekstil endüstrisi atıksuları kimyasal arıtma işlemine tabi tutulduktan sonra evsel atıksularla arıtılabilir olduğu izlenimi edinilmiştir.

## 2. Gıda Endüstrisi Atıksuyunda Yürütülen Respirometrik Çalışmalar

Bir diğer çalışma, gıda endüstrisi atıksuyuyla yürütülmüştür. İlk olarak, kullanılan gıda endüstrisi atıksuyunun Standart Metotlara göre karakterizasyonu belirlenmiştir. Daha sonra birinci adım olarak gıda endüstrisi ham atıksuyunun çeşitli seyrelme oranlarında (%90, %80, %50, %25 ve %0) aktif çamur üzerindeki toksisitesi 30 dakikalık havalandırma sonucu yapılan testlerle belirlenmeye çalışılmıştır. Her bir seyrelme oranı için oksijen tüketim hızları (OTH) ve oksijen tüketim hızlarında meydana gelen oksijen tüketimi inhibisyon yüzdesi (%I) değerleri hesaplanmıştır.

%90, %80, %50, %25 ve %0 oranlarında seyrelme uygulanmış ve 30 dakika temas süresi sonunda teste tabi tutulmuş gıda endüstrisi ham atıksuyu numuneleriyle yapılan respirometrik ölçümler neticesinde atıksuyun aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon oluşturmadığı belirlenmiştir. %90 seyrelme oranlı atıksu için %I= %-225,00; %80 seyrelme için %I= %-191,38; %50 seyrelme için %I= %-180,17; %25 seyrelme için %I= %-59,48 ve %0 seyrelme oranına sahip gıda endüstrisi atıksuyu için %I= %-18,97 bulunmuştur. Başka bir deyişle bu seyrelme oranlarına sahip gıda endüstrisi ham atıksu numuneleri oksijen tüketimi inhibisyon yüzdeleri (%I) negatif çıkmıştır. Bu demektir ki, bu atıksular evsel atıksularla arıtılabilir. Gıda endüstrisi atıksuyuyla 30 dakikalık temas süresi sonunda yapılan respirometrik ölçümler neticesinde, bu atıksuların aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon etkisi yaratmadığı görüldüğünden gıda endüstrisi atıksuyuyla başka herhangi bir respirometrik deney yapılmasına gerek duyulmamıştır. Elde edilen sonuçlara göre, gıda endüstrisi atıksularının evsel atıksularla arıtılabilir olduğu kanaatine varılmıştır.

## 3. Deri Endüstrisi Atıksuyunda Yürütülen Respirometrik Çalışmalar

Bir diğer çalışma, deri endüstrisi atıksuyuyla yapılmıştır. Başlangıçta, alınan deri endüstrisi atıksuyunun Standart Metotlara göre karakterizasyonu belirlenmiştir. Daha sonra birinci adım olarak deri endüstrisi ham atıksuyunun KOİ'sine göre çeşitli seyrelme oranlarında (%95, %90, %85, %80 ve %75) aktif çamur üzerindeki toksisitesi 30 dakikalık havalandırma sonucu yapılan testlerle belirlenmeye çalışılmıştır. Her bir seyrelme oranı için oksijen tüketim hızları (OTH) ve oksijen tüketim hızlarında

meydana gelen oksijen tüketimi inhibisyon yüzdesi (%I) değerleri hesaplanmıştır. Buradan hareketle elde edilen OTH değerlerinden yola çıkılarak hesaplanan inhibisyon yüzdeleri de grafiğe aktarılarak EC50, EC20 ve %I=0 değerleri hesaplanmıştır. Buna göre 624,16 mg/L KOİ'ye sahip deri endüstrisi ham atıksuyunun aktif çamur mikroorganizmalarını %50 oranda inhibe ettiği söylenebilmektedir (EC50= %89 seyrelmiş atıksu). 336,52 mg/L KOİ'ye sahip deri endüstrisi ham atıksuyunun ise aktif çamur mikroorganizmalarını % 20 oranda inhibe ettiği belirlenmiştir (EC20= %94 seyrelmiş atıksu). %I= 0 değeri hesaplandığında 222,84 mg/L KOİ'ye sahip atıksuyun aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmediği belirlenmiştir. Başka bir deyişle 222,84 mg/L KOİ'ye sahip deri endüstrisi ham atıksuyu evsel atıksuyu gibi düşünülebilir. Yani aktif çamur mikroorganizmaları 222,84 mg/L KOİ'ye sahip deri endüstrisi ham atıksuyunu artırırken evsel atıksuyuyla aynı hızda oksijen tüketmektedir. Diğer bir ifadeyle %96 seyrelme oranındaki deri endüstrisi ham atıksuyu aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon etkisi yaratmamaktadır.

Daha sonra ISO 8192 metoduna göre, deri endüstrisi ham atıksularıyla 180 dakikalık temas süresinden sonra respirometrik ölçümler yapılmıştır. Havalandırma süresinin uzatılarak deri endüstrisi ham atıksuyuyla aktif çamur mikroorganizmalarının daha uzun süre temas ettirilmesinin, atıksu bünyesinde bulunan kirliliklerin ayrışması üzerinde çok büyük bir değişiklik yapmadığı görülmüştür. Bu test sonucunda, 689,12 mg/L KOİ değerine sahip deri endüstrisi ham atıksuyunun aktif çamur mikroorganizmalarını %50 oranında inhibe ettiği belirlenmiştir. Yani %88 seyrelme oranındaki deri endüstrisi ham atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını %50 oranda inhibe etmektedir (EC50= %88 seyrelmiş atıksu). 372,40 mg/L KOİ'ye sahip deri endüstrisi ham atıksuyunun ise %20 oranda inhibisyon etkisi yaptığı belirlenmiştir (EC20= %93,6 seyrelmiş atıksu). %I=0 değeri hesaplandığında 247,17 mg/L KOİ'ye sahip atıksuyun aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmediği belirlenmiştir. Başka bir deyişle 247,17 mg/L KOİ'ye sahip deri endüstrisi ham atıksuyu evsel atıksuyu gibi düşünülebilir. Yani aktif çamur mikroorganizmaları 247,17 mg/L KOİ'ye sahip deri endüstrisi ham atıksuyunu artırırken evsel atıksuyuyla aynı hızda oksijen tüketmektedir. Diğer bir ifadeyle %95,88 seyrelme oranındaki deri endüstrisi ham atıksuyu aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon etkisi yaratmamaktadır.

Tüm bu sonuçlara göre hiçbir ön işlem uygulanmamış deri endüstrisi atıksuyuyla yapılan respirometrik denemeler neticesinde atıksuyun aktif çamur üzerinde inhibisyon oluşturduğu kanaatine varılmıştır. Deri endüstrisi atıksuyunun aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon yaratmaması için ancak ortalama %96 oranında seyreltilmesi gerekmektedir ki bu da oldukça yüksek bir değerdir. Bu doğrultuda deri endüstrisi atıksularının herhangi bir ön işleme tabi tutulmaksızın evsel atıksularla beraber arıtılmasından ziyade, bir ön arıtma işleminden sonra evsel atıksularla arıtımının daha uygun olabileceği kanısına varılmıştır. Bu nedenle deri endüstrisi atıksuyuyla kimyasal arıtılabilirlik çalışmaları yapılmıştır.

