




ÇEŞİTLİ ORGANİK MADDELERİ İÇEREN ATIKSULARIN  
BOİ VE KOİ DEĞERLERİNİN İNCELENMESİ

Kimyager Gülhan UZ

F.B.E. Kimya Anabilim Dalı Analitik Kimya Programında  
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hüseyin AFŞAR

Prof. Dr. Hüseyin Afşar   
Prof. Dr. Bilen Demirek Üzürek   
Doç. Dr. Filiz İmer 

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	iv
KISALTMA LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vii
ÖNSÖZ.....	viii
ÖZET.....	ix
ABSTRACT.....	x
1 GİRİŞ .....	1
2 GENEL BİLGİLER .....	2
2.1 Organik Madde Kirliliği.....	2
2.1.1 Biyokimyasal Oksijen İsteği ( BOİ ).....	2
2.1.1.1 BOİ Ölçüm Yöntemi .....	7
2.1.2 Kimyasal Oksijen İsteği ( KOİ ) .....	7
2.1.2.1 KOİ Ölçüm Yöntemi.....	8
2.1.3 Toplam Oksijen İsteği ( TOİ ).....	10
2.1.4 Toplam Organik Karbon ( TOK ).....	11
2.1.5 KOİ, BOİ <sub>5</sub> ve TOK Arasındaki İlişki.....	11
3 DENEYSEL ÇALIŞMALAR .....	18
3.1 Kimyasal Maddeler ve Çözeltiler .....	18
3.1.1 Kimyasal Maddeler .....	18
3.1.2 Çözeltiler.....	19
3.1.3 Seyreltme Suyunun Hazırlanması .....	21
3.2 Araçlar ve Gereçler .....	23
3.3 Deneyin Yapılışı.....	24
3.3.1 BOİ Tayini .....	24
3.3.1.1 Deney Sonuçlarının Hesaplanması .....	25
3.3.2 KOİ Tayini .....	28
3.3.2.1 Deney Sonuçlarının Hesaplanması .....	28
3.3.3 pH' ın BOİ Değerine Etkisi .....	30
3.3.4 BOİ veKOİ Değerlerinin Zamana Karşı Değişimi.....	30
4 SONUÇLAR ve TARTIŞMA.....	32
4.1 BOİ Tayini .....	32
4.2 KOİ Tayini .....	33
4.3 pH' ın BOİ Değerine Etkisi .....	35
4.4 BOİ veKOİ Değerlerinin Zamana Karşı Değişimi.....	35
TARTIŞMA.....	37

KAYNAKLAR.....	43
ÖZGEÇMİŞ.....	48



## SİMGE LİSTESİ

A	300 mL'deki mg O <sub>2</sub> cinsinden KOİ değeri
B <sub>1</sub>	İnkübasyondan önceki seyreltme suyunun çözülmüş oksijen miktarı, mg/L
B <sub>2</sub>	İnkübasyondan sonraki seyreltme suyunun çözülmüş oksijen miktarı, mg/L
D	Gün cinsinden BOİ' si hesaplanan süre
D <sub>1</sub>	Hazırlandıktan hemen sonra, seyreltilmiş örnekteki çözülmüş oksijen miktarı, mg/L
D <sub>2</sub>	20°C' da 5 günlük inkübasyondan sonra, seyreltilmiş örnekteki çözülmüş oksijen miktarı, mg/L
f	Örnekteki aşının seyreltme suyundaki aşya oranı= ( D <sub>1</sub> ' deki aşı yüzdesi ) / ( B <sub>1</sub> ' deki aşı yüzdesi )
k	Reaksiyon hız sabiti
L	Toplam veya son BOİ
N	Demir (II) amonyum sülfatın normalitesi, (eşdeğer gram/L)
P	1 lt seyreltilmiş çözeltideki atıksuyun litre cinsinden hacmi
T	Zaman
V	KOİ tayini için alınan örnek miktarı, (mL)
V <sub>0</sub>	Şahit için tüketilen demir (II) amonyum sülfat miktarı,(mL)
V <sub>1</sub>	Örnek için tüketilen demir (II) amonyum sülfat miktarı, (mL)
V <sub>2</sub>	Setreltme suyu için tüketilen demir (II) amonyum sülfat miktarı, (mL)
y	Herhangi bir t zamanındaki BOİ

## KISALTIMA LİSTESİ

BOİ	Biyokimyasal Oksijen İsteği
BOİ <sub>5</sub>	5 Günlük İnkübasyondan Sonraki BOİ Değeri
BOİ <sub>20</sub>	20 Günlük İnkübasyondan Sonraki BOİ Değeri
BOİ <sub>5</sub> /KOİ	5 Günlük İnkübasyondan Sonraki BOİ Değerinin KOİ Değerine Oranı
KBOİ	Karbonlu Biyokimyasal Oksijen İsteği
KOİ	Kimyasal Oksijen İsteği
L	Atıksuda bulunan Organik Maddenin Tümunün Biyokimyasal Olarak Parçalanması Sonucu Elde Edilmesi Gereken BOİ Değerı, Toplam BOİ
TOİ	Toplam Oksijen İsteği
TOK	Toplam Organik Karbon



## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	BOİ Eğrisi .....	6
Şekil 4.1	Seyreltme Suyunun 1. ve 2. Denemelerdeki ve BOİ <sub>5</sub> Değerlerinin ve Bunların Ortalama Değerlerinin Zamanla Değişimi.....	35
Şekil 4.2	Seyreltme Suyunun KOİ' sinin Zamanla Değişimi.....	36



## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1	BOİ Değerine Göre Seyreltme Oranları .....	4
Çizelge 2.2	BOİ Değerlerini BOİ <sub>5</sub> Değerlerine Dönüştürmek İçin Gerekli Bazı Faktörler ...	5
Çizelge 2.3	Atıksu Toplama Havzalarına Uygulanacak Deşarj Limitleri (Havza Dışı).....	14
Çizelge 2.4	İçmesuyu Toplama Havzalarına Uygulanacak Deşarj Limitleri (Havza İçi) ....	15
Çizelge 2.5	Bazı Maddelerin Karbon, TOİ, BOİ <sub>5</sub> ve BOİ <sub>20</sub> İçeriği.....	16
Çizelge 3.1	n-butanol çözültisi ve BOİ' si düşük seyreltme suyu için başlangıç ve 1. gün sonundaki tiyosülfat sarfiyatı miktarları.....	25
Çizelge 3.2	n-butanol çözültisi ve BOİ' si yüksek seyreltme suyu için başlangıç ve 1. gün sonundaki tiyosülfat sarfiyatı miktarları.....	27
Çizelge 4.1	BOİ' si Düşük Seyreltme Suyu İle Yapılan BOİ <sub>5</sub> Tayini Sonuçları .....	31
Çizelge 4.2	BOİ' si Yüksek Seyreltme Suyu İle Yapılan BOİ <sub>5</sub> Tayini Sonuçları .....	31
Çizelge 4.3	BOİ' si Düşük Seyreltme Suyu İle Yapılan KOİ Tayini Sonuçları .....	32
Çizelge 4.4	BOİ' si Yüksek Seyreltme Suyu İle Yapılan KOİ Tayini Sonuçları.....	32
Çizelge 4.5	BOİ' si Düşük ve BOİ' si Yüksek Seyreltme Suyu Kullanılarak Yapılan BOİ <sub>5</sub> ve KOİ Tayini Toplu Sonuçları .....	33
Çizelge 4.6	Değişik pH' lardaki Asetik Asit Çözültülerinin BOİ <sub>5</sub> Tayini Sonuçları .....	34
Çizelge 4.7	15 Gün Boyunca Seyreltme Suyundan Elde Edilen BOİ <sub>5</sub> ve KOİ Tayini Sonuçları.....	35
Çizelge 4.8	Çeşitli literatürlerdeki bazı endüstri türlerinde kullanılan arıtma yöntemleri ve bu türlere ait BOİ/KOİ oranları.....	39

## ÖNSÖZ

Bu çalışmayı büyük bir titizlikle yöneten, her zaman ve her konuda bilgi ve tecrübeleri ile bana yol gösteren değerli hocam sayın Prof. Dr. Hüseyin Afşar' a, laboratuvar çalışmalarında bana her konuda yardımcı olan sayın Dr. Fatma Turak' a ve her zaman olduğu gibi beni yalnız bırakmayan, maddi, manevi her şeyini benimle paylaşan aileme, tecrübeleriyle bana yol gösteren ablam Yard. Doç. Yeşim Hülya Uz' a, başta Gökhan Kayral olmak üzere yanımda olan ve yanımda olduğunu hissettiren tüm arkadaşlarıma teşekkür ve saygılarımı en içten dileklerle sunarım.



## ÖZET

Evsel ve endüstriyel atıksuların kirlilik derecesini tayin etmek amacıyla ölçülen BOİ ve KOİ değerleri arasındaki oranın ( $BOİ_5/KOİ$ ) 0,4-0,8 arasında değiştiği savunulmaktadır. Bu yargı evsel atıksular için geçerli olsa da endüstriyel atıksular için çoğu zaman geçerli olmayacaktır. Çünkü bazı organik maddeler biyokimyasal olarak parçalanmazken bazı organik maddeler, biyokimyasal reaksiyonları yürüten mikroorganizmalar üzerinde toksik etki gösterecektir.

Bu çalışmada,  $BOİ_5/KOİ$  oranının organik maddedeki fonksiyonel gruba bağımlılığı incelenmiştir. Bu amaçla; asetaldehit, formaldehit, n-butanol, asetik asit, fenol, anilin ve o-nitro fenol çözeltilerinden hazırlanmış yapay atıksularda BOİ ve KOİ değerleri izlenmiştir. BOİ ölçümleri, hem mikroorganizma bakımından zengin hem de fakir seyreltme suları kullanılan ortamda yapılmıştır.

Yapılan analizlerde; formaldehit, anilin, fenol ve o-nitro fenol içeren çözeltilerde BOİ değerinin sıfır olduğu, dolayısıyla  $BOİ_5/KOİ$  oranının sıfır olduğu saptanmıştır. Bu da bu maddelerin mikroorganizmalar üzerinde toksik etki yaptığını göstermektedir.

$BOİ_5/KOİ$  oranının yalnızca sudaki kirliliğe bağlı olmadığı, aynı zamanda birim hacimdeki mikroorganizma sayısına da bağlı olduğu, 15 gün süre ile aynı suda yapılan BOİ ve KOİ ölçümleri ile saptandı. Ayrıca BOİ değerinin, atıksuyun pH'ına bağımlılığı da araştırıldı. Mikroorganizmaların yaşamı ve çoğalması için en uygun pH'ın 8-10 olduğu saptandı.

**Anahtar Kelimeler :**  $BOİ_5/KOİ$  oranı, pH, birim hacimdeki mikroorganizma sayısı, asetaldehit, formaldehit, n-butanol, asetik asit, fenol, anilin ve o-nitro fenol.

## **ABSTRACT**

The ratio of BOD and COD values which are indicate the pollution level of domestic and industrial wastewater, is given as 0,4-0,8. Although this is valid for domestic wastewater, it is usually not valid for industrial wastewater, because some of the organic matters can not degrade biochemically. Also some of them can have toxic effects on the microorganisms, that are responsible for the biochemical reaction.

In this study, dependence of ratio of BOD<sub>5</sub>/COD to the functional group in the organic matter is investigated. For this purpose; BOD and COD values of the synthetic wastewaters, prepared using acetaldehyde, formaldehyde, n- butanol, acetic acid, aniline, phenol and o- nitro phenol solutions are determined. BOD measurements are carried out in different milieus that have both rich and poor number of microorganisms in the unit volume.

In these analysis, the BOD values of solutions that contain formaldehyde, aniline, phenol and o- nitro phenol are determined as zero. Consequently their BOD<sub>5</sub>/COD ratios are also calculated as zero. This shows that these organic matters have toxic effects on the microorganisms that are responsible for the biochemical reaction.

Ratio of BOD<sub>5</sub>/COD is not only dependent to the pollution in the wastewater, it is also dependent to the number of microorganisms in the unit volume. This argument is established from the measurements of BOD and COD values which are determined continually from the same water for 15 days. Besides, the relationship between pH and BOD value is searched. For survival and reproduction of microorganisms, it is found that the appropriate pH range are 8-10.

**Keywords :** BOD<sub>5</sub>/COD ratio, pH, number of microorganisms in the unit volume, acetaldehyde, formaldehyde, n- butanol, acetic acid, aniline, phenol and o- nitro phenol.

## 1. GİRİŞ

Evsel ve endüstriyel atıksuların kirlilik derecesini belirlemek amacıyla birçok analiz yapılmaktadır. Bunlar; BOİ, KOİ, TOİ ve TOK analizleridirler. Bunlardan en çok tercih edilenler BOİ ve KOİ analizleridirler.

İşlem görmemiş bir atıksuya iki analiz de ( BOİ ve KOİ ) uygulanır ve bunların sonuçları beraber yorumlanır. KOİ ve BOİ değerlerinin tek başlarına bir anlamları yoktur. İşlem görmemiş bir atıksu için bu değerler BOİ/KOİ oranı olarak bilinirler ve bu oranın 0,4-0,8 arasında değişmekte olduğu savunulmaktadır.

Bu çalışmada, farklı fonksiyonel gruplara sahip ve farklı miktarlarda oksijen içeren maddelerle hazırlanan yapay kirlenmiş suların KOİ ve BOİ analizleri yapılarak, BOİ/KOİ oranları tayin edilmiş ve bu oranların öngörülen aralıkta olup olmadığı incelenmiştir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1 Organik Madde Kirliliği :

Atıksu normalde, binlerce farklı organiği ihtiva eder. Her bir organik bileşimin bireysel ölçümü imkansızdır. O nedenle, organiklerin en büyük ve en küçük kısımlarını kapsayan farklı ortak analizler kullanılmaktadır.

Organik madde yükseltgenirken, tüketilen oksijen miktarı ( BOİ ), veya yükseltgen maddeye eşdeğer oksijen miktarı ( KOİ ve TOİ analizleri ) ya da açığa çıkan CO<sub>2</sub> miktarı ( TOK ) ölçülebilir.

#### 2.1.1 Biyokimyasal Oksijen İsteği ( BOİ ) :

BOİ genellikle, aerobik şartlar altında bozunabilen organik maddeleri parçalarken, 20°C' da, karışık bir organizma topluluğu tarafından ihtiyaç duyulan oksijen miktarı olarak tanımlanır (Akçin vd., 1996). Bozunma terimi, organik maddenin bakteri için besi görevi gördüğü ve enerjinin de bunun yükseltgenmesinden sağlandığı reaksiyon anlamında yorumlanmalıdır.

BOİ testi ise, tabiattaki şartlara benzer şartlar altında, atıksuda bulunan organik maddeden yararlanan canlı organizmalar tarafından tüketilen oksijen ölçümünü içeren, bir biyokimyasal analiz işlemidir (Günay vd., 1977). BOİ testi, evsel ve endüstriyel atıksuların kirlilik derecesini belirlemede yaygın olarak kullanılan bir testtir. BOİ testi sayesinde; var olan organik maddenin biyokimyasal olarak parçalanması için gerekli olan yaklaşık oksijen miktarı tayin edildiği gibi, arıtma tesislerinin büyüklüğünü tayin etmek, bazı arıtım proseslerinin verimliliğini ölçmek ve bunların izin verilen boşaltım değerleriyle uyumlu olup olmadıklarını tayin etmek de mümkündür. (Talınlı vd., 2000) BOİ testinin geniş kullanımına rağmen birçok kısıtlamaları da vardır. Yüksek konsantrasyonda, aktif ve ortama alıştırılmış aşu bakterisine gereksinim vardır. Zehirli atıklarla çalışılırken ön arıtma yapılmalı ve nitrifike eden organizmaların etkileri azaltılmış olmalıdır (Ubay Çokgör vd., 1996). BOİ testi ile, sadece biyokimyasal olarak ayrışabilen organikler ölçülebilir. Testte, suda var olan bozunabilir organik madde reaksiyona girer ve stokiyometrik yasaya uygunluğa sahip değildir. Dolayısıyla bazı kabullenişler söz konusudur. Bu kabullenişlerin en önemlisi, 5 gün içerisinde, var olan bozunabilir organik maddenin kullanıldığı noktaya uyup uymadığıdır. Stokiyometrik yasaya uygunluğun yoksunluğu da test sonuçlarının kullanılabilirliğini azaltmaktadır.

