

**T.C.**

**NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ**

**MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ**

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**CEV302-TEMEL İŞLEMLER LABORATUVARI**

**DENEY FÖYÜ**

**KONYA, 2021**

**İÇİNDEKİLER**

[LABORATUVARDA UYULMASI GEREKEN KURALLAR 3](#_Toc473527830)

DENEY NO 1: [ÇÖKELTME TANKLARI HİDROLİĞİ 6](#_Toc473527833)

DENEY NO 2: [2. TÜR ÇÖKELME 14](#_Toc473527834)

DENEY NO 3: [3. TÜR ÇÖKELME 21](#_Toc473527835)

DENEY NO 4: [FİLTRE MALZEMESİ KARAKTERİSTİĞİ VE SÜZÜLEBİLİRLİK 28](#_Toc473527836)

DENEY NO 5: [HAVALANDIRMA 33](#_Toc473527837)

DENEY NO 6: [AKTİFLENMİŞ KARBON ADSORPSİYONU 38](#_Toc473527838)

DENEY NO 7: [REAKSİYON KİNETİĞİ VE REAKTÖRLER 42](#_Toc473527839)

DENEY NO 8: [JAR TEST 50](#_Toc473527840)

DENEY NO 9: [İYON DEĞİŞTİRİCİ KOLON DENEYİ 55](#_Toc473527841)

DENEY NO 10: [KIRILMA NOKTASI KLORLAMASI 61](#_Toc473527842)

DENEY NO 11: [Fe OKSİDASYONU 65](#_Toc473527843)

DENEY NO 12: [BİYOLOJİK ARITILABİLİRLİK 68](#_Toc473527844)

[RAPOR KAPAĞI VE YAZIM FORMATI 74](#_Toc473527845)

# LABORATUVARDA UYULMASI GEREKEN KURALLAR

* Laboratuvarda kesinlikle önlüksüz çalışılmamalıdır.
* Asit, solvent vb. buharlaşabilen maddelere karşı ağız ve buruna maske takılmalı, kimyasal maddeyle teması önlemek için latex eldiven kullanılmalıdır.
* Laboratuvarda çalışırken kontakt lens kullanılmamalıdır.
* Laboratuvarda önü kapalı ayakkabılar ve uzun pantolonlar giyilmelidir.
* Uzun saçlar, açık alev kullanırken geriye doğru bağlı olmalıdır.
* Laboratuvarda yemek yenmemeli, içecek ve sigara kesinlikle içilmemelidir.
* Herhangi bir kaza olduğunda derhal laboratuvar yürütücüsüne haber verilmelidir.
* Giysi ve çantalar laboratuvarda bunlar için ayrılmış özel bölümlere bırakılmalıdır.
* Ne olduğu bilinmeyen bir madde asla tadılmamalıdır. Buhar veya gaz kaçağının kaynağını belirlemek için asla koklanmamalıdır. Bunun yerine elle kontrol edilerek kaçağın yeri bulunabilir. Buharlar asla solunmamalıdır, herhangi bir koku varsa sadece kaynağı belirlenmeye çalışılmalıdır.
* Kullanacak kimyasalların ne olduğu öğrenilmeli ve kimyasallar depolandıkları kaptan alınmadan önce üzerindeki etiketi dikkatli bir şekilde okunmalıdır.
* Deneylerde kullanılacak reaktifler gereğinden fazla hacimde hazırlanmamalı, eğer kullanılacağından fazla hazırlanmışsa kullanılmayan kısım stok şişelerine boşaltılmalı ve şişe mutlaka etiketlenerek içindeki maddenin ne olduğu, hangi konsantrasyonda olduğu, hangi tarihte hazırlandığı ve kime ait olduğu mutlaka yazılmalıdır.
* Alkoller ve aseton gibi reaktifler çok çabuk alev alır. Bu nedenle açık alevle çalışılan yerin yakınında bu malzemeler bulundurulmamalıdır.
* Her zaman suyun içine asit dökülmelidir, eğer asidin içine su dökülürse reaksiyon ısısı artar ve şiddetli patlamalara neden olur, asit etrafa sıçrar.
* Eğer kimyasallar, göz veya deri ile temas ettiyse derhal bol miktarda su ile yıkanmalı ve laboratuvar yürütücüsüne danışılmalıdır.
* Eğer test tüpü veya test kabını ısıtmak gerekiyorsa diğer çalışanlara uzak bir yerde yapılmalıdır.
* Pipet ağızla kullanılmamalıdır, pipet pompası (puar) yardımıyla kullanılmalıdır.
* Kullanılan kimyasallar ortada kalmamalı, kapalı kabında ve uygun bir şekilde yerine yerleştirilmelidir.
* Laboratuvarı terk etmeden önce kullanılan cam malzemeler ve eller yıkanmalıdır.
* Kullanılan cam malzemeler önce yıkama asidinden geçirilmeli, sonra musluk suyu ile iyice durulanmalı, ardından saf su ile çalkalanıp etüvde kurutulduktan sonra yerine kaldırılmalıdır.
* Deney bitiminde deney düzenekleri uygun biçimde toplanmalı, düzeneğin bulunduğu çalışma alanı ve kullanılan cihazlar temizlenerek (üzerlerine çözelti vs. sıçramış olabilir) bırakılmalıdır.
* Laboratuvardan çıkmadan elektrik, su, gaz sistemleri ile kapı ve pencereler kontrol edilmelidir.

# NOTLANDIRMA

Lab notu = % 10 Quiz + % 40 Rapor + % 50 Sınav (Vize Sınavı ve Final Sınavı)

**DENEY NO: 1**

# ÇÖKELTME TANKLARI HİDROLİĞİ

Çökme ve çöktürme işlemleri Çevre Mühendisliğinde su ve atıksuların artımında en çok kullanılan işlemlerdir. Çökme, bir maddenin ağırlık etkisiyle, yani yerçekimi kuvvetinin etkisiyle su ortamından ayrılmaları, dibe toplanmaları olayıdır. Çöktürme, kelime anlamıyla kuvvet uygulayarak çökme işleminin ortaya çıkmasıdır. Su ve atıksu ortamında bulunan tüm kirlilikler nihai olarak katı madde olarak çöktürülerek ortamdan uzaklaştırılırlar. Çökelme, suda bulunan katı maddelerin ağırlıkları etkisiyle, su ortamından ayrılma olayı olmasına rağmen, katı maddeler çökelme esnasında farklılık gösterirler. Örneğin tek bir tanecik diğer tanecikten etkilenmeden çökeliyorsa, taneli ve serbest çökelme, eğer tanecikler çökelme esnasında yumaklaşarak bir çökelme oluşturuyorsa, yumaklı çökelme veya çökelen maddeler bir blok şeklinde çökeliyorsa bölgesel çökelme adını almaktadırlar. Taneli ve serbest çökelmede, çökelme boyunca çökelme hızı sabit kalırken, yumaklı ve bölgesel çökelmelerde çökelme hızları zamanla değişikliğe uğramaktadır.

Sudaki partiküllerin çökme hızları temelde partiküllerin kimyasal yapısına ve derişimlerine bağlıdır. Partikül derişimi arttıkça partiküller arası etkileşimlerin artacağı ve bunun sonucu olarak partiküllerin çökme hızlarında değişimler gözlenebilir. Partiküllerin çökme hareketlerinin şekil, boyut ve özgül ağırlık özelliklerine bağlı olarak büyük farklılıklar göstermesi ve işletmeden kaynaklanan bazı parametrelerin de eklenmesi nedeniyle en temel ayırma işlemi olan çöktürme için standart bir teorinin olmadığı görülür. Ancak ideal şartlar oluşturularak gerçekleştirilen çöktürme deneylerinden elde edilen veriler kullanılarak çöktürme işlemlerinin davranışları tahmin edilmektedir. Durgun bir sıvı içerisinde bulunan katı taneciğin üzerinde başlıca 3 kuvvetin etkisi vardır. Bunlar yerçekimi (taneciğin ağırlığı), suyun kaldırma kuvveti ve sıvı-tanecik ara yüzeyindeki sürtünme kuvvetidir. Newton’un temel hareket kuralından yararlanarak bu kuvvetlerin bileşkesi alındığında taneciğin bu kuvvetlerin varlığındaki hareketinin özellikleri bulunur. Bunlardan başlıcaları, tanecik çökelme hızı ve Reynolds sayısıdır. Hareket eden tanecik belli bir süre sonunda sabit hızla hareket eder. Direnç kuvveti sıvının vizkozitesi, yoğunluğu, özgül kütlesi, taneciğin karakteristik çap ve hızının bir fonksiyonudur.

***Reynolds Sayısı***

Ortamdaki atalet kuvvetlerinin viskoz kuvvetlere oranı Reynolds Sayısıdır (Re). Akımın laminer veya türbülanslı oluşunu, türbülanslıdan laminere doğru eğilimini Reynolds Sayısı açıklar. Boyutsuz bir parametre olan Re taneciğin hızına, şekline ve sıvının yoğunluğu ile viskozitesine bağlıdır (1). Küresel tanecikler için Reynolds sayısı,



Burada;

ν: Kinematik viskozite

μ: Dinamik viskozite

δ: Yoğunluk olarak ifade edilir.

Re< 2000 ise akım laminer, 2000<Re<4000 durumunda türbülanslıya geçiş konumunda ve Re>4000 ise akım türbülanslıdır. Çökeltme verimini aksi yönde etkilememesi bakımından ise Re sayısının 2000’den küçük olması gerekmektedir.

***Froude Sayısı***

Ortamdaki dinamik (atalet) kuvvetinin ağırlığa oranının düzenlemiş hali olan boyutsuz sayı Froude Sayısıdır (Fr). Havuzlarda düzenli ve verimli bir akım için Froude (Fr) sayısının büyük olması istenir. Froude sayısı:



şeklinde ifade edilir. G yerçekimi ivmesini, v ortalama hızı ve R enkesitin hidrolik yarıçapını ifade eder. Havuzun Fr sayısının büyük çıkması için havuzun uzun, dar ve sığ olması gerekmektedir. Bu ise tabandan madde kaldırılmaması şartına ters düşer. Ayrıca türbülansı düşük tutmak için Re sayısının küçük olduğu geniş ve derin havuzlar gerekir. Hakiki havuzlar üzerinde yapılan denemelerde kısa devreleri ve kararsızlık durumlarını kabul edilebilir sınırlarda tutmak için Fr sayısının 10-5’den büyük olması gerektiği ortaya çıkmıştır.

Çökeltme tanklarında parçacık giderimi performansını belirleyen iki temel faktör; çökeltme tanklarının akım özellikleri (hidroliği) ve askıdaki katıların çökelme özelliğidir. Çökeltme tanklarının akım özellikleri tank içerisindeki sıvının hareketini temsil eder. Sıvı hareketi ile birlikte sıvının taşımakta olduğu katı maddeler de hareket edecektir. Bunun yanı sıra bu katıların yerçekimi kuvvetiyle tabana doğru da hareketi olacağından katı madde gideriminde taneciğin hareket yönünü bu iki kuvvetin bileşkesi tayin edecektir.

İçme sularının artımında, evsel ve endüstriyel atıksularda, askıda katıların çöktürülmesinin sağlanması için farklı tipte çökeltme tankları kullanılmaktadır. Genel olarak arıtma tesislerinde kullanılan çökeltme tankları şu şekildedir;

* Yatay akışlı dikdörtgen çökeltim havuzları,
* Taban eğimli dikdörtgen çöktürme tankları,
* Yatay akışlı dairesel çöktürme tankları,
* Dışa doğru radyal akışlı,
* Yukarı akışlı merkezi beslemeli konik tank

İçme suyu, evsel ve endüstriyel atıksu arıtımında askıdaki katı maddeleri ayırmak amacıyla çeşitli şekil ve akım modellerinde çökeltme tankları kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan çökeltme tankları genellikle akımın boydan boya olduğu dikdörtgen şekilli tanklar, dışa doğru radyal akımın veya radyal ve yukarı doğru akımın birlikte olduğu dairesel tanklar ve akımın yukarı olduğu silindirik, piramit ve konik şekilli tanklar şeklinde inşa edilmektedir. Bir çökeltme tankındaki akım özelliklerinin ideal reaktör tiplerinden ve özellikle piston akımlı reaktörden farklılaşmasının temel sebepleri kısa devreler ve dispersiyondur.

***Çökeltme tankında kısa devreler, stabilite ve dispersiyon:***

Bunların başlıca sebepleri;

* Giriş- çıkış yapıları,
* Değişken yoğunluklu akımlar,
* Değişken ısılı akımlar,
* Rüzgar vb. etkisiyle oluşan akımlar,
* Giriş su hızı ve bu hızdaki değişimlerdir.

Bu faktörlerin çökeltme tankındaki akım özelliklerini nasıl etkilediğini görmek için bir uyarı (boya) girişte şok yükleme şeklinde tanka verilir ve tank çıkışında akımın bu uyarıya nasıl cevap verdiği gözlenir. İdeal çökeltme tankında bütün suyun bekleme süresi, teorik bekleme süresine eşittir.



Gerçek çökeltme tankları ise ölü alanlardan, girdaplardan, rüzgar akıntıları ve termal akıntılardan etkilenir. Bu sebeple, bazı akışkan elementleri (suyun bir kısmı) daha kısa süre tankta kalırken, bir kısmı daha uzun sürede tankı terk eder. Ölü alanlar ve girdaplar akımın şeklini değiştirdiklerinden gerçek anlamda çökelme olmasını önlerler. Böylece çökelme için kullanılan hacim daha az olur. Bu ölü alanların değişik yönlerde akımların etkisini araştırmak ve tankın hidrolik karakteristiğini deneysel olarak belirlemek için suya bir belirteç bırakarak (boya gibi) tank içerisinde su hareketi izlenir. Çıkış suyunda belirteç konsantrasyonu ölçümü düzenli yapılır ve çizilen grafikten (Şekil 1) tanktaki akım hareketleri değerlendirilir.

**Dispersiyon sayısı**

Pratikte ne tam karışımlı ne de tam piston akımlı bir reaktör mevcuttur. Akım belirli bir dispersiyon (dağılma ve yayılma) hali içinde bu ikisi arasında bulunur. Dispersiyon sayısı büyüdükçe çıkışta elde edilen konsantrasyon değerlerinin varyansı artar. Dispersiyon sayısı,

şeklinde ifade edilir.

d: dispersiyon sayısı,

: dispersiyon katsayısı,

: ortalama hız,

L: uzunluk olarak ifade edilir.

