



BOİ (Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı)

1. AMAÇ

- Bir atıksu numunesinin 5 günlük BOİ'sini belirlemek ve bunu sınırlayan değişkenleri saptamak ve BOİ analizinin çevre mühendisliğindeki önemini kavramak.

2. TEORİK ÖN BİLGİ

BOİ, belirli bir sürede (5 gün) ve belirli bir sıcaklıkta (20 °C) aerobik bakteriler tarafından parçalanabilen organik maddeler için tüketilen oksijen miktarıdır. BOİ, sudaki kirlilik yükünün genel bir göstergesidir. Bu test, ayrıca, hem biyolojik olarak arıtılabilirlik kapasitesini belirlemeye hem de bir arıtma tesisinin ne ölçüde başarılı olduğunu öğrenmeye yarayan önemli bir biyoanaliz yöntemidir.

BOİ testinde doğal şartlar olabildiğince benzetilmeye çalışılır ancak numunelerin havayla teması önlenmelidir. Mikroorganizmaların karbonun sınırlayıcı değişken olduğundaki oksijen ihtiyacı belirlenir. BOİ testi doğadaki mikroorganizmalarla beslenen bir sistemi ve herhangi bir engelleyici (zehirli, toksik) koşulun olmadığı farz edilerek yapılır. Aynı mantıkla N, P gibi minerallerin de var olduğu farz edilir. Yeterli mikroorganizma barındıran atık sular için (evsel atık su gibi) aşısız BOİ testi uygulanabilir. Ancak sanayi kaynaklı atık sular için aşılama (aerobik bakteri kültürü) yapılması gerekir. Bazı atıksu türleri için KOİ ile BOİ arasında bir oran vardır. Bu orana göre hızlı sonuç veren KOİ analizi ile BOİ ölçümü için hangi aralıktaki seyreltmede çalışılacağı belirlenebilir.

Suyun 20 derecedeki çözünürlüğü kısıtlı (9 mg/L) olduğu için numuneleri seyreltmek gerekir. Çünkü çözülmüş oksijenin tamamen tükenmemesi istenir. Bu yüzden BOİ ölçümlerinde hangi konsantrasyonlar için ne kadar seyreltme gerektiğinin hesaplanması gerekir. Numunedeki oksijen değerleri biyolojik hareketlilik yüzünden anlık olarak değişebilir ve düşük sonuçların elde edilmesiyle sonuçlanabilir. Bu yüzden genel eğilim, analizin derhal veya donmaya yakın bir sıcaklıkta muhafaza edilip analiz öncesi 20 ± 3 °C'ye getirilerek yapılmasıdır.

Deney öncesi bütün numunelerin pH değeri, önceki deneyimler pH'ın kabul edilebilir aralıkta olduğunu göstermediği müddetçe, ölçülmelidir. Bu deneyde girişim (inhibisyon) yapabilen birçok madde vardır. Bu nedenle deneyin gerçek prosedürü girişimlere ve numunenin doğasına bağlıdır. Bu yüzden aşağıdaki özel durumlar için düzeltmeler yapılmalıdır.



a. Yüksek ya da düşük pH'a sahip numuneler: Sülfürik asit (H_2SO_4) veya sodyum hidroksit ($NaOH$) çözeltileri kullanılarak pH değeri 6.5 ila 7.5 arasına getirilir.

b. Artık klor bileşikleri içeren numuneler: Na_2SO_3 çözeltileri eklenerek yok edilir (NOT: Fazla Na_2SO_3 oksijen ihtiyacına sebep olur).

c. Zehirli madde içeren numuneler: Mikroorganizmalar için toksik (zehir) etki yapan metaller giderilmelidir.

d. Çözünmüş Oksijene aşırı doymuş numuneler: Böyle numuneler, kısmi dolu bir şişede yaklaşık $20^\circ C$ 'de hızlı bir şekilde çalkalanarak veya temiz, filtre edilmiş basınçlı havayla havalandırılarak, $20^\circ C$ 'deki doyma noktasına getirilir.

e. Sıcaklık: Numuneler seyreltme yapılmadan önce $20 \pm 1^\circ C$ 'ye getirilir.

f. Nitrifikasyonun engellenmesi: Şişeler kapatılmadan önce 3 mg 2-kloro-6-(trikloro metil) piridin (TCMP) eklenir.

3. KULLANILACAK ARAÇ/CİHAZ/MALZEMELER

- ÇO metre
- İnkübatör ($20^\circ C$)
- BOİ şişeleri
- Oksitop
- Çeşitli cam malzemeler

4. YAN REAKTİFLER (AYRAÇLAR): Yan reaktiflerin birçoğu sudaki ozmotik şartların sağlanması için eklenmelidir.

1. Fosfat tampon çözeltileri: 8,5 g KH_2PO_4 , 21,75 g K_2HPO_4 , 33,4 g $Na_2HPO_4 \cdot 7H_2O$ ve 1,7 g NH_4Cl yaklaşık 500 mL distile suda çözülür, pH 7,2 olacak şekilde 1 L hacme seyreltilir.

2. Magnezyum sülfat çözeltileri: 22,5 g $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ distile suda çözülür ve 1 L hacme seyreltilir.

3. Kalsiyum klorür çözeltileri: 27,5 g $CaCl_2$ distile suda çözülür ve 1 L hacme seyreltilir.

4. Demir klorür çözeltileri: 0,25 g $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ distile suda çözülür ve 1 L hacme seyreltilir.

5. Asit ve alkali çözeltileri, 1N: Alkali veya asidik atık numunelerinin nötralizasyonu için

1. Asit – 28 mL konsantre sülfürik asit yavaşça ve karıştırılarak distile suya eklenir. 1 L hacme seyreltilir.
2. Alkali – 40 g sodyum hidroksit distile suda çözülür. 1 L hacme seyreltilir.