Anlamlı sonuçlar elde etmek için, oksijenin sudaki sınırlı çözünürlüğünden dolayı, (20°C’ da yaklaşık 9 mg/L ), çok kirli atıksular, test süresi boyunca var olabilecek çözünmüş oksijeni sağlayan değere uygun olarak istenilen düzeye seyreltilmelidirler. Olası değerleri bütünüyle kapsaması için birçok seyreltme yapılır. BOİ değerine göre seyreltme düzeyleri; seyreltme sonunda çözeltide bulunması gereken atıksu yüzdesi ve 300 mL’ ye seyreltilecek atıksu hacimleri cinsinden Çizelge 2.1’ de verilmiştir (Sawyer ve McCarty,1978). Örneğin, 3.000-10.500 BOİ değerine sahip bir atıksuyun BOİ tayini yapılırken, atıksudan 0,2 mL alınıp 300 mL’ ye seyreltilmelidir. Böylelikle seyreltilmiş çözeltideki atıksu miktarı yaklaşık % 0,07 olur. BOİ değeri 4.000-14.000 arasında olan bir atıksu söz konusu olduğunda, test için seyreltme sonunda, atıksu miktarı çözeltide % 0,05 olmalıdır. Bu biyokimyasal bir işlem olduğundan, işlem sırasında çevresel koşulların, canlı organizmaların işlevlerini yerine getirmelerine olanak verecek şekilde, uygun olması gereklidir. Azot, fosfor ve belirli eser miktardaki elementler gibi, bakteriyel gelişme için gerekli olan tüm nutrientler ortamda var olmalıdır (Günay vd., 1977). Buna karşılık zehirli maddelerin bulunmaması ve özellikle serbest klorun olmaması istenir ve varlığında giderilmesi gerekir (Akçin vd., 1996). Doğal koşullar altında organik maddenin biyokimyasal parçalanması, tam yükseltgenme, yani maddenin tamamen CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O’ ya dönüşmesi, organizmaların çeşitli grupları tarafından meydana getirilir. Bu nedenle, testte “aşı” adı verilen karışık organizma grubunun bulunması önemlidir.

BOİ testi, sulu ortamda canlı organizmalar yardımıyla organik maddenin CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O’ ya yükseltgendiği bir reaksiyon olduğundan, herhangi bir organik maddenin belirli bir miktarını H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> ve NH<sub>3</sub>’a dönüştürmek için gerekli olan oksijen miktarı ile madde miktarı arasında nicel bir ilişki vardır (Sawyer and McCarty, 1978). Bu ilişki denklem 2.1’ deki gibi gösterilebilir:



Biyokimyasal yükseltgenme hızı, organizmaların sayısı ve sıcaklıktan çok etkilenir. Sıcaklığın etkisi, aşağı yukarı doğal ortam için ortalama değer olan, 20°C’ da testi yapmakla sabit tutulur. Teorik olarak organik maddenin biyokimyasal yükseltgenmesinin tamamlanması için sonsuz zamana gereksinim vardır. Ancak reaksiyonun 20 günde tamamlandığı kabul edilir. Fakat 20 gün de bir deney için çok uzun bir süre olduğundan, genellikle BOİ denemeleri 5 günlük sürede tamamlanır. Çünkü deneyimler BOİ’ nin geniş yüzdesinin 5

günde ortaya çıktığını göstermiştir. Bu  $BOI_5$  değerleri tüm  $BOI$  'nin yaklaşık %60-70' idir (Henze vd., 2002). Bu da bütütün oldukça büyük bir yüzdesidir. Ayrıca 5 günlük inkübasyon süresi amonyağın yükseltgenmesinden kaynaklanan engelleri de en aza indirir. Testin esası, suda çözülmüş oksijen tayinine dayanır. Taze alınmış örnekte ve örneğin  $20^{\circ}C$ ' da 5 günlük inkübasyonundan sonra yapılan oksijen tayininden sonuç hesaplanır.

Çizelge 2.1  $BOI$  Değerine Göre Seyreltme Oranları

<b><i>BOI Değerine Göre Seyreltme Oranları</i></b>			
<b>Seyreltilmiş Çözeltilde Atıksu</b>		<b>300 ml' ye Seyreltilecek Atıksu Hacmi</b>	
<i>% Atık Su</i>	<i>BOI Değeri</i>	<i>ml</i>	<i>BOI Değeri</i>
0,01	10.000 - 70.000	0,02	30.000 - 105.000
0,02	20.000 - 35.000	0,05	12.000 - 42.000
0,05	4.000 - 14.000	0,10	6.000 - 21.000
0,10	2.000 - 7.000	0,20	3.000 - 10.500
0,20	1.000 - 3.500	0,50	1.200 - 4.200
0,50	400 - 1.400	1,00	600 - 2.100
1,00	200 - 700	2,00	300 - 1.050
2,00	100 - 350	5,00	120 - 420
5,00	40 - 140	10,00	60 - 210
10,00	20 - 70	20,00	30 - 105
20,00	10 - 35	50,00	12 - 42
50,00	4 - 14	100,00	6 - 21
100,00	0 - 7	300,00	0 - 7

Seyreltme suyu aşılammışsa:

$$BOI \text{ ( mg/L )} = \frac{D_1 - D_2}{P} \quad (2.2)$$

Seyreltme suyu aşılammışsa:

$$BOI \text{ ( mg/L )} = \frac{(D_1 - D_2) - (B_1 - B_2) \times f}{P} \quad (2.3)$$

$D_1$ : hazırlandıktan hemen sonra, seyreltilmiş örnekteki çözünmüş oksijen miktarı, mg/L

$D_2$ : 20°C' da 5 günlük inkübasyondan sonra, seyreltilmiş örnekteki çözünmüş oksijen miktarı, mg/L

P: 1 lt seyreltilmiş çözeltildeki atıksuyun litre cinsinden hacmi

$B_1$ : inkübasyondan önceki seyreltme suyunun çözünmüş oksijen miktarı, mg/L

$B_2$ : inkübasyondan sonraki seyreltme suyunun çözünmüş oksijen miktarı, mg/L

f: örnekteki aşının seyreltme suyundaki aşıya oranı = (  $D_1$ ' deki aşı yüzdesi ) / (  $B_1$ ' deki aşı yüzdesi )

Çoğu zaman 5 günlük sonuçların toplam BOİ' ye (L) veya başka sürelerdeki BOİ ' ye dönüştürülmesi istenilir. Bu modifiye edilmiş  $y = L(1-10^{-kt})$  denklemiyle mümkün olur. Bu ifade de y; herhangi bir t zamanındaki BOİ ve L; toplam ya da son BOİ 'dir. k' nın değeri deneyle hesaplanmalıdır. Kirlenmiş ve atıksu için ( e tabanlı, 20°C' da ) k' nin tipik değeri 0,23 d<sup>-1</sup> dir. Bu denklemde d, gün cinsinden BOİ' si hesaplanan süredir. Reaksiyon hız sabiti k' nın değeri, atığın tipiyle önemli ölçüde değişir. Bu değer 0,05-0,3 arasında olabildiği gibi daha fazla da olabilir (Tchobanoglous vd.,1972). Başka zamanlardaki BOİ değerini, 5 günlük BOİ değerine dönüştürmek için gerekli olan bazı faktörler Çizelge 2.2' de verilmiştir (Merck, 5.th Edt.). Ölçümün yapıldığı gün sayısı ile BOİ faktörü çarpılarak BOİ<sub>5</sub> bulunur.

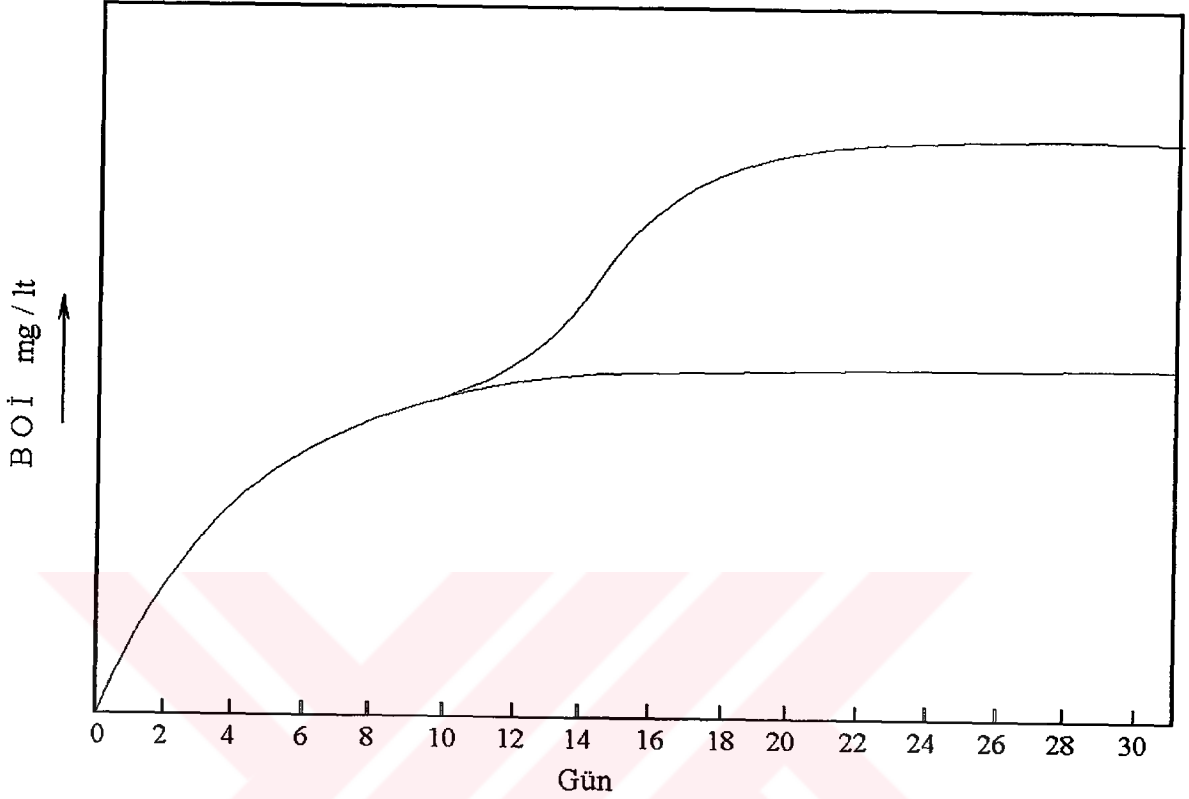
Çizelge 2.2 BOİ Değerlerini BOİ<sub>5</sub> Değerine Dönüştürmek İçin Gerekli Bazı Faktörler

GÜN	1	2	3	4	5	6	7	8
BOİ Faktörleri	2,7113	1,8520	1,3700	1,1360	1,0000	0,9091	0,8547	0,8130

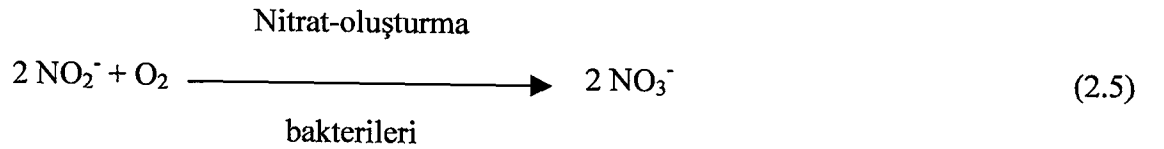
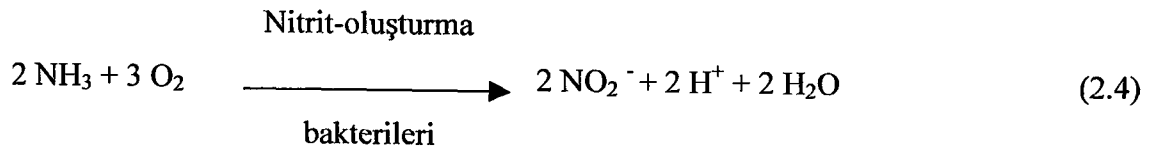
Biyokimyasal yükseltgenme reaksiyonu 1. derece reaksiyon tipiyle ilişkilidir. Biyokimyasal yükseltgenmelerde, yükseltgenmiş organik maddenin miktarı ile direkt orantılı oksijen kullanıldığından, zamana karşı kullanılmış oksijen grafiği Şekil 2.1' de görüldüğü gibidir (Muslu, 1996).

BOİ ölçümü için karışık organizma topluluğuna ihtiyaç olduğundan bahsedilmiştir. Bu tip kültürler, karbonlu maddeyi kullanan **saprofit** bakterileri içerdiği gibi enerji için karbonlu olmayan maddeleri de kullanan bazı **ototrof** bakterileri ( özellikle nitrifikasyon bakterileri ) de içerirler. Nitrifikasyon bakterileri, işlem görmemiş atıksularda nispeten az sayıda bulunmaktadır. Bu bakterilerin üreme hızı yavaş olduğundan, bu bakterilerin kayda değer sayıya ulaşmaları ve ölçülebilir düzeyde oksijen kullanmaları için 6-10 gün gerekir. Bu

organizmalar yeterli miktara geldiğinde, bunlar amonyak şeklindeki azotu, denklem 2.4 ve 2.5’ teki gibi nitrit ve nitrata yükseltgeyerek BOİ testinde önemli hataya neden olurlar.



Şekil 2.1 BOİ Eğrisi



Anorganik azotun yükseltgenmesi de örnekteki çözülmüş oksijeni tüketebilir. Dolayısıyla bu tip tahmini hesaplar için normal BOİ ölçümlerinin kullanılması arzu edilmez. Çünkü amonyak azotu BOİ seyreltme suyuna ek besin olarak eklenir ve bunun yükseltgenmesi atıkla ilgili hatalı sonuçlara yol açar. Nitrifikasyon bakterilerinin varlığının yol açtığı hatalar, örneğin ön

artılması veya inhibitör işlevi görececek maddelerin kullanılması ile giderilebilir. Ön arıtma işlemleri pastörizasyonu, klorlamayı ve asidlendirme işlemini kapsar. İnhibitör maddeler olarak da metilen mavisi, tiyoüre, alliltiyoüre, 2-klor-6- ( triklorometil ) piridin ve diğer özel maddeler kullanılabilir. BOİ testindeki nitrifikasyon reaksiyonunun durdurulması Standart Metodlar 'ın son basımında standart prosedür olarak listeye geçirilmiştir. Durdurulmuş BOİ testinin sonuçları KBOİ (Karbonlu Biyokimyasal Oksijen İsteği) olarak bildirilmiştir (Sawyer, 1960).

#### **2.1.1.1 BOİ Ölçüm Yöntemi :**

Bir su örneğinin biyokimyasal oksijen isteği, organik maddenin kısıtlı olduğu ve atmosferden oksijen alamayacağı koşullarda, karanlıkta ve 20°C sabit sıcaklıkta, 5 gün süreyle bekletilen bir su örneğinde, karbonlu organik maddelerin yükseltgenmesinden dolayı, çözünmüş oksijen konsantrasyonunda meydana gelen düşüşe eşittir. Burdan anlaşıldığı üzere BOİ testi çözünmüş oksijen tayinine dayanır. BOİ, değeri küçük olan örneklerde direkt olarak ölçülebilir, fakat genelde belirli oranda seyreltme gerekir.

Çözünmüş oksijen tayini için Winkler Yöntem' i kullanılır. Winkler Yöntemi, bazik ortamda oksijenin manganı yükseltmesi ve asitli ortamda oksijen tarafından yükseltgenmiş manganın ortama katılan iyodürü iyoda yükseltmesi esasına dayanır. Açığa çıkan serbest iyot miktarı ayarlı tiosülfat çözeltisi ile titre edilerek bulunur ve buna eşdeğer olan oksijen miktarı hesaplanır (Standart Methods, 1989).