Dispersiyon sayısı, deneysel olarak bulunan eğrilerin varyansının hesaplanması ile belirlenebilir. Varyans hesabı için teorik bekleme süresi bilinmelidir.

Teorik bekleme süresi;



: teorik bekleme süresi,

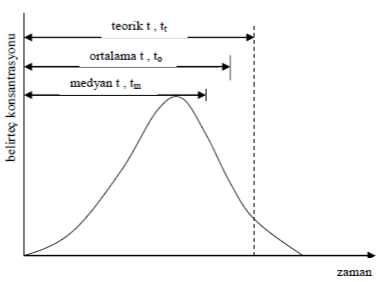
Ci: ti zamanında ölçülen konsantrasyon olarak ifade edilir.

Dispersiyona bağlı olarak varyans,

denklem kullanılarak hesaplanır.

İki örnekleme zamanı arasında geçen toplam süreye  denirse,

denklem elde edilir. Buradan hesaplanan değerσ2 ile denklemi eşitlenir ve d 1’den başlamak üzere farklı d değerleri için eşitlik sağlanmaya çalışılır. Eşitlik hangi d değerinde sağlanmışsa o havuz için dispersiyon sayısı o değere eşit demektir. Bu şekilde bulunan d ile deneysel verilerden elde edilen grafiğin şekli aynı reaktör ve akım türünün özelliklerini yansıtacak şekilde tutarlı olmalıdır.



**Şekil 1.** C-t grafiği



ci: i numunesindeki boyakonsantrasyonu

n: numune sayısı

ti: i numunesinin alındığı zaman

Δti: bir önceki numune ile zaman farkı

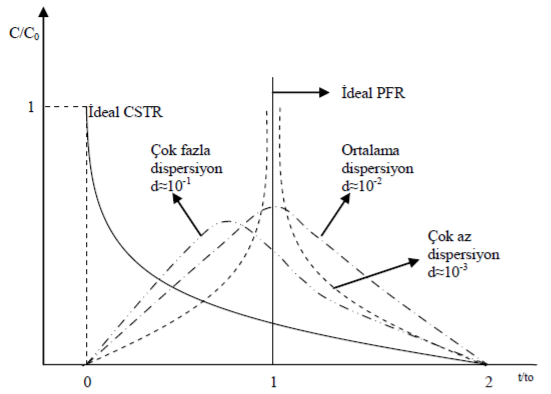
ölü alan vardır

ölü alan yok, ideale yakın.

kısa devre var, su yeterince beklemiyor

kısa devre yok

Ölü alanları ve kısa devreyi önlemek için perde kullanılır. Tam karışımlı sistemlerde reaktöre giren madde anında tüm hacme uniform bir şekilde dağılır. Reaktör düz akımlı ise giriş konsantrasyonu tank boyunca hiç dağılmadan hareket eder ve çıkıştaki boya konsantrasyonu enjeksiyondan uzun bir süre sonra ve birden artan şekilde görülür. Çökeltme tankında kısa devreler, stabilite ve dispersiyonun, çökeltme tankındaki akım özelliklerini nasıl etkilediğini görmek için bir uyarı (boya) girişte şok yükleme şeklinde tanka verilir ve tank çıkışında akımın bu uyarıya nasıl cevap verdiği gözlenir. Zamana karşı veri olarak alınan bu gözlem sonucunda tipik cevap eğrileri elde edilir (Şekil 2).



**Şekil 2**. Reaktör akım türlerine göre gözlenen tipik uyarı-cevap eğrileri. İdeal tam karışımlı reaktör (CSTR)’den ideal piston akımlı reaktör (PFR)’e değişim.

**Deneyin Amacı:**

Model çökeltme tankında akım özelliklerinin tespit edilmesi ve çökelme verimlerinin perdeli ve perdesiz durumlarda belirlenmesi.

**Deneyde Kullanılan Malzeme ve Kimyasallar:**

* Model dikdörtgen çökeltme tankı
* Spektrofotometre
* Kronometre
* Test tüpleri
* Metilen mavisi çözeltisi

**Yöntem:**

* Tank iç boyutları belirlenir.
* Tank perdesiz ve su ile dolu iken bekleme süresi (t) ve debi (Q) ayarlandıktan sonra akım başlatılır.
* 100 mg/L konsantrasyondaki metilen mavisi çözeltisinden tankta 2 mg/L olacak şekilde dozlama miktarı hesaplanır.
* t=0 anında boya dozlanıp zaman başlatılır. Zaman içerisinde boyanın tank eni ve boyunca akım özellikleri gözlenerek kaydedilir.
* Boya çıkışa geldiği andan itibaren 1.5 bekleme süresi kadar bir sürede değişik zamanlarda çıkış suyu numunesi alınır.
* Son numuneden sonra tank iyice karıştırılır ve ortalama bakiye boya konsantrasyonunu belirlemek için bir numune daha alınır.
* Bütün numunelerin 652nm dalga boyunda absorbans değerleri okunur.
* Aynı işlemler tank girişine perde konularak tekrarlanır.

**Sonuçlar:**

**A. Perdesiz tank için**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **t, dk** | **Çıkıştan alınan numune** | | **t/td** | **C/Co** |
| Abs......nm | C, mg/L |
|  |  |  |  |  |

**B. Perdeli tank için**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **t, dk** | **Çıkıştan alınan numune** | | **t/td** | **C/Co** |
| Abs......nm | C, mg/L |
|  |  |  |  |  |

t : Zaman T: teorik bekleme süresi C’: teorik ortalama boya kons., mg/L

**Hesaplamalar ve Değerlendirme:**

1. **Perdesiz tank için**
2. En kesit ve boy kesitteki boya dağılımını şekil çizerek açıklayınız. (5 P)
3. Giriş bölgesi ve çökelme bölgesi hacimlerini ve teorik bekleme sürelerini hesaplayınız.(5 P)
4. t – C grafiğini çiziniz ve gözlemleme süresince tanktan ayrılmış olan toplam boya miktarını hesaplayınız.(5 P)
5. Boya için kütle dengesini oluşturunuz ve tanka başlangıçta dozlanan teorik değerle sonuçta bulduğunuz toplam ortalama boya değerini kıyaslayıp tartışınız.(5 P)
6. t/td – C/Co grafiğini oluşturunuz, başlangıç, mod, medyan ve ortalama t/td değerlerini belirleyiniz.(5 P)
7. Bu tank için dispersiyon sayısını hesaplayınız ve bulduğunuz değer ile reaktördeki akım türünü yorumlayınız.(5 P)
8. **Perdeli tank için**
9. En kesit ve boy kesitteki boya dağılımını şekil çizerek tarif ediniz.(5 P)
10. t – C grafiğini çiziniz ve gözlemleme süresince tanktan ayrılmış olan toplam boya miktarını hesaplayınız.(5 P)
11. t/td – C/Co grafiğini oluşturunuz, başlangıç, mod, medyan ve ortalama t/d değerlerini belirleyiniz. (5 P)
12. Bu tank için dispersiyon sayısını hesaplayınız ve bulduğunuz değer ile reaktördeki akım türünü yorumlayınız (2P).
13. Perdeli ve perdesiz tanklar için elde ettiğiniz sonuçları kıyaslayarak tartışınız (3P).

**DENEY NO: 2**

# 2. TÜR ÇÖKELME

Sudaki partiküllerin çökme hızları temelde partiküllerin kimyasal yapısına ve derişimlerine bağlıdır. Partikül derişimi arttıkça partiküller arası etkileşimlerin artacağı ve bunun sonucu olarak partiküllerin çökme hızlarında değişimler gözlenebilir. Partiküllerin çökme hareketlerinin şekil, boyut ve özgül ağırlık özelliklerine bağlı olarak büyük farklılıklar göstermesi ve işletmeden kaynaklanan bazı parametrelerin de eklenmesi nedeniyle en temel ayırma işlemi olan çöktürme için standart bir teorinin olmadığı görülür. Ancak ideal şartlar oluşturularak gerçekleştirilen çöktürme deneylerinden elde edilen veriler kullanılarak çöktürme işlemlerinin davranışları tahmin edilmektedir.

***1. Tür Çökelme: (Discrete Settling)***

Solüsyondaki parçacık konsantrasyonu düşüktür ve her parçacık sadece kendi ağırlığı ile kendisi çöker. Bir parçacığın hareketi diğer parçacıkları etkilemez.

***2. Tür Çökelme: ( Flocculant Settling)***

Solüsyon nisbeten seyreltiktir. Parçacıkların çökerken birbirleriyle çarpışma ve küçük floklar oluşturma özelliği vardır. Atıksu arıtımında kullanılan ön çökeltme tankındaki parçacık hareketi 2. tür çökeltmedir.

***3. Tür Çökelme: (Zone Settling-Hindered Settling)***

Solüsyon konsantredir. Parçacıklar birbirine çok yakındır ve çökerken parçacıklar arası kuvvetler birbirleri arasında etkileşime sebep olurlar. Bir aradaki parçacıklar bir tabaka oluşturur. Bu tabaka aşağıya doğru çökerken diğerlerini de aşağı çeker. Biyolojik arıtım çökeltme tankındaki mekanizma budur.

***4. Tür Çökelme: ( Compression Settling)***

Yumaklaşmış parça konsantrasyonu oldukça yüksektir. Çökeltme tankının dibinde biriken çamurun alt tabakaları bu tür çökmeye tabidir. Üst tabakalardaki çamur arttıkça ağırlığı da artar ve dipte kalan çamuru sıkıştırır. Özellikle son çökeltme tankı dip çamurunda 4. tür çökelme görülür.

2. Tür çökelmede, solüsyonlarda parçacıklar ayrı ayrı çökmezler. Çökme sırasında birbirleriyle çarpışırlar. Bu çarpışmalar sonucunda birkaçı bir araya gelerek floklar oluştururlar. Bu daha büyük boyutta ve daha ağır olan bu floklar daha hızlı çökelirler. Bu tür çökelme örnekleri kimyasalla koagülasyon yapılmış sular ve atıksu arıtımında ön çökeltme tanklarında görülür. İkinci tür çökelmede birinci tür çökelmeye göre numune konsantrasyonu daha yüksektir ve numune içerisindeki partiküller tekil partiküller gibi davranmazlar. Çökelme boyunca (koagülasyon ve flokülasyon boyunca) partiküller birbirini etkilediği için partikül kütleleri artmakta ve çökelme daha hızlı olmaktadır. Flokülent parçacıkların bulunduğu bir süspansiyonda çökelme özelliklerini belirlemek için Şekil 3’de görülen kolon ile çökeltme kolonu analizleri yapılır.

h1

h2

h3

h4

h5

5-8 in

**Şekil 3.** 2.Tür çökeltme analizinde kullanılan tipik kolon şeması



**Şekil 4.** 2. Tür Çökelme Deney Ünitesi

2. Tür Çökelme deneyinde su numunesinin başlangıç AKM konsantrasyonu ölçüldükten sonra belirli zaman aralıklarında her çıkıştan numune alınır ve alınan bu numunelerde AKM ölçümü yapılır. Her bir numune için AKM giderim yüzdesi hesaplanır. Elde edilen değerler ile zamana karşılık toplam parçacık giderimi grafiği çizilir ve aynı AKM giderim yüzdesine denk gelen değerler birleştirilerek eş giderim eğrileri çizilir (Şekil 5). Bu eğri yardımıyla belirli bir verime ulaşmak için gerekli bekleme süresi hesaplanabilir.

R= Numunenin % katı madde giderimi

C0 = Başlangıç AKM değeri

Ce= Numunenin AKM değeri



**Şekil 5.** Çökelme eş giderim eğrilerinin çizilmesi

Eş giderim eğrileri çizildikten sonra herhangi bir (t) bekleme süresinde oluşan verimi hesaplamak için (t) değerinden dikme çıkılır ve eş giderim eğrileri kestiği yerin rota noktasının H’ı kestiği noktada (H1), (H2), (H3) değerleri elde edilir (Şekil 6). Elde edilen değerler aşağıda verilen eşitlikte yerine konarak giderme verimi (RT) hesaplanmış olur.



**Şekil 6.** (t3) bekleme süresi içinde (H) yüksekliğindeki çöktürme tankındaki AKM giderme veriminin hesaplanmasının grafiksel gösterimi (AB/2 = H1, BC/2 = H2, CD/2 = H3)



**Şekil 7.** Zaman ve giderim verimi arasındaki grafik

**Deneyin Amacı:**

2 tür çökelmenin gerçekleştiği kolonda tasarım bilgilerinin tespit edilerek çökelme özelliklerinin gözlenmesi.

**Deneyde Kullanılan Malzeme ve Kimyasallar:**

* Sedimantasyon Deney Ünitesi
* Atıksu numunesi
* Spektrofotometre

**Deneyin Yapılışı:**

* Su numunesinin başlangıç AKM konsantrasyonu ölçülür. Süspanse su numunesi kolona boşaltılarak çökelmeye bırakılır.
* Değişik zamanlarda, kolon çıkışlarından su numuneleri alınarak spektrofotometrede absorbans değerleri okunur. Tabloya aktarılır.
* Her bir numune için AKM giderim yüzdesi hesaplanır.
* Elde edilen değerler ile zamana karşılık toplam parçacık giderimi grafiği çizilir ve aynı AKM giderim yüzdesine denk gelen değerler birleştirilerek eş giderim eğrileri çizilir (Şekil 5).
* Bu eğri yardımıyla belirli bir verime ulaşmak için gerekli bekleme süresi hesaplanabilir.

**Sonuçlar:**

Kalibrasyon eğrisi: y= ax+b

y: Absorbans

x: katı madde konsantrasyonu

**Tablo 1.** Kolon çıkışından alınan numunelerin katı madde konsantrasyonu

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Zaman  (dk)  Musluk  yüksekliği | Okunan absorbans değeri | | | | | |
| h1 ….. cm | h2 ….. cm | h3 ….. cm | h4 ….. cm | h5 ….. cm | h6 ….. cm |
| t=0 |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Zaman  (dk)  Musluk  yüksekliği | Kalan konsantrasyon değeri | | | | | |
| h1 ….. cm | h2 ….. cm | h3 ….. cm | h4 ….. cm | h5 ….. cm | h6 ….. cm |
| t=0 |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Zaman  (dk)  Musluk  yüksekliği | % AKM giderim değeri | | | | | |
| h1 ….. cm | h2 ….. cm | h3 ….. cm | h4 ….. cm | h5 ….. cm | h6 ….. cm |
| t=0 |  |  |  |  |  |  |

**Hesaplamalar ve Değerlendirme:**

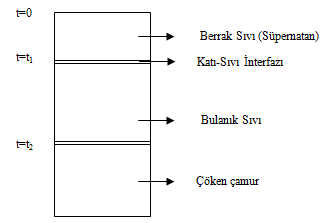
* Verileri grafiğe aktarıp eş giderim eğrilerini oluşturunuz (20P).
* Her bir eğrinin ekseni kestiği nokta için %R değerlerini hesaplayınız (10P).
* Her bir t için hesapladığınız %R değerlerini yeni bir grafiğe aktarınız (10P).
* Bu su numunesi için % 70 verime ulaşmak için gerekli bekleme süresini belirleyiniz (10P).

