T.C.

BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ LABORATUVARI-I

DENEY FÖYÜ

SORUMLULAR

Yrd. Doç. Dr. Baybars Ali FİL

Yrd. Doç. Dr. Zürriye GÜNDÜZ

Uzm. Dr. Ayla GÜNGÖR

Arş. Gör. Mustafa KORKMAZ

Arş. Gör. Süleyman UZUNER

Arş. Gör. Yeliz SÜZEN

Arş. Gör. Simge SERTKAYA

Arş. Gör. Elif ÇALGAN

2017

DENEY: GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMÜ DENEYİ

1. DENEYİN AMACI

Günümüzde yaşadığımız çevrenin kalitesini ve insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen önemli faktörlerden biri de gürültüdür. *Gürültüyü*, "Hoşa gitmeyen, istenmeyen, rahatsız edici ses" olarak tanımlayabiliriz. Ses, nesnel bir kavramdır. Yani ölçülebilir ve varlığı kişiye bağlı olarak değişmez. Gürültü ise öznel bir kavramdır. Tanımdan da anlaşılacağı üzere bir sesin gürültü olarak nitelenip nitelenmemesi kişilere bağlı olarak değişebilir. Kimilerinin severek ve eğlenerek dinlediği müzik diğerlerini rahatsız edebilir.

Gürültü ölçümleri öncesinde gürültünün hangi amaçla, ne şekilde, ne kadar süre ile değerlendirileceği, değerlendirme zaman dilimi konularında bir planlamanın yapılması büyük kolaylıklar sağlayabilmektedir.

Genel olarak gürültü ölçüm amaçları:

- Gelen bir şikayeti değerlendirme
- Yasalara uygunluğu denetleme
- Maruz kalan kişi sayısını belirleme
- Araştırmalar
- Kalibrasyon doğrulama
- Arazi kullanım planlaması veya Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED)
- Gürültü haritalama
- Önlemlerin etkinliğini değerlendirme kapsamında yapılmaktadır [1].

2. TEORİK BİLGİLER

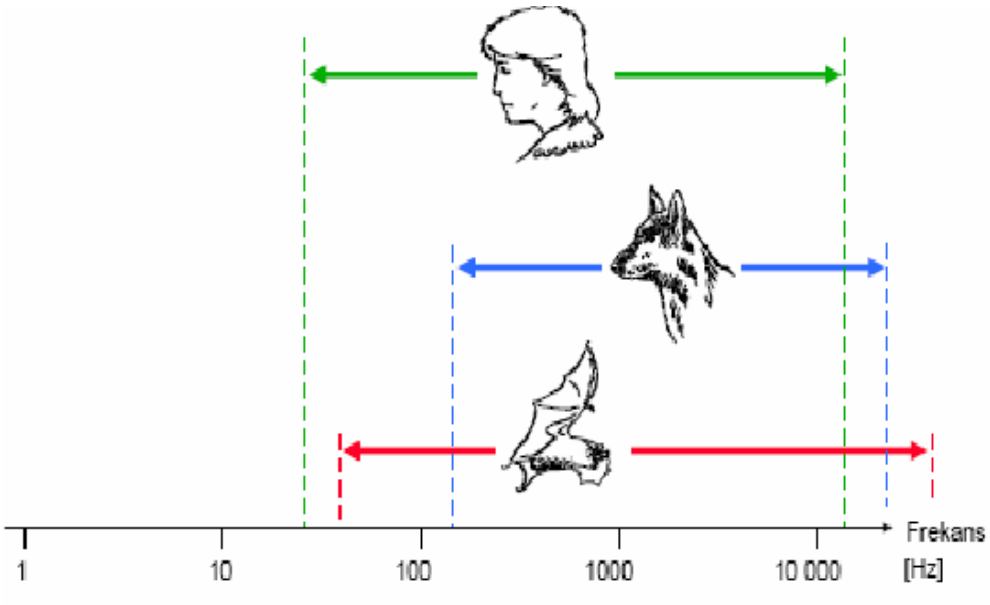
Ses Seviyesi

- Sesin iki temel karakteristiği frekans ve şiddettir.
- Frekans birim zamandaki titreşim sayısı olup, birimi Hz" dir.
- Bütün titreşimler kulak tarafından duyulmaz.
- İnsan kulağı 20 Hz ile 20.000 Hz"lik frekans aralığında sesleri duyar.
- Kulağın en duyarlı olduğu frekans aralığı 1.000 - 4.000 Hz arasıdır.
- Ses basınç seviyesi birimi desibeldir ve dB simgesi ile gösterilir.
- dB bir ses değerlendirme birimidir.
- Ses seviyesinin birimi, kullanılan ağırlık eğrisine göre dBA, dBB ya da dBCdir.
- dBA insan kulağının en duyarlı olduğu orta ve yüksek frekansların özellikle vurgulandığı bir ses değerlendirme birimidir.