#### **2.1.2 Kimyasal Oksijen İsteği ( KOİ ) :**

Bir doğal suyun ya da atıksuyun kimyasal oksijen isteği ( KOİ ) ; o suyun 1 litresindeki maddelerin kuvvetli bir kimyasal yükseltgeyici ile yükseltgenebilen kısmına eş değer olan oksijenin mg cinsinden miktarıdır.

KOİ testi, hem doğal suyun hem de atıksuyun kirlilik gücünü ölçmede kullanılan bir testtir. Yükseltgenebilen maddeye eşdeğer olan oksijen, asidik ortamda kuvvetli kimyasal yükseltgenler kullanılarak ölçülebilir. KOİ testi aynı zamanda, biyolojik yaşam için zehirli bileşikler içeren evsel ve endüstriyel atıksulardaki organik maddeyi ölçmek için de kullanılır.

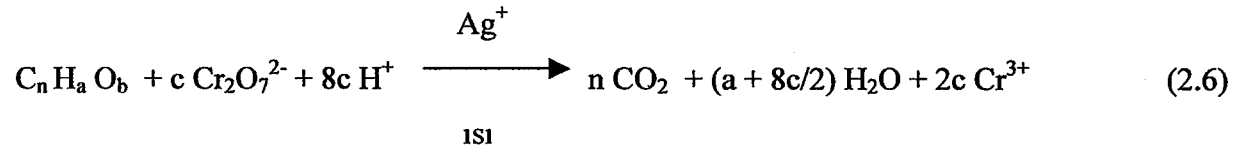
Atıksuyun KOİ' si genelde BOİ' sinden yüksektir. Çünkü kimyasal olarak yükseltgenebilen maddeler biyokimyasal olarak yükseltgenebilenlerden fazladır. Dolayısıyla bir suya ait KOİ, BOİ' den farklı olarak biyokimyasal yollarla bozunamayan bazı maddelere eşdeğer olan oksijeni de içerebilir.

KOİ testinin en baş sınırlamalarından biri, biyokimyasal olarak yükseltgenebilen ve biyokimyasal yönden inert olan organik maddeler arasındaki ayrımı yapmadaki yetersizliğidir.

KOİ testinin temel avantajı, değerlendirme için kısa zamana gereksinim olmasıdır. BOİ tayini için 5 gün gerekirken, KOİ 3 saatte tayin edilebilir. Ölçümde meydana gelen hatalar aynı gün içerisinde deney tekrarlanarak giderilebilir. Deney sonucunda KOİ verisinin kısa sürede elde edilmesi KOİ testinin birçok örnekte BOİ testinin yerine kullanılmasına sebep olmuştur. KOİ verisi güvenilir korelasyon faktörleri saptandıktan sonra BOİ değerleri cinsinden yorumlanabilir.

### 2.1.2.1 KOİ Ölçüm Yöntemi:

Bir atıksuyun kimyasal oksijen isteği; örneğin gümüş iyonları katalizörlüğünde, % 50' lik sülfat asitli ortamda, potasyum dikromat ile geri soğutucu altında, yaklaşık 2 saat süreyle kaynatıldığında indirgediği dikromata eşdeğer oksijen miktarı ile ölçülür. Bu yükseltgen ortamda karbonlu organik maddeler CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O' ya dönüşür. Dikromatın yükseltgen olarak kullanıldığı reaksiyon aşağıdaki genel denklemle gösterilebilir:



Reaksiyon yukarıdaki denkleme uygun olarak % 95-98 verimle gerçekleşir. Reaksiyonda dikromatın fazlası kullanılır ve reaksiyondan arta kalan dikromat, demir (II) amonyum sülfat çözeltisi ile geri titre edilerek, atıksudaki maddelerin yükseltgenmesinde harcanan dikromat kantitatif olarak tayin edilir. Dikromat fazlasının, demir (II) amonyum sülfatla titrasyonu ferroin indikatörlüğünde yapılır. 1,10-fenantrolinin Fe (II) kompleksi olan ferroindeki Fe (II), dikromat tarafından Fe (III)' e yükseltgendiğinden ferroinin kırmızı rengi yok olur. Fe (II)

amonyum sülfat ile titrasyonun bitiminde ise, yeniden 1,10-fenantrolinin Fe (II) kompleksi oluşacağından çözeltinin rengi kırmızıya döner ( Akçin vd., 1996).

Uzun süre kimyasal yükseltgeyici olarak potasyum permanganat kullanılmıştır. Fakat permanganatla yükseltgeme sırasında yükseltgenen maddeler farklı yükseltgenme basamaklarında kalabildiğinden, bulunan sonuçlar atıksudaki maddelerin türüne göre değişkenlik gösterir.

Seryum (IV) sülfat, potasyum iyodat ve potasyum dikromat KOİ' nin tayini için çalışılan diğer yükseltgenlerdir. Bunlardan potasyum dikromatın tercih edilmesinin nedenleri:

1. Geniş çeşitlilikteki organik maddeleri neredeyse tamamen CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O'ya yükseltger.
2. Potasyum dikromatın fazlasının tayini diğerlerine göre daha kolaydır.
3. Potasyum dikromat, yüksek saflıkta elde edilebilir ve diğerlerine göre daha ucuz bir bileşiktir.
4. 103°C' da kurutulduktan sonra, direkt tartarak ve uygun hacme seyrelterek kesin normalitede çözeltiler hazırlama olanağı vardır.
5. Potasyum dikromat, kuvvetli asidik ortamda çok güçlü bir yükseltgeyicidir.

Potasyum dikromat, tüm bu avantajlarına rağmen bazı organik maddeleri ( düşük molekül ağırlıklı yağ asitleri gibi ) katalizör olmadıkça yükseltgeyemez. Bu nedenle KOİ testinde gümüş iyonları katalizör olarak kullanılır. Ancak aromatik hidrokarbonlar ve pridin katölizör olsun olmasın dikromatla yükseltgenemezler.

Klorür, nitrit gibi yükseltgenebilen bazı anorganik maddeler de artı hataya yol açarlar. Klorür, ortamda civa katılarak kompleks halinde bağlanır. Nitritin önemli miktarda bulunduğu örneklerde ise hatayı önlemek için sülfamik asit kullanılır.

0,25 N dikromat çözeltisi ile yapılan KOİ tayini, 50 mg/L veya daha büyük KOİ' lı örnekler için kesin ve doğru sonuç verir. Daha düşük KOİ' ye sahip örnekler için daha seyreltik dikromat çözeltisi kullanılmalıdır.

Örneğin ve seyreltme suyunun KOİ'si;

$$\text{KOİ (mg/L)} = \frac{(V_0 - V_1) \times N \times 8 \times 1000}{V} \quad (2.7)$$

$$\text{KOİ (mg/L)} = \frac{(V_0 - V_2) \times 8 \times 1000}{V} \quad (2.8)$$

Burada:

$V_0$  = Şahit için tüketilen demir (II) amonyum sülfat miktarı, (mL)

$V_1$  = Örnek için tüketilen demir (II) amonyum sülfat miktarı, (mL)

$V_2$  = Setreltme suyu için tüketilen demir (II) amonyum sülfat miktarı, (mL)

$V$  = Alınan örnek miktarı, (mL)

$N$  = Demir (II) amonyum sülfatın normalitesi, (eşdeğer gram/L), (Sawyer and McCarty, 1978)

Örnek seyreltme suyu ile hazırlanmış olsaydı, KOİ:

$$A = \left( \frac{\text{KOİ}_{\text{seyreltme suyu}}}{1000} \times 275 + \frac{\text{KOİ}_{\text{örnek}}}{1000} \times 25 \right) \text{ mg O}_2/300 \text{ mL} \quad (2.9)$$

$$\text{Karışımın KOİ' si ( mg/L )} = \frac{A}{300} \times 1000 \quad (2.10)$$

### 2.1.3 Toplam Oksijen İsteği ( TOİ ) :

Yüksek sıcaklıkta yükseltgeme ve uygun katalizör kullanma yardımıyla TOİ olarak adlandırılan toplam kimyasal oksijen isteği tayin edilebilir. Bu işlem sırasında KOİ ile yükseltgenemeyen az miktarda organik bileşikler yükseltgenirler. TOİ değerleri, o nedenle, KOİ değerlerinden biraz yüksektir.

#### 2.1.4 Toplam Organik Karbon ( TOK ) :

Bu analizde; organik madde, ısı ve oksijen yardımıyla CO<sub>2</sub>' e yükseltgenir. Yükseltgenmeden önceki ve sonraki CO<sub>2</sub> konsantrasyonu arasındaki fark TOK' nın hesaplanmasında kullanılır. TOK değerleri, karbon atomlarının miktarını belirtir. Fakat bunların yükseltgenme durumları ve yükseltgenme için ne kadar oksijen gerektiği hakkında bilgi vermez ( Henze vd., 2002).

#### 2.1.5 KOİ, BOİ<sub>5</sub> ve TOK Arasındaki İlişki :

Organik içeriğin çeşitli ölçümleri arasındaki sabit ilişkiyi tespit edebilme atıksuyun doğasına ve onun kaynağına bağlıdır. BOİ değeri, sınırlamalarından dolayı, tüm ölçümlerden diğerleriyle karşılıklı ilişkilendirilmesi en zor olanıdır. Tipik işlem görmemiş evsel atıksular için BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranı 0,4-0,8 arasında değişirken, BOİ<sub>5</sub>/TOK oranı 1,0-1,6 arasında değişir. Şu da belirtilmelidir ki; atıksuyun gördüğü işlemlerin derecesi bu oranları oldukça değiştirir (Sawyer, 1960). BOİ/KOİ oranı için 0,4 genellikle biyokimyasal olarak parçalanabilir ve biyokimyasal olarak parçalanması zor atıksu arasındaki belirleyici noktadır (Contreras vd., 2003).

Ettala ve arkadaşları (1992) Belediye Lağım Arıtımı Tesisi' nin giriş ve çıkış atıksularının BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranlarını sırasıyla 0,40 ve 0,17 olarak tespit etmişlerdir. Giriş atıksuyunun değeri istenilen sınırlar içindeyken, çıkış atıksuyununki bu sınırların dışındadır. Diamadopoulos (1994) direnaj kaynağından aldığı örnekte ortalama BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranını 0,53, geri sirkülasyon kaynağından aldığı örnekteki BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranını 0,1 ve son olarak kontrol bölgesi göletinden aldığı örnekte BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranını 0,06 olarak bulmuştur. Burada aynı tesise ait farklı bölgelerden alınan örneklerde bile farklı BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranları elde edildiği görülmüştür ve bunlardan sadece direnaj kaynağındaki değer istenilen aralıkta olduğu saptanmıştır.

Tekstil endüstrisine ev sahipliği yapan bir organize endüstriyel bölgeden alınan atıksuyun BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranı ise 0,53 olarak bulunurken, bu değer evsel atıksu (0,44) ve tabakhane çıkış atıksularıyla (0,35) karşılaştırılmıştır. Elde edilen değerlerin istenilen aralıkta veya aralık değerlerine yakın olduğu görülmüştür (Orhon vd., 2002). Yine tekstil endüstrisinde, ozonlamaya tabi tutulmuş ham, biyokimyasal olarak arıtılmış ve sentetik olarak hazırlanmış reaktif boya banyoları atıksularının BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranları sırasıyla 0,33; 0,092; ∞; ∞ olarak bulunmuştur. Bu değerler ise tamamen istenilen aralığın dışındadır ve bir tanesi çok çok

düşükken, son ikisi için ise KOİ değerleri sıfır olarak bulunmuştur (Arslan ve Akmehtmet Balcıoğlu, 2000).

Kayseri Organize Sanayi Bölgesi ana kanalında 2 saatlik kompozit numunelerde yapılan ölçümlerde bulunan ortalama BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranı 0,37 iken, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Deşarj Standartlarına göre bu oran 0,5 olmalıdır (Samsunlu ve Akça, 2000).

İlaç endüstrisinde atıksu kaynağını oluşturan 6-APA için çözücü ekstrasyonu ve santrifüjde BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranları sırasıyla 0,68 ve 0,46, ki bunlar istenilen aralık değerleri içindedir, sulbaktam için çözücü ekstrasyonu ve reaktör yıkamada BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranları sırasıyla 0,34 ve 0,68, ki bu değerler de istenilen aralığa uygundur, penisilin için çözücü ekstrasyonu ve reaktör yıkamada BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranları sırasıyla 7,35 ve 0,18, ki her iki değer de istenilen aralığın çok dışındadır, amoks için serbest solvent fazı ve santrifüjde BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranları sırasıyla 0,75 ve 0' dır, ki bir değer istenilen aralığın sınırındayken diğeri 0' dır (Alp vd., 1998b). Yine ilaç endüstrisinde yapılan bir araştırmada çözücü olarak metilen klorür kullanan ürün grubu için BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranı 0,29, etil asetat + metilen klorür veya yalnız etil asetat kullanan ürün grubunun BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranı 0,30 ve son olarak metilen klorür, metil izobutylketon ve aseton kullanan ürün grubunun BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranı 0 bulunmuştur. Bu değer metil izobutylketon ve asetonun birinin mikroorganizmalar üzerinde toksik etkisi olduğunu göstermektedir (Çallı vd., 1998).

Görgün ve arkadaşları (1996) Çorlu Endüstriyel Bölgesi'nde literatürdeki kaynaklardan yararlanarak yaptıkları hesaplamalar sonucunda bu bölgeye ait evsel atıksular için BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranını 0,55, endüstriyel atıksular için ise 0,73 olarak belirlemişlerdir. Selüloz, kağıt, karton ve benzeri sanayi deşarj limitlerinde ise anlık numune için BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranı 0 istenirken, 24 saatlik kompozit numune için BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranınının 0,31 olması istenmektedir (Öztürk ve Samsunlu, 1996).

Dokunmuş kumaş terbiye ve/veya örgü kumaş terbiyesi kategorisine giren İstanbul' daki 11 firma incelendiğinde ise şu sonuçlar elde edilmiştir (San vd., 1996) :

1. Firma: Giriş BOİ <sub>5</sub> /KOİ oranı-0,28	Çıkış BOİ <sub>5</sub> /KOİ oranı-0,08
2. Firma: Giriş BOİ <sub>5</sub> /KOİ oranı-0,26	Çıkış BOİ <sub>5</sub> /KOİ oranı-0,06
3. Firma: Giriş BOİ <sub>5</sub> /KOİ oranı-0,31	Çıkış BOİ <sub>5</sub> /KOİ oranı-0,08

4. Firma: Giriş BOİ <sub>5</sub> /KOİ oranı-0,34	Çıkış BOİ <sub>5</sub> /KOİ oranı-0,06
5. Firma: Giriş BOİ <sub>5</sub> /KOİ oranı-0,28	Çıkış BOİ <sub>5</sub> /KOİ oranı-0,27
6. Firma: Giriş BOİ <sub>5</sub> /KOİ oranı-0,41	Çıkış BOİ <sub>5</sub> /KOİ oranı-0,40
7. Firma: Giriş BOİ <sub>5</sub> /KOİ oranı-0,42	Çıkış BOİ <sub>5</sub> /KOİ oranı-0,25
8. Firma: Giriş BOİ <sub>5</sub> /KOİ oranı-0,33	Çıkış BOİ <sub>5</sub> /KOİ oranı-0,27
9. Firma: Giriş BOİ <sub>5</sub> /KOİ oranı-0,31	Çıkış BOİ <sub>5</sub> /KOİ oranı-0,39
10. Firma: Giriş BOİ <sub>5</sub> /KOİ oranı-0,44	Çıkış BOİ <sub>5</sub> /KOİ oranı-0,43
11. Firma: Giriş BOİ <sub>5</sub> /KOİ oranı-0,33	Çıkış BOİ <sub>5</sub> /KOİ oranı-0,56

Tahınlı ve arkadaşları (1996) yaptıkları çalışmada pestisit endüstrisi atıksuyunun karakterizasyonunda proses atıksuyunun (sıvı tehlikeli atık içeren) BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranını 0 bulmuşken, yıkama atıksularının BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranının 0,33-0,11 arasında değiştiğini ve toplam atıksuyun BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranının ise 0,45 olduğunu tespit etmişlerdir. Bu da proses atıksuyunda bulunan sıvı tehlikeli atıkların mikroorganizmalar üzerinde zehirli etki gösterdiğini kanıtlamaktadır. Tesise ait ham atıksu sikloheksanon, ksilen ve gazyağı gibi çözücülerin sinerjistik etkilerinden dolayı yüksek inhibisyon göstermiştir. Arıtılmış suda inhibisyon yoktur. Bakteriyele çoğalmayı % 50 oranında inhibe eden konsantrasyon olan IC<sub>50</sub> değeri 350 mg/L olarak saptanmıştır ve bu değer gerek inhibisyon gerekse zehirlilik için bir eşik değer olarak kabul edilmektedir.

