

BİYOKİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI (BOİ)

DENEYİN AMACI : Su örneklerinin biyolojik oksijen ihtiyacının hesaplanması

TEORİ:

Atıksular organik maddeler içerdiğinden, bunların konsantrasyonları, yani sudaki miktarları, kirlilik derecesinin ölçüsü olarak kabul edilir. Organik maddenin ölçüsü olarak, biyokimyasal oksidasyon (karbonlu maddelerin oksitlenmesi) sırasında harcanan oksijen miktarı esas alınabilir ve bu değer de BOİ olarak adlandırılır.

içerisinde bakteri bulunan kanalizasyon veya endüstri atık sularına oksijen verildiği takdirde, bakteriler aracılığı ile, kararsız (çürüyebilen) maddeler aerobik parçalanmaya uğrar. Bu ayrışma sırasında bir miktar oksijen sarf edilir. Çürüyebilen maddeler kararlı hale dönüşürler. Organik maddelerin aerobik şartlarda kararsız halden kararlı hale gelmeleri için bakteriler tarafından kullanılan oksijen miktarına, "biyokimyasal oksijen ihtiyacı" denir .

BOİ parametresi, kanalizasyon ve içinde toksik maddeler bulunmayan endüstri atıklarının kirlitebilme derecesini, gerekli oksijen miktarı cinsinden tayinde kullanılır. Ayrıca artıma sistemlerinin tasarımı ve işletilmesi, alıcı ortama atık su deşarj limitlerine uygunluğunun kontrol edilmesi ve biyolojik artıma sistemlerinin performansının ölçülmesinde kullanılmaktadır. Yerleşim alanlarından kaynaklanan evsel atık suların BOİ değeri ortalama 200mg/lt değerindedir.

BOİ deneylerinde meydana gelen reaksiyonlar, biyolojik faaliyetlerin sonucudur. Reaksiyon hızı, sıcaklık ve suyun kirliliğine bağlıdır. Deneyde yaşayan organizmalar, organik maddelerin su ve karbon dioksit oksidasyonu için görev yaparlar. Deney sırasında oksijen miktarının tükenmemesi gereklidir. 20 °C de oksijen sudaki çözünebilen miktarı 9,0 mg/L'dir. Bu nedenle, kirli suların istenen düzeye kadar seyreltilmesi gereklidir. Ortamın bu süre esnasında bakterilerin faaliyetini engellemeyecek şekilde uygun olması gereklidir. Ortamda zehirli maddeler bulunmamalıdır. Ayrıca gerekli yiyecek maddesi ve bakterilerin büyümesi için azot, fosfor gibi belirli elementlerin bulunması gereklidir. Teorik olarak tam bir biyolojik oksidasyon için çok uzun zaman gerekir. Pratikte reaksiyonun 20 günde tamamlandığı kabul edilir. Ancak tecrübeler, biyolojik oksijen ihtiyacının büyük bir kısmının ilk 5 günde sarf edildiğini göstermiştir. Kullanma suları ve birçok endüstri artık sularında 5 günlük BOİ nin toplam BOİ nin %70'i veya %80'i oranında olduğu bulunmuştur. Bu durum ortamdaki organik madde miktarı ve aşının (ayrışmayı sağlayacak mikroorganizmalar) kalitesi ile ilgilidir.

DENEYİN YAPILIŞI

ARAÇ GEREÇLER:

1. BOİ şişeleri: 250 ile 300 ml'lik ağzı sıkı cam kapaklı
2. İnkübatör: 20±1°C'de termostat yardımıyla sıcaklığı korunabilen özellikte.
3. Büret
4. Pipet
5. Titrasyon için erlen
6. Mezür

KULLANILAN REAKTİFLER

Distile Su

Seyreltme suyu ve reaktiflerin hazırlanmasında kullanılan distile suyun çok iyi kalitede olması gereklidir. Distile suyun kapsamında Cu miktarı 0,01 mg /L'den daha az olmalı ve serbest klor, klor aminler, hidroksit alkaliliği, organik madde veya asitler bulunmamalıdır.