Yapılan kimyasal arıtılabilirlik denemelerinde koagülant olarak alüminyum sülfat ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ), demir (III) klorür ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ve kireç ( $\text{CaCO}_3$ ) kullanılmıştır. Yapılan pH optimizasyonu neticesinde Alum için optimum pH=9, demir (III) klorür için de pH=9 ve kireç için pH=12 değerleri optimum pH olarak belirlenmiştir. Bir sonraki kademede de optimum pH değeri sabit tutularak kimyasal madde dozları optimize edilmiştir. Yapılan kimyasal arıtılabilirlik çalışmaları neticesinde alumun 2000 mg/L'lik doz eşliğinde ve pH=9 değerinde KOİ'ni %46 giderilebildiği, kirecin ise 2500 mg/L'lik doz eşliğinde ve pH=12 değerinde KOİ'ni yine %46 giderebildiği belirlenmiştir. Deri endüstrisi atıksuyunda KOİ giderim veriminin yanında en önemli etkenlerden biri de kromun giderilmesi olduğu için koagülantların krom giderim verimlerine de bakılmıştır. Bunun sonucunda, alumun krom giderim veriminin hayli düşük olduğu (2500 mg/L doz eşliğinde %36); demir (III) klorürün krom giderim veriminin ise alumdan da düşük olduğu (2500 mg/L doz eşliğinde %29) tespit edilmiştir. Kirecin krom giderim verimi ise oldukça yüksek (2500 mg/L doz eşliğinde %81) bulunmuştur. Bunun nedeni kirecin kromu  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  olarak çöktürerek atıksudan uzaklaştırabilmesi özelliğidir. Bu sonuçlara göre 2500 mg/L kireç dozu eşliğinde jar test uygulanmış ve buradan elde edilen atıksularla respirometrik denemeler yürütülmüştür.

Deri endüstrisi atıksuyunun KOİ'sine göre çeşitli seyrelme oranlarında (%80, %60, %30, %20 ve %0) ve 30 dakikalık temas süresi sonunda aktif çamur üzerindeki inhibisyonu belirlenmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak, elde edilen OTH değerleri ve bu değerlerden hesaplanan inhibisyon yüzdeleri incelendiğinde, %80, %60 ve %30 seyrelme oranlarına sahip kimyasal arıtma uygulanmış deri endüstrisi atıksuyunun aktif

çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon etkisinin olmadığı görülmektedir. Ancak %20 ve %0 seyrelme oranlarına sahip kimyasal arıtma uygulanmış deri endüstrisi atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmektedir. (%20 seyrelme oranına sahip atıksu için %I= %8,15; %0 seyrelme oranına sahip atıksu için %I= %23,7). Kimyasal arıtma uygulanmış deri endüstrisi atıksuyu için %I=0 değerine karşılık gelen seyrelme değeri %25,96'dır. Yani kimyasal arıtma uygulanmış deri endüstrisi atıksuyunun aktif çamur mikroorganizmalarının faaliyetini etkilememesi için, atıksuyun %25,96 oranında seyreltilmesi gerekmektedir.

Tüm bu sonuçlara göre deri endüstrisi atıksuları kimyasal arıtma uygulansa da belirli seyrelme oranları sağlanmadıkça, aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon etkisi yarattığı kanaatine varılmıştır. Bunun en büyük nedeninin deri endüstrisi atıksularında bulunan krom olduğu düşünülmektedir. Kireçle birlikte deri endüstrisi atıksularındaki kromun büyük bir kısmı çöktürmeyle uzaklaştırılsa bile çöktürmeyle uzaklaştırılmayan krom, aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmektedir.

Deri endüstrisi atıksularının evsel atıksularla bertarafı söz konusuysa öncelikle deri endüstrisi atıksularının mutlak olarak bir kimyasal arıtma işlemine tabi tutulması; ardından da bu endüstriden kaynaklanan atıksuların evsel atıksulara olan hacimsel oranına dikkat edilmesi gerekmektedir. Eğer bu atıksuların evsel atıksulara verilen atıksular içerisinde hacimsel oranları yüksekse inhibisyon etkisinin olmaması için kimyasal arıtma uygulandıktan sonra bile belli oranlarda seyreltilerek evsel atıksularla karıştırılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

#### **4. Otomotiv Endüstrisi Atıksuyunda Yürütülen Respirometrik Çalışmalar**

Bir sonraki çalışma otomotiv endüstrisi atıksuyuyla yapılmıştır. Öncelikle, kullanılan otomotiv endüstrisi atıksuyunun Standart Metotlara göre karakterizasyonu belirlenmiştir. Daha sonra birinci adım olarak otomotiv endüstrisi ham atıksuyunun çeşitli seyrelme oranlarında (%80, %60, %40, %20 ve %0) aktif çamur üzerindeki toksisitesi 30 dakikalık havalandırma sonucu yapılan testlerle belirlenmeye çalışılmıştır. Her bir seyrelme oranı için oksijen tüketim hızları (OTH) ve oksijen tüketim hızlarında meydana gelen oksijen tüketimi inhibisyon yüzdesi (%I) değerleri hesaplanmıştır.

Buradan hareketle elde edilen OTH değerlerinden yola çıkılarak hesaplanan inhibisyon yüzdeleri de grafiğe aktarılarak EC50, EC20 ve %I=0 değerleri hesaplanmıştır. Buna göre 767,41 mg/L KOİ'ye sahip otomotiv endüstrisi ham atıksuyunun aktif çamur mikroorganizmalarını %50 oranda inhibe ettiği söylenebilmektedir (EC50= %30 seyrelmiş atıksu). 384,48 mg/L KOİ'ye sahip atıksuyun aktif çamur mikroorganizmalarını %20 oranda inhibe etmektedir (EC20= %65 seyrelmiş atıksu). %I=0 değeri hesaplandığında 241,55 mg/L KOİ'ye sahip atıksuyun aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmediği belirlenmiştir. Başka bir deyişle 241,55 mg/L KOİ'ye sahip otomotiv endüstrisi ham atıksuyu evsel atıksuyu gibi düşünülebilir. Yani aktif çamur mikroorganizmaları 241,55 mg/L KOİ'ye sahip otomotiv endüstrisi ham atıksuyunu arıtırken evsel atıksuyuyla aynı hızda oksijen tüketmektedir. Diğer bir ifadeyle otomotiv endüstrisi ham atıksuyunun aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmemesi ya da faaliyetlerinde herhangi bir değişiklik yaratmaması için %81 oranında seyreltilmesi gerekmektedir.