Çizelge 2.3 Atıksu Toplama Havzalarına Uygulanacak Deşarj Limitleri (Havza Dışı)

<b>ATIKSU TOPLAMA HAVZALARINA UYGULANACAK DEŞARJ LİMİTLERİ (HAVZA DIŞI)</b>	
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	800 mg/L
Askıda Katı Madde (AKM)	350 mg/L
Toplam Azot (TN)	100 mg/L
Toplam Fosfor (P)	10 mg/L
Yağ-Gres (YAĞ-GRES)	100 mg/L
Anyonik Yüzey Aktif Maddeler (DETERJAN)	
Arsenik (As)	10 mg/L
Antimon (Sb)	3 mg/L
Kalay (Sn)	5 mg/L
Bor (B)	3 mg/L
Kadmiyum (Cd)	2 mg/L
Toplam Krom (Cr)	5 mg/L
Bakır (Cu)	5 mg/L
Kurşun (Pb)	3 mg/L
Nikel (Ni)	5 mg/L
Çinko (Zn)	10 mg/L
Ph	6 - 10 mg/L
Civa (Hg)	0.2 mg/L
Gümüş (Ag)	5 mg/L
Toplam Siyanür (Cn)	10 mg/L
Fenol	10 mg/L
Toplam Sülfür	2
Balık Biyodenyi 48 saat tolerans limiti (TL 50) % 100	
Sülfat (SO <sub>4</sub> )	1700

Çizelge 2.4 İçme Suyu Havzalarına Uygulanacak Deşarj Limitleri (Havza İçi)

<b>İÇMESUYU TOPLAMA HAVZALARINA UYGULANACAK DEŞARJ LİMITLERİ (HAVZA İÇİ)</b>	
BOI - 5	20 mg/L
KOI	100 mg/L
AKM	20 mg/L
TOP - N	15 mg/L
YAĞ-GRES	3 mg/L
DETERJAN A.D.YÖN. olduğu gibi	
CİVA	0,005 mg/L
KADMİYUM	0,05 mg/L
KURŞUN	0,3 mg/L
ARSENİK	0,1 mg/L
BAKIR	0,3 mg/L
TOP - KROM	0,5 mg/L
NİKEL	1 mg/L
ÇİNKO	0,5 mg/L
SİYANÜR	0,1 mg/L
SERBEST SİYANÜR	0,05 mg/L
pH	6,5 - 9,5 mg/L
FLORÜR	5 mg/L
SERBEST KLOR	0,3 mg/L
SÜLFÜR	0,1 mg/L
DEMİR	3 mg/L
BOR	5 mg/L
BARYUM	5 mg/L
ALÜMİNYUM	2 mg/L

(İSKİ Deşarj Yönetmeliği' nden alınmıştır, www.iski.gov.tr)

Çizelge 2.5 Bazı Maddelerin Karbon, TOİ, BOİ<sub>5</sub> ve BOİ<sub>20</sub> İçeriği

MADDE	FORMÜL	KARBON %	TOİ*	BOİ <sub>5</sub>	BOİ <sub>20</sub>
			g O <sub>2</sub> / g madde		
Metan	CH <sub>4</sub>	75	4	-	-
Etan	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	80	3,74	-	-
Hekzan	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	84	3,54	-	-
Etilen	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	86	3,43	-	-
Asetilen	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	92	3,07	-	-
Triklorometan	CHCl <sub>3</sub>	10	0,36	-	-
Tetraklorometan	CCl <sub>4</sub>	8	0,21	-	-
Etil eter	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	65	2,59	-	-
Aseton	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	62	2,21	0,54	-
Formik asid	CH <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	26	0,35	0,09	0,25
Asetik asid	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	40	1,07	0,70	0,90
Butirik asid	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	55	1,82	1,15	1,45
Valerik asid	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	59	2,04	1,40	1,90
Palmitik asid	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	75	2,88	1,68	1,84
Sitearik asid	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	76	2,93	1,13	1,59
Okzalik asid	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	27	0,18	0,10	0,12
Suksinik asid	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>4</sub>	41	0,95	0,64	0,84
Maleik asid	C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>4</sub>	41	0,83	-	-
Laktik asid	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>	40	1,07	0,54	0,96
Tartarik asid	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>6</sub>	31	0,53	0,35	0,46
Sitrik asid	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub>	37	0,75	0,46	0,67
Glisin	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> O <sub>2</sub> N	31	0,96**	0,55	-
Alanin	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> O <sub>2</sub> N	40	1,35**	0,94	-
Valin	C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> O <sub>2</sub> N	51	1,84**	-	-
Glutanik asid	C <sub>5</sub> H <sub>9</sub> O <sub>4</sub> N	41	1,14**	-	-

Çizelge 2.5' in devamı (Bazı Maddelerin Karbon, TOİ, BOİ<sub>5</sub> ve BOİ<sub>20</sub> İçeriği)

MADDE	FORMÜL	KARBON %	TOİ*	BOİ <sub>5</sub>	BOİ <sub>20</sub>
			g O <sub>2</sub> / g madde		
Mannitol	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>	40	1,14	0,68	0,94
Glikoz	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	40	1,07	0,64	0,95
Laktoz	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	42	1,12	0,61	0,91
Dekstrin	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>	45	1,19	0,52	0,84
Nişasta	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>	45	1,19	0,68	0,90
Benzen	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	92	3,07	-	-
Toluen	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	91	3,13	-	-
Naftalin	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	94	3,00	-	-
Fenol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	77	2,39	1,70	2,00
o-kresol	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	78	2,52	1,60	1,80
α- naftol	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> O	83	2,56	0,93	1,60
Pirokatekol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	65	1,89	0,90	0,90
Benzoik asid	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	69	1,97	1,25	1,45
Salisilik asid	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>	61	1,62	0,95	1,25
Benzil alkol	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	78	2,52	1,55	1,95
Anilin	C <sub>6</sub> H <sub>7</sub> N	77	2,66**	1,49	-
Pridin	C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> N	76	2,53**	1,15	-
Kinolin	C <sub>9</sub> H <sub>7</sub> N	84	2,66**	1,71	-
Tirozin	C <sub>9</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> N	60	1,81**	-	-
Metanol	CH <sub>4</sub> O	37	1,50	0,96	1,26
Etanol	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	52	2,09	1,35	1,80
Izopropanol	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O	60	2,40	1,42	-
Amil alkol	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O	68	2,73	1,27	1,73
Glikol	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	39	1,29	0,49	-

\* Teorik olarak hesaplanmıştır.

\*\* Nitratın azota yükseltgenmesini de içerir (Henze vd., 2002)

### 3. DENEYSSEL ÇALIŞMALAR

#### 3.1 Kimyasal Maddeler ve Çözeltiler

##### 3.1.1 Kimyasal Maddeler:

- Mangan (II) Sülfat,  $MnSO_4 \cdot H_2O$  (Merck, 5959)
- Potasyum hidroksit, KOH (Merck, 5021)
- Potasyum iyodür, KI (Riedel de Haen, 03124 )
- Sodyum azatör,  $NaN_3$  (Merck, 6688 )
- Sülfat asidi %95-97,  $H_2SO_4$  (Riedel de Haen, 07208)
- Sodyum tiyosülfat,  $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$  (Merck, 6513)
- Nişasta (Horasan Kimya)
- Potasyum dihidrojen fosfat,  $KH_2PO_4$  (Merck, 4873)
- Dipotasyum monohidrojen fosfat,  $K_2HPO_4$  (Merck, 5104)
- Disodyum monohidrojen fosfat,  $Na_2HPO_4 \cdot 7H_2O$  (Merck, 6574)
- Amonyum klorür,  $NH_4Cl$  (Merck, 1145)
- n-butanol %100,  $C_4H_{10}O$  (Merck, 1990)
- Fenol,  $C_6H_6O$  (Merck, 200)
- Anilin %99,  $C_6H_7N$  (Merck, 822256)
- Asetik asit %100,  $CH_3COOH$  (Riedel de Haen)
- Formaldehit %37,  $CH_2O$  (Merck, 4003)
- Asetaldehit %99,  $C_2H_4O$  (Merck, 800004)
- o-nitro fenol,  $C_6H_5O_3N$  (Merck, 806790)
- Civa (II) sülfat,  $HgSO_4$  (Riedel de Haen, 31013)
- Gümüş sülfat,  $Ag_2SO_4$  (Fluka, 85280)
- Potasyum dikromat,  $K_2Cr_2O_7$  (Merck, 4862)
- Amonyum demir (II) sülfat,  $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$  (Merck, 3792)
- 1,10-fenantrolin monohidrat,  $C_{12}H_8N_2 \cdot H_2O$  (Merck, 7225)
- Demir (II) sülfat heptahidrat,  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  (Merck, 3965)
- Sodyum hidroksit, NaOH (Riedel de Haen, 06203).

### 3.1.2 Çözeltiler :

1- 2,15 M, Mangan (II) Sülfat Çözeltisi:

364 g  $MnSO_4 \cdot H_2O$  destile suda çözülüp, destile su ile litreye tamamlandı.

2- Alkali İyodür Azid Reaktifi:

70 g potasyum hidroksit ve 15 g potasyum iyodür destile suda çözülüp, destile su ile litreye tamamlandı. Bu çözeltiye 10 g sodyum azotürün (  $NaN_3$  ) 40 mL destile suda çözülmüş çözeltisi ilave edildi.

3- 0,025 N, Sodyum Tiyosülfat Çözeltisi :

Yaklaşık 10 g  $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$  yaklaşık 100 mL destile suda çözüldü. Çözeltinin 1 mL' sindeki tiyosülfat, potasyum dikromat kullanılarak titrasyonla saptandı. 0,025 N için gereken çözelti hacmi alınarak aynı su ile litreye tamamlandı.

4- 0,031 M, Nişasta Çözeltisi:

0,5 g nişasta, kaynamakta olan 100 mL destile suya ilave edildi ve bu karışım birkaç dakika daha kaynatıldıktan sonra soğumaya bırakıldı.

5- Seyreltme Suyu:

Seyreltme suyu olarak aşılınmış destile su kullanıldı. Aşı maddesi olarak da 24 saat inkübatörde bekletilmiş yemekhanenin bulaşık suyu kullanıldı.

6- pH= 7,4, Fosfat Tampon Çözeltisi:

2,13 g  $KH_2PO_4$ , 5,44 g  $K_2HPO_4$ , 8,4 g  $Na_2HPO_4 \cdot 7H_2O$ , 0,43 g  $NH_4Cl$  tartıldı ve destile suda çözüldükten sonra destile su ile 250 mL' ye tamamlandı.

7- 0,092 M, Magnezyum Sülfat Çözeltisi:

5,63 g. magnezyum sülfat,  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ , destile suda çözüldükten sonra destile su ile 250 mL' ye tamamlandı.

8- 0,25 M, Kalsiyum Klorür Çözeltisi:

6,9 g kalsiyum klorür,  $CaCl_2$ , destile suda çözüldükten sonra destile su ile 250 mL' ye tamamlandı.

9- 0,001 M, Demir (III) Klorür Çözeltisi:

0,07 g demir (III) klorür,  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , destile suda çözüldükten sonra destile su ile 250 mL'ye tamamlandı.

10- 0,021 M, Gümüş Sülfatlı – Sülfat Asidi Çözeltisi:

(  $d = 1,83 \text{ g/mL}$  ) derişik 1 lt sülfat asidi içinde 6,6 g  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  çözümlenerek hazırlandı.

11- 0,25 N, Standart  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  Çözeltisi:

$103^\circ\text{C}$ ' da 2 saat kurutulmuş  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 'tan 12,2588 g 0,1 mg hassasiyetle tartılarak, destile suda çözümlenip, destile su ile 1 litreye tamamlandı.

12- 0,10 N, Standart Amonyum Demir ( II ) Sülfat Çözeltisi:

39 g amonyum demir ( II ) sülfat altı hidrat destile suda çözüldü. 20 mL derişik sülfat asidi ilave edilip, soğutuldu ve destile su ile 1 litreye tamamlandı. Ayarlama; 10 mL 0,25 N  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  çözeltisi damıtık su ile 100 mL'ye seyreltildi. 30 mL derişik  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ilave edildi ve soğutuldu, 2-3 damla ( 0,10 – 0,15 mL ) ferroin indikatörü ilave edildi ve 0,10 N demir amonyum çözeltisi ile titre edildi.

Normalite  $\text{DAS} \times \text{mL}$  titrasyonda harcanan  $\text{DAS}$  miktarı = mL alınan  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  miktarı  $\times 0,25\text{N}$

13- Ferroin Çözeltisi:

1,584 g 1,10-fenantrolin monohidrat, 0,695 g demir (II) sülfat pentahidrat ile birlikte destile suda çözümlenip, destile su ile 100 mL'ye tamamlandı.

14- 0,021 M, n-butanol Çözeltisi:

$d = 0,804 \text{ g/cm}^3$  olan % 100' lük n- butil alkolden 0,192 mL alınıp, destile su ile 100 mL'ye tamamlandı.

15- 0,021 M, Fenol Çözeltisi:

Fenolden 0,5 g tartılıp, alındı ve destile suda çözüldükten sonra destile su ile 250 mL'ye tamamlandı.

16- 0,022 M, Anilin Çözeltisi:

$d = 1,022 \text{ g/cm}^3$  olan % 99' luk anilinden 0,5 mL alınıp, destile su ile 250 mL'ye tamamlandı.

17- 0,067 M, Asetik asit Çözeltisi:

$d = 1,049 \text{ g/cm}^3$  olan glasiyel asetik asitten 1 g alınıp destile suda çözülerek destile su ile 250 mL' ye tamamlandı.

18- 0,125 M, Formaldehit Çözeltisi:

$d = 0,815/20 \text{ g/cm}^3$  olan % 37' lik formaldehitten 3,12 mL alınıp destile su ile 250 mL' ye tamamlandı.

19- 0,05 M, Asetaldehit Çözeltisi:

$d = 0,738 \text{ g/cm}^3$  olan % 99' luk asetaldehitten 0,76 mL alınıp destile su ile 250 mL' ye tamamlandı.

20- 0,035 M, o-nitro fenol Çözeltisi:

o-nitro fenolden 1,2 g alınıp destile suda çözüldükten sonra destile su ile 250 mL' ye tamamlandı.

22- 0,1 M, NaOH Çözeltisi:

Sodyum hidroksitten, NaOH, 0,4 g alınıp destile suda çözüldükten sonra destile su ile 100 mL' ye tamamlandı.

23- Yaklaşık 0,1 M, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Çözeltisi:

Sülfat asidinden 0,55 mL alınıp destile su ile 100 mL' ye tamamlandı.

### 3.1.3 Seyreltme Suyunun Hazırlanması :

1 mL pH 7,4 fosfat tampon çözeltisi, 1mL 0,092 M magnezyum sülfat çözeltisi, 1mL 0,25 M kalsiyum klorür çözeltisi, 1mL 0,001 M demir (III) klorür çözeltisi 1 litre destile suya ilave edildi. Suyun yeterince oksijen ihtiva etmesi için bu suyu içeren kap çalkalandı.

İyi bir sonuç almak için seyreltme suyu aşılandı.Yemekhaneden alınan bulaşık suyu, 20°C' da 24 saat bekletildikten sonra, aşılama amacıyla kullanıldı.Bundan her bir litreye 5 mL ilave edilerek hazırlanan seyreltme suyu aynı gün içinde kullanıldı.