Fosfat tampon çözeltisi

8.5 gr potasyum dihidrojen fosfat (KH₂PO₄), 21.75 gr dipotasyum hidrojen fosfat (K₂HPO₄), 33.4 gr disodyum hidrojen fosfat heptahidrat (Na₂HPO₄.7H₂O) ve 1.7 gr amonyum klorür (NH₄Cl), yaklaşık 500 ml distile suda çözülür ve litreye tamamlanır. Bu tampon çözeltinin pH'ı 7,2 olmalıdır.

Magnezyum sülfat çözeltisi

22.5 gr (MgSO₄.7H₂O) distile suda çözülür ve litreye tamamlanır.

Kalsiyum klorür çözeltisi

27.5 gr susuz CaCl₂ distile suda çözülür ve litreye tamamlanır.

Demir (III) klorür çözeltisi

0.25 gr FeCl₃.6H₂O distile suda çözülür ve litreye tamamlanır.

Asit ve alkali çözeltiler, 1 N

Asidik veya bazik olan kullanılmış su numunelerinin nötralizasyonunun sağlanması gerekir. Bunun için 1 N NaOH veya 1 N H₂SO₄ kullanılır.

Sodyum sülfat çözeltisi

1.575 gr susuz Na₂SO₃, 1 L distile suda çözülür. Bu çözelti dayanıklı olmadığından günlük olarak hazırlanmalıdır.

Nitrifikasyon inhibitör çözeltisi

500 mg alil tiyolüre distile suda çözülür, 1 litreye seyreltilir.

Yapılışı

Aşılama

Aşılamanın amacı, numune içinde kullanılmış suları okside edebilecek uygun mikrobiyolojik toplulukların verilmesidir. Evsel kullanılmış su, klorlanmamış deşarjlar ve yüzeysel sularda bu tip mikroorganizmalar zaten mevcut olduğundan aşılama gerektirmez. Standart aşılama maddesi, çöktürülmüş ve 20°C'de 24 ila 36 saat saklanmış evsel atık sudur.

Seyreltme Suyunun Hazırlanması

Seyreltme suyunun, doyumluğa yakın çözünmüş oksijeni bulunmalıdır. Bu amaçla 20°C'deki distile su veya deiyonize su kullanılır. Distile suyun havalandırılması, bir hava pompasına bağlı difüzör kullanılarak ya da seyreltme suyunu kısmen dolu bir kaptan şiddetle çalkalayarak sağlanabilir. İstenen hacimde distile su, uygun bir kaba alınır ve 1 L su başına 1 mL fosfat tamponu, 1 mL MgSO₄ çözeltisi, 1 mL CaCl₂ çözeltisi ve 1 mL FeCl₃ çözeltisi ilave edilir. Bu

karışım karıştırılarak veya bir hava pompası ile havalandırılır. Seyrelme suyu $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de ağzı pamuklu kapalı şişelerde korunmalıdır.

Seyreltme tekniği

Numunenin harcayabileceği çözülmüş oksijen göz önüne alınarak çeşitli seyreltme oranları kullanılmalıdır.

- a) İçme suları için seyreltme yüzdesi yarı yarıya olabilir.
- b) Çöktürülmüş atıksularda BOİ, 50-200 mg/L'dir ve seyreltme % 2-3 ve % 3-4 olabilir.
- c) Arıtma işleminden geçirilmemiş atıksularda BOİ, 100-300 mg/L, seyreltme % 1-2 olabilir.
- d) Kirlenmiş nehir sularında seyreltme yüzdesi % 25-100 olabilir.
- e) Göl suyu, nehir suyu, çay suyu için durumuna göre seyreltme % 10-20 veya % 50 olabilir.
- f) Çok kirlenmiş atıksular veya endüstriyel atıksular için % 1-2'lik seyreltme yapmadan önce bir kısım atıksu 10 kısım seyreltme suyu ile seyreltilir.

Diğer bir yöntem ise, atıksuyun tahmini BOİ'sine göre seyreltme oranı seçimidir. Tablo 1'de tahmini BOİ değerlerine karşılık gelen seyreltme yüzdeleri verilmiştir.