Metoda göre, otomotiv endüstrisi ham atıksuyuyla 180 dakikalık temas süresinden sonra respirometrik ölçümler yapılmıştır. Havalandırma süresinin uzatılarak otomotiv endüstrisi ham atıksuyuyla aktif çamur mikroorganizmalarının daha uzun süre temas ettirilmesi sonuçlar üzerinde çok büyük bir değişiklik yapmamıştır. Bu test sonucunda, 846,68 mg/L KOİ'ye sahip otomotiv endüstrisi ham atıksuyunun %50 oranında inhibisyon yaptığı belirlenmiştir. Diğer bir ifadeyle %23 seyrelme oranındaki otomotiv endüstrisi ham atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını %50 oranda inhibe etmektedir (EC50= %23 seyrelmiş atıksu). 405,74 mg/L KOİ'ye sahip otomotiv endüstrisi ham atıksuyu ise %20 oranda inhibisyon yapmaktadır (EC20= %63 seyrelmiş atıksu). %I=0 değeri hesaplandığında 248,31 mg/L KOİ'ye sahip atıksuyun aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmediği belirlenmişti. Başka bir deyişle 248,31 mg/L KOİ'ye sahip otomotiv endüstrisi ham atıksuyu evsel atıksuyu gibi düşünülebilir. Yani aktif çamur mikroorganizmaları 248,31 mg/L KOİ'ye sahip otomotiv endüstrisi ham atıksuyunu arıtırken evsel atıksuyuyla aynı hızda oksijen tüketmektedir. Diğer bir ifadeyle otomotiv endüstrisi ham atıksuyunun aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmemesi ya da faaliyetlerinde herhangi bir değişiklik yaratmaması için %80,08 oranında seyreltilmesi gerekmektedir.

Elde edilen bu sonuçlara göre, hiçbir ön işlem uygulanmamış otomotiv endüstrisi atıksuyuyla yapılan respirometrik denemeler neticesinde atıksuyun aktif çamur üzerinde inhibisyon oluşturduğu kanaatine varılmıştır. Otomotiv endüstrisi ham atıksuyunun hiçbir arıtma uygulanmaksızın evsel atıksularla birlikte arıtılabilmesi için ortalama %80 oranında seyreltilmesi gerekmektedir. Ancak bu oranda seyreltilirse aktif çamur mikroorganizmalarının faaliyetini değiştirmemektedir. Bu doğrultuda otomotiv endüstrisi atıksularının herhangi bir ön işleme tabi tutulmaksızın evsel atıksularla beraber bertarafından ziyade, bir ön arıtma işleminden sonra evsel atıksularla arıtımının daha uygun olabileceği kanısına varılmıştır. Bu nedenle otomotiv sanayi atıksuyu üzerinde çeşitli arıtma işlemleri uygulanmış ve bu uygulamalar neticesinde elde edilen atıksuyla benzer respirometrik denemeler yürütülmüştür.

İlk olarak otomotiv endüstrisi atıksuyuna Imhoff Hunisiyle ön çökeltim denemeleri uygulanmıştır. Üç dakikalık bekleme süresi sonucunda elde edilen KOİ giderim verimi %4,72 seviyesinde kalmıştır. Oluşan çamur hacmi ise 2 ml/L seviyesinde tespit edilmiştir. Birinci ve ikinci saat sonunda gözlenen değerler ise 3. dakikada elde edilen KOİ ve Bulanıklılık giderim verimlerinin çok üzerinde elde edilmemiştir.

Bu değerlere göre otomotiv endüstrisi atıksuyu için yapılacak bir kum tutucunun ya da ön çökeltim tankının çok yüksek bir KOİ giderimi sağlamayacağı açıktır. Ancak ön çökeltimin aktif çamur üzerindeki inhibisyon etkisinin araştırılması amacıyla çeşitli seyrelme oranlarında respirometrik çalışmalar yapılmıştır. 30 dakikalık temas süresi sonunda yapılan respirometrik çalışmalardan elde edilen 761,45 mg/L KOİ değerine sahip ön çökeltim uygulanmış otomotiv endüstrisi atıksuyunun %50 oranında inhibisyon yaptığı belirlenmiştir (EC50= %24 seyrelmiş atıksu). 340,86 mg/L KOİ'ye sahip ön çökeltim uygulanmış otomotiv endüstrisi atıksuyu aktif çamur mikroorganizmalarını %20 oranda inhibe etmektedir (EC20= %66 seyrelmiş atıksu). %I=0 değerine karşılık gelen atıksu KOİ'si 199,53 mg/L olarak belirlenmiştir. Yani ön çökeltim uygulanmış otomotiv endüstrisi atıksuyunun aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmemesi ya da faaliyetlerinde herhangi bir değişiklik yaratmaması için %81 oranında seyreltilmesi gerekmektedir.



Metoda göre 180 dakika sonra yapılan respirometrik ölçümlerde ise EC50 %18; EC20 ise %64 olarak bulunmuştur. %I=0 değerine karşılık gelen KOİ 208,93 mg/L olarak belirlenmiştir. Buna göre ön çökeltim uygulanmış otomotiv endüstrisi atıksuyunun aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmemesi ya da faaliyetlerinde herhangi bir değişiklik yaratmaması için %81 oranında seyreltilmesi gerekmektedir. Bu değerlere göre ön çöktürme işlemi otomotiv endüstrisi atıksuyundaki toksisitenin giderilmesi için yeterli bir ön işlem olarak gözlenmemiştir. Bu nedenle bir sonraki kademede otomotiv atıksuyuna kimyasal arıtılabilirlik testleri uygulanmıştır.

Yapılan kimyasal arıtılabilirlik denemelerinde alüminyum sülfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ) ve demir (III) klorür ( $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ) kullanılmıştır. Öncelikle jar testin optimum pH'ı belirlenmiş, ardından da optimum koagülant dozu belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan pH optimizasyonu neticesinde Alum için optimum pH=7, demir (III) klorür için de optimum pH=3 olarak belirlenmiştir. Bir sonraki kademede de optimum pH değeri sabit tutularak kimyasal madde dozları optimize edilmiştir. Yapılan kimyasal arıtılabilirlik çalışmaları neticesinde demir (III) klorürün alume nazaran daha iyi sonuç verdiği ve 250 mg/L'lik doz eşliğinde ve pH=3 değerinde KOİ'nin %36 giderilebildiği belirlenmiştir. Alum ile yapılan denemelerde ise optimum doz 300 mg/L (pH=7) ve elde edilen maksimum KOİ giderim verimi de %22 olarak belirlenmiştir. Respirometrik denemelerde kullanılmak üzere 10 L hacimde atıksu üzerinde 250 mg/L demir (III) klorür dozu eşliğinde jar test uygulanmış ve buradan elde edilen atıksularda respirometrik denemeler yürütülmüştür.

Kimyasal arıtma uygulanmış otomotiv endüstrisi atıksuyunun çeşitli seyrelme oranlarında aktif çamur üzerindeki toksisitesi 30 dakikalık havalandırma sonucu yapılan testler sonucunda elde edilen OTH değerleri ve bu değerlerden hesaplanan inhibisyon yüzdeleri de incelendiğinde kimyasal arıtma uygulanmış otomotiv endüstrisi atıksuyunun aktif çamur mikroorganizmalarına inhibisyonunun negatif çıktığı gözlemlenmiştir (%70 seyrelme oranı için %I= -66,4; %60 seyrelme oranı için %I= -56,8; %50 seyrelme oranı için %I= -20,0; %25 seyrelme oranı için %I= -15,2 ve %0 seyrelme oranı için %I= -7,20). Diğer bir ifadeyle kimyasal arıtma neticesinde elde edilen otomotiv endüstrisi atıksularının evsel atıksularla arıtılabilir olduğu kanaatine varılmıştır.