Yemekhaneden alınan bulaşık suyundan yaklaşık 100 mL alınarak çeşme suyuyla 500 mL' ye tamamlandıktan sonra inkübatöre konan seyreltme suyu 1 gün boyunca inkübatörde bekletildi. Daha sonra bu seyreltme suyunda BOİ tayini yapıldı. Elde edilen BOİ<sub>5</sub> değerinin küçük olması nedeniyle bu seyreltme suyuna **BOİ' si düşük seyreltme suyu** denildi.

Aynı şekilde, yemekhaneden alınan bulaşık suyundan yaklaşık 300 mL alınarak çeşme suyuyla 500 ml' ye tamamlandıktan sonra inkübatöre konan seyreltme suyu 1 gün boyunca inkübatörde bekletildi. Daha sonra bu seyreltme suyunda BOİ tayini yapıldı. Elde edilen BOİ<sub>5</sub> değerinin diğerine göre daha büyük olması nedeniyle bu seyreltme suyuna da **BOİ' si yüksek seyreltme suyu** denildi.



**3.2. Araçlar ve Gereçler :**

- 300 mL hacimli, özel kapaklı BOİ tayin şişeleri
- $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ ' da çalıştırılmak üzere inkübatör
- Şilifsiz 500 mL' lik erlen
- Büret
- Geri soğutucular
- 28/32 şilifli 250 mL' lik erlenmayerler
- 28/32 şilifli soğutucular
- 200 W gücünde elektronik termostatlar (Elektro-mag, Model MX 150)
- pH metre (100 V / 240 V, 50/60 Hz, 10 A, Prazisions Model E 510)



### 3.3 Deneyin Yapılışı

#### 3.3.1 BOİ Tayini :

İki tane 300 mL'lik BOİ tayin şişesi alınarak ağızlarına kadar destile su ile dolduruldu. Şişelerin kapakları iyice kapatıldı ve kapatılmadan önce şişelerin içinde hava kabarcığı olmamasına dikkat edildi.

İki tane daha BOİ tayin şişesi alınarak içlerine 25'er mL 0,021 M derişiminde n- butanol çözeltisi konuldu ve şişeler daha önce günlük olarak hazırlanan seyreltme suyuyla ağızlarına kadar dolduruldu. Şişelerin kapakları iyice kapatılırken şişelerde hava kabarcığı kalmamasına dikkat edildi.

Son olarak iki tane daha BOİ tayin şişesi alınarak içlerine 25'er mL destile su konuldu ve daha önce günlük olarak hazırlanmış seyreltme suyuyla ağızlarına kadar dolduruldu. Şişelerin kapakları iyice kapatıldı. Bu arada şişelerde hava kabarcığı kalmamasına dikkat edildi.

Daha sonra destile su, destile su ve seyreltme suyu, n-butanol ve seyreltme suyu içeren şişelerin birer tanesi 20°C' daki inkübatöre kondu. Diğer üç şişedeki sularda ise, hemen çözünmüş oksijen tayini yapıldı. Bunun için her şişeye önce 2 mL 2,15 M mangan (II) sülfat çözeltisi ardından da 2 mL alkali azid iyodür çözeltisi ilave edildi. Şişeler 30 sn alt üst edilerek karıştırıldı ve mangan hidroksitin çökmesi için 10 dk bekletildiler. Mangan hidroksit sarımsı kahverengi bir renkte çöktükten sonra şişeler dikkatle açılarak içlerine 2' şer mL % 98' lik sülfat asidi ilave edildi. Daha sonra şişeler karıştırılarak çökeltilinin tam olarak çözünmesi sağlandı. Her bir şişenin içindeki çözelti sırasıyla 500 mL' lik erlene alındıktan sonra açık sarı renge kadar 0,025 N sodyum tiyosülfat çözeltisi ile titre edildiler. Çözeltiler açık sarı renge gelince üzerine 2 damla nişasta indikatörü ilave edildi ve mavi renk kayboluncaya kadar titrasyona devam edildi.

### 3.3.1.1 Deney Sonuçlarının Hesaplanması :

#### n- butanol çözeltisi:

**BOİ:** BAŞLANGIÇ  $\Rightarrow$  saf su = 15,1 mL tiyosülfat sarfiyatı

saf su + seyreltme suyu = 14,7 mL tiyosülfat sarfiyatı

n-butanol çözeltisi + seyreltme suyu = 14,7 mL tiyosülfat sarfiyatı

1.GÜN  $\Rightarrow$  saf su = 15, 0 mL tiyosülfat sarfiyatı

saf su + seyreltme suyu = 13,4 mL tiyosülfat sarfiyatı

n-butanol çözeltisi + seyreltme suyu = 12,5 mL tiyosülfat sarfiyatı

Çizelge 3.1 n-butanol çözeltisi ve BOİ' si düşük seyreltme suyu için başlangıç ve 1. gün sonundaki tiyosülfat sarfiyatı miktarları

Titre edilen çözelti	Tiyosülfat sarfiyatı (mL)		
	başlangıç	son	fark
1. şişe: 300 mL destile su	15,1	15,0	0,1
2. şişe: 25 ml destile su + 275 ml seyreltme suyu	14,7	13,4	1,3
3. şişe: 25 ml 0,021 M n-butanol + 275 ml seyreltme suyu	14,7	12,5	2,2

Destile su için:

$$294$$

$$* \text{ hacim düzeltmesi: } f = \frac{294}{300} = 0,98$$

$$BOİ_1 = \frac{(15,1 - 15,0) \times 0,025 \times 8 \times 1000}{300 \times 0,98*} = 0,06 \text{ mg/L}$$

Destile su + seyreltme suyu için:

$$BOİ_1 = \frac{(14,7 - 13,4) \times 0,025 \times 8 \times 1000}{275 \times 0,98*} = 0,96 \text{ mg/L}$$

n-butanol + seyreltme suyu için:

$$BOI_1 = \frac{(2,2 - 1,3) \times 0,025 \times 8 \times 1000}{25 \times 0,98^*} = 7,34 \text{ mg/L}$$

$BOI_1 - BOI_5$  dönüştürme faktörü = 2,7113

$BOI_5$  ( destile su ) = 0,06 x 2,7113 = 0,16 mg/L

$BOI_5$  ( seyreltme suyu ) = 0,96 x 2,7113 = 2,60 mg/L

$BOI_5$  ( n-butanol çözeltisi ) = 7,34 x 2,7113 = 19,90 mg/L

Sayfa 17 ve 18' de belirtilen 6 çözeltiyle ( 0,021 M fenol, 0,022 M anilin, 0,067 M asetik asit, 0,125 M formaldehit, 0,035 M o-nitro fenol, 0,05 M asetaldehit çözeltileri ) deney aynen tekrarlandı. Deney sırasında  $BOI'$  si düşük seyreltme suyu kullanılmıştır ve deneylerden elde edilen sonuçlar Bölüm 4.1' de belirtilmiştir.

Deney bir de  $BOI'$  si yüksek seyreltme suyu kullanılarak tekrarlandı ve yine 1. gün sonunda çözünmüş oksijen tayini yapılarak, elde edilen değerlerle  $BOI_5$  değerleri aşağıdaki şekilde hesaplandı.

**n- butanol çözeltisi:**

**$BOI'$ :** BAŞLANGIÇ  $\Rightarrow$  saf su = 15,5 mL tiyosülfat sarfiyatı

saf su + seyreltme suyu = 15,2 mL tiyosülfat sarfiyatı

n-butanol çözeltisi + seyreltme suyu = 15,4 mL tiyosülfat sarfiyatı

1.GÜN  $\Rightarrow$  saf su = 15, 2 mL tiyosülfat sarfiyatı

saf su + seyreltme suyu = 5,4 mL tiyosülfat sarfiyatı

n-butanol çözeltisi + seyreltme suyu = 8,5 mL tiyosülfat sarfiyatı

---

\*Paydaki sayı  $O_2$  tayini için reaktif ilavesinden sonra şişede kalan su hacmini göstermektedir.

Destile su için:

$$BOI_1 = \frac{(15,5 - 15,2) \times 0,025 \times 8 \times 1000}{300 \times 0,98} = 0,2 \text{ mg/L}$$

Destile su + seyreltme suyu için:

$$BOI_1 = \frac{(15,2 - 9,4) \times 0,025 \times 8 \times 1000}{275 \times 0,98} = 4,3 \text{ mg/L}$$

n-butanol + seyreltme suyu için:

$$BOI_1 = \frac{(6,9 - 5,8) \times 0,025 \times 8 \times 1000}{25 \times 0,98} = 8,98 \text{ mg/L}$$

$BOI_1 - BOI_5$  dönüştürme faktörü = 2,7113

$BOI_5$  (destile su) =  $0,2 \times 2,7113 = 0,27 \text{ mg/L}$

$BOI_5$  (seyreltme suyu) =  $8,61 \times 2,7113 = 11,66 \text{ mg/L}$

$BOI_5$  (n-butanol çözeltisi) =  $2,45 \times 2,7113 = 24,35 \text{ mg/L}$

Çizelge 3.1 n-butanol çözeltisi ve  $BOI'$  si yüksek seyreltme suyu için başlangıç ve 1. gün sonundaki tiyosülfat sarfiyatı miktarları

Titre edilen çözelti	Tiyosülfat sarfiyatı (mL)		
	başlangıç	son	fark
1. şişe: 300 mL destile su	15,5	15,2	0,3
2. şişe: 25 ml destile su + 275 ml seyreltme suyu	15,2	5,4	5,8
3. şişe: 25 ml 0,021 M n-butanol + 275 ml seyreltme suyu	15,4	8,5	6,9

Sayfa 17 ve 18' de belirtilen 6 çözeltiyle ( 0,021 M fenol, 0,022 M anilin, 0,067 M asetik asit, 0,125 M formaldehit, 0,035 M o-nitro fenol, 0,05 M asetaldehit çözeltileri ) deney aynen tekrarlandı. Deney sırasında BOİ' si yüksek seyreltme suyu kullanılmıştır ve deneylerden elde edilen sonuçlar Bölüm 4.1' de belirtilmiştir.

### 3.3.2 KOİ Tayini :

3 tane 250 mL' lik erlen alındı. Birisine 5 mL destile su, diğerine 5 mL setreltme suyu, bir diğerine de 5 mL hazırlanan n-butanol çözeltisinden konuldu. Üzerlerine 15 mL 0,021 M gümüş sülfatlı - sülfat asidi çözeltisi yavaşça ilave edildikten sonra, 10 mL derişik sülfat asidi konuldu. Her 3 erlendeki çözeltiye yaklaşık 0,1 g civa (II) sülfat eklendi. Son olarak da 15 mL potasyum dikromat çözeltisi ilave edilerek, geri soğutucu altında 3 çözelti de 2 saat boyunca kaynamaya bırakıldı. 2 saat sonunda çözeltiler soğuduktan sonra, her birine 1-2 damla ferroin indikatörü damlatıldı ve daha sonra 0,1 N demir (II) amonyum sülfat çözeltisi ile kırmızı renge kadar titre edildiler. Rengin kırmızıya dönüşü, mavi-yeşil üzerinden olduğu için çok kesin bir şekilde gözlemlendi.

#### 3.3.2.1 Deney Sonuçlarının Hesaplanması :

**n- butanol için:**

Destile su için tüketilen  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  miktarı = 71,5 mL

Seyreltme suyu için tüketilen  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  miktarı = 65,1 mL

n-butanol için tüketilen  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  miktarı = 52,5 mL

$$\text{KOİ}_{\text{seyreltme suyu}} = \frac{(71,5 - 65,1) \times 8 \times 1000 \times 0,145}{5} = 1484,8 \text{ mg/L}$$

$$\text{KOİ}_{\text{n- butanol}} = \frac{(71,5 - 52,5) \times 8 \times 1000 \times 0,145}{5} = 4359,36 \text{ mg/L}$$

$$KOİ_{\text{karışım}}^1 = \frac{1484,8}{1000} \times 275 + \frac{4359,36}{1000} \times 25 = 517,30 \text{ mg/300 mL}$$

$$KOİ_{\text{karışım}}^1 = \frac{517,30}{300} \times 1000 = 1724,33 \text{ mg/L}$$

Deneyler ve hesaplamalar diğer altı çözelti (0,021 M fenol, 0,022 M anilin, 0,067 M asetik asit, 0,125 M formaldehit, 0,035 M o-nitro fenol, 0,05 M asetaldehit çözeltileri) için de aynen tekrarlandı. Deneyler sırasında BOİ' si düşük seyreltme suyu kullanıldı. Elde edilen sonuçlar Bölüm 4.2' de verilmiştir.

Deney bir de BOİ' si yüksek seyreltme suyu kullanılarak tekrarlandı ve bu değerlerle KOİ değerleri aşağıdaki şekilde hesaplandı.

#### **n- butanol için:**

Şahit için tüketilen  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  miktarı = 40,5 mL

Seyreltme suyu için tüketilen  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  miktarı = 32,7mL

n-butanol için tüketilen  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  miktarı = 21,4 mL

$$KOİ_{\text{seyreltme suyu}} = \frac{(40,5 - 32,7) \times 8 \times 1000 \times 0,145}{5} = 1809,6 \text{ mg/L}$$

$$KOİ_{\text{n- butanol}} = \frac{(40,5 - 21,4) \times 8 \times 1000 \times 0,145}{5} = 4431,2 \text{ mg/L}$$

$$KOİ_{\text{karışım}}^2 = \frac{1810,53}{1000} \times 275 + \frac{4416}{1000} \times 25 = 608,3 \text{ mg/300 mL}$$

<sup>1</sup> Karışım ifadesi, 25 mL 0,021 M n-butanol çözeltisi ve 275 mL BOİ' si düşük seyreltme suyu içeren çözelti için kullanılmıştır.

$$\text{KOİ}_{\text{karışım}}^2 = \frac{608,3}{300} \times 1000 = 2027,67 \text{ mg/L}$$

Çalışma boyunca sayfa 17 ve 18' de belirtilen 7 çözelti ile hem BOİ' si düşük seyreltme suyu hem de BOİ' si yüksek seyreltme suyu kullanılarak elde edilen BOİ<sub>5</sub> ve KOİ tayini sonuçları Bölüm 4.2' de verilmiştir.

### 3.3.3 pH' ın BOİ DEĞERİNE ETKİSİ :

Hazırlanmış olan 500 mL' lik 0,067 M asetik asit çözeltisinden 50' şer mL 6 tane behere konuldu. Bu çözeltilerin pH metre ile ilk pH' ları okunduktan sonra yaklaşık 0,1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ve 0,1 M NaOH çözeltileri yardımıyla altı beherdeki asetik asit çözeltilerinin pH' ları 2, 5, 8, 10 ve 12 olarak ayarlandı. pH' ları ayarlanmış bu çözeltilerden 25' er mL beş BOİ tayin şişesine konuldu ve her birinin üzerine o gün hazırlanmış olan seyreltme suyundan 275 mL ilave edildi. Bir BOİ tayin şişesine de 300 mL saf su konuldu. 6 şişede hemen çözünmüş oksijen tayini uygulandı. Yine aynı şekilde 6 şişe daha hazırlanarak bunlar da 20°C' daki inkübatöre beklemek üzere konuldular. Bu aşama, daha iyi sonuçlar elde edebilmek için, yine asetik asit çözeltisi kullanılarak 1 kez daha tekrarlandı. Elde edilen sonuçlar Bölüm 4.3' de verilmiştir.

### 3.3.4 BOİ ve KOİ DEĞERLERİNİN ZAMANA KARŞI DEĞİŞİMİ :

Yemekhanenin bulaşık suyundan 300 mL alındı ve çeşme suyuyla litreye tamalandıktan sonra bu çözelti inkübatöre konuldu. Bir gün sonra bu çözeltilerden 5 mL alınarak seyreltme suyu hazırlandı. Daha sonra üç BOİ tayin şişesi alınarak, bunlardan birincisine 300 mL destile su, diğer ikisine de 25' er mL destile su ve 275' er mL de seyreltme suyu konuldu. Bunlarda hemen çözünmüş oksijen tayini yapılırken, bir başka üç BOİ tayin şişesine de aynı biçimde çözeltiler hazırlanarak konuldu. Bu üç şişe 20°C' daki inkübatöre beklemek üzere konuldu.