6. Nitrifikasyon inhibitörü: 2-kloro-6-(triklorometil) piridin (TCMP).

7. Seyreltme suyu: Deiyonize ya da distile su doyunluğa ulaşana kadar havalandırılır. Seyreltme suyu şahitleri 24 saatten fazla saklanmamalıdır. Havalandırma, bir hava pompasına bağlı difüzör kullanılarak ya da seyreltme suyunu kısmen dolu bir kaptaki şiddetle çalkalayarak



sağlanır. Kullanılacağı sırada seyreltme suyu sıcaklığı 20 ± 3 °C olmalıdır. Saklama ve havalandırma sırasında organik madde bulaşmaması için azami dikkat gösterilmelidir. Seyreltme oranı numunenin tahmini BOİ'sine göre belirlenir.

$$\text{Son O}_2 \text{ (en az 1 mg/L)} < \frac{\text{BOİ (tahmini)}}{\text{Seyreltme Oranı}} < \text{Başlangıç O}_2 \text{ (maks. çöz. mg/L)}$$

Örneğin; 20°C'de oksijenin sudaki çözünürlüğünün 9 mg/L olduğu ve deney sonunda en az 1 mg/L oksijenin kalacağı kabulü ile seyreltme oranı, BOİ'si 500 mg/L olan bir atıksu numunesi için 55 ile 100 aralığındadır (80 kat seyreltme yapılabilir). Deney sonunda istenen düzeyde oksijen kalması için farklı seyreltme katsayıları ile çalışılabilir.

OKSİTOP İLE ÖLÇÜM

Oksitop, biyolojik olarak giderilen organik maddenin parçalanmasıyla açığa çıkan CO₂'nin kısmi basıncının ölçülmesi prensibiyle çalışır. Suyun buhar basıncının oluşturacağı girişim NaOH tabletleri ile giderilir. BOİ şişelerine balık atıldıktan sonra, oksitop ile şişenin kapatılması ve S ve M tuşlarına aynı anda basılması ile reaksiyonun başladığı kabul edilir. Bu oksitoplarda, evsel atıksu numuneleri için, genellikle, seyreltme yapmaksızın 164 mL numune hacmi kullanılır.



Şekil 1. Oksitop ve sabit sıcaklıkta kurulan düzenek.

5. İŞLEM SIRASI – BOİ şişeleri

1. Numune üzerine, suyun litresi başına birer mL KH₂PO₄ tampon, MgSO₄, CaCl₂ ve FeCl₃ çözeltileri eklenir.
2. 10 mg/L olacak şekilde nitrifikasyon inhibitörü eklenir.
3. pH 6,5-8,5 arasında değilse asit ya da alkali çözeltiyle pH 7'ye getirilir.
4. Yeterli miktarda aşı ilave edilir (1-2 mL).
5. Kullanmadan önce seyreltme suyu sıcaklığı 20 ± 3 °C'ye getirilir. ÇO'ya doyması sağlanır. Numune üzerine 1 L olacak şekilde tamamlanır.
6. En az 3 paralelde aynı numuneler hazırlanır ve hava almasını engellemek için suyla tamamlanır, inkübatöre konur.
7. 3 şişeden birinde 15 dakika içinde ÇO tayini yapılır, kaydedilir.
8. 5 günün sonunda aşındaki/seyreltme suyundaki ve numunelerdeki ÇO değerleri ölçülür.



6. İŞLEM SIRASI - Oksitop

1. Yeterli miktarda BOİ şişesi ve atıksu numunesi hazırlanır.
2. pH 6,5-8,5 arasında değilse asit ya da alkali çözeltiyle pH 7'ye getirilir.
3. Analizi yapılacak evsel atıksu ve NaOH tabletleri BOİ şişesine konur ve oksitop ile ağzı kapatılır.
4. Oksitop'un iki tuşuna aynı anda basılarak ölçüm işlemine başlanır. Tüketilen oksijen miktarı günlük kaydedilir.

7. SONUÇLAR VE HESAPLAMA

BOİ değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanır.

$$BOİ_5 (mg/L) = \frac{(D_1 - D_2) - (B_1 - B_2)f}{P}$$

D₁: Aşılı seyrelmiş atık suyun numune hazırlandıktan sonra 15 dakika içinde ölçülmüş çözünmüş oksijen değeri (mg/L)

D₂: Aşılı seyrelmiş atıksuyun inkübasyondan sonraki çözünmüş oksijen değeri (mg/L)

B₁: Seyrelmiş aşının hazırlandıktan sonra 15 dakika içindeki çözünmüş oksijen değeri (mg/L)

B₂: Aşı numunesinin inkübasyondan sonraki çözünmüş oksijen değeri (mg/L)

f = Numunedeki aşı yüzdesinin kontroldeki aşı yüzdesine oranı (D₁'deki aşı % / B₁'deki aşı %)

P: Seyreltme oranı

Oksitop ile ölçümde;

5 günün sonunda ölçüm sonucu oksitop ölçüm föyündeki faktör ile çarpıldıktan sonra kaydedilir.

- 1) BOİ testinde aşı kontrolü niçin gereklidir?
- 2) BOİ ile KOİ arasındaki ilişkiyi anlatın.
- 3) BOİ ölçümü yerine KOİ kullanılabilir mi?
- 4) BOİ testi çevre mühendisliğinde hangi alanlarda daha çok karşınıza çıkar.
- 5) BOİ testi ile atıksu arıtma tesisi yatırım ve işletme maliyeti arasında bir bağlantı var mıdır? Varsa bu bağlantıları açıklayınız?

8. KAYNAKLAR

- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Ed. APHA, AWWA, WPCF, 1998, pp.2.26-2.29.