Gürültü Seviyesi

- dB(A) olarak ölçülmektedir.
- dB(A) skalası logaritmik bir yapıya sahiptir.
- Duyma sınırı / eşiği 0 dB(A) olup 120–130 dB(A) ise ağrı eşiğidir.

- Yaklaşık olarak bir ses 6–10 dB(A) artırılırsa insan kulağı tarafından 2 kat olarak hissedilir [2].



Gürültünün Sağlık Etkileri

Gürültünün etkisine karşı insan davranışları iki grupta toplanmaktadır. Birincisi, ancak duygu ve duyuların açıklanmasıyla belirlenebilen psikolojik rahatsızlık, ikincisi ise; çeşitli ölçme metotlarıyla belirlenebilen fizyolojik rahatsızlıktır. Bu sebeple, insan sağlığı ve konfor şartları açısından mimari tasarım aşamasında gürültü kontrolü yapılması gerekir.



Gürültünün insan sağlığına olan etkileri;

1. Gürültüye bağlı işitme bozukluğu
2. Konuşmanın engellenmesi
3. Gürültünün uyku üzerindeki etkileri
4. Gürültünün kardiyovasküler ve fizyolojik etkileri
5. Gürültünün ruh sağlığı üzerindeki etkileri
6. Gürültünün iş performansı üzerindeki etkileri
7. Gürültünün konut alanlarındaki genel davranış ve rahatsızlık üzerindeki etkileri
8. Birleşik gürültü kaynaklarının etkileri
9. Gürültüye karşı hassas olan toplum grupları olarak gruplaşabilir.

Tablo 1. Gürültünün Sınıflandırılması

I. Derecedeki Gürültüler 30 – 65 dBA	• Konforsuzluk • Rahatsızlık • Sıkılma duygusu • Kızgınlık • Konsantrasyon • Uyku Bozukluğu
II. Derecedeki Gürültüler *65 – 90 dBA*	• *Fizyolojik gürültü* • *Kalp atışının değişimi* • *Solunum hızlanması* • *Beyindeki basıncın azalması*
III. Derecedeki Gürültüler 90 – 120 dBA	• Fizyolojik gürültü • Baş ağrısı
IV. Derecedeki Gürültüler *120 – 140 dBA*	• *İç kulakta bozukluk*
V. Derecedeki Gürültüler 140 > dBA	• Kulak zarının patlaması.

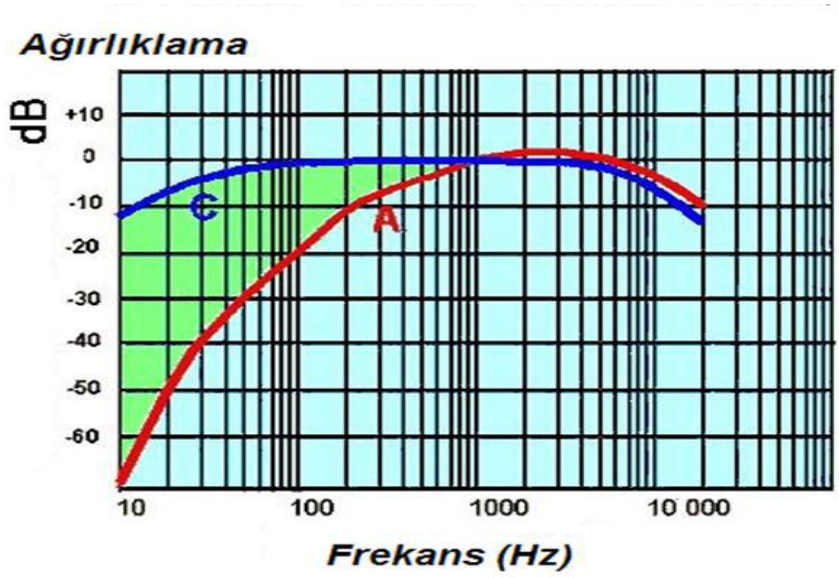
Kulak en iyi orta ve yüksek frekanslara (500 Hz-4000 Hz) en kötü düşük frekanslara (63 Hz –250 Hz) tepki verir. Bu yüzden, ses seviye ölçerlerin kulağın tepkisini simüle edebilmesi için, Ağırlıklandırılmış A filtre, cihaza dahil edilmiştir.