**DENEY NO: 3**

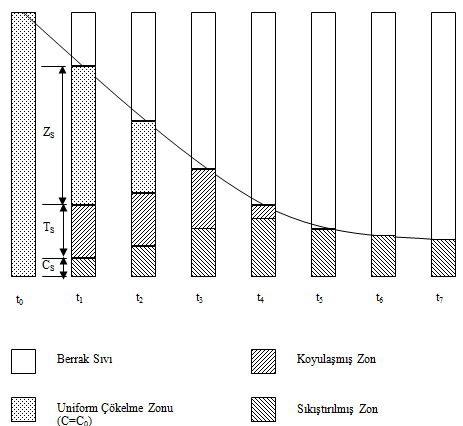
# 3. TÜR ÇÖKELME

Çökme ve çöktürme işlemleri çevre mühendisliğinde su ve atıksuların arıtımında en çok kullanılan işlemlerdir. Çökme bir maddenin ağırlık etkisiyle yani yerçekimi kuvvetinin etkisiyle su ortamından ayrılmaları, dibe toplanmaları olayıdır. Dört farklı tipte çökelme olayı mevcuttur.

3. tür çökelmede partikül konsantrasyonu oldukça yüksektir ve taneciklerin birbirlerini çarpışarak etkilemelerinin yanı sıra aralarında çekim kuvveti de oluşmaktadır. Partiküller birbirine bağlı olarak sabit pozisyonda durmaktadır ve sabit bir hızla çökelmektedir. Partikül konsantrasyonunun yüksek olması nedeniyle numunedeki sıvı kısım üst tarafta birikmektedir ve bu berrak kısım süpernatan olarak adlandırılmaktadır (Şekil 8). Sonuç olarak partikülleri içeren kısım bir zon olarak veya blanket şeklinde çökelme eğilimi gösterecektir. Bu durum zon çökelme olarak da adlandırılabilir. Katı ve sıvı tabaka arasında gözle görülür belirgin bir fark mevcuttur ve buna interfaz denir. Katı-sıvı interfazı Şekil 8’de görülmektedir. Şekil 9’da ise silindirik bir kolonda zamana karşılık konsantre bir sıvının çökelmesi görülmektedir.



**Şekil 8.** İnterfaz tabakası



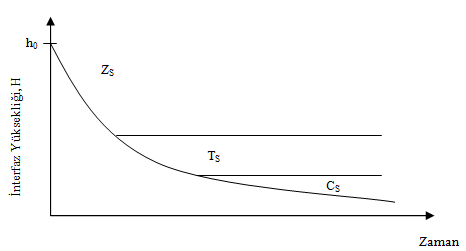
**Şekil 9.** Silindirik bir kolonda konsantre bir sıvının çökelmesi

Kolonda çökelme devam ederken, dip kısımda dördüncü tür çökelmenin olduğu bölgenin üzerinde partiküller sıkışmış bir tabaka meydana getirmeye başlamaktadır. Bu bölgedeki partiküller, tanecikler arası fiziksel ilişkinin olmadığı bir yapıya sahiptir. Sıkışmış tabaka daha düşük katı madde konsantrasyonuna sahip olan bir kısmı da kolonun üst bölgesine doğru itmektedir. Böylece sıkışmış çökelme bölgesinin üzerinde üçüncü tür çökelme yani zon çökelme özelliklerinin görüldüğü bir tabaka daha meydana gelmektedir. Üçüncü tür çökelme aktif çamur çökeltmesinde, koagülasyon-flokülasyon sonrası çökelme tankında görülmektedir.

****

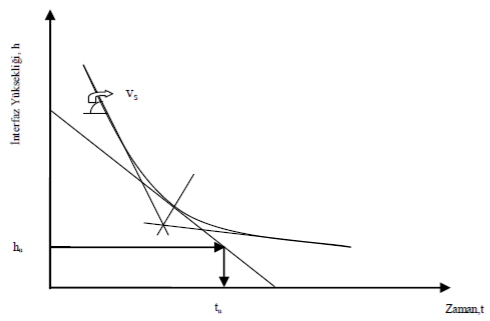
**Şekil 10.** 3. Tür çökelme deney ünitesi

Üçüncü tür çökelme verilerinin analizinde interfaz yüksekliği-zaman grafiği (Şekil 11) çizildikten sonra aşağıdaki aşamalar takip edilir:



**Şekil 11.** 3.Tür çökelmede interfaz yüksekliğinin zamanla değişimi

Eğrideki başlangıç lineer kısmının eğimi vs değerini verir. Yine grafikten iki lineer eğrinin uzantıları alınarak kesiştirilir ve oluşan geniş açının açıortayı çizilir. Açıortay ve grafikteki lineer olmayan kısmın kesiştiği noktadan eğriye teğet geçirilir. Dip çamur yüksekliği, hu değeri hesaplanarak teğet ile kesiştiği noktadan teorik bekleme süresi (tu) belirlenir. Bu, istenilen çamur çıkış konsantrasyonuna ulaşmak için geçen süredir. Çökeltme eğrisi üzerinde yapılan bu hesaplamalar Şekil 12’de görülmektedir.



**Şekil 12.** Çökeltme eğrisi üzerinde vs ve tu değerlerinin belirlenmesi

Bulunan vs değerine göre aşağıdaki formüller yardımıyla çamur yoğunlaştırma ve durultma için gerekli tank yüzey alanları hesaplanır.

Çamur yoğunlaştırma için gerekli alan;

.

QT: Toplam debi (Q+R)

1,5: Emniyet faktörü

Durultma için gerekli alan;

3.Tür çökeltme tankı boyutlandırılırken hesaplanan AT ve AC kıyaslaması yapılarak büyük alan seçilir.

Katı Akımı: Birim plan alanında katı yoğunlaştırma düzeyi olarak tanımlanır ve kütle/ alan.zaman birimiyle ifade edilir. Katı akım analizi için önce değişik konsantrasyonlar için çökelme eğrileri oluşturulur. Bunlardan vs değerleri hesaplanır. Hıza karşılık konsantrasyon vs-C ve katı akımına karşılık konsantrasyon GS-C eğrileri çizilir.

GS=Ci.vsi formülünden katı akımları hesaplanır.

GS :Yerçekimi etkisiyle katı akımı,

Ci :Katı madde konsantrasyonu,

vsi :Ci konsantrasyonunda çökme hızı.

Katıların dipten alınan çamur-su karışımının hareketine bağlı olarak aşağıya doğru bir sürüklenme hareketi de oluşur. İyice yoğunlaşmış çamurun hareketine bağlı olarak gerçekleşen bu olay da belli bir katı akımına sebep olur (bulk debi-yoğun çamur debisi).

Gb = Ci.vb

Gb :Bulk akım,

vb :Bulk çökme hızı.

Buna göre yerçekimi kuvvetiyle çökelme ve bulk hareketten dolayı oluşan sistemdeki toplam katı akımı:

GT = GS + Gb = Ci.vsi + Ci.vb

Qu :Dip çamur debisi,

A :Plan

Katılar için kütle dengesi: Mt=Q0.C0=Qu.Cu

Co :Giriş SS konsantrasyonu,

Qo :Tank giriş debisi,

Mt :Birim zamanda çöken katı ağırlığı.

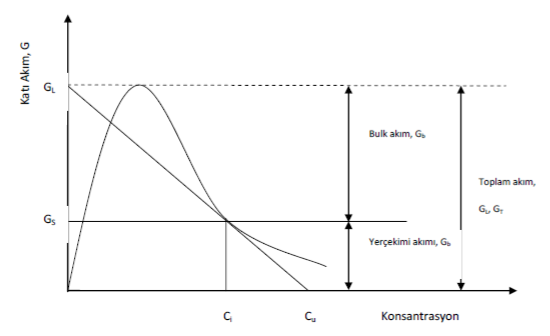
Kesit alan:

GL: Sınırlayıcı akım

elde edilir, diğer eşitlikte yerine konur ve kombine edilirse

= =

Yapılan bu hesaplamalardan sonra Şekil 13’te görülen konsantrasyona karşılık katı akım grafiği çizilir. Bu grafikte Cu seçilir ve eğriye tanjant çizilerek GL bulunur. Daha sonra tanjant eğimi hesaplanır. Hesaplanan bu eğim vb değerini vermektedir.



**Şekil 13.** Tipik katı akım eğrisi

**Deneyin Amacı:**

3. tür çökelmenin gerçekleştiği kolonda tasarım bilgilerinin tespit edilerek çökelme özelliklerinin gözlenmesi.

**Deneyde Kullanılan Malzeme ve Kimyasallar:**

* Ölçekli cam silindirik kolonlar
* Katı madde içeren su numunesi
* Kronometre

**Deneyin Yapılışı:**

* Farklı konsantrasyonda katı madde içeren su numuneleri kolonlara boşaltılır ve t=0 anında çökelmeye bırakılır.
* Belirlenen farklı zaman aralıklarında interfazların yüksekliği okunur. Tabloya kaydedilir (Tablo 1).

**Sonuçlar**

**Tablo 1.** Farklı hacimde flokülantlar için çökelme oranı

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Zaman (dk) | İnterfaz yüksekliği (cm) | | | | |
| 1. Kolon  C0=…mg/L | 2. Kolon  C0=…mg/L | 3. Kolon  C0=…mg/L | 4. Kolon  C0=…mg/L | 5. Kolon  C0=…mg/L |
|  |  |  |  |  |  |

**Hesaplamalar ve Değerlendirme:**

* Verileri kullanarak her bir kolon için interfaz yüksekliği-zaman grafiğini oluşturunuz (10 P).
* Çökelme hızını (vs) hesaplayınız ve grafikten teorik tu değerini bulunuz (20 P).
* Debinin 40 L/s olduğunu kabul ederek, gereken yoğunlaştırma ve durultma alanlarını hesaplayınız, Tank tasarımında bu alanlardan hangisini kullanacağınızı sebebiyle belirtiniz (10 P).
* Katı akım analizi yaparak 9000 mg/L dip çamur konsantrasyonuna erişmek için gereken zaman ve vb değerlerini hesaplayınız (10 P).

**DENEY NO: 4**

# FİLTRE MALZEMESİ KARAKTERİSTİĞİ VE SÜZÜLEBİLİRLİK

**Elek Analizi:**

Elek analizi için bir miktar malzeme alınır, etüvde kurutulur ve tanelenir. Böylece hazırlanmış malzemeden bir miktar tartılır. Elek dizisinde elekler üstten aşağıya iri gözlüden ince gözlüye doğru sıralanır. Ağırlığı belli malzeme dizinin en üstündeki eleğe boşaltılır. Eleme elle veya genellikle sarsma makinası ile yapılır. Eleme sonunda her elek üstünde kalan miktarlar tartılarak her elek için geçen taneciklerin ağırlık yüzdesi (% P) hesaplanır.

Elekten geçen miktar

% P =

Elemeye tabi tutulan toplam miktar

**IV.2 Filtrasyon Hidroliği:**

Filtrelerde oluşan hidrolik yük kaybının hesaplanmasında bazı ön kabuller yapılması zorunludur. Öncelikle taneler arası boşluktan akan suyun oluşturacağı yük kaybının boru içinde akan suyun oluşturacağı yük kaybıyla yakınsanarak hesaplanabileceği varsayılır. Böylece filtre yatağı derinliğinin boru boyuna, taneler arasındaki boşluğun da boru çapına eşit olduğu ön kabulü yapılır.

Bu esaslardan ve kabullerden hareketle yapılan çıkarımlar iki yük kaybı bağıntısını oluşturmuştur.

**IV.2.1 *Rose eşitliği***

 (1)

 : Filtre yük kaybı,

 : Filtre yatağı derinliği,

 : Sürtünme katsayısı,

 (2)

 (3)

 : Suyun yoğunluğu, g/cm3,

u : Filtrasyon hızı, cm/s,

 : Tanecik çapı (Elek analizinden ), cm,

µ : Dinamik viskozite, g/cm.s,

g : Yerçekimi ivmesi, cm/ s2,

 : Şekil faktörü (Küresel tanecikler için 1).

 : Porozite.

**IV.2.2 *Karmen-Kozeny eşitliği***

 (4)

 (5)

Bu eşitlikler tek bir parçacık büyüklüğünde yani üniform filtreler için geçerlidir. Eğer filtrede farklı boyutlu parçacıklardan veya farklı bir malzemeden oluşan katmanlar mevcutsa her bir katmanın yük kaybı hesaplanıp toplanır.

**Deneyin Amacı:**

Filtrasyonda kullanılan malzemenin fonksiyonunu etkileyen özelliklerini belirleyici testleri uygulamak ve bulanıklığın süzülmesinde malzemenin etkinliğini belirlemek.

**Deneyde Kullanılan Malzeme ve Kimyasallar:**

* Standart Elekler
* Terazi
* Piknometre (50 ml)
* Filtrasyon aparatı
* Spektrofotometre

**Yöntem:**

***Elek Analizi***

* Farklı boyutta taneciklerden oluşan kurutulmuş kumdan ............ g tartılır (yaklaşık 200 g).
* Kum numunesine uygun boyuttaki elekler üst üste sıralanır.
* En üstten kum dökülerek 5 dakika süreyle elenir.
* Herbir elek üzerinde kalan kum terazide tartılır.

***Parçacık Yoğunluğu***

* Önceden 1 saat kurutulmuş 50 ml piknometre tartılarak kuru ağırlığı belirlenir (M1).
* Bilinen sıcaklıkta saf su ile hava kabarcığı kalmayacak şekilde doldurup tartılır (M2).
* Su boşaltılıp piknometre 105°C’de kurutulduktan sonra kuru kum numunesiyle doldurulur ve tartılır (M3).
* Kumla dolu piknometrenin üzeri tamamen su ile doldurulup tartılır (M4).
* Parçacık yoğunluğunu denklem 6’dan hesaplanır.