---

<sup>2</sup> Karışım ifadesi, 25 mL 0,021 M n-butanol çözeltisi ve 275 mL BOİ' si yüksek seyreltme suyu içeren çözelti için kullanılmıştır.

Ayrıca hazırlanmış olan seyreltme suyundan ve destile sudan 5' er mL iki erlene alınarak, daha önce açıklandığı gibi bunlarda KOİ tayini yapıldı.

Bu işlemler hiç ara vermeden 15 gün boyunca aynen tekrarlandı. Deneylerden elde edilen sonuçlar Bölüm 4.4' de verilmiştir.



#### 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA :

##### 4.1 BOİ Tayini :

n-butanol, fenol, anilin, asetik asit, formaldehit, o-nitro fenol ve asetaldehit kullanılarak kirletilmiş sulara Bölüm 3.3.1' de anlatıldığı gibi BOİ Tayini uygulandı ve Bölüm 3.3.1.1' de belirtildiği gibi deney sonuçları hesaplandı. Elde edilen sonuçlardan fenol, anilin, o-nitro fenol ve formaldehit ile kirletilmiş suların hem BOİ' si düşük hem de BOİ' si yüksek seyreltme suyu ile yapılan tayinlerinde BOİ değerlerin sıfır olduğu görüldü. Sonuçlar Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2' de verilmiştir.

Çizelge 4.1 BOİ' si Düşük Seyreltme Suyu ile Yapılan BOİ<sub>5</sub> Tayini Sonuçları

BOİ' si DÜŞÜK SEYRELTME SUYU İLE		
ÖRNEK	BOİ <sub>5</sub> (mg/L)	
	SEYRELTME SUYU	KARIŞIM <sup>1</sup>
0,021 M n- butanol çözeltisi	2,60	19,90
0,021 M fenol çözeltisi	4,78	0
0,022 M anilin çözeltisi	4,78	0
0,067 M asetik asit çözeltisi	5,49	7,35
0,125 M formaldehit çözeltisi	5,64	0
0,035 M o- nitro fenol çözeltisi	4,3	0
0,05 M asetaldehit çözeltisi	2,14	18,78

<sup>1</sup> Karışım ifadesi, 25 mL n-butanol çözeltisi ve 275 mL BOİ' si düşük seyreltme suyu içeren çözelti için kullanılmıştır.

Çizelge 4.2 BOİ' si Yüksek Seyreltme Suyu ile Yapılan BOİ<sub>5</sub> Tayini Sonuçları

BOİ' si YÜKSEK SEYRELTME SUYU İLE		
ÖRNEK	BOİ <sub>5</sub> (mg/L)	
	SEYRELTME SUYU	KARIŞIM <sup>2</sup>
0,021 M n- butanol çözeltisi	11,66	24,35
0,021 M fenol çözeltisi	13,88	0
0,022 M anilin çözeltisi	17,12	0
0,067 M asetik asit çözeltisi	11,07	22,13
0,125 M formaldehit çözeltisi	14,07	0
0,035 M o- nitro fenol çözeltisi	13,69	0
0,05 M asetaldehit çözeltisi	13,48	19,93

<sup>2</sup> Karışım ifadesi, 25 mL n-butanol çözeltisi ve 275 mL BOİ' si yüksek seyreltme suyu içeren çözelti için kullanılmıştır.

#### 4.2 KOİ Tayini :

n-butanol, fenol, anilin, asetik asit, formaldehit, o-nitro fenol ve asetaldehit kullanılarak kirletilmiş sulara Bölüm 3.3.2' de anlatıldığı gibi KOİ tayini uygulandı ve Bölüm 3.3.2.1' de belirtildiği gibi deney sonuçları hesaplandı. Elde edilen sonuçlardan hem BOİ' si düşük hem de BOİ' si yüksek seyreltme suyu KOİ değerlerinin kendi aralarında sabit olduğu görülürken, yapay çözeltilerin KOİ değerlerinin de birbirleriyle hemen hemen aynı (sabit) olduğu görüldü. Sonuçlar Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4' de verilmiştir.

Çizelge 4.3 BOİ' si Düşük Seyreltme Suyu ile Yapılan KOİ Tayini Sonuçları

BOİ' si DÜŞÜK SEYRELTEME SUYU İLE		
KOİ (mg/L)		
Örnek	Seyreltme suyu	Yapay çözelti*
0,021 M n- butanol çözeltisi	1484,80	4359,36
0,021 M fenol çözeltisi	1456,00	4815,84
0,022 M anilin çözeltisi	1398,40	5344,16
0,067 M asetik asit çözeltisi	1442,40	4483,84
0,125 M formaldehit çözeltisi	1392,00	4375,36
0,035 M o- nitro fenol çözeltisi	1460,00	4664,64
0,05 M asetaldehit çözeltisi	1520,00	3472,00

Çizelge 4.4 BOİ' si Yüksek Seyreltme Suyu ile Yapılan KOİ Tayini Sonuçları

BOİ'si YÜKSEK SEYRELTEME SUYU İLE		
KOİ (mg/L)		
Örnek	Seyreltme Suyu	Yapay Çözelti*
0,021 M n- butanol çözeltisi	1809,6	4431,20
0,021 M fenol çözeltisi	1280,16	4752,00
0,022 M anilin çözeltisi	1280,16	5502,40
0,067 M asetik asit çözeltisi	1301,44	3967,20
0,125 M formaldehit çözeltisi	1880,32	4896,00
0,035 M o- nitro fenol çözeltisi	1880,32	4288,00
0,05 M asetaldehit çözeltisi	1854,40	3664,00

\* Yapay çözelti ifadesi; n-butanol, fenol, anilin, asetik asit, formaldehit, o-nitro fenol, asetaldehit kullanılarak bölüm 3.2' de belirtildiği gibi hazırlanan sulu çözeltiler için kullanılmıştır.

Bölüm 3. 2' de belirtildiği şekilde hazırlanmış olan yedi yapay çözelti kullanılarak yapılan BOİ ve KOİ tayininlerinden elde edilen sonuçlardan, bu yapay olarak kirletilmiş suların BOİ/KOİ oranlarının alışılacağı olan 0,4-0,8 değerleri arasında olmadığı görüldü. Sonuçlar Çizelge 4.5' de verilmiştir.

Çizelge 4.5 BOİ' si Düşük ve BOİ' si Yüksek Seyreltme Suyu İle Yapılan BOİ<sub>5</sub> ve KOİ Tayini Toplu Sonuçları

BOİ' si DÜŞÜK SEYRELTME SUYU İLE							
Örnek	5-BOİ (mg/L)		KOİ (mg/L)		5-BOİ (mg/l)	KOİ (mg/l)	5-BOİ/KOİ
	Seyreltme suyu	Karışım*	Seyreltme suyu	Yapay çözelti	Karışım*	Karışım*	Karışım*
n-butanol	2,60	19,90	1488,00	4359,36	19,90	1727,28	<b>0,012</b>
fenol	4,78	0,00	1456,00	4815,84	0,00	1735,99	<b>0,000</b>
anilin	4,78	0,00	1398,40	5344,16	0,00	1727,21	<b>0,000</b>
asetik asit	5,49	7,35	1442,40	4483,84	7,35	1695,85	<b>0,004</b>
formaldehit	5,64	0,00	1392,00	4375,36	0,00	1640,61	<b>0,000</b>
asetaldehit	4,30	18,78	1460,00	4664,64	18,78	1727,05	<b>0,012</b>
o-nitro fenol	2,14	0,00	1520,00	3472,00	0,00	1682,67	<b>0,000</b>
BOİ' si YÜKSEK SEYRELTME SUYU İLE							
Örnek	5-BOİ (mg/L)		KOİ (mg/L)		5-BOİ (mg/l)	KOİ (mg/l)	5-BOİ/KOİ
	Seyreltme suyu	Karışım*	Seyreltme suyu	Yapay çözelti	Karışım**	Karışım**	Karışım**
n-butanol	11,66	24,35	1809,60	4431,20	24,35	2027,65	<b>0,012</b>
fenol	13,88	0,00	1280,16	4752,00	0,00	1569,48	<b>0,000</b>
anilin	17,12	0,00	1280,16	5502,40	0,00	1632,01	<b>0,000</b>
asetik asit	11,07	22,13	1301,44	3967,20	22,13	1523,59	<b>0,014</b>
formaldehit	14,07	0,00	1880,32	4896,00	0,00	2131,63	<b>0,000</b>
asetaldehit	13,69	19,93	1880,32	4288,00	19,93	2080,96	<b>0,010</b>
o-nitro fenol	13,48	0,00	1854,40	3664,00	0,00	2005,20	<b>0,000</b>

\* Karışım ifadesi, 25 mL n-butanol çözeltisi ve 275 mL BOİ' si düşük seyreltme suyu içeren çözelti için kullanılmıştır.

\*\* Karışım ifadesi, 25 mL n-butanol çözeltisi ve 275 mL BOİ' si yüksek seyreltme suyu içeren çözelti için kullanılmıştır.

#### 4.3 pH' ın BOİ Değerine Etkisi :

pH' ın BOİ değerine etkisini incelemek amacıyla asetik asitin farklı pH' lardaki ( 2, 5, 8, 10, 12 ) çözeltileri hazırlanarak, bu çözeltilere Bölüm 3.3.1' de belirtildiği gibi BOİ tayini uygulanmıştır ve BOİ değerlerinin en iyi pH 8 ve 10' da yani bazik ortamda elde edildiği görüldü. Sonuçlar Çizelge 4.6' da verilmiştir.

Çizelge 4.6 Değişik pH' lardaki Asetik Asit Çözeltisinin BOİ<sub>5</sub> Değerleri

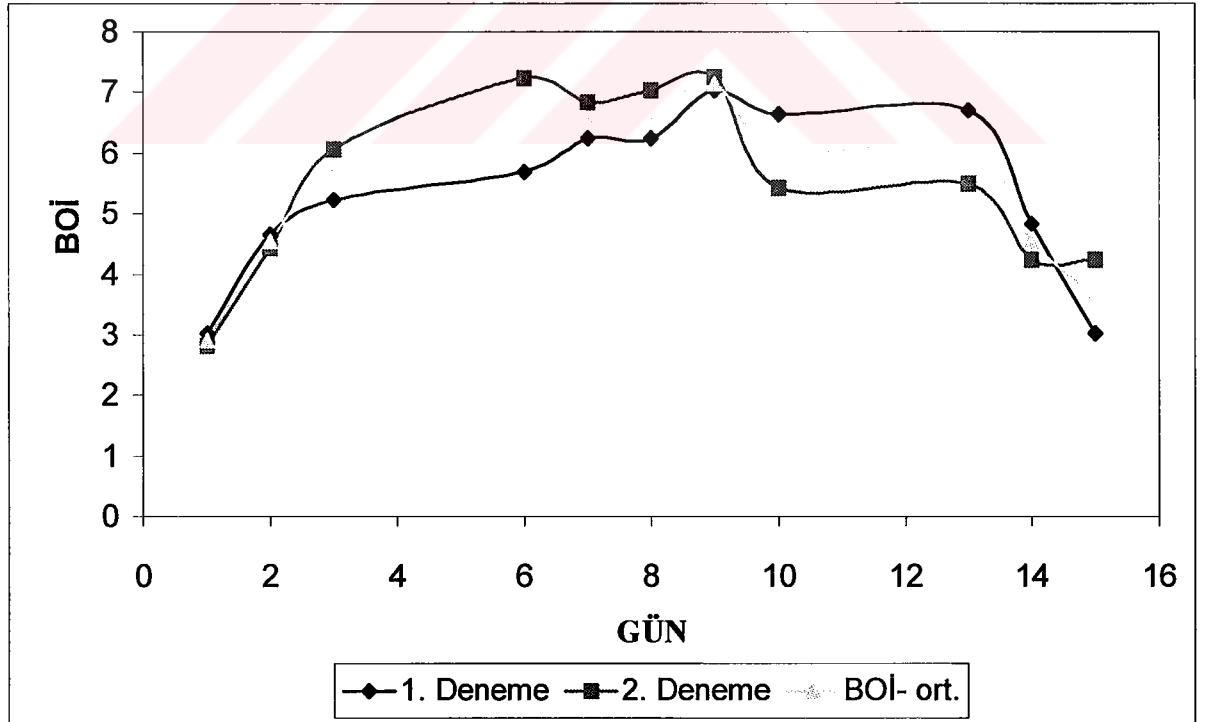
	1. Deneme	2. Deneme
örnek	5- BOİ ( mg/l )	5- BOİ ( mg/l )
destile su	0	0
seyreltme suyu	11,87	14,3
pH 2	0	0
PH 5	0	0
pH 8	42,05	37,8
pH 10	30,99	31,74
pH 12	0	0

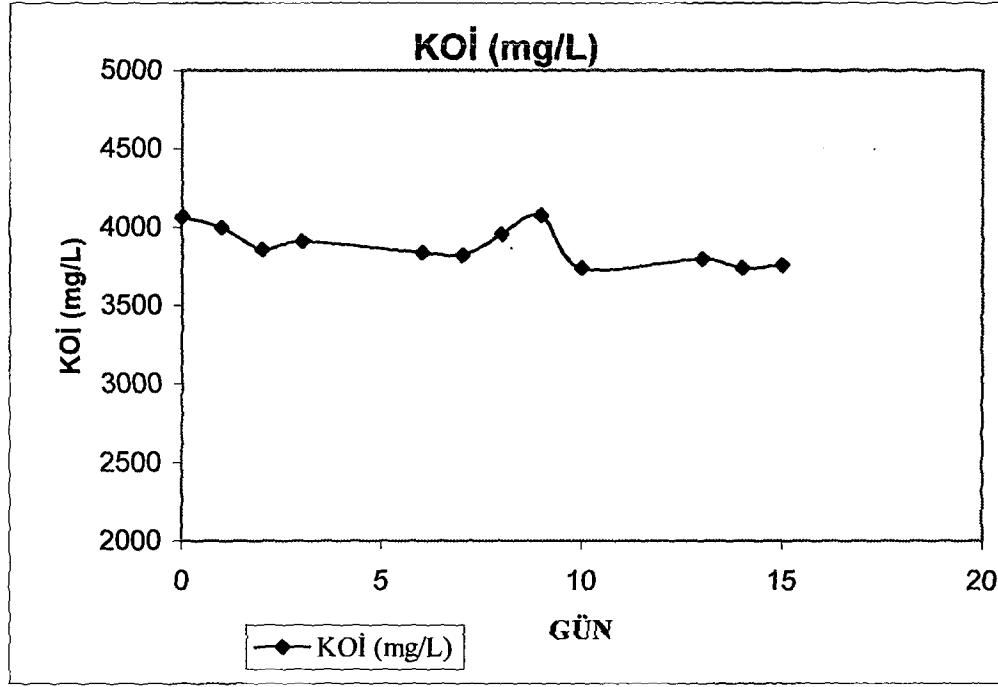
#### 4.4 BOİ ve KOİ Değerlerinin Zamana Karşı Değişimi :

Seyreltme suyunun BOİ ve KOİ değerlerinin zamana karşı değişimini incelemek amacıyla Bölüm 3.1.3' de belirtildiği gibi hazırlanan seyreltme suyuna Bölüm 3.3.1' de ve Bölüm 3.3.2' de belirtildiği gibi ardarda 15 gün boyunca sırasıyla BOİ ve KOİ tayini uygulandı. Elde edilen sonuçlardan 15 gün boyunca seyreltme suyunun KOİ değerinin hemen hemen sabit kaldığı görülürken, seyreltme suyunun BOİ değerinin zamanla arttığı, bir maksimuma ulaştığı ve yine zamanla azalarak belli bir değerde sabit kaldığı görüldü. Sonuçlar Çizelge 4.7 , Şekil 4.1 ve Şekil 4.2' de verilmiştir.