## 5. PAS'da Yürütülen Respirometrik Çalışmalar

Bir sonraki çalışma peynir altı suyuyla yapılmıştır. Öncelikle deneylerde kullanılan PAS'ın Standart Metotlara göre karakterizasyonu belirlenmiştir. Daha sonra çeşitli seyrelme oranlarında (%98, %95, %90, %85 ve %80) aktif çamur üzerindeki toksisitesi, 30 dakikalık havalandırma sonucu yapılan testlerle belirlenmeye çalışılmıştır. Bu testler sonucunda, 6445,07 mg/L KOİ'ye sahip PAS'ın aktif çamur mikroorganizmalarını %50 oranda inhibe ettiği söylenebilmektedir (EC50= %91,5 seyrelmiş atıksu). 3662,76 mg/L KOİ'ye sahip PAS'ın ise aktif çamur mikroorganizmalarını %20 oranda inhibe ettiği gözlemlenmiştir (EC20= %94,6 seyrelmiş atıksu). %I=0 değerine karşılık gelen atıksu KOİ'si 2517,68 mg/L olarak belirlenmiştir. Buna göre ham PAS'ın aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmemesi ya da faaliyetlerinde herhangi bir değişiklik yaratmaması için %96 oranında seyreltilmesi gerekmektedir.

Metoda göre yapılan 180 dakika temas süresi sonundaki testlere göre ise, 7102,77 mg/L KOİ'ye sahip PAS'ın aktif çamur mikroorganizmalarını %50 oranda inhibe ettiği söylenebilmektedir (EC50= %88 seyrelmiş atıksu). 3695,84 mg/L KOİ'ye sahip PAS'ın aktif çamur mikroorganizmalarını %20 oranda inhibe ettiği gözlemlenmiştir (EC20= %93,6 seyrelmiş atıksu). %I=0 değerine karşılık gelen KOİ değeri 2393,32 mg/L olarak belirlenmiştir. Buna göre, ham PAS'ın aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmemesi ya da faaliyetlerinde herhangi bir değişiklik yaratmaması için %96,44 oranında seyreltilmesi gerekmektedir.

Bu değerlere göre; bir ön işlem uygulanmamış PAS'da yapılan respirometrik denemeler neticesinde atıksuyun aktif çamur üzerinde inhibisyon oluşturduğu açıkça tespit edilmiş; bu nedenle PAS'ın herhangi bir ön işleme tabi tutulmaksızın evsel atıksularla arıtılabilirliğinin mümkün olmadığı kanaatine varılmıştır. Hiçbir ön arıtma uygulanmamış PAS'ın aktif çamur mikroorganizmalarının faaliyetlerini etkilemeden evsel atıksularla arıtılabilmesi için yaklaşık %96 oranında seyreltilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda PAS'ın herhangi bir ön işleme tabi tutulmaksızın evsel atıksularla arıtılabilirliğinin mümkün olmadığı düşünülmektedir. Bu nedenle PAS'la fizikokimyasal arıtılabilirlik çalışmaları yapılarak respirometrik deneyler tekrarlanmıştır.

PAS'ın kimyasal arıtılabilirlik denemelerinde koagülant olarak alüminyum sülfat ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ), demir (III) klorür ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ve demir sülfat ( $\text{FeSO}_4$ ) kullanılmıştır. Optimum pH'lar Alum için pH=7; demir (III) klorür için pH=12 ve demir sülfat için pH = 12 olarak belirlenmiştir. Bir sonraki kademedede de optimum pH değeri sabit tutularak kimyasal madde dozları optimize edilmiştir. Yapılan kimyasal arıtılabilirlik çalışmaları neticesinde alumun 4000 mg/L'lik doz eşliğinde ve pH=7 değerinde KOİ'yi %22 giderilebildiği, demir (III) klorürün 4000 mg/L'lik doz eşliğinde ve pH=12 değerinde KOİ'yi %48 giderebildiği, demir sülfatın ise 5000 mg/L doz eşliğinde ve pH=12'de KOİ'yi %56 giderebildiği belirlenmiştir. Demir sülfat 4000 mg/L doz eşliğinde ise ve pH=12'de KOİ'yi %48 gidermektedir. Demir (III) klorür oldukça pahalı bir koagülanttir. Aynı zamanda suda renk bırakmaktadır. Bu nedenle koagülant olarak daha iyi floklaşan demir sülfat tercih 4000 mg/L demir sülfat eşliğinde jar test uygulanmış ve buradan elde edilen PAS'la respirometrik denemeler yürütülmüştür

Kimyasal arıtma uygulanmış PAS'ın çeşitli seyrelme oranlarında(%95, %90, %75, %67 ve %50) ve 30 dakikalık temas süresi sonunda aktif çamur üzerindeki inhibisyonu belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun sonucunda elde edilen OTH değerleri ve bu değerlerden hesaplanan inhibisyon yüzdeleri incelendiğinde, %95 ve %90 seyrelme oranlarına sahip kimyasal arıtma uygulanmış PAS aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon etkisinin olmadığı görülmüştür. Ancak %75, %67 ve %50 seyrelme oranlarına sahip kimyasal arıtma uygulanmış PAS aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe ettiği gözlenmiştir. (%75 seyrelme oranında sahip PAS için %I= %15,93; %67 seyrelme oranına sahip PAS için %I= 32,01 ve %50 seyrelme oranına sahip atıksu için %I= %42,10). %I=0 değerine karşılık gelen seyrelme oranı ise %81,05 olarak hesaplanmıştır. Buna göre 5701,39 mg/L KOİ'ye sahip ön arıtma uygulanmış PAS aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmemektedir.

Metoda göre 180 dakikalık temas süresi sonrası respirometrik deneyler tekrarlanmıştır. Bunun sonucunda da, elde edilen OTH değerleri ve bu değerlerden hesaplanan inhibisyon yüzdeleri incelendiğinde, 30 dakikalık temas süresi yapılan respirometrik ölçümlerden elde edilen değerlerde olduğu gibi, %95 ve %90 seyrelme oranlarına sahip kimyasal arıtma uygulanmış PAS'ın aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon etkisinin olmadığı görülmüştür. Yine %75, %67 ve %50 seyrelme

oranlarına sahip kimyasal arıtma uygulanmış PAS'ın ise 30 dakikalık temas süresi sonrası yapılan testlerde olduğu gibi, aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe ettiği gözlemlenmiştir (%75 seyrelme oranında sahip PAS için %I= %14,91; %67 seyrelme oranına sahip PAS için %I= %28,94 ve %50 seyrelme oranına sahip PAS için %I= %42,62). %I=0 değerine karşılık gelen seyrelme oranı %81,05 olarak hesaplanmıştır. Buna göre ham PAS'ın aktif çamur mikroorganizmalarını inhibe etmemesi ya da faaliyetlerinde herhangi bir değişiklik yaratmaması için %81,05 oranında seyreltilmesi gerekmektedir.