 (6)

***Süzülebilirlik***

* Elek analizinden sonra ....... mm boyutlu elek üzerinde kalan malzemeden ........ g tartılarak filtrasyon aparatının hücresine doldurulur.
* ....... NTU bulanıklıktaki su yukarıdan beslenerek süzme işlemi başlatılır.
* Çıkışta alınan numunelerde kalan bulanıklık spektrofotometrede ........ nm dalga boyunda okunan absorbans yardımıyla belirlenir.

**Sonuçlar:**

***Elek Analizi***

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Elek Boyut  Aralığı | Kalan kum  ağırlığı, g | Kalan Kum  % | Etkin parçacık  Boyutu, mm | Re | CD | CD.X/d |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

***Parçacık Yoğunluğu***

M1 =..............g M3 =..............g

M2 =..............g M4 =..............g

***Süzülebilirlik***

Filtre malzemesi tane boyutu = .................. mm

Filtre yatağı derinliği = .................. cm

Filtre yatağı çapı = ................. cm

Giriş bulanıklık = ............... NTU

Çıkış bulanıklık = ............... NTU

**Hesaplamalar ve Değerlendirme:**

***Elek Analizi***

* Elde ettiğiniz verilere göre herbir elekten geçen kum oranını hesaplayınız:

% geçen = 100 – %kalan

* Etkin parçacık boyutu – geçen miktar grafiğini çiziniz.
* Grafikten d60 ve d10 değerlerini okuyarak uniformluk katsayısını hesaplayınız

uniformluk katsayısı = d60/d10

***Süzülebilirlik***

* Filtrenin verimini hesaplayınız
* Elek analizi ve parçacık yoğunluğu ölçümü sonuçlarından yararlanarak bu filtre yatağında gerçekleştirilen filtrasyon hızını (L/m2.dk) ve yük kaybını hesaplayınız.
* Bulduğunuz sonuçlara göre deneyde kullandığınız kumun arıtımda filtre malzemesi olarak kullanılabilirliğini tartışınız.

**DENEY NO: 5**

# HAVALANDIRMA

Çevre Mühendisi atmosfer şartlarında suda çözünmüş oksijen ile yakından ilgilidir. Çözünmüş oksijen (Ç.O) su içinde çözünmüş halde bulunan oksijen konsantrasyonu anlamındadır ve genellikle mg/L olarak ifade edilir. Atmosferdeki tüm gazlar suda belirli bir derecede çözünürler. Oksijen suda çok az çözünür ve su ile kimyasal olarak reaksiyona giremediğinden, çözünürlüğü doğrudan doğruya kısmi basınçla ilgilidir.

Bilindiği gibi su arıtımında rol oynayan mikroorganizmalar üç grupta toplanabilir; aerobik mikroorganizmalar, anaerobik mikroorganizmalar, fakültatif mikroorganizmalar. Organik ve anorganik maddenin oksidasyonu için serbest oksijen kullanılır ve ayrışmayan son ürünler oluşur. Anaerobik mikroorganizmalar ise ayrışma reaksiyonları için çözünmüş oksijene gereksinmeleri yoktur. Ortamda oksijen olmadığından anaerobik mikroorganizmalar gelişim gösterirler. Çözünmüş oksijen kirletici maddelerin doğal sularda kendi kendine arıtılmasında ve aerobik arıtma proseslerinde evsel ve endüstriyel atık suların arıtılmasında çok önemli bir faktördür. Arıtma tesislerinde kullanılacak olan oksijenin tesise verilebilmesi için atık suların havalandırılması yönteminden yararlanılır.

Havalandırmadaki asıl amaç;

a) Oksijen Kazandırmak; Fe++ ve Mn++ oksidasyonu veya NH4+ giderilmesi için, biyolojik tasfiye için, nehir ve göllerde çözünmüş oksijen standartlarının karşılanması için sisteme oksijen verilmesi gerekmesi durumlarında , suya O2 transferi söz konusudur.

b) Karbon Dioksit Giderme veya Kazandırma; Sudaki karbonat dengesini ayarlamak için bir miktar CO2 in sistemden uzaklaştırılması gerekebilir. Kireç –soda metodu ile sertlik giderilmesinde ise suya CO2 verilmesi lüzumludur.

c) Hidrojen Sülfür gidermek; Suda istenmeyen koku ve tadın giderilmesi, metallerin korozyonunun azaltılması ve çimentonun ayrışmasını önlemek için H2S giderilmesi gerekir.

d) Metan’ın Giderilmesi; Anaerobik ayrışmanın ürünlerinden CH4’ün giderilmesinde de havalandırma kullanılır.

e) Uçucu Yağlar ve Kimyasal Maddelerin Giderilmesi; Bu maddeler suya istenmeyen tat ve koku verdiklerinden ve sağlığa zararlı olduklarından yağlar ve kimyasal maddelerden uçucu olanlar havalandırma ile giderilebilir.

f) Suların dezenfeksiyonunda; Bu işlem için kullanılan Cl2 ve O3 gibi gazların suya verilmesinde de gaz transferi söz konusudur.

Havalandırma cihazları şu şekilde sınıflandırılırlar:

1. Cazibeli Havalandırıcılar: Bu tip havalandırıcılarda su türbülanslı bir şekilde yerçekiminin etkisinde hareket ederek bir gaz-sıvı arayüzü oluşturur. Su arıtımında kullanılan kaskat havalandırıcılar ve atıksu arıtımında kullanılan damlatmalı filtreler bu tip havalandırıcılara örnek olarak verilebilir.
2. Sprey/Jet Havalandırıcılar: Su orifis ve nozullar vasıtasıyla havaya pompalanır. Bu şekilde su tamamen küçük damlacıklara dönüştürülürken çok büyük bir gaz-sıvı arayüzü oluşturulur.
3. Kabarcıklı Havalandırıcılar: Daha önce sıkıştırılmış olan hava (ya da saf oksijen), delikli tabaka ay da difüzörler vasıtasıyla eşit olarak dağıtılarak suya enjekte edilir. Bu şekilde enjekte edilen birim hacimli hava kabarcıklarının spesifik yüzey alanları çok yüksek olabilir.
4. Mekanik Havalandırıcılar: Suyu hızla karıştıran, yatay olarak dönen şaftlar ya da dikey olarak yerleştirilmiş türbinler üzerine bağlanmış, kısmen ya da tamamen batmış olan fırçalardan oluşur. Su, bu şekilde karıştırılırken yüksek türbülansın etkisiyle büyük bir gaz-sıvı arayüzü oluşur.

Oksijen transferinde çözünürlüğü etkileyen faktörler:

* Gazların cinsinin çözünürlüğe etkisi:

Bazı gazlar suda moleküler olarak çözünürler ve su ile reaksiyona girmezler. Örneğin H2,N2,CH4 gibi gazlar su ile reaksiyona girmeden moleküler çözünen gazlardır. Bazı gazlar ise belli oranda su ile reaksiyona girerek ortamın pH değerine göre hem iyonik hem de moleküler olarak çözünürler (NH3, H2S ve CO2).

* Çözünürlüğe gaz derişiminin etkisi:

Gaz ortamındaki gaz derişimi, gazın kısmi basıncı veya mol sayısı ile doğru orantılıdır. Gazların basıncı artıkça hacmi azalmakta, dolayısıyla çözünürlüğü artmaktadır. Gazlar su ortamı ile karşılaştıklarında gaz ortamında bulunan gaz belli oranda suda çözülür ve aralarında dinamik bir denge oluşur. Herhangi bir nedenle denge bozulursa yeniden denge oluşuncaya kadar çözünme devam eder. Her gazın aynı sıcaklıkta belli bir çözünürlüğü vardır. Bu değere doygunluk derişimi denir (Cs).

* Sıcaklığın çözünürlüğe etkisi:

Isınan maddelerde hacim genişlemesi olur. Su ortamı ısıtılırsa hem su hem de su ortamında çözünmüş halde bulunan gaz genleşir. Ancak gazın genleşmesi suyun genleşmesinden daha fazla olduğundan su içinden uzaklaşmak ister. Bu yapıda gazların sıcaklıkta çözünürlüğünün azaldığını göstermektedir.

**Oksijen Transfer hızı**

Kütle transfer oranı

 (Eşitlik 1)

olarak ifade edilir.

Burada;

dC/dt: oksijen transfer oranını,

KLa: kütle transfer katsayısını,

Cs: çözünmüş oksijen doygunluk konsantrasyonunu,

C: çözünmüş oksijen konsantrasyonunu ifade etmektedir. Oksijen transfer oranı havalandırmada önemli bir parametredir. Kütle transfer katsayısı KLa havalandırma sistemlerinin fiziksel ve kimyasal değişkenlerinden etkilenir. 1 nolu denklem integre edilirse,

 (Eşitlik 2)

elde edilir. 2 nolu eşitlikteki KLa eşitliğin doğrusallaştırılmasının ardından lineer regrasyon tekniği kullanılarak belirlenebilir.

eşitliği elde edilir. (Eşitlik 3)



**Şekil 14.** Zamana karşı ln değerlerinin grafiği

KLa’yı etkileyen parametreler: Sıcaklık, sıvı derinliği suyun kirlilik durumu şeklinde sıralanabilir.

Sıcaklık: Sıcaklık değişimi sıvı içindeki hava kabarcıklarının hacmini de etkiler. KLa üzerinde sıcaklığın etkisi şu şekilde ifade edilebilir.

 (Eşitlik 4)

θ, 1.015-1.04 aralığında değişmektedir. Difüzör ve mekanik havalandırma ekipmanları için θ değeri genellikle 1.024 olarak kullanılır.

Suyun Kirlilik Durumu: Temiz su ve atık suya ait KLa değerleri bir düzeltme faktörü ile birbirine bağlanabilir.

 (Eşitlik 5)

Sıvı Derinliği (H): Sıvı derinliği, KLa üzerinde etkilidir. Bu etki aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

 (Eşitlik 6)

n genellikle 0.7 alınabilir.

Havalandırma sisteminin oksijenlendirme kapasitesi **(R)**; bir saniyede bir m3 suya verilen oksijenin gram olarak miktarıdır ve aşağıdaki şekilde ifade edilir.

 (Eşitlik 7)

R :g / m3.zaman,

KLa :10°C’deki kütle transfer katsayısı,

Cs(10°C):10°C sıcaklıkta doygunluk konsantrasyonu, g/L

V :Tanktaki su hacmi, L.

**Deneyin amacı:**

Havalandırma işleminde sistemin kütle transfer katsayısı (KLa) ve oksijenlendirme kapasitesinin (R) belirlenmesi.

**Deneyde Kullanılan Malzeme ve Kimyasallar:**

* Havalandırma deney ünitesi
* Sodyum sülfit (Na2SO3) çözeltisi
* Kobalt klorür (CoCl2.6H2O) çözeltisi

**Deneyin Yapılışı:**

* Havalandırma tankı su ile doldurulur.
* Sodyum sülfit ve kobalt (II) klorür çözeltileri tanka eklenerek suyun oksijensizleştirilmesi sağlanır. Sodyum sülfit oksijen ile reaksiyona girer, kobalt klorür de katalizör olarak reaksiyonu hızlandırır.
* Havalandırma düzeneği çalıştırılarak sisteme hava verilmeye başlanır. Başlangıçta daha hızlı bir artışla zamanla çözünmüş oksijen miktarının artması beklenir.
* Belirli aralıklarda çözünmüş oksijen konsantrasyonu ölçümü yapılır.

**Hesaplamalar ve Değerlendirme:**

* Zamana karşılık In(Cs-Ct)/(Cs-C0) grafiğini çiziniz ve KLa değerini hesaplayınız.
* Bulduğunuz KLa değerinin 20°C deki karşılığını hesaplayınız.
* Aynı havalandırma işlemi 1 m derinlikteki tankta yapılsaydı KLa ne olurdu? Hesaplayınız ve bulduğunuz değerden yararlanarak derinliğin KLa üzerine etkisini tartışınız.
* 10°C sıcaklık için sistemin oksijenlendirme kapasitesini (R) hesaplayınız.

**DENEY NO: 6**

# AKTİFLENMİŞ KARBON ADSORPSİYONU

Su ve atıksu arıtımında kullanılan aktif karbonun adsorpsiyon karakteristiklerini tanımlamak için genellikle Freundlich ve Langmuir izotermleri kullanılır. Bu izotermler birim absorban kütlesinde absorplanan madde miktarı ve madde konsantrasyonu arasındaki bağıntıları sayısal olarak gösteren eşitliklerdir.

Bilinen miktarda adsorban (M), C0 konsantrasyonunda adsorbat içeren V hacimli sıvıya karıştırılarak uygulanan adsorpsiyonda kütle dengesi:

adsorban üzerine adsorplanan miktar = sıvıdan ayrılan miktar

q.M = (C0-C).V



Deneysel olarak aynı koşullarda, M değiştirilerek tekrarlanan deneylerle farklı q değerleri hesaplanır. Her bir M için dengede (adsorpsiyon dengesine ulaşıldığında ki bu ortalama 4-8 saat beklemeyle sağlanır) Ce konsantrasyonları ölçülür. Ce adsorpsiyon sonrasında sıvıda kalan miktardır. Ce ölçümü için numune süzülüp adsorbandan tamamen ayrılır. Her bir M için qe değerleri hesaplanır ve q-Ce grafiği çizilir. Bu grafiğe izoterm eğrisi denir.

qe;mg/g

izoterm eğrisi

qe

eğim

Ce

Co

**Şekil 15.**İzoterm eğrisi

Şekil 15’deki eğri üzerindeki herhangi bir noktanın kendi Co değeriyle birleştirilmesi ile oluşan doğrunun eğimi Burada V kolon hacmi, M adsorban kütlesidir.

qe-Ce grafiği kesikli reaktörde adsorpsiyonda neler olduğunu anlatmaktadır. Dengede izoterm eğrisi üzerindeki bir noktayla sistemde herhangi bir Co değerini birleştiren doğru sayesinde aynı adsorban için hedeflenecek bir Ce değerini sağlayacak hacim (V) ya da adsorban kütlesini (M) belirlemek mümkündür.

**Langmuir İzotermi:**

Homojen yüzeylerdeki adsorpsiyona uygulanır ve şu varsayımlara dayanır: Adsorbent üzerindeki aynı enerjiye sahip sabit sayıda aktif bölge mevcut olup, aktivasyon enerjisi sabittir. Adsorpsiyon tek tabakalı şeklinde oluşur ve maksimum adsorpsiyon, adsorbent yüzeyine bağlanan hiçbir molekülün hareket etmediği doygun bir tabaka oluşturduğu andaki adsorpsiyondur. Ayrıca, adsorpsiyon hızı adsorplanan maddenin derişimi ve adsorbentin örtülmemiş yüzeyi ile doğru orantılı olup, adsorplanan moleküller arasında bir girişimin yokluğu varsayımlarına dayandırılmıştır.