Çizelge 4.7 15 Gün Boyunca Seyreltme Suyundan Elde Edilen BOİ<sub>5</sub> ve KOİ Değerleri

GÜN	5-BOİ (mg/L)			KOİ(mg/L)	5-BOİ <sub>ort</sub> /KOİ
	1. DENEME	2. DENEME	5-BOİ - ort		
Başlangıç				4065,6	
1. GÜN	3,01	2,82	2,92	3995,2	0,0007
2. GÜN	4,64	4,42	4,53	3854,4	0,0012
3. GÜN	5,23	6,05	5,64	3907,2	0,0014
6. GÜN	5,69	7,22	6,46	3836,8	0,0017
7. GÜN	6,24	6,84	6,54	3819,2	0,0017
8. GÜN	6,24	7,04	6,64	3955,2	0,0017
9. GÜN	7,04	7,24	7,14	4072	0,0018
10. GÜN	6,64	5,43	6,04	3737,6	0,0016
13. GÜN	6,71	5,49	6,1	3494,4	0,0017
14. GÜN	4,83	4,23	4,53	3436,8	0,0013
15. GÜN	3,02	4,23	3,63	3458,7	0,0010

Şekil 4.1 1. ve 2. denemelerdeki seyreltme suyu BOİ<sub>5</sub> değerlerinin ve bunların ortalama değerlerinin zamanla değişimi



Şekil 4.2 Seyreltme Suyunun KOİ' sinin Zamanla Değişimi

## TARTIŞMA

Sonuçların incelenmesinden görüldüğü gibi fenol, anilin, formaldehit ve o-nitro fenol çözeltileri içeren seyreltme suyu çözeltilerinin BOİ<sub>5</sub> değerleri sıfır bulunmuştur. Oysa ki yapay atıksuların içerisinde seyreltme suyu da bulunmaktadır. Çizelge 4.1 ve 4.2' de görüldüğü gibi kimyasal madde katılmaksızın şahit olarak hazırlanmış atıksuda dikkate değer BOİ değerleri ölçülebilmektedir. Örneğin 25 mL fenol ve 275 mL seyreltme suyuyla hazırlanmış yapay atıksuların BOİ<sub>5</sub> değerleri 0 bulunmuşken, buna şahit olarak hazırlanan 25 mL destile su ve 275 mL BOİ' si düşük seyreltme suyu ile 25 ml destile su ve BOİ' si yüksek seyreltme suyu ile hazırlanmış atıksuların BOİ<sub>5</sub> değerleri sırasıyla 4,78 ve 13,88 olarak bulunmuştur. Bu çözeltilerin BOİ<sub>5</sub> değerleri, seyreltme suyunun bu çözeltiler katılmadan önceki BOİ<sub>5</sub> değerlerine erişebilselerdi bu maddelerin biyokimyasal olarak parçalanmadığının göstergesi olacak idi. Ancak BOİ<sub>5</sub> değerlerinin sıfır bulunması bu maddelerin mikroorganizmalar üzerinde zehirli etki gösterdiğinin kanıtıdır. Bu yüzden günümüzde siyanür, EDTA, anilin ve renk giderimi için geleneksel yöntemler yerine daha etkili ve kolay bir yöntem olan elektrokimyasal oksidasyon yöntemi önerilmektedir ve düşük BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranı, zayıf

biyokimyasal parçalanabilirliğe neden olan yüksek molekül ağırlıklı bileşiklerin atıksuda baskın konsantrasyonda olmasına yorulmaktadır (Chiang vd., 1995). Turner ve arkadaşlarına göre (1985) anyonik surfaktant olan lineer alkilbenzen sülfonatin çıkış atıksuyunda biyokimyasal parçalanma sonucunda kalan herhangi bir atık, lineer alkilbenzen sülfonatin giriş atıksuyundakinden birçok kez daha az zehirlidir ve iyonik olmayan surfaktantların başlıca iki tipinden biri olan alkol etoksilatın akut zehirliliği, artık alkol etoksilat konsantrasyonunun analitik ölçümlerinden beklenildiğinden daha hızlı bir şekilde yok olurken, diğer tip olan alkilfenol etoksilatın konsantrasyonu ve balıklara olan akut zehirliliği neredeyse hiç değişmez. Ev deterjanlarında kullanılan alkol etoksilat tipi tamamen biyokimyasal olarak parçalanır, yani CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O'ya dönüşür.

Bu çalışmada asetik asit çözeltisi söz konusu olduğunda; seyreltme suyunun BOİ<sub>5</sub> değerinin asetik asit katıldığında çok az yükseldiği gözlenmiştir. Bu da asetik asidin mikroorganizmalar tarafından zor parçalandığının göstergesidir. Zaten yüksek BOİ'li seyreltme suyu kullanıldığında da farklılık artmıştır. Mochidzuki ve Takeuchi (1999) sitrik asit, glukonik asit, tartarik asit, fumarik asit ve trietanolamin için BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranlarını sırasıyla 0,95; 1,2; 1,1; 0,79 ve 0,54 olarak bulmuşlardır ve mikrobiyal aktivite için sınırlayıcı faktörleri inorganik tuzların yüksek konsantrasyonu, yüksek pH değeri ve bazı ağır metal iyonlarının varlığı olarak belirtmişlerdir.

Yapılan çalışmada asetaldehit için yüksek ve düşük BOİ'li seyreltme suyu kullanıldığında çok önemli bir BOİ<sub>5</sub> farkı gözlenememiştir. Bu da düşük BOİ'li seyreltme suyundaki mikroorganizma sayısının yeterli olduğunun, yani dengenin sağlanmış olduğunun göstergesidir. Benzer şekilde n-butanol çözeltisi için de, yine asetaldehit çözeltisinde olduğu gibi yüksek ve düşük BOİ'li seyreltme suyu kullanıldığında çok önemli bir BOİ<sub>5</sub> farkı gözlenememiştir. Dolayısıyla n-butanol için de düşük BOİ'li seyreltme suyundaki mikroorganizma sayısı yeterlidir, yani denge sağlanmıştır.

Çizelge 4.5' den de görüldüğü gibi n-butanol, asetaldehit, fenol, o-nitro fenol, formaldehit, anilin ve asetik asit içeren yapay olarak kirletilmiş atıksuların BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranları BOİ<sub>5</sub> ve KOİ tayini sonuçlarından hesaplanmıştır ve bulunan tüm değerler tipik atıksu için verilen 0,4-0,8 aralığına uymamaktadır. Bununla birlikte bulunan değerler çok düşük olup bu maddelerin biyokimyasal parçalanabilirlikleri bazılarının sıfır olmasına karşın, kayda değer bir orana sahip olanların da biyokimyasal parçalanabilirliklerinin çok düşük olduğunu göstermektedir.

Oysa Kemeny ve Banerjee (1997) yaptıkları çalışmada ağartılmış Kraft kağıt hamuru fabrikalarının evaporatöründe ve kağıt hamuru fabrikası lağımında sırasıyla baskın olarak bulunan metanol ve rezin asidlerinin iyi bir BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranı veren yani biyokimyasal parçalanabilirlikleri yüksek olan bileşikler olduğunu ve bu endüstriden elde edilen atıksuyun BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranının iyi bir biyokimyasal parçalanabilirliği ifade eden 0,4±0,1 değerine sahip olduğunu saptamışlardır. Yine birçok araştırmacı, birçok endüstri tipinden elde edilen atıksuların BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranlarını genellikle uygulanan yöntemin verimliliğini ölçmek veya o atıksuya uygun bir arıtma tesisi dizayn edebilmek ve o endüstriye ait atıksuyun karakterizasyonunu belirlemek amacıyla incelemiştir:

Çizelge 4.8 Çeşitli literatürlerdeki bazı endüstri türlerinde kullanılan arıtma yöntemleri ve bu türlere ait BOİ/KOİ oranları

ATIKSU TİPİ	KULLANILAN ARITMA YÖNTEMİ	BOİ <sub>5</sub> /KOİ	KAYNAK
Açık İlaç Endüstrisi Atıksuyu	Anaerobik Fixed Film Reaktörü	0,4	Gangagni Rao vd., 2004
Damıtık İçki Fabrikası Çıkış Atıksuyu	Sıvı Membran Ekstraksiyonu	0,51	Kumaresan vd., 2003
Evsel ve Şarap Fabrikası Atıksuları	Ardışık pH Ozonlaması	Evsel 0,58 Şarap 0,5	Beltran vd., 2001
Yarı İletken Endüstrisi Atıksuyu (Dimetil sülfoksit içermektedir)	Biyolojik Arıtma	0,035' den 0,87' e çıkmıştır	Park vd., 2001
Zeytin Endüstrisi Atıksuyu	Tek ve H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> veya UV Radyasyonu ile Birleştirilmiş Ozonlama	0,16' dan 0,7 -0,8' e çıkmıştır	Beltran vd., 1999
Kümes Hayvanları İşleme Fabrikası Çıkış Atıksuyu (4 ayrı örnek alınmıştır.)	Aktif Çamur	0,64; 0,31; 0,93; 0,72	Eremektar vd., 1999
3 Ayrı Şekerleme İmalathanesi Atıksuları	Respirometrik Analiz	0,65 0,79 0,74	Orhon vd., 1995
Holmwood Lağım Arıtma İşleri'ndeki Lagünlerin giriş ve çıkış atıksuları	Standart Methodlar	0,14 ve 0,11	Salter vd., 1999
Boyahane Atıksuları	Nanofiltrasyon Membranları	0,27	Koyuncu vd., 2000

Çizelge 4.8' in devamı (Çeşitli literatürlerdeki bazı endüstri türlerinde kullanılan arıtma yöntemleri ve bu türlere ait BOİ/KOİ oranları)

Keele Valley , Beare Road ve Brock North' tan alınan 4 kontrol Bölgesi Atıksuları	Anaerobik Filtre	0,7; 0,5; 0,3; 0,1	Henry vd., 1987
Hurma Yağı Rafinerisi Atıksuyu	Fiziksel-Kimyasal and Biyolojik Arıtma	0,33	Chin ve Wong, 1981
Süt Endüstrisi Atıksuları (Türkiye ve A.B.D. ortalamaları)	Membran Yöntemleri	T. - 0,5; A.B.D. - 0,51	Turan vd., 2000
Selüloz Ağartma Atıksuyu		0,083-0,17 arasındadır	Çeçen, 1998
Deri Fabrikaları Çıkış Atıksuyu		Min. 0,12; Mak. 0,67	Alyanak vd., 1996
Fermentasyon Endüstrisi Atıksuları	Spesifik Metan Aktivite Testi	0,7	İnce vd., 1996
Glikoz Üretimi Atıksuları	Folik Asid Yardımıyla Biyolojik Arıtma	0,36	Aydın ve Barlas, 1996
Süt, Kahve ve Bira Endüstrileri Atıksuları	İki Fazlı Anaerobik Arıtım	S. 0,6-0,67 K. 0,49 B. 0,9-0,98	Kasapgil İnce ve İnce, 1996
Domates İşleme Fabrikalarının Endüstriyel Atıksuları	Aeratörlerle Birlikte Saf Oksijen Sistemi	0,71	Başdemir ve Kaya, 1996
Bursa Organize Sanayi Bölgesi Evsel, Endüstriyel Atıksuları ve Toplam Atıksu		Ev: 0,41 En.: 0,45 Top.: 0,45	Sarıkaya vd., 1996

Yemekhanenin atıksuyunda BOİ ve KOİ' nin zamanla değişimi incelendiğinde; KOİ değerinin, küçük dalgalanmalar hariç, zamanla çok yavaş bir şekilde azaldığı görülmektedir (Çizelge 4.7 ve Şekil 4.2). Bu yavaş azalma sudaki çözünmüş maddelerin biyokimyasal olarak bozunmasından kaynaklanmaktadır. Özkan ve Eroğlu (1996) ' nun benzer çalışmasında KOİ' nin zamanla değişimini incelenmiş ve KOİ' nin zamanla azaldığı ve belli bir değerde sabit kaldığını görülmüştür. Başka bir çalışmada da, ışıma yapmayan biyokimyasal katıların BOİ<sub>5</sub> değerleri azalırken, bu biyokatıların KOİ' sinde ya çok az ya da hiç değişiklik olmadığı saptanmıştır (Basfar ve Abdel Rehim, 2002). Yemekhanenin atıksuyundaki BOİ değerinin

değişimi incelendiğinde ise; başlangıçta düşük olan BOİ' nin zamanla hızlı bir şekilde arttığı, daha sonra BOİ artış hızının giderek azaldığı görülmektedir (Çizelge 4.7 ve Şekil 4.1). Oysaki suyun kirliliği artmamakta aksine azalmaktadır. Başlangıçtaki artışın temel nedeni ortamdaki mikroorganizma miktarının artmasıdır. Çünkü bir biyokimyasal reaksiyonun hızı; reaktantların derişimi (örneğimizde bunlar çözünmüş oksijen ve sudaki parçalanabilir organik maddelerdir) yanında bu reaksiyonu yürüten mikroorganizmaların birim hacimdeki sayısına da bağlıdır. Bu nedenle mikroorganizmaların sayısı zamanla arttığından biyokimyasal reaksiyon da hızlanacak ve çözünmüş oksijen daha hızlı tükenecektir. Bunun sonucu olarak da BOİ değeri giderek artacaktır. Çünkü BOİ' nin ölçüsü çözünmüş oksijen tüketimidir. Diğer yandan biyokimyasal reaksiyon sonucu sudaki organik madde derişimi azalacağından BOİ değeri de azalacaktır. BOİ değerindeki; mikroorganizma artışından kaynaklanan artışla, organik madde derişiminin düşmesinden kaynaklanan azalışın toplamı ilk günlerde pozitif değer olduğundan BOİ' de zamanla artış görülmektedir. Ancak giderek BOİ' deki artış ile azalış arasındaki fark azalacak ve sifira erişecektir. Zaten Şekil 4.1' de 6-7-8. günlerde BOİ değişimi yoktur. Daha sonra ise bu fark negatif olacağından BOİ zamanla azalmaya başlayacak ve sifira yaklaşacaktır. Bütün bunlar dikkata alındığında bir suyun kirliliğini sadece BOİ ya da sadece KOİ ile ölçmek (El-Rehaili, 1995) ve BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranı için belirli değerler ifade etmek evsel atıksu için bile çok doğru olmayacaktır. Endüstriyel atıksu için ise zaten imkansızdır. Çünkü n- butanol, fenol, anilin, asetik asit, formaldehit, asetaldehit ve o-nitro fenol içeren karışımların, hem düşük hem de yüksek BOİ' li seyreltme suyu kullanıldığında, BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranlarının sayfa 11' de belirtildiği gibi 0,4-0,8 arasında olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.5). Bu sonuçlar herhengi bir atıksu için (evsel veya endüstriyel) BOİ<sub>5</sub>/KOİ diye sabit bir orandan bahsedilemeyeceğini, bu oranın; biyokimyasal reaksiyon hızının bağlı olduğu, reaktantların derişimi, bu biyokimyasal reaksiyonu yürüten mikroorganizmaların birim hacimdeki sayısı gibi parametrelere, yani BOİ değerine bağlı olduğunu göstermiştir. Bir diğer görüşe göre de bir endüstrinin aynı alt koategorisinde yer alan tesislerde BOİ<sub>5</sub>/KOİ ve BOİ<sub>5</sub>/TOK oranında meydana gelen değişikliklerin tesislerde uygulanan farklı yöntemlerden ileri geldiği savunulmaktadır (Orhon vd., 1999). Oysa aynı tesis için bile farklı kişilerce yapılan analiz sonuçları da farklı olabilmektedir. Örneğin Afyon Alkaloidleri Endüstrisi atıksularının değişik kişilerce yapılmış analizlerinde BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranları 0; 0; 0,62; 0,69 ve 0,80 olarak tespit edilmiştir (Aydın vd., 2000). Benzer şekilde Alp ve arkadaşları (1998a) yaptıkları çalışmada, sıvı yağ endüstrisi atıksularının çeşitli literatürlere dayanan farklı BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranı değerlerini vermişlerdir. Bunların bazılarında

KOİ değerleri sıfır bulunmuşken, bazılarında da BOİ değerleri sıfır bulunduğundan sıvı yağ endüstrisi atıksuları için kayda değer bir BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranı elde edilememiştir.