Tablo 1. Tahmini BOİ değerlerine karşılık gelen seyreltme yüzdeleri

Tahmini BOİ (mg/L)	Seyreltme %
0-7	100
4-14	50
10-35	20
20-70	10
40-140	5
100-350	2
200-700	1
400-1400	0.5
1000-3500	0.2
2000-7000	0.1
4000-14000	0.05
10000-35000	0.02
20000-70000	0.01

Bunun için, bir mezürde toplam hacim 1 litre olacak şekilde seyreltmeler hazırlanır. Her örnek için beklenen BOİ değerinin karşısındaki seyreltmeden başka tabloda onun bir üst ve altında yer alan seyreltmeler de yapılır. Böylece her örnek için üç seyreltme yapılmış olur.

Örneğin tahmini BOİ'nin 800 mg/L civarında olması bekleniyorsa, en uygun seyreltme oranı tablodan %0.5 olarak bulunur. 1 litrelik hacim için bu örnekten kabı iyice çalkalayarak $(0.5/100) \times 1000 = 5$ ml almak gerekir. Tabloda %0.5'in bir altındaki ve üstündeki seyreltme oranları %1.0 ve %0.2'lik seyreltmelerdir. Bunlar için sırasıyla 10 ml ve 2 ml numune alınır. 5 günlük inkübasyon sonucunda numuneler en az 2mg/l oksijen tüketmeli ve BOİ şişesinde minimum 1mg/l oksijen kalmalıdır.

İnkübasyon

Şahit seyreltme suyu ve hazırlanmış numune 5 gün 20°C'de karanlıkta inkübe edilir. İnkübatörden çıkarılan numunenin çözünmüş oksijen konsantrasyonunun en az 1 mg/L ve

birinci gün tayin edilen çözünmüş oksijen ile besinci gün sonunda tayin edilen çözünmüş

oksijen konsantrasyonları farkının en az 2 mg/L olması istenir.

Çözünmüş oksijen ölçümü

İnkübasyondan önce ve sonra seyreltme suyu ve numunenin çözünmüş oksijen konsantrasyonları belirlenmelidir.

Bunun için,

- 250-300 mL'lik hacmi bilinen Ç.O şişesine numune ağzına kadar doldurulur ve şişeden numune taşırılarak şişenin ağzı kapatılır. Şişenin içinde hava kabarcığı kalmamalıdır.
- Şişenin kapağı açılarak 1 mL mangan sülfat çözeltisi, bunu takiben 1 mL alkali-iyodür-azotür reaktifi şişenin tam dibine doğru uzun bir pipet yardımı ile ilave edilir.
- Şişenin kapağı kapatılarak sise en az 15 defa alt-üst edilerek karıştırılır.
- Çökelek oluştuğunda şişenin kapağı açılarak 1 ml derişik H_2SO_4 çözeltisi katılır ve şişenin kapağı kapatılır.
- Daha önce oluşmuş çökeleğin tamamen çözünmesi için sise ters-düz edilerek karıştırılır. Çökelek çözüldükten sonra şişedeki çözeltiden 200 ml ölçülerek bir erlene alınır.

Aşılama

Standart asılama maddesi, çöktürülmüş ve 20°C'de 24 ila 36 saat saklanmış evsel atıksudur. Genellikle kullanılan ası miktarı 1-2 mL/L'dir. Evsel atıksu ile asılandıklarında bile içerdikleri bir kısım organik maddenin indirgenmesi mümkün olmayan atıkların BOİ analizinde, bu tip atıklara adapte olmuş özel asıların kullanımı uygundur. Bu asılar ya biyolojik arıtma üniteleri çıkış sularından alınır veya deşarj edildiği yüzeysel sudan ve deşarj noktasından 3-8 km aşağıdan alınır. Bazı atıklara adapte olmuş özel asıların kullanımında, bu miktar arttırılabilir. Ası, alındıktan sonra 24 saat içinde kullanılmalı ve kullanılıncaya kadar sürekli havalandırılmalıdır. Asılamadan az önce havalandırma durdurulup ası numunesi çökeltilir. Asılama için üstteki çözünmüş ve koloidal kısım (üst kısım) kullanılır.