Kabuller:

* Adsorpsiyon için belirli bir alan sınırlanmıştır.
* Yüzeyde adsorplanan madde bir molekül kalınlığındadır.
* Denge konumuna ulaşmak mümkündür.
* Adsorpsiyon geri döndürülebilir niteliktedir (Desorpsiyon)





a : Adsorpsiyon enerjisiyle ilgili sabit

b : Adsorban üzerinde tek molekül kalınlığında bir bütün tabaka oluşturmak için gerekli molekül sayısı







C

**Şekil 16.** Langmuir adsorpsiyon izoterminin grafiksel ifadesi

**Freundlich İzotermi:**

Freundlich eşitliği bir çok adsorpsiyon verisini tanımlayan ampirik bir eşitliktir. Bu denklem, Langmuir eşitliğindeki b enerji sabitindeki heterojen yüzey enerjisi için özel bir durumdur, adsorpsiyon ısısının değişimine bağlı olan yüzey örtüsünün fonksiyonu olarak değişir. Freundlich eşitliği bir çok adsorpsiyon verisini tanımlayan ampirik bir eşitliktir.





k, N : Sabit

X : Adsorplanan miktar

M : Adsorban miktarı



log

log K

log C

Lineer regrasyonda best line

**Şekil 17.** Freundlich adsorpsiyon izoterminin grafiksel ifadesi

1/n heterojenlik faktörüdür ve 0-1 aralığında değerler alır. Yüzey ne kadar heterojense, 1/n değeri o kadar sıfıra yakın olur. Bu izotermin doğruluğu, heterojen adsorpsiyon sistemlerinde Langmuir izotermine göre daha iyidir.

**Deneyin amacı:**

Toz aktif karbon (AC) kullanarak, değişik miktarlardaki karbonun sudaki bir maddeyi adsorplayabilme özelliklerini bulmak ve izotermleri oluşturmak.

**Deneyde Kullanılan Malzeme ve Kimyasallar:**

* Erlenler
* Karıştırmalı etüv
* Spektrofotometre
* Metilen mavisi çözeltisi ve aktif karbon.

**Yöntem**

* Spektrofotometrede ......... nm dalga boyunda metilen mavisi çözeltisinin ilk konsantrasyonu belirlenir.
* 5 tane 500 ml'lik erlene metilen mavisi çözeltisi doldurulur.
* Herbirine değişen miktarlarda AC eklenir.
* Erlenler karıştırmalı etüve yerleştirilerek ......... rpm hızla karışmaları sağlanır.
* ......... dk sonra erlenler çalkalayıcıdan alınır.
* Erlenlerden numune alınarak süzülüp karbonu ayrıldıktan sonra spektrofotometrede absorbans okunarak son konsantrasyon belirlenir.

**Hesaplamalar ve Değerlendirme:**

**Sonuçlar:**

Metilen mavisi çözeltisi .......nm kalibrasyon eğrisi : y =

Çözelti ilk konsantrasyonu = ................mg/L

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Başlangıçtaki AC miktarı, g | Sonuç absorbans | Sonuç boya kons., mg/L |
| 1. Erlen |  |  |  |
| 2. Erlen |  |  |  |
| 3. Erlen |  |  |  |
| 4. Erlen |  |  |  |
| 5. Erlen |  |  |  |

**Hesaplamalar ve Değerlendirme:**

* Elde ettiğiniz verilere göre herbir erlen için q = X/M değerini hesaplayınız. İzoterm eğrisini oluşturunuz.
* .......... mg/L başlangıç ve .......... mg/L sonuç konsantrasyonu için bu karbondan kullanılması gereken miktarı ve kolon hacmini belirleyiniz.
* Freundlich ve Langmuir izotermlerinin grafiklerini çiziniz.
* İzoterm sabitlerini hesaplayınız.
* Bu deney için hangi izotermin daha uygun olduğuna karar veriniz ve sebepleriyle birlikte açıklayınız.

**DENEY NO: 7**

# REAKSİYON KİNETİĞİ VE REAKTÖRLER

**1. Reaksiyon Kinetiği:**

Reaksiyonun düzeyi (hızı) ile ilgili bilgiler reaksiyon kinetiği kapsamında yer alır. Maddenin korunumu ve kütle dengesi prensiplerinden hareketle herhangi bir maddenin bir ortamda zamana bağlı olarak kütlesinde veya hacminde meydana gelen değişiklik reaksiyon düzey eşitliği ile ifade edilir.

 burada r reaksiyon düzeyini göstermektedir.

Reaksiyonlar sıfırıncı, birinci veya ikinci dereceden olmak üzere üç düzeyde gerçekleşebilmektedir.

  0. Derece Reaksiyon

  1. Derece Reaksiyon

  2. Derece Reaksiyon

**Yarılanma Ömrü:**

Bir bileşenin bir reaksiyon sonucu ortamda başlangıçta bulunduğu miktarın yarısına kadar azalması için geçen süre yarılanma ömrü olarak tanımlanmaktadır. Birinci ve ikinci dereceden reaksiyonlar için yarılanma ömrü çıkarımı şöyledir.

Birinci dereceden reaksiyonlar için 

İkinci dereceden reaksiyonlar için 

**Ardışık Reaksiyonlar:**

Bazı reaksiyonlar A B C ............ şeklinde ardışık olarak gerçekleşmektedir. Bu tür reaksiyonlarda hız denklemi yardımıyla herhangi bir maddenin ortamdaki miktarını bulabilmek için hız denklemleri birleştirilerek çözülür. Aşağıda bu çözüm aşamaları verilmektedir.

A B reaksiyonu birinci dereceden ise:



B C reaksiyonu da B için birinci dereceden ise





**2. Reaktörler:**

Reaktörler genel anlamda içinde gerçekleşen işlemin türüne göre seçilirler. İstenen verimi sağlayabilecek reaktör türünü seçmek Çevre Mühendisliği uygulamalarında en önemli konudur. Atıksuların arıtımında istenen deşarj kriterini sağlamak için, fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtmayı sağlayacak reaktörün seçimi çok önemlidir.

***Reaktörleri Boyutlandırma Kriterleri***

***Kesikli Reaktörler:***

Kesikli reaktörler, bir sefer doldurulup, dönüşüm tamamlanıncaya kadar maddenin reaktörde bekletildiği ve daha sonra boşaltıldığı reaktörlerdir (Şekil 1). Debisi küçük olan ve toksik madde içeren atıksuların arıtımında kullanılırlar. Kesikli reaktörlerde, madde dengesi yazılarak, reaksiyona giren maddenin çıkış derişimi, hidrolik bekleme süresi ve reaksiyonun hızı hesaplanabilmektedir.

[Biriken] = [Giren] – [Çıkan] ± [Reaksiyonla Değişen]

Madde Madde Madde Madde



Co : Reaktöre giren madde konsantrasyonu, mg/L,

C : Reaktörden çıkan madde konsantrasyonu, mg/L,

rc : Reaksiyon hızı, mg/L.saat,

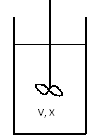
V : Reaktör hacmi, m3,

Q : Atıksu debisi, m3/G,

dC/dt : Zamana bağlı olarak madde değişimi.

Kesikli reaktörlerde reaksiyonun gerçekleştiği anda atıksu girişi ve çıkışı olmadığından, atıksu debisi Q=0 değerini almaktadır.





**Şekil 18.** Kesikli reaktörlerin şematik gösterimi

Kesikli reaktörlerde birinci derece bir reaksiyonla madde bozunuyorsa, reaksiyon hızı (rc=-k.C) bağıntısı ile ifade edilir. Reaksiyon hızı, numaralı eşitlikte yerine konulursa;



bağıntısı elde edilir. numaralı bağıntı, t = 0 anında, A = Ao ve t = t anında, A = A sınır şartlarında aşağıdaki gibi integre edilir ve gerekli düzenlemeler yapılırsa

 elde edilir.

Burada reaksiyon hız sabiti olan k maddenin bozunduğu durumda negatif, arttığı durumda ise pozitif değer alır. Ortamda artan C miktarları için düzenlenmesiyle;

 bağıntısı elde edilir.

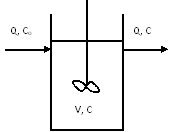
***Sürekli Akımlı Tam Karışımlı Reaktörler:***

Tank içerisinde bir kimyasal reaksiyon gerçekleşmiyorsa:









**Şekil 19.** CSTR’nin şematik gösterimi

Kimyasal reaksiyon gerçekleşen seri halde CSTR:

Reaksiyon birinci dereceden kabul edilerek:

Birikim = Giriş – Çıkış + Tüketim



Kararlı konumda:

**Deneyin Amacı:**

* Tam karışımlı kesikli reaktörlerde reaktör içindeki madde dağılımını ve sistem kinetiğini reaksiyonlu ve reaksiyonsuz şartlarda belirleme,
* Sürekli akımlı tam karışımlı reaktörlerde (CSTR) reaktör içindeki madde dağılımını ve sistem kinetiğini reaksiyonlu ve reaksiyonsuz şartlarda belirleme

**Deneyde Kullanılan Malzeme ve Kimyasallar:**

* Magnetik karıştırıcı
* Musluklu Schott şişesi (reaktör olarak)
* Spektrofotometre
* Büret, erlen, pipetler
* Peristaltik pompa ve düzeneği
* Stok metilen mavisi çözeltisi: 1 g/L
* Stok kireç-soda çözeltisi: 2 g/L
* Standart sülfürik asit çözeltisi (0.02 N): 500 mL safsuya 1 mL konsantre H2SO4 eklenir ve 1 L’ye tamamlanır.
* Metil oranj indikatörü: Su ile % 0.01’lik çözeltisi hazırlanır veya 0.05 g metiloranj 100 mL’ye tamamlanır.

**Deneyin Yapılışı:**

**1) Tam Karışımlı Kesikli Reaktör, Reaksiyonsuz**

* Reaktöre ……. mL su doldurulup …… rpm hızda karışım başlatılır.
* Konsantrasyonu 1 g/L olan stok metilen mavisi çözeltisinden …. mL alınıp karışmakta olan suya bırakılır.
* t=0 anında (….. mL’nin tamamı bittiğinde) reaktörden 3 mL numune alınıp spektrofotometrede 652 nm dalga boyunda absorbans (abs) değeri okunur.
* Belirli zaman aralıklarıyla 3 mL numune alınıp abs değerleri belirlenir.

**2) Tam Karışımlı Kesikli Reaktör, Reaksiyonlu**

* Reaktöre …….. mL su doldurulup …… rpm hızda karışım başlatılır.
* Doldurulan suyun asidite ve alkalinite değerleri aşağıda belirtilen yöntemle ölçülür.
* Konsantrasyonu …… g/L olan stok kireç-soda çözeltisinden …… mL alınıp karışmakta olan suya bırakılır.
* t=0 anında (1 mL’nin tamamı bittiğinde) reaktörden 10 mL numune alınıp alkalinite analizi yapılır.
* Değişen zaman aralıklarında (1., 3., 5., 10., 15. dk gibi) numuneler alınarak analizler tekrarlanır.

**3) Sürekli Akımlı Tam Karışımlı Reaktör, Reaksiyonsuz**

* Reaktöre …… L su doldurulup …… rpm hızda tam karışım başlatılır.
* Pompa çalıştırılarak suyun sürekli akar hale gelmesi sağlanır.
* Konsantrasyonu …… g/L olan stok metilen mavisi çözeltisinden ….. mL alınıp gelen suyun biriktiği hazneye bırakılır.
* Hazneden numune alınarak spektrofotometrede 652 nm dalga boyunda absorbans (abs) değeri okunur.
* t=0 anında (hazneden ilk renkli su reaktöre geldiğinde) reaktörün çıkışından 3 mL numune alınıp abs değeri okunur.
* Değişen zaman aralıklarında tekrar 3 mL numune alınıp abs belirlenir.

**4) Sürekli Akımlı Tam Karışımlı Reaktör, Reaksiyonlu**

* Reaktöre ……. L su doldurulup …… rpm hızda tam karışım başlatılır.
* Pompa çalıştırılarak suyun sürekli akar hale gelmesi sağlanır.
* Su haznesine doldurulan suyun içerdiği alkalinite miktarı ölçülür.
* Konsantrasyonu ……. g/L olan stok kireç-soda çözeltisinden …… mL alınıp karışmakta olan suya bırakılır.
* t=0 anında (hazneden ilk kireçli su reaktöre geldiğinde) reaktörün çıkışından 10 mL numune alınıp alkalinite analizi yapılır.
* Değişen zaman aralıklarında (1., 3., 5., 10., 15. dk gibi) çıkıştan numuneler alınarak alkalinite analizleri tekrarlanır.

**Alkalinite Analizi:**

* 50 mL numunenin pH’ı belirlenir.
* pH>8.3 ise birkaç damla fenolftalein indikatörü eklenerek renk dönüşüm olana kadar 0.02 N H2SO4 ile titre edilir.
* Dönüm noktasında 0.5 mL metil oranj eklenir.
* 0.02 H2SO4 ile titre edilir.
* Toplam alkalinite hesabında iki titrasyondaki toplam sarfiyat kullanılır.