Bu çalışmada değişik pH' lardaki asetik asit özeltilerinin BOİ<sub>5</sub> değerleri incelendiğinde, BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranının, reaksiyonu yürüten mikroorganizmaların birim hacimdeki sayısı ve reaktantların derişimine bağlı olduğu kadar ortamın pH' sına da bağlı olduğu gözlemlenmiştir. Çizelge 4.6 ' da belirtilen sonuçlara göre mikroorganizmaların asidik ve aşırı bazik ortamda faaliyet gösteremedikleri saptanmıştır. Mikroorganizmaların yaşamı ve çoğalması için en uygun pH' nın 8-10 olduğu görölmüştür. Oysa Salter ve arkadaşlarına (1999) göre 9-9,5 aralığında değişen pH değeri bakteriler için öldürücü düzeydir ve mikrobiyal aktivite için sınırlayıcı faktörler, inorganik tuzların yüksek konsantrasyonu, yüksek pH değeri ve bazı ağır metal iyonlarının varlığı olarak belirtilmiştir (Mochidzuki ve Takeuchi, 1999). Beltran ve arkadaşları (1999) ise yaptıkları çalışmada biyokimyasal aktivite için yüksek biyokimyasal parçalanabilirliğin (BOİ<sub>5</sub>/KOİ ) ve nötral pH'ın istenilen şartlar olduğunu öne sürmüşlerdir. Pendimentalin ile kirletilmiş topraklarla yapılan bir çalışmada ise, Fenton arıtımı uygulanması sonucunda çözeltiye BOİ, KOİ, TOK ve nitrat verildiği, böylece çözeltiye verilmiş olan organik maddenin biyokimyasal olarak ayrıştırılabilir olduğu ve bu organik maddenin bir sonraki mikrobiyal gelişme için substrat görevi gördüğü bulunmuştur. Bunun sonucunda da pendimentalin ile kirletilmiş topraklarda Fenton arıtımının uygulanmasının, istenilen biyokimyasal iyileştirme için mikroorganizmaların istediği şartları oluşturduğu ve BOİ, KOİ ve TOİ değerlerinin buna bağlı olarak arttığı saptanmıştır (Miller vd., 1996).

## KAYNAKLAR

- Akça, L., Sevimli, M. F. ve Alp, K., (1998), “Boya Sanayi Arıtma Tesisi Çamurlarının Karakterizasyonu Ve Uzaklaştırılması”, İ. T. Ü. 6. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 3-5 Haziran 1998, İstanbul.
- Akçin, G., Bakoğlu, M. ve Eratik, B., (1996), Temel Çevre Kimyası Laboratuvar Deneyleri, Y. T. Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Bölümü Analitik Kimya Anabilim Dalı Yayınları, İstanbul.
- Alp, K., Toröz, İ. ve Yüksel, E., (1998a), “Sıvı Yağ Üretiminden Ortaya Çıkan Atıksuların Arıtılması Ve Karşılaşılan Sorunların Tam Ölçekli Tesiste İncelenmesi”, İ. T. Ü. 6. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 3-5 Haziran 1998, İstanbul.
- Alp, K., Öztürk, İ., İnanç, B. ve Arıkan, A. O., (1998b), “İlaç Endüstrisi Atıksularının Karakterizasyonu Ve Arıtılabilirliği”, İ. T. Ü. 6. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 3-5 Haziran 1998, İstanbul.
- Arslan, İ. ve Akmehmet Balcıoğlu, I., (2000), “Ozonlama Prosesinin Tekstil Endüstrisi Atıksularının Ve Sentetik Reaktif Boya Banyolarının Arıtılabilirliklerine Etkisi”, İ. T. Ü. 7. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 20-22 Eylül 2000, İstanbul.
- Alyanak, İ., Filibeli, A., Türkman, A. ve Özdağlar, D., (1996), “Ege Bölgesinde Tehlikeli Ve Zararlı Atık Potansiyeli Ve Çözüm Önerileri”, İ. T. Ü. 5. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 25-27 Eylül 1996, İstanbul.
- Aydın, K. ve Barlas, H., (1996), “Glikoz Üretimi Atıksularının Biyolojik Arıtımında Folik Asid Yardımıyla Arıtma Veriminin Artırılması”, İ. T. Ü. 5. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 25-27 Eylül 1996, İstanbul.
- Basfar, A. A. ve Abdel Rehim, F., (2002), “Disinfection Of Wastewater From A Riyadh Wastewater Treatment Plant With Ionizing Radiation”, Radiation Physics And Chemistry, Volume 65, pp. 527-532.
- Başdemir, K. ve Kaya, I., (1996), “Domates İşleme Fabrikalarının Atıksularının Arıtımında Oksijen Gereksinimi”, İ. T. Ü. 5. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 25-27 Eylül 1996, İstanbul.
- Beltrán, F. J., García-Araya, J. F., Frades, J., Álvarez, P. ve Gimeno, O., (1999), “Effects Of Single And Combined Ozonation With Hydrogen Peroxide Or UV Radiation On The Chemical Degradation And Biodegradability Of Debittering Table Olive Industrial Wastewaters”, Water Research, Volume 33, Number 3, pp. 723-732.
- Beltrán, F. J., García-Araya, J. F. ve Álvarez, P. M., (2001), “pH Sequential Ozonation Of Domestic And Wine-Distillery Wastewaters”, Water Research, Volume 35, Number 4, pp. 929-936.
- Chin, K. K. ve Wong, K. K., (1981), “Palm Oil Refinery Wastes Treatment”, Water Research, Volume 15, Number 9, pp. 1087-1092.

- Chiang, L.-C., Chang, J.-E. ve Wen, T.-C., (1995), "Indirect Oxidation Effect In Electrochemical Oxidation Of Landfill Leachate", *Water Research*, Volume 29, Number 2, pp. 671-678.
- Contreras, S., Rodriguez, M., Al Momani, F., Sans, C., Esplugas, S., (2003), "Contribution Of The Ozonation Pre-treatment To The Biodegradation Of Aqueous Solutions Of 2,4-dichlorophenol", *Water Research*, Volume 37, Number 13, pp. 3164-3171.
- Çallı, B., İnanç, B. ve Akgiray, Ö., (1998), "İlaç Endüstrisi Atıksularının Anaerobik Arıtımında Toksikite Ve Giderilmesi Üzerine Bir Araştırma", *İ. T. Ü. 6. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 3-5 Haziran 1998, İstanbul.
- Çeçen, F., (1998), "Kraft Selülozu Ağartma Ünitelerinden Çıkan Atıksuların Arıtılabilirliği", *İ. T. Ü. 6. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 3-5 Haziran 1998, İstanbul.
- Diamadopoulos, E., (1994), "Characterization And Treatment Of Recirculation-Stabilized Leachate", *Water Research*, Volume 28, Number 12, pp. 2439-2445.
- El-Rehaili, A. M., (1995), "Response Of BOD, COD And TOC Of Secondary Effluents To Chlorination", *Water Research*, Volume 29, Number 6, pp. 1571-1577.
- Eremektar, G., Ubay Çokgör, E., Övez, S., Germirli Babuna, F. ve Orhon, D., (1999), "Biological Treatability Of Poultry Processing Plant Effluent- A Case Study", *Water Science Technology*, Volume 40, Number 1, pp. 323-329.
- Ettala, M., Koskela, J., Kiesilä, A., (1992), "Removal Of Chlorophenols In A Municipal Sewage Treatment Plant Using A Activated Sludge", *Water Research*, Volume 26, Number 6, pp. 797-804.
- Gangagni Rao, A., Venkata Naidu, G., Krishna Prasad, K., Chandrasekhar Rao, N., Venkata Mohan, S., Jetty, A. ve Sarma, P. N., (2004), *Biosource Technology*, (In Press).
- Görgün, E., Orhon, D., Germirli, F., Özbaşaran, M. ve Seçkin, N., (1996), "Yetersiz Veriye Sahip Endüstriyel Bölgelerde Atıksuların Miktar Ve Karakterizasyonunun Saptanmasına Yönelik Bir Yaklaşım-Çorlu Örneği", *İ. T. Ü. 5. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 25-27 Eylül 1996, İstanbul.
- Günay, Y., Tabuman, C. ve Çöttert, F., (1977), *İçmesuyu Ve Pis Sularda Standart Rutin Analiz Yöntemleri Kılavuzu*, Yayın No: 24, Y. T. Ü. Yayınları, İstanbul.
- Henry, J. G., Prasad, D. ve Young, H., (1987), "Removal Of Organics From Leachates By Anaerobic Filter", *Water Research*, Volume 21, Number 11, pp. 1395-1399.
- Henze, M., Harremoës, P., La Cour Jansen, J. ve Arvin, E., (2002), *Wastewater Treatment: Biological And Chemical Processes*, Third Edition.
- İnce, O., Kasapgil İnce, B. ve Özkan, S., (1996), "Fermentasyon Endüstrisi Atıksularının Anaerobik Arıtımında Sistemin Potansiyel Yükleme Kapasitesinin Spesifik Metan Aktivite Testi Kullanılarak Belirlenmesi", *İ. T. Ü. 5. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 25-27 Eylül 1996, İstanbul.

- Kasapgil İnce, B. ve İnce, O., (1996), “Süt, Kahve Ve Bira Endüstrileri Atıksularının İki Fazlı Anaerobik Arıtımında Ön-Asitleştirme Tanklarının Optimum İşletme Koşullarının Karşılaştırılması”, İ. T. Ü. 5. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 25-27 Eylül 1996, İstanbul.
- Kemeny, T. E. ve Banerjee, S., (1997), “Relationships Among Effluent Constituents In Bleached Kraft Pulp Mills”, Water Research, Volume 31, Number 7, pp. 1589-1594.
- Koyuncu, İ., Kural, E. ve Topacık, D., (2000), “Tekstil Endüstrisi Atıksularının Nanofiltrasyon Membranları İle Geri Kazanılması”, İ. T. Ü. 7. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 20-22 Eylül 2000, İstanbul.
- Kumaresan, T., Meera Sheriffa Begum, K. M., Sivashanmugam, P., Anantharaman, N. ve Sundaram, S., (2003), “Experimental Studies On Treatment Of Distillery Effluent By Liquid Membrane Extraction”, Chemical Engineering Journal, Volume 95, Number 1-3, pp. 199-204.
- Merck, E., The Testing Of Water, Fifth Edition, Darmstadt, Germany.
- Miller, C. M., Valentine, R. L., Roehl, M. E., Alvarez, P. J. J., (1996), “Chemical And Microbiological Assessment Of Pendimethalin-Contaminated Soil After Treatment With Fenton’s Reagent”, Water Research, Volume 30, Number 11, pp. 2579-2586.
- Mochidzuki, K. ve Takeuchi, Y., (1999), “The Effects Of Some Inhibitory Components On Biological Activated Carbon Process”, Water Research, Volume 33, Number 11, pp. 2609-2616.
- Muslu, Y., (1996), Atıksuların Arıtılması, Cilt 1, 1. Baskı, Sayı 1577, İ. T. Ü. Rektörlüğü, İstanbul.
- Orhon, D., Yildiz, G., Ubay Çokgör, E. ve Sözen, S., (1995), “Respirometric Evaluation Of The Biodegradability Of Confectionary Wastewaters”, Water Science Technology, Volume 32, Number 12, pp. 11-19.
- Orhon, D., Ateş Genceli, E., Ubay Çokgör, E., (1999), “Characterization And Modeling Of Activated Sludge For Tannery Wastewater”, Water Environment Research, Volume 71, Number 1, pp. 50-63.
- Orhon, D., Kabdaşlı, I., Ubay Çokgör, E., Tünay, O., Artan, N., (2002), “Experimental Assessment Of Optimum Operation Strategy For Large Industrial Wastewater Treatment Plants-A Case Study”, Environmental Engineering Science, Volume 19, Number 1, pp. 47-58.
- Özkan, O. ve Eroğlu, V., (1996), “Kağıt Endüstrisi Atıksularında İnert KOİ’ nin Belirlenmesi”, İ. T. Ü. 5. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 25-27 Eylül 1996, İstanbul.
- Öztürk, İ., Samsunlu, A. ve Melek, T., (1996), “Kağıt Ve Karton Endüstrisi Atıksularının İki Kademeli Biyolojik Arıtımı”, İ. T. Ü. 5. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 25-27 Eylül 1996, İstanbul.

Park, S.-J., Yoon, T.-I., Bae, J.-H., Seo, H.-J. ve Park, H.-J., (2001), "Biological Treatment Of Wastewater Containing Dimethyl Sulphoxide From The Semi-Conductor Industry", Process Biochemistry, Volume 36, pp. 579-589.

Salter, H. E., Boyle, L., Ouki, S. K., Quarmby, J. ve Williams, S. C., "The Performance Of Tertiary Lagoons In The United Kingdom: 1", Water Research, Volume 33, Number 18, pp. 3775-3781.

Samsunlu, A. ve Akça, L., (2000), "Organize Sanayi Bölgelerinde Atıksu Arıtımı- Kayseri Organize Sanayi Örneği", İ. T. Ü. 7. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 20-22 Eylül 2000, İstanbul.

San, A. H., Tüfekçi, N., Akça, L. ve Uçar, S., (1996), "Kumaş Terbiyesi Atıksu Arıtma Tesislerinde Performans Değerlendirmesi", İ. T. Ü. 5. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 25-27 Eylül 1996, İstanbul.

Sarıkaya, H. Z., Meriç, S., Yılmaz, E. ve Toröz, İ., (1996), "Organize Sanayi Bölgelerinde Arıtma Tesisi Maliyet Tahmini Ve Katılım Paylarının Belirlenmesi", İ. T. Ü. 5. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 25-27 Eylül 1996, İstanbul.

Sawyer, C. N., (1960), Chemistry For Sanitary Engineering And Science, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.

Sawyer, C. N. ve McCarty, P. L., (1978), Chemistry For Environmental Engineering, Third Edition, McGraw-Hill, Inc., New York.

Standart Methods For The Examination Of Water And Wastewater, (1989), Seventeenth Edition, Washington, D. C.

Talınlı, İ., Yalav, F. D., Turan Ertaş, T. ve Çapalov, L., (1996), "Pestisit Endüstrisi Atıksularının Arıtımı Ve Mikrokirleticilerin İzlenmesi", İ. T. Ü. 5. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 25-27 Eylül 1996, İstanbul.

Talınlı, İ., Altınbaş, M. ve Kınacı, C., (2000), "Kraft Hamuru Ve Kraft Kağıdı Üreten Bir Fabrikaya Ait Atıksu Arıtma Tesisinin Değerlendirilmesi", İ. T. Ü. 7. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 20-22 Eylül 2000, İstanbul.

Tchobanoglous, G. ve Burton, F. L., (1972), Wastewater Engineering: Treatment, Disposal And Reuse, Third Edition, Metcalf&Eddy, Inc., Boston.

Turan, M., Ateş, A., Koyuncu, İ., Gülşen, H. ve Topacık, D., (2000), "Süt Endüstrisi Atıksularının Membran Prosesler Kullanarak Arıtılabilirliği Ve Geri Kazanımı", İ. T. Ü. 7. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 20-22 Eylül 2000, İstanbul.

Turner, A. H., Abram, F. S., Brown, V. M. ve Painter, H. A., (1985), "The Biodegradability Of Two Primary Alcohol Ethoxylate Nonionic Surfactants Under Practical Conditions, And The Toxicity Of The Biodegradation Products To Rainbow Trout", Water Research, Volume 19, Number 1, pp. 45-51.

Ubay Çokgör, E., Tünay, O. ve Gönenç, İ. E., (1996), "Havasız Arıtmadan Geçmiş Sitrik Asid Üretimi Atıksularının İleri Arıtma Olanaklarının Araştırılması", İ. T. Ü. 5. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 25-27 Eylül 1996, İstanbul.

Zeng, Y., Andrew Hong, P. K. ve Wavrek, D. A., (2000), "Chemical-Biological Treatment Of Pyrene", *Water Research*, Volume 34, Number 4, pp. 1157-1172.



**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum Tarihi	19-12-1979	
Doğum Yeri	Edirne	
Lise	1990-1997	Edirne Anadolu Lisesi
Lisans	1997-2001	Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fak. Kimya Öğretmenliği Bölümü
Yüksek Lisans	2001-2004	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, Analitik Kimya Programı