Elde edilen verilere göre PAS'ın, kimyasal arıtma uygulansa bile aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde belli bir toksisiteye sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bunun en büyük nedeninin, PAS'ın besin değerinin yüksek olduğu düşünülmektedir. PAS, aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde aşırı besin yüklemesine neden olmaktadır. Başka bir deyişle, substrat inhibisyonu yaratmaktadır. Bu nedenle PAS'ın evsel atıksularla bertarafı söz konusuysa öncelikle PAS mutlaka kimyasal arıtmaya tabi tutulması; ardından da bu endüstriden kaynaklanan atıksuların evsel atıksulara olan hacimsel oranına dikkat edilmesi gerektiği kanaatine varılmıştır. Eğer bu atıksuların evsel atıksulara verilen atıksular içerisinde hacimsel oranları yüksekse inhibisyon etkisinin olmaması için kimyasal arıtma uygulandıktan sonra bile belli oranlarda seyreltilerek evsel atıksularla karıştırılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

## 6. OSB Atıksuyunda Yürütülen Respirometrik Çalışmalar

Bir sonraki çalışma OSB atıksuyuyla yapılmıştır. İlk olarak atıksuyun karakterizasyonu belirlenmiştir. Daha sonra KOİ'sine göre çeşitli seyrelme oranlarında (%80, %60, %40, %20 ve %0) aktif çamur üzerindeki toksisitesi 30 dakikalık havalandırma sonucu yapılan testlerle belirlenmeye çalışılmıştır. Bu testlerin sonucunda 879,29 mg/L KOİ'ye sahip ham OSB atıksuyunun aktif çamur mikroorganizmalarını %50 oranda inhibe ettiği söylenebilmektedir (EC50= %29 seyrelmiş atıksu). 336,92 mg/L KOİ'ye sahip atıksuyun ise %20 oranda inhibisyon etkisi yaptığı gözlemlenmiştir (EC20= %73 seyrelmiş atıksu). %I=0 değerine karşılık gelen seyrelme oranı ise %86'dır. Bu demektir ki, OSB ham atıksuyunun aktif çamur mikroorganizmalarının faaliyetini etkilememesi için %86 oranında seyreltilmesi gerekmektedir.

Testler metoda göre 180 dakika temas süresinden sonra da tekrarlanmıştır. Bunun sonucunda 914,74 mg/L KOİ'ye sahip OSB ham atıksuyunun %50 oranda inhibisyon etkisi yarattığı gözlemlenmiştir (EC50= %26 seyrelmiş atıksu). 511,57 mg/L KOİ'ye sahip atıksuyun ise aktif çamur mikroorganizmalarını %20 oranda inhibe ettiği kanaatine varılmıştır (EC20= %58,74 seyrelmiş atıksu). %I=0 değerine karşılık gelen seyrelme oranı %72'dir. Başka bir deyişle aktif çamur mikroorganizmaları 347,54 mg/L KOİ'ye sahip ham OSB atıksuyunu arıtırken evsel atıksuyuyla aynı hızda oksijen tüketmektedir.

Bu sonuçlara göre, hiçbir ön işlem uygulanmamış OSB ham atıksuyuyla yapılan respirometrik denemeler neticesinde atıksuyun aktif çamur üzerinde inhibisyon oluşturduğu düşünülmektedir. Ham OSB atıksuyunun aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon etkisi yaratmaması, başka bir deyişle mikroorganizmaların faaliyetlerini değiştirmemesi için ham OSB atıksuyunun yaklaşık olarak %70 oranında seyretildikten sonra evsel atıksuya verilmesi gerekmektedir ki bu değer oldukça yüksek bir değerdir. Bu doğrultuda OSB atıksularının herhangi bir ön işleme tabi tutulmaksızın evsel atıksularla beraber bertarafından ziyade, bir ön arıtma işleminden sonra evsel atıksularla arıtımının daha uygun olabileceği kanısına varılmıştır. Bu nedenle OSB atıksuyuyla kimyasal arıtılabilirlik çalışmaları yapılmıştır.

Yapılan kimyasal arıtılabilirlik denemelerinde alüminyum sülfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ) ve demir (III) klorür ( $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ) kullanılmıştır. Öncelikli olarak jar testin optimum pH'ı belirlenmiş, ardından da optimum alüminyum sülfat dozu belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan pH optimizasyonu neticesinde Alum için optimum pH=7 değeri ve demir (III) klorür için de pH=6 değerleri optimum pH olarak belirlenmiştir. Daha sonra, optimum pH değeri sabit tutularak kimyasal madde dozları optimize edilmiştir. Bunun sonucunda demir (III) klorürün alumina göre daha iyi sonuç verdiği ve 400 mg/L'lik doz eşliğinde ve pH=6 değerinde KOİ'nin % 48 giderilebildiği belirlenmiştir. Alumla yapılan denemelerde ise optimum doz 400 mg/L (pH=7) ve elde edilen maksimum KOİ giderim verimi de %42 olarak belirlenmiştir. Respirometrik denemelerde kullanılmak üzere 10 L hacimde atıksu üzerinde 400 mg/L demir (III) klorür dozu eşliğinde jar test uygulanmış ve buradan elde edilen atıksularda respirometrik denemeler yürütülmüştür.

OSB atıksuyunun daha önceki çalışmalara benzer olarak KOİ'sine göre çeşitli seyrelme oranlarında (%80, %60, %40, %20 ve %0) ve 30 dakikalık temas süresi sonunda aktif çamur üzerindeki toksisitesi belirlenmeye çalışılmıştır. Buna göre kimyasal arıtma işlemine tabi tutulmuş, çeşitli seyrelme oranları uygulanmış OSB atıksu numuneleriyle yapılan respirometrik ölçümler neticesinde atıksuyun aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon oluşturmadığı gözlemlenmiştir (%80 seyrelme oranı için %I= %-269,09; %60 seyrelme oranı için % I=%-143,75; %40 seyrelme oranı için %I= %-84,28; %20 seyrelme oranı için %I= %-43,75 ve %0 seyrelme oranı için %I= 0).

Buna göre, bu atıksuların evsel atıksularla arıtılabilir olduğu kanaatine varılmıştır. Bu sonuçlardan dolayı kimyasal arıtma işlemi uygulanmış OSB atıksuyuyla yapılan respirometrik çalışmalar 30 dakika temas süresinden sonra yapılan ölçümlerle tamamlanmış ve 180 dakikalık havalandırma sonucu yapılan respirometrik ölçümlere gerek duyulmamıştır. Elde edilen sonuçlara göre, OSB atıksularının, kimyasal arıtma işlemine tabi tutulduktan sonra evsel atıksularla arıtılabilir olduğu düşünülmektedir.

## **7. Karışık Endüstriyel Atıksuyunda Yürütülen Respirometrik Çalışmalar**

Her ne kadar OSB atıksuyuyla yapılan respirometrik çalışmalar, çalışmanın amacını tamamen kapsamış olsa da, çalışmadan elde edilen sonucun bir sağlaması olması açısından çalışmada kullanılan endüstriyel atıksulardan mikroorganizmalar üzerinde toksik etki yaratan otomotiv endüstrisi atıksuyu, tekstil endüstrisi atıksuyu, deri endüstrisi atıksuyu ve peynir altı suyu, debilerine göre karıştırılarak bir karışık endüstriyel atıksu elde edilmiş ve bu atıksu üzerinde respirometrik çalışmalar yürütülmüştür.

İlk olarak elde edilen bu karışık endüstriyel atıksuyun aktif çamur üzerindeki toksisitesi 30 dakikalık havalandırma sonucu yapılan testlerle belirlenmeye çalışılmıştır. Bu testlerde çeşitli seyrelme oranlarıdaki (%90, %70, %50, %30 ve %0) atıksu kullanılmıştır. Bu testlerin sonucunda 1440,72 mg/L KOİ'ye sahip ham karışık endüstriyel atıksuyun aktif çamur mikroorganizmalarını %50 oranında inhibe ettiği söylenebilmektedir (EC50= %33 seyrelmiş atıksu). 391,22 mg/L KOİ'ye sahip atıksuyun ise %20 oranında inhibisyon etkisi yaptığı gözlemlenmiştir (EC20= %82

seyrelmiş atıksu). %I=0 değerine karşılık gelen seyrelme oranı ise %92'dir. Bu değer de 347,54 mg/L KOİ'ye karşılık gelmektedir.