Toplam Alkalinite, mg CaCO3/L=

**Sonuçlar:**

**1) Tam Karışımlı Kesikli Reaktör, Reaksiyonsuz**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| t, dk | Abs, 652 nm | Kons., mg/ L |
|  |  |  |

**2) Tam Karışımlı Kesikli Reaktör, Reaksiyonlu**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| t, dk | mL, H2SO4 | Alkalinite  mg/L CaCO3 |
|  |  |  |

**3) Sürekli Akımlı Tam Karışımlı Reaktör, Reaksiyonsuz**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Haznede:  Abs, 652 nm=..........  Kons., mg/ L = .......... | | |
| t, dk | Abs, 652 nm | Kons., mg/ L |
|  |  |  |

**4) Sürekli Akımlı Tam Karışımlı Reaktör, Reaksiyonlu**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Haznede:  mL H2SO4=..........  Alkalinite = .......... | | |
| t, dk | mL H2SO4 | Alkalinite,  mg/ L CaCO3 |
|  |  |  |

**Hesaplamalar ve Değerlendirme:**

**1)**

1. Teorik olarak 2 mL stok çözelti eklenince tam karışım sonunda konsantrasyon ne olmalı? Hesaplayınız. (4P)
2. Teorik olarak t=0’da konsantrasyon ne olmalı idi? t=.....’da ne olmalı idi? (4P)
3. Teorik olarak beklenenden farklı değerler okunmuşsa bunun sebepleri neler olabilir? Tartışınız. (4P)

**2)**

1. Veriler ile konsantrasyon-zaman grafiğini oluşturunuz ve yorumlayınız. (3P)
2. Elde ettiğiniz verilerden yararlanarak kesikli reaktör için kütle dengesini oluşturunuz. (3P)
3. Sıfırıncı, birinci ve ikinci dereceden reaksiyon kabulleriyle *k* değerlerini hesaplayınız. Bu reaksiyonun gerçekte kaçıncı dereceden olabileceğini gerekçesiyle birlikte belirtiniz. (3P)
4. Bulunan değerleri kıyaslayarak çıkan sonucu yorumlayınız, eklenen kimyasalın etkilerini tartışınız. (4P)

**3)**

1. Konsantrasyon-zaman grafiğini oluşturunuz, yorumlayınız.(3P)
2. Teorik olarak 5 mL stok çözelti eklenince haznedeki ve reaktördeki konsantrasyon ne olmalı? Hesaplayınız. (3P)
3. Teorik olarak zamana göre konsantrasyon değişimi nasıl olmalı idi? (3P)
4. Teorik olarak beklenenden farklı değerler bulunmuşsa bunun sebepleri neler olabilir? Tartışınız (3P)

**4)**

1. Veriler ile konsantrasyon-zaman grafiğini oluşturunuz ve yorumlayınız. (3P)
2. Elde ettiğiniz verilerden yararlanarak CSTR için kütle dengesini oluşturunuz.
3. Sıfırıncı, birinci ve ikinci dereceden reaksiyon kabulleriyle k değerlerini hesaplayınız.Bu reaksiyonun gerçekte kaçıncı dereceden olabileceğini gerekçesiyle birlikte belirtiniz. (3P)
4. Bulunan değerleri kıyaslayarak çıkan sonucu yorumlayınız, eklenen kimyasalın etkilerini tartışınız. (4P)

**DENEY NO:8**

# JAR TEST

Pıhtılaştırma ve yumaklaştırma su arıtımında yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir. Pıhtılaştırma kolloidal haldeki ve askıdaki maddelerin bazı kimyasal maddelerin ilavesiyle bir araya getirilmesi işlemidir. Yumaklaştırma ise pıhtılaşmış taneciklerin yumaklar haline gelerek büyümesi, gözle görünür ve çökebilir hale gelmesi işlemidir. Pıhtılaştırma ve yumaklaştırma işleminde kullanılan kimyasal maddeler; alüminyum sülfat, sodyum alüminat, ferrik klorat (demir (3) klorür), ferrik sülfat (demir (3) sülfat), ferrous sülfat (demir (2) sülfat), demir sülfat, kireç (sönmüş veya sönmemiş), kil, kalsit, polielektrolit, aktif silika, alkali ve asitler’dir. Herhangi bir suyu (atıksu veya içme suyu) arıtmak için gerekli optimum pıhtılaştırıcı maddesi dozunu ve pH’ını belirlemek için Jar-Test deneyleri yapılır. Bu test sonucundan yararlanarak arıtma tesislerinde aynı bileşimdeki atıksuya verilecek kimyasal madde dozları tespit edilir.

**Su Arıtımında Koagülasyon:**

Koagülan madde suyun alkalinitesiyle reaksiyona girerek metal hidroksitleri oluştururlar:



Koagülan Alkalinite İzoelektrik nokta



 çok düşük çözünürlükleri vardır,

Ortam alkalinitesine bağlı olarak bu çözünürlükte bileşikler elde edilir. Normal pH’da ise suda kolay çözünürler. Şekilde farklı başlangıç kolloid konsantrasyonlarında eklenen koagülant ile suyun sonuç bulanıklık değişiminin nasıl olduğu görülmektedir.



S1 konsantrasyonu: Bölge 1- Kolloid miktarı çok düşük çarpışma ve flok oluşumu zor. Yüzey yükü nötralize edilse bile. Yüksek miktarda koagülan ile MeOH çökmesi sağlanıyor. Mekanizma: Süpürme mekanizması.

S2 konsantrasyonu: Destabilizasyon mekanizması: Adsorpsiyon ve yük nötralizasyonudur. Bölge 2’de. Daha fazla koagülan eklemesi restabilizasyona sebep olur (B3). Koagülasyon tamamlayabilmek için koagülan miktarının arttırılması gerekir (B4). Artık mekanizma süpürme mekanizması.

S3 konsantrasyonu: İlk kolloid konsantrasyonu daha yüksek olunca adsorpsiyon ve yük nötralizasyonu ile koagülasyon daha kolay ve verimli. Ancak doz artınca restabilizasyon olduğu için süpürmeyi sağlayacak şekilde daha fazla koagülan eklenmeli.

S4 konsantrasyonu: Ortamda yeterince kolloid vardır. Çarpışma ve floklaşma kolaydır. Sadece adsorpsiyon ve yük nötralizasyonu sağlayacak dozda koagülan yeterli olacaktır.

Başlangıç kolloid konsantrasyonlarında eklenen koagülan ile suyun sonuç bulanıklık değişiminin bir başka şekilde açıklaması da aşağıdaki şekilde görülmektedir



Bu şekillerin yorumlanmasından iki ana sonuca varılabilir:

* Düşük kolloid konsantrasyonunda koagülan dozu kritik bir parametredir. Adosrpsiyon ve yük nötralizasyonu için doz iyi ayarlanmalı. Çok az doz aşımı restabilizasyona sebep olur ve yüksek dozda koagülan kullanılmalıdır.
* Çok bulanık sular az miktarda koagülan gerektirirler ve az bulanık sulardan daha çabuk ve kolay arıtılırlar. Bu sebeple az bulanık sularda bazen koagülasyon için ilave maddelerle bulanıklık arttırılır.

**Deneyin Amacı:**

Bulanıklık gidermek için alum ve FeCl3 kullanılarak yapılacak olan Jar test deneyi ile optimum koagülant dozunun ve optimum pH’ın belirlenmesi. Farklı koagülantların etkisinin araştırılması.

**Deneyde Kullanılan Malzeme ve Kimyasallar:**

* Jar test aparatı
* Türbidimetre
* pH metre
* 1 N NaOH çözeltisi
* 1 N H2SO4 çözeltisi
* Stok alum çözeltisi: ...............g/L
* Stok FeCl3 çözeltisi : ............... g/L

**Deneyin Yapılışı:**

* Su numunesinin ilk bulanıklığı belirlenir.
* Jar test aparatının beherlerine 500’er ml su numunesi konur.
* Her behere stok alum çözeltisinden ......, ....., ......, ..... mL dozlanır.
* Hızlı karıştırma işlemi başlatılır. 2 dk. hızlı karıştırma uygulanır.
* 2 dk. sonunda pedalların hızı düşürülür. 25 dk. yavaş karıştırılır, 20-30 dk. çökmeye bırakılır.
* Çökelme sonunda beherdeki süpernatan kısmından numune alınarak türbidimetrede bulanıklığı belirlenir.
* Sonuç bulanıklık değeri hangi dozda en düşük çıkmışsa, o dozda alum içeren 4 beher hazırlanır.
* Asit ve baz çözelti ile her birinin pH’ı farklı bir değere ayarlanır (3.5-8.5 pH aralığında olacak şekilde).
* 2 dk. hızlı, 20 dk. yavaş karıştırılır, 20-30 dk. çöktürülür.
* Her bir beherdeki süpernatandan numune alınarak tekrar absorbans değerleri okunarak bulanıklıklar belirlenir.
* Aynı deney alum yerine stok FeCl3 kullanılarak tekrarlanır.

**Sonuçlar:**

**Alum için:**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Alum dozu, mg/L | Sonuç bulanıklık değeri | pH | Sonuç bulanıklık değeri |
|  |  |  |  |

**FeCl3 için:**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| FeCl3 dozu, mg/L | Sonuç bulanıklık değeri | pH | Sonuç bulanıklık değeri |
|  |  |  |  |

**Hesaplamalar ve Değerlendirme:**

**Alum için:**

1. Alum dozu - Sonuç bulanıklık grafiğini çiziniz. En iyi alum dozunu grafikten belirleyiniz. Neye göre belirlediğinizi belirtiniz ve açıklayınız.
2. pH - Sonuç bulanıklık grafiğini çiziniz. En iyi pH değerini grafikten belirleyiniz. Belirleme kriterinizi açıklayınız.
3. Bulduğunuz optimum alum dozu ve optimum pH değerlerinin teorik değerlerle uyumluluğunu ve gerçek arıtım uygulamalarında geçerli olup olmayacağını tartışınız.

**FeCl3 için:**

1. FeCl3 dozu - Sonuç bulanıklık grafiğini çiziniz. En iyi FeCl3 dozunu grafikten belirleyiniz. Neye göre belirlediğinizi belirtiniz ve açıklayınız.
2. pH - Sonuç bulanıklık grafiğini çiziniz. En iyi pH değerini grafikten belirleyiniz. Belirleme kriterinizi açıklayınız.
3. Bulduğunuz optimum FeCl3 dozu ve optimum pH değerlerinin teorik değerlerle uyumluluğunu ve gerçek arıtım uygulamalarında geçerli olup olmayacağını tartışınız.
4. FeCl3 ile alum koagülant maddelerinden elde ettiğiniz sonuçlardan yararlanarak bu iki maddeyi karşılaştırınız.
5. Jar test uygulamalarının gerçek arıtma tesisleri tasarımı için niçin gerekli olduğunu ve yararlarını açıklayınız.

**DENEY NO: 9**

# İYON DEĞİŞTİRİCİ KOLON DENEYİ

İyon değiştirme, iyonların çözeltiden katı bir yüzeye ya da katı bir yüzeyden çözeltiye transfer edildiği fiziksel ve kimyasal bir işlemdir. Bu işlem, temelde çözelti içerisindeki iyonların katı bir yüzeyde elektrostatik güçlerle tutulan benzer yüklü iyonlarla değiştirilmesi esasına dayanır. İyon değiştirme işleminde içerisinde kullanım amacına uygun olarak yerleştirilmiş doğal bir zeolit veya sentetik bir reçine bulunan kolonlar kullanılmaktadır. İyon değiştirme kolonu temas teknikleri ve gerçekleşen reaksiyonlar sonucu oluşan kırılma eğrileri bakımından birbirine benzer özellikler göstermektedir. Aynı zamanda her iki kolon türünün tasarımları da birbirine oldukça yakındır.

İyon değiştirme kolonu içerisindeki reçinenin bulunduğu bölge sorpsiyon tabakasıdır ve burada kolondan geçecek sıvı içerisinde giderilmesi istenen madde kütle transferi sonucu sıvı fazdan katı faza geçmektedir. Tepkime’de de ifade edildiği gibi sıvıda bulunan M1+ maddesi M2 maddesini içeren reçineden geçirilmekte ve reçinedeki M2+ maddesi ile yer değiştirmektedir.

M1+ + Re. M2 M2+ + Re. M1

Çevre Mühendisliğinde iyon değiştirme işleminin en yaygın kullanım alanı sularda sertlik oluşturan Ca2+ ve Mg2+ iyonlarının giderilmesi işlemidir. Bunun yanırsa iyon değiştirme işlemi sudaki tüm anyon ve katyonların giderilmesinde de sıklıkla kullanılır. Aynı zamanda bir ileri arıtım tekniği olarak sulardan amonyak gideriminde, atıksulardaki ağır metallerin gideriminde de kullanılabilmektedir. İyon değiştiriciler genel olarak katyon iyon değiştiriciler ve anyon iyon değiştiriciler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Katyon değiştiriciler genellikle Ca2+ ve Mg2+gibi katyonların yer değiştirmesini sağlar, anyon iyon değiştiriciler ise sülfat, nitrat ve klor gibi anyonların yer değiştirmesini sağlayan reçinelerin kullanıldığı iyon değiştiricilerdir. İyon değiştirme ünitelerinde reçinelerin iyon değiştirme kapasiteleri önemli bir parametredir ve genellikle 2-10 meq/ g veya 15-100 kg/ m3 aralığında olması istenir.

Sorpsiyon tabakasının gösterildiği sertlik giderilen tipik bir iyon değiştirme kolonu Şekil 20’de görülmektedir.

Sıvıdaki giderilmesi istenen maddenin ilk konsantrasyonu C0 ile ifade edilmektedir. Teorik olarak reçine bu maddenin konsantrasyonunun sıfır olduğu kabul edilir. Şekil 21’de kırılma eğrisinde de görüldüğü üzere, sıvının kolondan geçmesi sonucu belirli bir noktada kırılma başlar ve bu genellikle C0 konsantrasyonun % 5’i çıkış suyunda görülmeye başladıktan sonra gerçekleşir. Bu nokta sorpsiyon tabakasının en alta inmesi ile başlayacaktır. İyon değiştiriciden çıkan sıvıdaki madde konsantrasyonunun başlangıç konsantrasyonunu % 95’ine eşitlenmesi kolonun artık dolduğunu ve rejenerasyon yapılması gerektiğini gösterir

Ca+2

+

Anyon

Ca+2

+

Anyon

Ca+2

+

Anyon

Ca+2

+

Anyon

Na+2

+

Anyon

Na+2

+

Anyon

Na+2

+

Anyon

Na+2

+

Anyon

Na+ + R adsorplanan reçine

Aktif İyon Değiştirme Zonu

Ca+2 + R adsorplanan reçine

**Şekil 20.** İyon Değiştirme Prosesi

Kırılma noktası eğrisinin üzerinde kalan alan (A) kolon tarafından tutulan madde miktarını ifade etmektedir. Bu konuda daha ayrıntılı bilgi adsorpsiyon kolon deneyinde verilmektedir. Konsantrasyonun başlangıç konsantrasyonuna eşitlenmesi sonucu kırılma eğrisinde üstte kalan alan ise tutulabilecek maksimum madde miktarını ifade etmektedir. Kırılma eğrisindeki bu alanın hesaplanmasında aşağıdaki denklem kullanılmaktadır.