- Ağırlıklandırılmış A filtre, üretilmiş düşük frekansları ihmal eder. Ses basınç seviyesi dB(A) üzerinden belirtilir.

Ses seviye ölçerler aynı zamanda Ağırlıklandırılmış C filtreyi de içerirler. Peak gürültü seviyeleri C filtre kullanılarak ölçülür ve dB(C) üzerinden belirtilir.

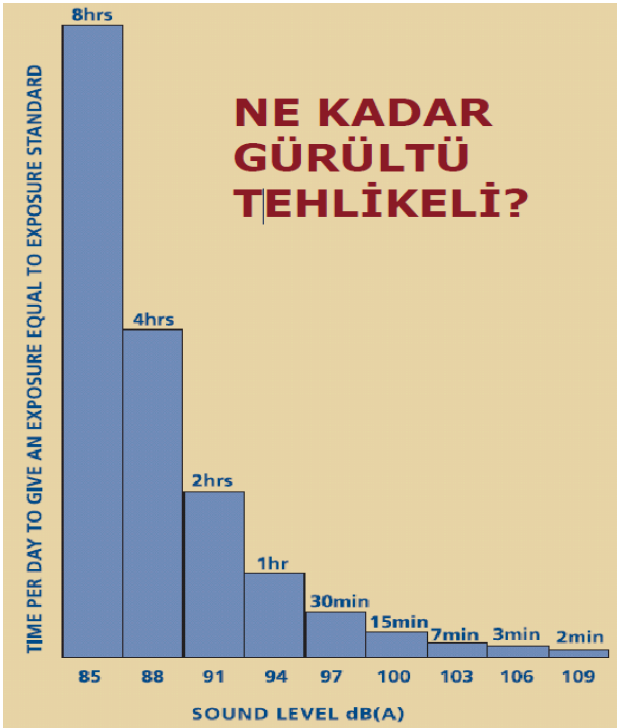
dB→ ***Ölçüleni Verir***

dBA→ ***Kulağımızın algıladığı sesi verir***



Tablo 2. Bazı Ses Kaynaklarının (dB) Değerleri

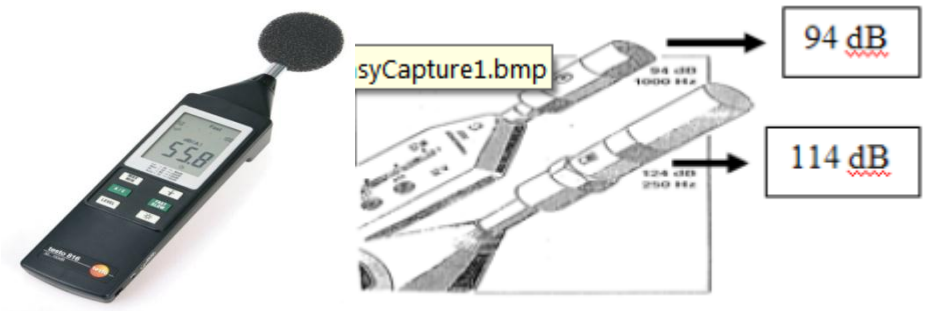
(dB)	Örnekler	Subjektif Değerlendirme
140	Jet motoruna yakın	Hasar verici
130	Ağrının başlangıcı	
105	Kuvvetli rock müzik	
100	3 m uzaklıkta otomobil klakson sesi	Çok yüksek
90	Şehir cadde gürültüsü	
82	Fabrika gürültüsü	
80	Akustik yalıtım yapılmamış okul, kantin gürültüsü	Yüksek
62	Açık trafikli yol	
62	Talî bir yolun gürültüsü	Orta
50	Büro gürültüsü	
40	Konutta düşük düzeyde çalınan müzik	Düşük
20	Fısıltı	Çok düşük
8	İnsanın nefes alış-verişi	
0	İşitmenin başlangıcı	



- Gürültünün yol açtığı zararın boyutu zamanla alınan toplam toplam ses enerjisine bağlıdır.