Testler, 180 dakika temas süresinden sonra tekrar edildiğinde ise 1537,93 mg/L KOİ'ye sahip ham karışık endüstriyel atıkuyun %50 oranında inhibisyon yarattığı gözlemlenmiştir (EC50= %28 seyrelmiş atıksu). 420-60 mg/L KOİ'ye sahip ham karışık endüstriyel atıksuyun ise aktif çamur mikroorganizmalarını %20 oranda inhibe ettiği gözlemlenmiştir (EC20= %80,4 seyrelmiş atıksu). %I=0 değerine karşılık gelen seyrelme oranı ise %92'dir. Bu değer de 177,42 mg/L KOİ'ye karşılık gelmektedir.

Bu sonuçlara göre, ön arıtma uygulanmamış ham karışık endüstriyel atıksuların direkt olarak evsel atıksulara karıştırılması durumunda aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon etkisi yaratacağı, dolayısıyla herhangi bir ön arıtma uygulamadan evsel atıksularla bertarafından ziyade, bir ön arıtma işleminden sonra evsel atıksularla bertaraf edilmesinin daha uygun olacağı kanısına varılmıştır. Bu nedenle karışık endüstriyel atıksular bir ön arıtma işleminde geçirildikten sonra tekrar respirometrik testlere tabi tutularak atıksuyun bu halde aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon etkisi yaratıp yaratmadığı belirlenmeye çalışılmıştır.

Yapılan ön arıtma işleminde koagülant olarak alüminyum sülfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ) ve demir (III) klorür ( $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ) kullanılmıştır. Öncelikli olarak jar testin optimum pH'ı belirlenmiş, ardından da optimum alüminyum sülfat dozu belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan pH optimizasyonu neticesinde Alum için optimum pH=7 değeri ve demir (III) klorür için de pH=6 değerleri optimum pH olarak belirlenmiştir. Daha sonra, optimum pH değeri sabit tutularak kimyasal madde dozları optimize edilmiştir. Bunun sonucunda demir (III) klorürün alumina göre daha iyi sonuç verdiği ve 1000 mg/L'lik doz eşliğinde ve pH=6 değerinde KOİ'nin % 55 giderilebildiği belirlenmiştir. Alumla yapılan denemelerde ise optimum doz 1500 mg/L (pH=7) ve elde edilen maksimum KOİ giderim verimi de % 50 olarak belirlenmiştir. Respirometrik denemelerde kullanılmak üzere 10L hacimde atıksu üzerinde 1000 mg/L demir (III) klorür dozu eşliğinde jar test uygulanmış ve buradan elde edilen atıksularda respirometrik denemeler yürütülmüştür.

Karışık endüstriyel atıksuyun KOİ'sine göre çeşitli seyrelme oranlarında (%77,5, %75, %40, %25 ve %0) ve 30 dakikalık temas süresi sonunda aktif çamur üzerindeki toksisitesi belirlenmeye çalışılmıştır. Buna göre karışık endüstriyel atıksu

numuneleriyle yapılan respirometrik ölçümler neticesinde %77,5, %75, %40 ve %25 seyrelme oranlarına sahip atıksuyun aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde inhibisyon oluşturmadığı görülmektedir. %I=0 değeri ise enterpolasyonla %13,59 bulunmuştur. Buna göre kimyasal arıtma uygulanmış karışık endüstriyel atıksuyun aktif çamur mikroorganizmalarının faaliyetini etkilemesi için %13,59 oranında seyreltilmesi gerekmektedir.

%0 seyrelme oranına sahip, başka bir deyişle seyreltme uygulanmamış karışık endüstriyel atıksuyun çok düşük bir oranda inhibisyon etkisi gösterdiği görülmüştür. Ancak deneysel çalışmalarda endüstriyel atıksu aktif çamura direkt olarak hiçbir adaptasyon süresi tanınmadan verildiğinden bir miktar inhibisyonun kabul edilebilir olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle, karışık endüstriyel atıksuların evsel atıksularla arıtılabilir olduğu kanaatine varılmıştır. Bu sonuçlardan dolayı kimyasal arıtma işlemi uygulanmış karışık endüstriyel atıksuyuyla yapılan respirometrik çalışmalar 30 dakika temas süresinden sonra yapılan ölçümlerle tamamlanmış ve 180 dakikalık havalandırma sonucu yapılan respirometrik ölçümlere gerek duyulmamıştır.

**8.** Tüm bu verilerin ışığı altında, endüstriyel atıksuların toksisitesinin belirlenmesinin, kentsel atıksu arıtma tesislerinin verimli bir şekilde çalışması açısından büyük önem arz edeceği açık bir şekilde görülmüştür. Ayrıca bu çalışmaların ekonomik yönden de bir faydasının olabileceği düşünüldüğünde, ilerisi için tüm endüstriyel atıksuların toksisite değerlerinin tespit edilmesi ve bu atıksuların evsel atıksularla ortak bir arıtma tesisinde arıtılmasının mali boyutunun da detaylı bir şekilde incelenmesi gerektiği düşünülmektedir. Bu şekilde evsel atıksuların endüstriyel atıksularla birlikte arıtılmasından daha yararlı sonuçların elde edileceği izlenimi edinilmiştir.



**KAYNAKLAR:**

ACAR, Ö., 2001. Aktif Çamur Sistemlerinde Kullanılan Respirometre Çeşitleri, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Bursa.

AL- KDASI, A., IDRIS, A., SAED, K., GUAN, C.,T., 2004. Treatment of Textile Wastewater by Advanced Oxidation Processes: A Review, Global Nest:the Int.J.Vol 6, No 3, pp 226-234

ANONİM, 1997. Bursa Organize Sanayi Bölgesi Atıksu Arıtma Tesisi Envanter Planı

ANONİM, 1998 a. Tofaş Türk Otomotiv Sanayi A.Ş. Atıksu Arıtma Tesisi Staj Notları

ANONİM, 1998 b. Pollution Prevention and Abatement Handbook, World Bank Group Effective

ANONİM, 1999 a. Türk Çevre Mevzuatı Cilt- I, Türkiye Çevre Vakfı Yayını, Ankara.

ANONİM, 1999 b. TS 10868 EN ISO 8192/Şubat 1999 Türk Standardı, Su Kalitesi- Aktif Çamur Oksijen Tüketimi Engelleme Deneyi

ANONİM, 2000. Sekinizci 5 Yıllık Kalkınma Planı, Gıda Sanayi Özel İhtisas Komisyon Raporu, Ankara

ANONİM, 2001. Aktif Çamur Sisteminin Dizaynı ve İşletiminde Respirometrik Metodun Kullanımı, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü Yüksek Lisans Ders Notları, Bursa

ANONİM, 2003. X Gıda Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi Proje Özeti, Bursa.