C : Çıkıştaki madde konsantrasyonu, mg/ L

C0 : Başlangıçtaki madde konsantrasyonu, mg/ L

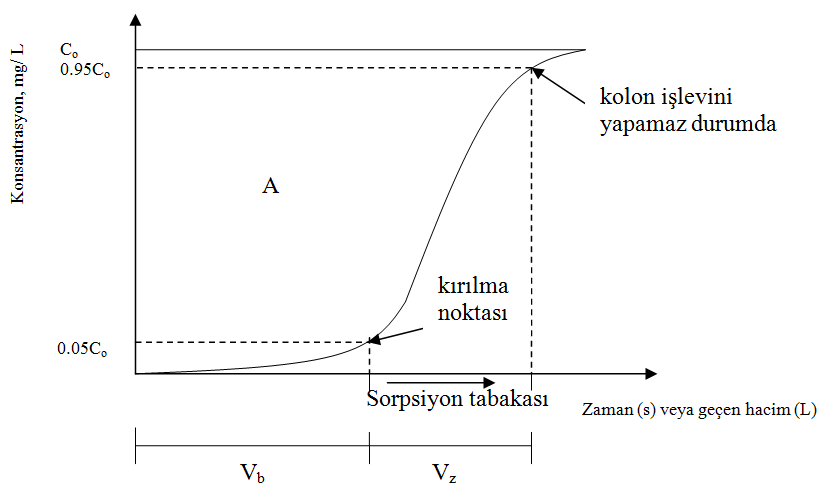
k1 : Hız sabiti

q0 : Maksimum reçine kapasitesi, g/ g

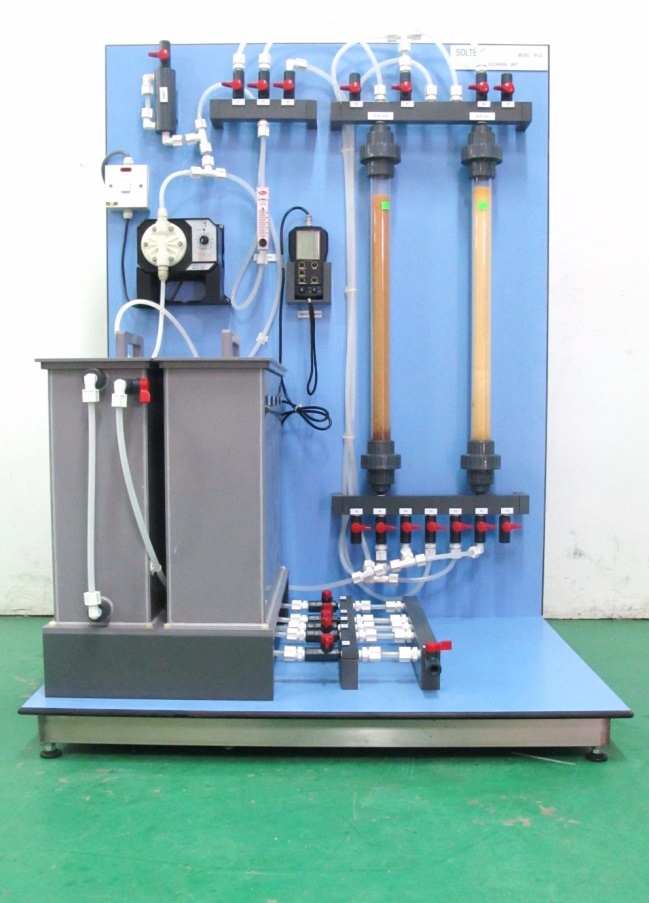
M : Kolondaki reçine kütlesi, g

V : Geçen sıvı hacmi, L

Q : Akım hızı, L/ saat



**Şekil 21.** İyon değiştirme kolonunda oluşan kırılma eğrisi



**Şekil 22.** İyon değiştirici ünitesi (Model: TR02)

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Damper | 6. Water/Chemicals tank |
| 2. Flowmeter | 7. Conductivity Meter |
| 3. Dosing Pump | 8. Cation Resin Test Column |
| 4. By-pass Valve | 9. Anion Resin Test Column |
| 5. Sump Tank | 10. Drainage |



**Şekil 24.** Katyonik reçine kullanılarak suyun yumuşatılması

**Deneyin Amacı:**

Sürekli akımlı kolonda iyon değiştirme uygulamasını yapmak, kırılma eğrisini elde ederek sistem kinetiğini ve reçine kapasitesini belirlemek.

**Deneyde Kullanılan Malzeme ve Kimyasallar:**

* Reçine ile hazırlanmış kolon
* Akım pompası
* EBT indikatörü
* Tampon çözelti
* Standart EDTA çözeltisi
* Pipet

**Deneyin Yapılışı:**

* **Katyonik reçinenin hazırlanması:**

400 mL katyonik reçine bir behere konulur. Üzerine 600 mL'ye kadar saf su konur ve çalkalanır. Üst faz dökülür. Bu işlem 4 kez tekrarlanır. Katyonik reçine kolona doldurulur ve sistem çalıştırılarak kolondan saf su geçirilir. Kolon deneye hazır hale getirilir.

* Hazneye doldurulan suyun toplam sertlik analizi yapılır.
* t=0 anında akım başlatılır.
* Akım hızı (debi)= ………… mL/ dk
* Farklı zaman aralıklarında çıkış suyundan numune alınarak toplam sertlik analizi yapılır.
* Ölçülen konsantrasyon değeri haznedekiyle eşitlenene kadar örneklemeye devam edilir.

**Toplam Sertlik Analizi:**

**I. Kimyasal maddeler**

1. **NH3/NH4Cl tampon çözeltisi:**

* 65 g NH4Cl ve 400 mL amonyak içerisinde çözülür ve distile su ile 1 L’ye tamamlanır.

1. **EBT indikatörü :**

* Sıvı form: 0.5 g EBT + 4.5 g hidroksilamin HCl + 100 mL % 95 etil alkol
* Toz form:0.5 g EBT + 100 g NaCl iyice karıştırılır.

1. **Standart EDTA çözeltisi (1 mL = 1 mg CaCO3 sertliği)**

* EDTA çözeltisi (0.01 M): 3.75 g EDTA tartılır. Çözeltinin pH’ını yaklaşık 10.5 civarına ayarlamak için 17 mL 1 M NaOH ile birlikte çözülerek balon jojede 1 L’ye destile su ile tamamlanır.

**II. İşlemler**

**Toplam sertlik:**

* 25 mL numune + 1 mL tampon çözelti + EBT indikatörü
* EDTA ile maviye kadar titre edilir.

TS (mg/ L CaCO3)

**Sonuçlar:**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| t, dakika | mL EDTA | TS, mg/ L CaCO3 | V (Su hacmi), mL |
|  |  |  |  |

**Hesaplamalar ve Değerlendirme:**

1. Verilerden yararlanarak zamana karşılık konsantrasyon grafiğini çiziniz.
2. Kırılma noktasını gösteriniz ve bu noktaya kadar geçen süreyi ve süzülen su hacmini gösteriniz.
3. Kırılma noktasına kadar kolonda tutulmuş olan toplam sertlik miktarını hesaplayınız.
4. değerlerine karşılık V grafiğini çiziniz, bu grafikten yararlanarak iyon değiştirici hız sabitini (k1) ve kolon kapasitesini (q0) hesaplayınız.
5. Hesapladığınız kapasite değerine göre bu reçinenin sudan sertlik gideriminde kullanılabilirliğini ve performansını yorumlayınız.

**DENEY NO: 10**

# KIRILMA NOKTASI KLORLAMASI

Dezenfeksiyon genel olarak fiziksel ve kimyasal dezenfeksiyon şeklinde uygulanır. Fiziksel dezenfeksiyon ısı, ışık, radyasyon vb. yöntemlerle mikroorganizma öldürme esasına dayanır. Kimyasal dezenfeksiyon ise hücre materyalini doğrudan kimyasal bozunmaya uğratabilecek klor, ozon, asit, baz, kuvvetli oksidan madde vb. kimyasallar yardımıyla mikroorganizma öldürme işlemidir.

Bu yöntemler arasında en yaygın kullanılan fiziksel dezenfeksiyon yöntemi UV, kimyasal ise klorlamadır. Klor özellikle ekonomik olması, kolay bulunması ve suda bakiye bırakması bakımından içme suyu ve atıksu dezenfeksiyonunda en çok tercih edilen dezenfektandır. Klor; amonyak, demir, mangan, sülfür, nitrit ve proteinlerle olan reaksiyonları sebebiyle bu maddelerin giderimi yoluyla su kalitesi üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Ancak fenollerle birleştiğinde istenmeyen klorofenolleri oluşturur ve bu bileşikler suya kötü bir tad verirler.

Yüksek derecede dezenfeksiyon ve dezenfekte edilmiş suda serbest klor bakiyesi bulunması gerekmektedir. Suda kırılma noktası klorlaması ile bakiye klor elde edilebilmektedir (Şekil 1). Suya gaz klor ilave edildiğinde öncelikle yükseltgenme indirgenme reaksiyonu uyarınca hipokloröz asidi meydana gelir (Şekil 1’de OA arası).

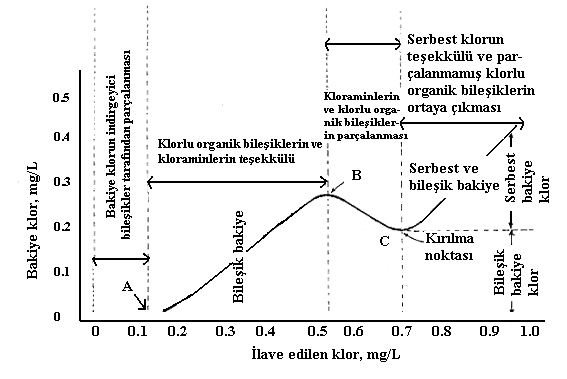


Denge durumu esas olarak sağ tarafa doğrudur. Bu nedenle hipokloröz asit etkin bir şekilde oluşur ve istenmeyen organizmaların yok edilmesi ve diğer safsızlıkların giderilmesi için etkin bir şekilde reaksiyona girer. Suda klor, kloraminleri oluşturur.



Kloraminler yavaş reaksiyona girdiklerinden su dağıtım sistemine verilmeden önce az miktarda ilave edilerek, içme suyunun tüketiciye ulaşıncaya kadar dezenfektan taşıması sağlanmış olur.

Bu reaksiyonlar Şekil 25’de görüldüğü üzere A ve B noktaları arasına düşer. B noktası ve C kırılma noktası arasında bir kısım kloraminler nitrözoksit (N2O) ve N2 haline dönüştürülür ve klor klorür iyonu haline indirgenir. Eğer klor ilavesi sürdürülürse kloraminlerin çoğu kırılma noktasında oksitlenecektir. B-C arasında ilave edilen serbest klor ve sudaki bileşik kloru teşkil eden kloraminler harcandığından bakiye klor konsantrasyonu gittikçe azalır. Sonuçta C noktasındaki bakiye klor, parçalanmaya dayanıklı yani stabil olan klorlu-organik bileşiklerden ibarettir. Kırılma noktası artık klorun minimum olduğu nokta olup bu noktada kloraminler pratik olarak tamamen parçalanır. Bu noktadan sonra ilave edilecek klor serbest klor olarak ortamda kalır.



**Şekil 25.** Kırılma noktasını gösteren bakiye klor eğrisi.

**Deneyin Amacı:**

Bir su örneğinin klor ihtiyacını, yani belirli bir temas süresi sonunda suda serbest veya bağlı ya da toplam kullanılabilir klor kalıntısı oluşması için suya eklenmesi gerekli klor miktarını belirlemek.

**Deneyde Kullanılan Malzeme ve Kimyasallar:**

* 12 adet 250 mL’lik erlen
* Büret, pipetler
* Stok klor çözeltisi: ……..mg/L,
* Konsantre asetik asit çözeltisi,
* KI kristalleri,
* Stok sodyum tiyosülfat titrantı (0.1 N): 25 g Na2S2O3 kaynatılmış saf su ile 1 L’ye tamamlanır (İyodat veya dikromat ile standardize edilir).
* Nişasta indikatörü:5 gr nişasta az miktarda su ile karıştırılır. Daha sonra kaynamakta olan 1 L suya karıştırılır. Bir gece bekletilip ertesi gün üzerindeki berrak kısım alınarak kullanılır. Koruyucu olarak 1 L nişasta çözeltisine 1.25 gr salisilik asit veya 4 gr çinko klorür ilave edilir.

**Yöntem:**

* Erlenlere 300’er mL su numunesi doldurulur.
* Her birine sırasıyla ...., ...., ...., ...., ...., ...., mL stok klor çözeltisi dozlanır.
* Erlenler 1 saat karanlıkta bekletilerek reaksiyonun tamamlanması sağlanır.
* 1 saat sonunda erlenlerden 200’er mL numune alınır ve kalıntı klor analizi yapılır.

**Kalıntı Klor Analizi:**

* 200 mL numune erlene konur.
* Yaklaşık 3 mL asetik asit ile pH 3-4 civarına getirilir.
* Yaklaşık 0.5 gr KI eklenir.
* 0.025 N tiyosülfat çözeltisi açık sarı renk oluşuncaya kadar eklenir.
* 1 mL nişasta indikatörü eklenip oluşan mavi renk tamamen kaybolana kadar titrasyona devam edilir.
* Şahit numune: Numune hacmi kadar (200 mL) saf su kullanılarak aynı işlemler tekrarlanır.
* Nişasta ile mavi renk oluşur, bu mavi renk kaybolana kadar titrasyona devam edilir. Bu durumda sarfiyat (B) negatif (-) değerlik alınır.

****

A: Numune için harcanan tiyosülfat çözeltisi miktarı, mL

B: Şahit için harcanan tiyosülfat çözeltisi miktarı, mL

N: Tiyosülfat çözeltisinin normalitesi,

**Sonuçlar:**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Klor Dozu (mL)** | **Na2S2O3 Sarfiyatı** | | **Kalıntı klor**  **mg/L** |
| **A (mL Na2S2O3)** | **B (mL Na2S2O3)** |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

**Hesaplamalar ve Değerlendirme:**

* Klor dozuna karşılık kalıntı klor grafiğini çiziniz.
* Elde ettiğiniz grafiği teorik grafikle karşılaştırınız ve grafikte bulunan bölgeleri gösteriniz.
* Grafikteki her bir bölgeyi açıklayınız.
* Bu su için uygun klor dozu hangisidir? Sebebiyle birlikte açıklayınız.

**DENEY NO: 11**

# Fe OKSİDASYONU

Su ve atıksu arıtımında oksitlenebilecek nitelikteki kirleticilerin zararsız veya sakıncalı olmayan forma dönüşene kadar oksitlenmesi esasına dayanan bir kimyasal arıtım yöntemidir. Demir, mangan, organik madde, renk, siyanür, amonyak, sülfür, bazı metaller oksidasyon ile zararsız hale getirilebilir, hatta sudan tamamen giderilebilir. Ayrıca bazı biyolojik işlemlerde biyokimyasal oksidasyon ile dezenfeksiyon, alg vs. mikroorganizma kontrolü, biyolojik arıtımla nütrient giderimi de sağlanabilmektedir.