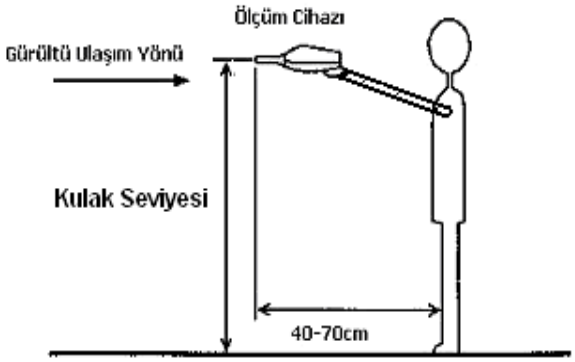
3. DENEY DÜZENEĞİ

- Ses Seviye Ölçer Cihazı (Testo)
- Tripot



4. DENEYİN YAPILIŞI

✓ *GÜRÜLTÜ NASIL ÖLÇÜLÜR?*



[3].



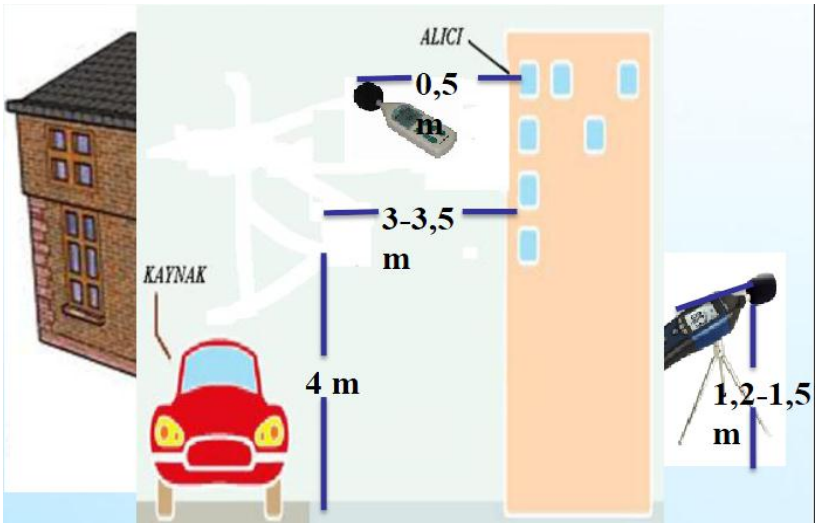
Şekil 1. Ses Ölçüm Cihazı ile Ölçüm



Şekil 2. Dozimetre ile Ölçüm

Kaynak ile Alıcı Ayrı yapıda ise Mikrofon Konumu;

- ✓ Yansıtıcı yüzeyden en az 3-3,5 m mesafede, Yerden 1,2-1,5m yüksekte olmalı,
- ✓ Açık bir pencerenin 0,5 m önünde, 4 m yükseklikte, birkaç değişik noktada ölçüm yapılmalı.



Mikrofon Konumu – İç Mekân

- ✓ Duvarlardan en az 0,5-1m uzakta,
- ✓ Pencereden 0,7-1,5m uzakta,
- ✓ Yerden 1,2-1,5m yüksekte olmalı,



Ölçümler – Genel Hususlar

- ✓ Rüzgarın estiği yönde ölçümleri yapmaya dikkat edilmeli (rüzgâr hızının 5 m/snyi geçtiği durumlarda ölçümlerin yapılmaması gerekir.)
- ✓ Ölçümler sırasında ani olarak yükseliş gösteren gürültüler elimine edilmeli,
- ✓ Ölçüm mahallîndeki kişiler,
- ✓ Ölçüm yapılan kaynağın çalışma durumu, sayısı ve konumları
- ✓ İşletmeye herhangi bir yapı elemanının eklenmesi veya kaldırılması (duvar, cam v.b.)
- ✓ Uygun ölçüm modu ve ağırlıklama seçimi,
- ✓ Düşük Bataryalar,
- ✓ Vücudun Engel Etkisi Engel Etkisi
- ✓ Mikrofon üzerindeki veya ses ölçerin içerisindeki nem,
- ✓ Bir işletmede bulunan gürültü kaynak sayısının değişmesi,
- ✓ Çalışma sırasında maruz kalan bölgenin yanlış tayin edilmesi [4].