Aşılama Düzeltmesi

Aşı düzeltmesi için, aşı olarak kullanılan havalandırılmış aşı numunesinden seyreltme suyu

ile, %2'lik ve %5'lik iki seri seyreltme hazırlanır. Bu seyreltmelerde inkübatöre konur. Yapılan seyreltmelerden 5 günde %40-70 çözünmüş oksijen tüketimi yapan bir tanesi aşı düzeltme hesabında kullanılır.

Seyreltme suyu kontrolü

İki BOİ şişesi, aşılammamış seyreltme suyu ile doldurulur. Ağız kapatılır ve biri inkübatörde

20°C'de tutulur ve birinde hemen çözülmüş oksijen tayini yapılır. İlk gün ve beşinci gün

oksijen tüketimleri farkı 0,2 mg/L'yi geçmemelidir. Bu sonucu gösteren seyreltme suları deney için uygun bir şekilde kullanılabilir.

BOİ deneyi kontrolü

BOİ deneyi bir biyo sınaama işlemidir. Seyreltme suyunun kalitesi, asının etkinliği ve

analizcinin tekniği, periyodik olarak belli BO_ 'ye sahip saf organik bileşiklerin kullanılması

ile kontrol edilebilir. Genellikle BO_ tayininde Glikoz + Glutamik asit karışımı (her birinden

150 mg/L olmak üzere) bu amaç için uygun bulunmuştur.

Glikoz Glutamik asit kontrolü

105 °C'de 2 saat kurutulmuş glükoz ve glutamik asitten 150 şer mg/L içeren bir yapay örnekten seyreltme suyu ile %2'lik seyreltme yapılır, aşılır ve BOİ₅ bulunur. Sonuç 200±37 mg/L aşı düzeltmesi 0.6 mg/L'den büyük olmalıdır.

OKSİTOPLAR

Oksitoplar ile ölçme sistemi kapalı bir sistemdeki basınç ölçümleridir. Numunedeki mikroorganizmalar oksijen tüketip CO₂ oluştururlar. Bu NaOH tarafından emilerek direk mg/L olarak ölçülebilen bir vakum oluşturur. Kullanılan numune hacmi tam bir BOD deneyi için gerekli oksijen miktarını düzenler.

İnkübütör şişesi örnek ile çalkalanarak temizlenir.

Manyetik bar şişeye yerleştirilir.

Çeşitli örnek hacimleri için ölçüm aralığı

<i>Sample volume (ml)</i>	<i>Measuring range (mg/l)</i>	<i>Factor</i>
432	0 - 40	1
365	0 - 80	2
250	0 - 200	5
164	0 - 400	10
97	0 - 800	20
43.5	0 - 2000	50

0-40 mg/l ölçüm aralığı için 432 ml örnek alınır.

2 adet NaOH tableti plastik korumaya konulur.

Oxitop ölçüm başlığı şişeye takılır. Oxitop sıfırlanır ve başlatılır.

5 gün süre ile 20 °C' de sürekli karıştırılarak bekletilir. Oxitop 24 saatte bir otomatik olarak oksijen tüketimini kaydeder. 5 gün sonunda değer 12 olarak okunmuştur.

HESAPLAMA

Aşı gerekli değilse

$$mg / LBOİ = \frac{D1 - D2}{P}$$

Aşılı seyreltme suyu kullanıldığında

$$mg / LBOİ = \frac{(D1 - D2) - (B1 - B2)f}{P}$$

Burada;

D1 : Numunenin hazırlandıktan 15 dakika sonraki çözülmüş oksijen değeri, (mg/L)

D2 : Seyreltik numunenin 5. gün sonundaki çözülmüş oksijen değeri, (mg/L)

B1 : Aşının birinci gün çözülmüş oksijen değeri, (mg/L)

B2 : Aşının beşinci gün çözülmüş oksijen değeri, (mg/L)

f : Numunedeki aşı yüzdesinin, aşı kontrolündeki aşı yüzdesine oranı

(D1'deki % aşı / B1'deki % aşı)

p : Numunenin seyreltme oranı (ondalık kesir olarak)

Kaynaklar: 1. Standard Methods for the examination of water and wastewater

2. Çevre Mühendisliği Kimyası, Prof. Dr. Ahmet SAMSUNLU