ARSLAN, A. ve Ayberk, S., 2003. Characterisation and Biological Treatability of Izmit Industrial and Domestic Wastewater Treatment Plant Wastewaters, ISSN 0378-4738= Water SA, Vol.29, No:4, pp 451-456

CADENA, F., 1995. Respirometric Methods For Rapid Toxicity/ Inhibition Assesment of Industrial Wastewater, 50th Purdue Industrial Waste Conferance Proceedings, Crowford, GA 30630

CHAN, C., LO, W., WONG, K. and CHUNG, W., 1999. Monitoring the Toxicity of Phenolic Chemicals to Activated Sludge Using a Novel Optical Scanning Respirometer, *Chemosphere*, Vol. 39, pp 1421-1432

CONTRERAS, E., BERTOLA, N., ZARITZKY, N., 2001. The Application of Different Techniques to Determine Activated Sludge Kinetic Parameters in a Food Industry Wastewater, ISSN 0378-4738 = *Water SA* Vol.27, No.2, pp 169-176

ÇETİNEL, N. ve HARARCI, S., 1996. Deri OSB Atıksu Arıtma Tesisi Fizibilite Çalışmaları ve Arıtma Tesisinin Boyutlandırılması

ÇOKGÖR, E., U., SÖZEN, S., ORHON, D. ve HENZE, M., 1998. Respirometric Analysis of Activated Sludge Behavior- I. Assessment of The Readily Biodegradable Substrate, *Water Res.*, No.32, No.2, pp 461-475

ÇOKGÖR, E., U., SÖZEN, S., ORHON, D. ve HENZE, M., 1998, Respirometric Analysis of Activated Sludge Behavior-II. Heterotrophic Growth Under Aerobic and Anoxic Conditions, *Water Res.*, No.32, No.2, pp 476-488

DALZELL, D., J., B., ALTE, S., ASPICHHUETA, E., SOTA, A., ETXEBARRIA J. GUTIERREZ, M., HOFFMANN, C., C., SALES, D., OBST, U. and CHRISTOFI, N., 2002. A Comparison of Five Rapid Direct Toxicity Assessment Methods to Determine Toxicity of Pollutants to Activated Sludge, *Chemospher* 47, pp 535-545

DEMİREL, B., YENİGÜN, O. ve ONAY, T., T., 2004. Anaerobik Treatment of Dairy Wastewaters: A Review, *Process Biochemistry*, xxx (2005) xxx-xxx

DROSTE, R., L., 1997. Theory And Practice Of Water And Wastewater Treatment By Ronald, ISBN: 047112444-3, USA

ECKENFELDER, W.W. Jr., 1989. Industrial Wastewater Pollution Control, Second Edition. Mc-Graw Hill, New York, 400 p.

FARİZOĞLU, B. ve KESKİNLER, B., 2006. Sludge Characteristics and Effects of Crossflow Membran Filtration On Membrane Fouling in a Jet Loop Membrane Bioreactor (JLMBR), *Journal Of Membrane Science* xxx(2006) xxx-xxx

FICARA, E., MUSUMECI, A. ve ROZZI, A., 2000. Comparison and Combination of Titrimetric and Respirometric Techniques to Estimate Nitricication Kinetics Parametres, ISSN 0378-4738= *Water SA*, Vol. 26, No:2, pp 217-224

GENDIG, C. DOMOGALA, G., AGNOLI, F., PAGGA, U. and STROTSMANN, U, J., 2003. Evaluation and Further Developent of The Activated Sludge Respiration Inhibition Test, *Chemosphere* 52, pp 143-149

GERNAEY, K., VANDERSHASSELT, A., BOAGAERT, H., Vanrolleghem, P., A., VERSTRAETE, W., 1998. Sensors To Monitor Biological Nitrogen Removal And Activated Sludge Settling, Journal Of Microbiological Methods,

GERNAEY, A., K., PETERSEN, B., OTTOY, J., P. ve Vanrolleghem, P., 2001. Activated Sludge Monitoring With Combined Respirometric- Titrimetric Measurements, Water Res., Vol.35, No.5, pp 1280-1294

GOUDAR, C., T. Ve ELLIS, T., G., 2001. Explicit Oxygen Concentration Expression For Estimating Extant Biodegradation Kinetics From Respirometric Experiments, Biotechnology and Bioengineering, Vol. 75, No:1, pp 74-81

GUTIERREZ, M., ETXEBARRIA, J., FUENTES, L., 2001. Evaluation of Wastewater Toxicity: Comparative Study Between Microtox and Activated Sludge Oxygen Uptake Inhibition, Water Research 36, pp 919-924 (???)

GUWY, A., J., BUCKLAND, H., HAWKES, F., R. ve HAWKES, D., L., 1998. Active Biomass in Activates Sludge: Comparison of respirometry With Catalase Activity Measured Using an On-line Monitor, Wat. Res. Vol 32, No:12, pp 3705-3709

GÜLER, Ç., ve ÇOBANOĞLU, Z., 2000. Belediye Çevre Mevzuatı, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası Yayınları, ISBN: 973-395-395-X, Ankara

[http:// www.ilbank.gov.tr](http://www.ilbank.gov.tr)

[http:// www.yildiz.edu.tr](http://www.yildiz.edu.tr)

[http:// www.cevreorman.gov.tr](http://www.cevreorman.gov.tr)

[http:// www.karsan.com.tr](http://www.karsan.com.tr)

[http:// www.buski.gov.tr](http://www.buski.gov.tr)

KABASOLAK, H., B., 1998. Atıksu-Atıksu Arıtımı ve Alıcı Ortama Etkileri, Kayseri I. Atıksu Sempozyumu Bildiri Kitabı, Sayfa: 299-303

KALYUZHINHY, S., V., MARTINEZ, E., P. v MARTINEZ, J., R., 1997. Anaerobik Treatment of High-Strength Cheese-Whey Wastewaters In Laboratory and Pilot UASB-Reactors, Bioresource Technology 60, pp 59-65

KESTİOĞLU, K., 1983. İzmir Yöresindeki Bazı Endüstriyel Sıvı Atıkların Biyolojik Ayrışabilirliklerinin Araştırılması, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, yüksek Lisans Tezi, No:6, İzmir

KESTİOĞLU, K., 1996. Deri Organize Sanayi Bölgesi Atıksuları Arıtma Tesisi Fizibilite Çalışmalarının Değerlendirilmesi

KESTİOĞLU, K., ÇETİNEL, N. ve HARARCI, S., 1997. Deri Organize Sanayi Bölgeleri Atıksuları Arıtma Tesisi Fizibilite Çalışmalarının Değerlendirilmesi, I. Uludağ Çevre Mühendisliği Sempozyum Kitabı, Uludağ Üniversitesi Basımevi, Sayfa: 71-82

KEMER, M. ve KARA, Ş., 1998. Pamuklu Sentetik Tekstil Endüstrisi Atıksularının Arıtılması, Uludağ Üniversitesi Mühendislik mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Lisans Bitirme Tezi.