Aşağıdaki kontrol tedbirleri hiyerarşisinden bir veya daha fazla kontrol önlemlerinin uygulanması, *aşırı gürültü seviyelerini düzenleyebilir*:

1. Gürültü kaynağını yok etme

2. Gürültülü makineleri daha az gürültülü olanları ile değiştirmek (‘sessiz olanı satın alma’). (Bu işyerinde gürültüyü kaynağında kontrol etmek için maliyet açısından etkindir.)

3. Gürültüye kaynağında veya yayıldığı alanda müdahale ile mühendislik kontrolü (örn; gürültü soğurucuları veya susturucu, gürültü bariyerleri veya izolasyon).

4. Yönetim olarak bazı gürültü kontrol önlemlerinin uygulanması. (örn; eğitim, iş rotasyonu, işin yeniden tasarlanması veya gürültüye maruz kalan çalışan sayısını azaltmak için mesailerin yeniden düzenlenmesiv.b.)

5. Kulak koruyucuların sağlanması (örn; kulak tıkaçları).

5. HESAPLAMALAR



Arkaplan Gürültüsü: Bir çevrede incelenen sesler bastırıldığında verilen konumdaki ve verilen durumdaki geriye kalan toplam sesi ifade etmektedir.

- ✓ Arkaplan gürültüsü, ölçülen ses basınç seviyesinden 10 dB ya da daha fazla düşükse herhangi bir düzeltme yapmaya gerek kalmaz. Ölçülen değer, direk olarak kaynak gürültüsü değerini vermektedir.
- ✓ Arkaplan gürültüsü ile ölçülen ses basınç seviyesi arasındaki fark 3-10 dB aralığındaysa denklemde verildiği gibi logaritmik çıkartma yapılarak saf kaynak gürültüsü hesaplanmalıdır.
- ✓ Arkaplan gürültüsü, ölçülen ses basınç seviyesinden 3 dB den az ise belirsizlik çok yüksek olduğu için düzeltme tavsiye edilmemektedir. Böyle durumlarda, ölçüm noktalarının değiştirilerek ölçümlerin yenilenmesi daha sağlıklı olacaktır.

$$L_{düzeltilmiş} = 10\log(10^{L_{ölçülmüş}/10} - 10^{L_{arkaplan}/10}) \quad dB$$

Gürültü Ölçümü Uygulaması

Adı Soyadı:
No:
Grup No:
Tarih:

İşletmeye ait Gürültü Ölçüm Sonuçları

Ölçüm Anı	Ölçüm Yeri/Konumu	Ölçüm Başlama Zamanı	Ölçüm Bitiş Zamanı	Ölçüm Sonuçları					
				A-Ağırlıklama			C-Ağırlıklama		
				L_{eq}(dB)			L_{eq}(dB)		
				1.Konum	2.Konum	3.Konum	1.Konum	2.Konum	3.Konum
İşletme faaliyette iken	İşletme içi (farklı noktalarda)			1. 2. 3.	1. 2. 3.	1. 2. 3.	1. 2. 3.	1. 2. 3.	1. 2. 3.
	Ortalamalar								
	Genel Temsili Ortalama								
	İşletmenin hemen dışı (farklı yönlerde)			1. 2. 3.	1. 2. 3.	1. 2. 3.	1. 2. 3.	1. 2. 3.	1. 2. 3.
	Ortalamalar								
	Genel Temsili Ortalama								
	En yakın yapı (farklı yönlerdeki işyeri, konut vb)								
	En yakın çok hassas/hassas yapı(farklı birkaç yapı önü)								

Ölçüm Özeti:

1. İşletme faaliyette iken eşdeğer gürültü seviyesi A Leq: .....dBA
2. İşletme dışı arka plan eşdeğer gürültü seviyesi A Leq: .....dBA
3. İşletme faaliyette iken eşdeğer gürültü seviyesi C Leq: .....dBC
4. İşletme dışı arka plan eşdeğer gürültü seviyesi C Leq: .....dBC

Hesaplamalar:

Yorum:

Örnek :

Ölçümler sonucunda, genel anlamda işletme faal iken mevcut eşdeğer gürültü seviyelerinin ortalaması ile işletme dışında potansiyel eşdeğer arka plan gürültü seviyelerinin ortalaması şu şekilde özetlenebilir;