Arıtımda uygun oksidasyon maddesi seçiminde verim, maliyet, taşıma ve saklama kolaylığı, diğer arıtım sistemleriyle uyumu gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. En yaygın kullanılan oksidasyon maddeler oksijen, ozon, hidrojen peroksit, potasyum permanganat, klor ve klor bileşikleri olarak sayılabilir.

Su kaynaklarında çözünmüş madde bulunan Fe ve Mn iyonları suya indirgen özellik vermekte ve özellikle içme sularında belli bir değerin altında olmaları istenmektedir. Bunlar oksitlenerek çözünmeyen formlara dönüştürülmekte ve arıtımda sudan uzaklaştırılmaktadır. Oksijenle havalandırma ile oksitleme ve permanganat oksidasyonu en yaygın kullanılan Fe giderme yöntemleri arasındadır.

Oksijenin arıtımda oksitleyici madde olarak rolü çok büyüktür. Etkili ve ucuz bir oksidandır ve havalandırma işlemiyle suya verilir. En önemli dezavantajı yüksek miktarda hava gerektirmesi ve uzun reaksiyon süresidir. Permanganat oldukça güçlü bir oksidan maddedir. Suya ilavesi, uygulanması ve ölçümü kolaydır. Diğer kimyasallar gibi suda tad ve koku bırakmaz, oksidasyon sırasında mangan dioksite indirgenerek aynı zamanda sorpsiyon ve koagülasyon-flokülasyon işlemlerine yardımcı olur. Sudaki birçok organik ve inorganik kirleticiyi (Fe, Mn, S, CN, fenoller, tad, koku, alg, mikroorganizma, radyoaktif maddeler, organik madde) giderebilme özelliğine sahiptir. Oksijenden daha hızlı reaksiyon gerçekleştirir ve daha düşük dozlarda etkilidir. Ancak havalandırmaya kıyasla maliyeti daha fazladır.

**Deneyin Amacı:**

Kimyasal oksidasyonda oksidan maddelerin verimliliğini ve Fe (II)’nin kimyasal oksidasyon ile giderilebilirliğini araştırmak.

**Deneyde Kullanılan Malzeme ve Kimyasallar:**

* Erlenler
* Spektrofotometre
* Hidroksilamin hidroklorür çözeltisi: 50 g NH2OH.HCl 450 mL saf su içinde çözülür.
* Phenanthroline çözeltisi: 0.5 g 1,10-phenanthroline monohidrat, C12H8N2.H2O, 500 ml sıcak saf suda çözülür.
* Demir (Fe2+) çözeltisi …………… mg/L
* KMnO4 oksidasyon çözeltisi .............mg/L

**Yöntem:**

**Fe Oksidasyonu:**

* ......... L su ile dolu tanka ............. mL stok Fe çözeltisi eklenir. Böylece tanktaki Fe konsantrasyonu ..........mg/L olacaktır.
* Oksijenle oksidasyon deneyi için ........... debide havalandırma ve karıştırma başlatılır.
* 15 dakika havalandırma sonrası tanktan numune alınarak Fe analizi uygulanır.
* Tank boşaltılıp yeniden doldurulur ............ mL stok Fe çözeltisi eklenir.
* Permanganatla oksidasyon denemesi için tanka ...........mL KMnO4 çözeltisinden ...............mL eklenir. Böylece ...........mg/L KMnO4 dozlanmış olur.
* 15 dakika sadece mekanik karıştırma uygulandıktan sonra tanktan numune alınarak Fe analizi uygulanır.

**Kalibrasyon Eğrisinin Hazırlanması:**

* Stok Fe çözeltisinden 100 mL hacimde ve 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 mg/L Fe konsantrasyonunda seyreltmeler hazırlanır.
* Hazırlanan her bir numunede Fe analizi yapılarak absorbans değerleri okunur.
* Absorbans-konsantrasyon grafiği çizilerek kalibrasyon eğrisi elde edilir.

**Fe Analizi:**

* 100 mL numuneye 1 mL hidroksilamin hidroklorür çözeltisi eklenir.
* 10 mL phenanthroline çözeltisi eklenir ve karıştırılır.
* Renk oluşumu için birkaç dakika beklenir.
* Saf su ile, içinde demir çözeltisi bulunmayan bir şahit hazırlanır.
* Renklenen çözeltinin 510 nm dalga boyunda şahit numuneye karşılık absorbans değerleri okunur.

**Sonuçlar:**

**Kalibrasyon eğrisi**

|  |  |
| --- | --- |
| **mg/L Fe konsantrasyonu** | **510 nm. Absorbans** |
|  |  |

**Oksidasyon**

Başlangıç Fe konsantrasyonu: ………….mg/L

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Oksidan Madde** | **Doz** | **Absorbans** | **mg/L Fe** |
| Oksijen |  |  |  |
| KMnO4 |  |  |  |

**Hesaplamalar ve Değerlendirme:**

1. Kalibrasyon eğrisini oluşturunuz. Denklemi bulunuz.
2. Her bir oksidan madde için Fe giderim verimlerini hesaplayınız.
3. Her iki oksidan uygulamasında ulaşılan Fe konsantrasyonlarını birbiriyle ve başlangıç değeri ile kıyaslayınız.
4. Hava ve kimyasal madde ile oksidasyonu verim, uygulanabilirlik, ekonomiklik açısından değerlendirerek arıtma tesislerinde hangi durumlarda hangisinin tercih edilebileceğini tartışınız.

**DENEY NO: 12**

# BİYOLOJİK ARITILABİLİRLİK

Aktif çamur prosesleri atıksu içindeki organik maddeleri aerobik şartlar altında çeşitli mikroorganizmaların büyümesi için kullandıran sistemlerdir. Böylece substratlar mikrobiyal solunum ve mikroorganizma senteziyle uzaklaştırılırlar. Bu sistem oksijen sağlayıcı bir mekanizma ile donatılmış biyolojik bir reaktör (havalandırma tankı), bir katı-sıvı ayırıcısı (son çökeltme havuzu) ve geri devir pompalarından oluşmaktadır.

Geri devirsiz bir kemostat sisteminde biyokütle için kütle dengesi:

Biyokütledeki net artış = Biyokütle Büyümesi – Sitemden çıkan biyokütle



V: Reaktör hacmi, L,

X: Biyokütle konsantrasyonu, mg/L,

μ: Spesifik büyüme hızı, 1/zaman,

Q: Debi, L/zaman,

D: Seyrelme hızı.

Geri devirsiz bir kemostat sisteminde substrat için kütle dengesi:

Substrattaki = Giriş subst. - Çıkış subst. - Büyüme için

net artış kons. kons. kullanılan substrat



C: Substrat konsantrasyonu,

Y: Büyüme verimi.

**Büyüme Verimi ve Endojen Bozunma:**

Substrat tüketimi ve biyokütle üretimi kinetiğinin birleştirilip düzenlenmesi sonucu büyüme veriminin ve endojen bozunma sabitinin hesaplanması mümkündür. Bu eşitlikten elde edilen veriler yardımıyla reaktörlerdeki gerçek ve gözlemlenen verim hesaplanabilir.





q: Spesifik substrat kullanım düzeyi,

kd: Endojen bozunma sabiti,

Yobs: Gözlemlenen verim

**Kinetik Eşitlikler:**

Aktif çamurda meydana gelen substrat uzaklaştırma ile ilgili olarak iki temel yaklaşım mevcuttur. Birinci yaklaşım aşağıda görülen Monod ve Michaelis-Menten kinetiğidir.

***Monod Bağıntısı***



y: Hücre dönüşüm katsayısı (0-1 aralığında olur).

dX/dt: Hücre büyüme hızı, kütle/ zaman

μ: Spesifik büyüme hızı, 1/zaman

dC/dt: Substrat kullanım hızı

Substrat konsantrasyonunun spesifik büyüme hızı üzerine etkileri şu şekilde ifade edilir;



μmax :Maksimum spesifik büyüme hızı,

Ks :Doygunluk sabiti.

μ

μmax

μmax

2

Ks

C

Endojen bozunma - İç çürüme (parçalanma) hızı ise,



ke: Hücre çürüme katsayısı

***Michaelis - Menten Hız Eşitliği***

******

D :Hız,

rs :Substrat kullanım düzeyi,

Km: Kullanım hızı maksimum hızın yarısı olduğundaki substrat konsantrasyonu, kütle/hacim,

Dm :Maksimum hız.

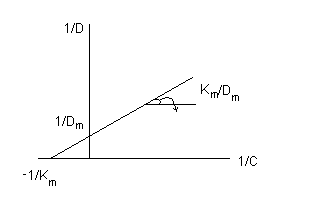
Düşük Cs  reaksiyon 1. dereceden

Düşük Cs reaksiyon 2. dereceden

Substrat konsantrasyonunun büyüme hızı üzerine etkisini belirlemek için (10) kullanılacaksa, Vm ve Km değerlerinin bilinmesi gerekir. Bunun için farklı substrat konsantrasyonlarında kesikli reaktörlerle testler yapılır ve hepsinde reaksiyon derecesi ölçülür.

***Lineweaver – Burk Yaklaşımı***





**Besin-Mikroorganizma Oranı (F/M) ve Çamur Yaşı:**

Her an değişmekte olan besin-mikroorganizma oranı substrat kullanım özgül hızına bağlıdır (1/X)(dC/dt) ifadesine eşittir. Bu ifadenin integrali alınırsa;



M :Ortamdaki mikroorganizma konsantrasyonu,

F :Ortamdaki substrat konsantrasyonu,

 /:Substrat kullanım hızı.

Çamur yaşı (Reaktörde ortalama hücre kalış zamanı) (θc) ise reaktördeki toplam çamur miktarının birim zamanda reaktörden atılan çamur miktarına oranı olarak ifade edilir.



Xu :Atık aktif çamur akışındaki aktif biyolojik katılar

Bu yöntemle çözünmüş veya kolloid halindeki çökelmez durumda bulunan organik maddeler floklaştırılarak çökeltilebilir hale getirilir. Aktif çamur mikroorganizmaları arasında bakteri, virüsler, maya, protozoa, rotifer, kurt ve larvalar bulunur.

**Deneyin Amacı:**

Biyokütle ve substrat konsantrasyonunun reaktör içinde zamana bağlı değişimini

**Deneyde Kullanılan Malzeme ve Kimyasallar:**

* Reaktör düzeneği
* Havalandırma pompaları ve besleme pompaları
* Spektrofotometre
* Filtre kağıdı
* Etüv
* Manyetik karıştırıcı
* Büret
* Termoreaktör
* Cam tüp
* **Standart potasyum dikromat çözeltisi (0.0167 M):** Bir miktar saf suya 2.4565 g K2Cr2O7, 16.65 g HgSO4 ve 83.5 mL H2SO4 konulur, çözülüp soğutulduktan sonra 500 mL’ye tamamlanır.
* **Gümüş-Asit çözeltisi:** 10.12 g Ag2SO4 H2SO4 ile 1 L’ye tamamlanır, çözünebilmesi için 1-2 gün bekletilir.
* **FAS çözeltisi (0.1 M):** 19.6 g Fe(NH4)2 (SO4)2.6H2O + 10 mL H2SO4 saf su ile 500 mL’ye tamamlanır.
* **Ferroin indikatörü**

**Yöntem:**

* 15 L hacmindeki reaktör aktif çamur numunesi ile doldurulur.
* Reaktör sıcaklığı 35 ºC’ye ayarlanır.
* Atıksu debisi 40L/sn ve hava debisi 3L/dk olacak şekilde ayarlanır ve sistem başlatılır.
* Belirli zaman aralıklarında reaktör çıkışından numuneler alınır.
* Alınan numunelerin KOİ, MLSS, ÇO, pH ölçümleri yapılır.

**KOİ analizi:**

* Reaktör KOI değeri çok yüksekse numune seyreltilir.
* 2.5 mL numune tüpe konur, üzerine 1.5 mL 0.0167 M dikromat çözeltisi ve sonra 3.5 mL gümüş-asit çözeltisi eklenir.
* Termoreaktörde 2 saat 1500C’de bekletilir.
* Oda sıcaklığına soğutulduktan sonra tüpteki çözelti bir behere alınır, üzerine ferroin indikatörü eklenir.
* Manyetik karıştırıcı üzerinde beherdeki sıvı karışırken FAS ile nar çiçeği kırmızısına kadar titre edilir.
* Aynı işlemler şahit numune olarak 2.5 mL saf su ile de yapılır.



A : şahit için harcanan FAS, mL,

B : numune için harcanan FAS, mL,

M : FAS molaritesi.

**MLSS Ölçümü**

* Deney öncesinde sabit tartıma getirilmiş filtre kağıtları hazırlanır ve sabit tartımlar kaydedilir.
* Reaktörden alınan numune iyice karıştırılır ve ……….ml numune alınarak vakum filtrasyon düzeneğinde sabit tartımı bilinen filtre kağıdından süzülür.
* Numunenin süzüldüğü filtre kağıdı etüvde 105°C’de 1 saat kurutulur.
* Etüvden desikatöre alınır ve 15 dk soğuması beklenir.
* Hassas terazide tartılır ve reaktörün katı madde konsantrasyonu (MLSS) bu tartım verileriyle hesaplanır.



**Sonuçlar:**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Parametre** | **t=2 sa** | **t=4 sa** | **t=6 sa** |
| T (ºC) |  |  |  |
| ÇO (mg/L) |  |  |  |
| pH |  |  |  |
| KOİ(mg/L) |  |  |  |
| MLSS(mg/L) |  |  |  |

**Hesaplamalar ve Değerlendirme:**

* Reaktörün HRT ve θc değerlerini hesaplayınız.
* Zamana karşılık MLSS ve KOI değerlerini grafik üzerinde gösteriniz. Maksimum MLSS ve minimum KOI konsantrasyonlarını belirleyiniz.
* Klasik aktif çamur sistemlerinde ÇO ve sıcaklığın hangi değerlerde olması istenir, biyolojik oksidasyondaki önemlerini açıklayınız.
* Atıksu arıtma tesislerinde biyolojik arıtım sisteminde, sistemin geri devirli ve geri devirsiz olması durumunda HRT ve θc’nin hangi değerlerde olması gerekir, tartışınız.