LEE, S., G. ve SUH, Y., S., 1995. Biochemical Characterisation of Wastewater By Electrolytic Respirometer, Wat. Sci. Tech., Vol. 31, No:9, pp 91-100

LIBELLI, S., M. Ve TABENI, F., 2001. Accuracy Analysis of Respirometer for Activated Sludge Dynamic Modelling, Water Research 36, pp 1181-1192

LİMAN, C.,B., 1998. Atıksulardan Kaynaklanan Çevre Sorunları, Kayseri I. Atıksu Sempozyumu Bildiri Kitabı, Sayfa: 1-4

MAHENDRAKER, V. ve VIRARAGHAVAN, T,1995. Respirometry in Environmental Engineering, J.Environ.Sci.Health A, 30(4):713-734

MERİÇ, S., EREMEKTAR, G., ÇİNER, F. and TÜNAY, O., 2003. An Our-based Approach to Determine the Toxic Effects of 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid in Activated Sludge, Journal of Hazardous Materials B101, pp 147-155

ORHON, O. ve Artan, N., 1985. Süt ve Süt Ürünleri Endüstrisi, T.C Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Endüstriyel Atıksuların Kontrol ve Kısıtlama Esasları Projesi, İ.T.Ü Çevre ve Şehircilik UYG- AR Merkezi, İstanbul

ORUPÖLD, K., HELLAT, K.. and TENNO, T. 1999. Estimation of Treatability of Different Industrial Wastewaters by Activated Sludge Oxygen Uptake Measurements, Water Science Technology, Vol. 40, No.1, pp 31-36

ÖZDEMİR, M., 1990. Türkiye’de Organize Sanayi Bölgeleri, TOBB Yayın No Genel 155, Ar-Ge 65, Ankara

PLESSIS, C., A., BARNARD, P., NALDERTT, K. and KOCK, S., H., 2001. Development of Respirometry Methods to Assess the Microbial Activity of Thermophilic Biobleaching Archaea, *Journal of Microbiological Methods* 47, pp 189-198

REN, S., 2004. Assessing Wastewater Toxicity to Activated Sludge: Recent Research and Developments, *Environmental International*, 30, pp 1151-1164

RICCO, G., TOMEI, M., C., RAMADORI, R. and LAERA, G., 2004. Toxicity Assessment of Common Xenobiotic Compounds on Municipal Activated Sludge: Comparison Between Respirometry and Mitrotox, *Water Research* 38, pp 2103-2100

SARIKAYA, H.Z., MERİÇ, S., YILMAZ, E. ve TORÖZ, İ., 1996. Organize Sanayi Bölgelerinde Arıtma Tesisi Maliyet Tahmini ve Katılım Paylarının Belirlenmesi, *Su Kirlenmesi Kontrol Dergisi*, Cilt 6., Sayı:3, Sayfa:43-51

SPANJERS, H., PETER, A., OLSSON, G. ve DOLD, P.L., 1998. Respirometry in Control of Activated Sludge Process: Principles by Iawq Task Group on Respirometry, International Association on Water Quality, British Library, İngiltere

STRONMANN, U., J., GELDERN, A., KUHN, A., GENDIG, C. and KLEIN, S., 1999. Evaluation of a Respirometric Test Method to Determine The Heterotrophic Yield Coefficient of Activated Sludge Bacteria, *Chemospher*, Vol. 38, No. 15, pp 3555-3570

ŞENGÜL, F., 1996. Endüstriyel Atıksuların Özellikleri ve Arıtılması, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları*, No:172, İzmir

SOLMAZ, S., K., A., YONAR, T. ve SOLMAZ, E., 2002. Bir Otomotiv Endüstrisi Atıksularının Karakterizasyonu ve Mevcut Arıtma Sisteminin Değerlendirilmesi, *OTEKON'02 Otomotiv Teknolojileri Kongresi*, 24-26 Haziran 2002

SOLMAZ, S., K., A., ÜSTÜN, G., E. ve AZAK, H., 2004. An Approach to Wastewater Treatment in Organized Industrial Districts : A Pilot-Scale Example From Turkey, *International Journal of Environment and Pollution*, Volume 21, No: 6, pp 603- 611

ŞENGÜL, F. ve MÜEZZİNOĞLU, A., 1995. Çevre Kimyası, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları*, No:228, İzmir

TOPBAŞ, M., T., BROHİ, A., R. ve KARAMAN, R., 1998, Çevre Kirliliği, T.C. Çevre Bakanlığı Yayınları, Ankara

TOPRAK, R. ve GİRGİN, İ., 2000, Aktifleştirilmiş Klinoptilolit ile Deri Sanayi Atıksularından Kromun giderilmesi, *Türk J Engin Environ Sci*, Sayı 24, pp 343-351

TÜNAY, O., 1996. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, Sayı: 1578, İstanbul

USLU, O. ve TÜRKMEN, A., 1987. Su Kirliliği ve Kontrolü, T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları Eğitim Dizisi, Sayı 1, Ankara

ÜSTÜN, G., E., 2001. Bursa Demirtaş Organize Sanayi Bölgesi Atıksularının Özellikleri ve Atıksu Arıtılabilirlik Çalışmaları, Uludağ Üniversitesi Çevre Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi

VANROLLEGHEM, P., A., 2002. Principle Of Respirometry In Activated Sludge Wastewater Treatment, Gent University, Department of Applied Mathematics, Biometrics and Process Control

YOONG, E., T., LANT, P., A. ve GREENFIELD, P., F., 2000. In Situ Respirometry In An SBR Treating Wastewater With High Phenol Concentrations, Wat. Res. Vol.34, No.1, pp 239-245.

## **ÖZGEÇMİŞ**

16 Nisan 1980 Erzurum'da doğdu. 1986 yılında İzmir Yahya Kemal Beyatlı İlkokulu'nda başladığı ilköğrenimini 1991 yılında Balıkesir Edremit Karagözoğlu İlkokulu'nda tamamladı. 1991-1994 yılları arasında Ankara Tınaztepe Ortaokulu'nda ortaokul öğrenimini tamamladı. 1998 yılında Bursa Erkek Lisesi Süper Lise Bölümü'nden mezun oldu. 2002 yılında Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nden birincilikle mezun oldu. 2003 Eylül ayında Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans yapmaya başlamıştır. 2003 Ocak ayından beri de Elinsan Elektrik İnşaat Hava Kalitesi Taahhüt Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.'nde Kalite Sorumlusu olarak görevine devam etmektedir.

## TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca bilgi ve desteğini esirgemeyen saygıdeğer hocam Prof. Dr. Kadir KESTİOĞLU'na, Yüksek Lisans öğrenimimin tez bölümünde benden yardımını ve desteğini esirgemeyen sevgili eşim Dr. Taner YONAR'a, benim bugünlere gelmemde en büyük paya sahip olan ve hayatımın her aşamasında hep yanımda olacaklarını bildiğim annem Fatma KAPLAN'a, babam Enver Naci KAPLAN'a, ağabeyim Tolga KAPLAN'a, yengem Zehra KAPLAN'a, yeğenim Çağatay KAPLAN'a, tezimin son aşamasında hayatımıza katılıp bana farkında olmadan en büyük desteği veren biricik kızım Beril YONAR'a, hem çalışıp hem de öğrenimime devam etmemi destekleyen patronlarıma ve iş arkadaşlarıma, Aynur LÜLECİ'ye, Arş. Gör. Mehmet ŞEN'e, Arş. Gör. Berna KIRIL MERT'e, Arş. Gör. Melike YALILI'ya ve yardımı olup da burada sayamadığım herkese en içten teşekkürlerimi sunarım.