1. İşletme faaliyette iken eşdeğer gürültü seviyesi A Leq: 69.5dBA
2. İşletme dışı arka plan eşdeğer gürültü seviyesi A Leq: 65.1dBA
3. İşletme faaliyette iken eşdeğer gürültü seviyesi C Leq: 77.5dBC
4. İşletme dışı arka plan eşdeğer gürültü seviyesi C Leq: 75.6dBC

İşletme faal olduğu zamanlardaki eşdeğer gürültü seviyesi ile işletmenin dış ortamına ait eşdeğer gürültü seviyeleri arasındaki aritmetik fark önemlidir.
Bu fark değeri 3dB'den büyük yada eşit ve 10 dB'den küçük ise (3≤Fark Değeri<10), ölçülen değerden arka plan gürültü değeri logaritmik olarak çıkarılarak (düzeltme yapılarak) işletmeye ait gürültü seviyesi belirlenmelidir. Bu duruma göre;

69.5 dbA – 65.1bBA = 4.4 dBA (3≤ 4.4 <10), düzeltme yapılmalıdır.

77.5 dBC – 75.6dBC = 1.9 dBC (1.9 < 3), fark kabul edilir, düzeltme yapılmamıştır.

$$L_{Düzeltilmiş} = 10log\left[10^{L_{ölçülmüş}/10} - 10^{L_{ar\ kaplan}/10}\right]$$

$$L_{eqdüzeltilmiş} = 10log\left[10^{69.5/10} - 10^{65.1/10}\right] = 67.6\ dBA$$

Ölçüm ve düzeltme sonucuna yapılacak yorum:

A L_{eq}= 67.6dBA – 65.1 dBA = 2.5 dBA< 5 dBA, gürültü sınır aşımı yoktur.
C L_{eq}= 77.5dBC – 75.6 dBC = 1.9 dBC< 7 dBC, gürültü sınır aşımı yoktur.

BİLİYOR MUYDUNUZ??!!

1. Desibel Nedir?

Desibel, belirli bir referans güç ya da miktar seviyeye olan oranı belirten genelde ses şiddetiiçin kullanılan logaritmik ve boyutsuz bir birimdir. Desibel daima iki değer arasındaki karşılaştırmadır. Birimi dB'dir. Bel biriminin 10 da biridir.Logaritmik oranın 10 ile çarpımı sonucun Bel yerine dB olarak elde edilmesini sağlar.

BEL: Bir telefon hattında 1.6 km sonra oluşan ses sinyalindeki kaybı ifade eder. Orijinal adı "TransmissionUnit" olan bu büyüklük sonra Alexander GrahamBell anısına BEL olacakşekilde değiştirilmiştir.

6. KAYNAKLAR

[1]http://gurultu.cevreorman.gov.tr/gurultu/AnaSayfa/gurultu/GurultuOlcumleri.aspx?sflang=tr

[2]T.C.Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Çevresel Gürültü Ölçümü ve Değerlendirme Kılavuzu, Ankara, 2011.

[3]T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Mesleki Gürültü, Mevzuat Ölçüm ve Değerlendirme Riskin Belirlenmesi, Hüseyin Sezek, Kocaeli.

[4]Çevresel Gürültü ve Titreşim Yönetimi, Şubat 2013, Antalya.

DENEY: REAKSİYON DERECESİ ve HIZ SABİTLERİNİN BULUNMASI

1. Deneyin Amacı

Herhangibir reaksiyon için reaksiyon derecesi ve hız sabitlerinin deneysel olarak belirlenmesi

2. Deneyin Yapılışı

Bu deneyde iyodürün persülfatlaoksidasyonuna ait reaksiyonunun hız sabiti belirlenecektir.

$2I^- + S_2O_8^{-2} \rightarrow I_2 + 2SO_4^{-2}$

1. 4.15 g KI alınır, 250 mL saf suda çözülür ve bir behere konulur.
2. Aynı behere 0.1 N persülfat çözeltisinden 250 mL ilave edilir ve aynı anda kronometre çalıştırılır.
3. 5, 10, 15, 20, 30, 40, 60 dakikalarda beherden 5 mL örnek alınarak 0.01 N $Na_2S_2O_3$ çözeltisi ile titre edilir.
4. Persülfat çözeltisinin konsantrasyonu iyodür çözeltisinin konsantrasyonuna göre çok büyük olduğundan persülfat konsantrasyonundaki değişim ihmal edilir ve reaksiyon KI'e göre 1. dereceden yazılabilir.
5. Reaksiyon hız sabiti k, zamana (t) karşı $\ln[C_{KI}/C_{KI0}]$ grafiğinin eğiminden hesaplanabilir.
6. Hehangibir t anındaki KI konsantrasyonu için; $C_{KI}=C_{KI0} - [N.V1/V2]$ eşitliği kullanılabilir.

C_{KI0}= Başlangıç KI konsantrasyonu

N:$Na_2S_2O_3$ çözeltisinin normalitesi (0.01 N)

V1: Titrasyonda sarf edilen $N_2S_2O_3$ çözeltisinin hacmi (mL)

V2: Titre edilen numune hacmi (5 mL)

3. Deney sonuçlarının Değerlendirilmesi

Reaksiyon hız sabiti k zamana (t) karşı ln $[C_{KI}/C_{KI0}]$ grafiğinin eğiminden hesaplanabilir. $\ln[C]=\ln[C_0]-kt$ bağıntısı kullanılarak herhangibir t anındaki konsantrasyon hesaplanabilir. Bu şekilde hesaplanan ve ölçülen değerler bir grafik üzerinde karşılaştırılabilir.

4. Birinci, İkinci ve Sıfırıncı Dereceden Reaksiyon Hız Denklemeleri ve denklemin yazılması

Bir kimyasal reaksiyona ilişkin reaksiyon hızı birim zamanda derişimdeki değişmedir. Aynı zamanda reaksiyon hızı üst içeren veya içermeyen derişim terim veya terimleri ile hız sabiti adı verilen (k) bir katsayı çarpımı olarak da ifade edilir. Bu ifade genel olarak

$r=k[A]^a[B]^b[C]^c$……

Buradaki a,b,c…. Üstel terimleri denkleştirilmiş reaksiyon denklemindeki stokiyometrik katsayılara karşılık gelen artı veya eksi 1,2,3 gibi tam sayılar ile ½, 2/3 gibi yarı tamsayılardır. Bu sayılar bir reaksiyonun genel derecesini ve her bir bileşene göre derecesini verirler. Çok basamaklı bir reaksiyonun denkleştirilmiş reaksiyon denklemine bakarak reaksiyon hız ifadesi yazılamaz. Ancak bir kimyasal reaksiyonun basit reaksiyon olduğu biliniyorsa reaksiyon denklemine bakılarak hız ifadesi yazılabilir. NO ile H_2 arasındaki örnek reaksiyonun denkleştirilmiş reaksiyon denklemi

$2NO(g) + 2H_2(g) \rightarrow N_2(g) + 2H_2O\ (g)$

Şeklindedir. İki adımda yürüdüğü bilinen bu reaksiyona ilişkin hız denklemini reaksiyona bakarak yazmak mümkün değildir. Şimdi bu reaksiyonun deneysel olarak belirlenen iki adımını yani mekanizmasını yazalım.

$2NO(g) + H_2(g) \rightarrow N_2(g) + H_2O_2$ (g) (yavaş)

$H_2(g) + H_2O_2$ (g) $\rightarrow 2H_2O$ (g) (hızlı)

Bu iki basit reaksiyondan birincisi yavaş ikincisi hızlı yürüyen bir reaksiyondur ve bu durumda reaksiyonun hızını belirleyen basit reaksiyon birinci basamaktır. O halde reaksiyon hızı birinci reaksiyondaki derişimler ile orantılı olacaktır. O halde

$r=k[NO]^2[H_2]$

Toplam reaksiyon denklemine bakarak neden reaksiyon hız denkleminin yazılamayacağını bir toplam reaksiyonun yürüyüşünü kum saatinin işleyişine benzeterek açıklayabiliriz. Kum saatindeki akış hızını boğaz belirler. Kum tanecikleri için boğazdan önce veya sonra akışa engel yoktur. Tek engel birim zamanda sınırlı sayıda kum taneciğinin geçebildiği boğazdır. Kimyasal reaksiyonlar sırasında yavaş yürüyerek reaksiyon hızını belirleyen basit reaksiyonlar vardır ve hızı belirlerler.

$Aa+Bb+Cc+\ldots\ldots\rightarrow$Ürünler şeklinde olan bir reaksiyon için hız ifadesi

$r=k[A]^a[B]^b[C]^c$ şeklindedir ve reaksiyon derecesi veya mertebesi=a+b+cdir. Yine hız ifadesi her bir bileşen için yazılırsa,

$Aa+Bb+Cc+\ldots\ldots\rightarrow cC + dD$ şeklindeki bir reaksiyon için,

$r=(-1/a)d[A]/dt=(-1/b)d[B]/dt=(1/c)d[C]/dt=(1/d)d[D]/dt$ şeklindedir.

Birinci dereceden bir reaksiyonun hızı sadece bir reaktantın (veya ürünün) derişimine bağlıdır.

Bu durumda reaksiyonun hızı için,

$r=k[A]$

yazılabilir. Birinci dereceden reaksiyonların reaksiyon hız sabitlerinin birimi 1/zaman yani 1/s, 1/dak, 1/yıl şeklindedir. Daha önce gördüğümüz gibi reaksiyon hızı A reaktantı için,

$r=d[A]/dt$

olur. Buradan

$-d[A]/dt=k[A]$

Yazıp her tarafın t=0 (başlangıç) anından belli bir t anına kadar integrali alınırsa ,

$\ln[A]=-kt + \ln[A]_0$

İkinci dereceden bir reaksiyonun hızı bir bileşenin veya iki bileşenin derişimine bağlı olabilir. O halde ikinci dereceden bir reaksiyonun hız denklemi

$r=k[A]^2$ veya $r=k[A][B]$

şeklindedir. Kinetiği ikinci dereceden reaksiyon hız denklemine uyan bir reaksiyonun reaksiyon hız sabitinin birimi 1/(derişim zaman) yani lt/(mol s), lt/(moldak) şeklindedir.

$2A\rightarrow B+C$

Yukarıda verilene benzer bir basit reaksiyon için reaksiyon hız denklemi

$-d[A]/dt=k[A]^2$

Olur. Başlangıçtan belli bir t anına kadar bu eşitliğin integrali alındığında

$1/[A]=kt+1/[A]_0$

elde edilir. Bu ifade eğimi k olan bir doğru denklemidir. Deneysel olarak ikinci dereceden bir reaksiyonun reaktantının derişimi belli sürelerde ölçülürse ve elde edilen veri t'ye karşı 1/[A] olarak grafiğe geçirilirse bir doğru grafiği elde edilir. Bu grafiğin eğiminden reaksiyon hız sabiti (k) hesaplanabilir. Ayrıca grafikten belli bir t anındaki 1/[A] okunarak bileşiğin o andaki derişimi bulunabilir.

Sıfırıncı dereceden bir reaksiyonun hızı reaktantderişiminden bağımsızdır. Bu nedenle reaksiyon hzı zamanla değişmez sabit kalır.

$r=k$

Sıfırıncı dereceden bir reaksiyon için hız denklemi

$-d[A]/dt=k$

Olur. Başlangıçtan belli bir t anına kadar hız denkleminin integrali alındığında

$[A]=-kt+[A]_0$

elde edilir.

Bir reaksiyonun hızını konsantrasyon, sıcaklık, pH, basınç gibi faktörler etkilemektedir

5. Aktivasyon Enerjisi

Arrhenius denklemi kullanılarak bir reaksiyonun aktivasyon enerjisi hesaplanabilir.

$k=Ae^{-Ea/RT}$ ve lineer hali $\ln k=-Ea/RT + \ln A$ ve $\ln(k_2/k_1)=-Ea/R(1/T_2–1/T_1)$

Burada A terimi Arrhenius sabiti, Ea aktivasyon enerjisi, R gaz sabiti, k_1 ve k_2 reaksiyon hız sabitleri. Aktivasyon enerjisi bir reaksiyonun başlaması için gerekli olan enerjidir.

DENEY:ELEKTROKOAGÜLASYON İLE SULU ÇÖZELTİLERDEN BOYAR MADDELERİN GİDERİLMESİ

DENEYİN AMACI:

Sentetik olarak hazırlanmış bir boya çözeltisinden faydalanılarak elektrokoagülasyon işleminin ve bu işlem üzerinde etkili parametrelerin saptanması.

1. TEORİK BİLGİLER

Elektrokoagülasyon; çözünebilen ve yumaklaştırıcı özelliğe sahip metal (alüminyum ve demir gibi) bir elektrodun kullanıldığı elektrokimyasal atıksu arıtım sürecidir. Elektrokoagülasyon ile kimyasal koagülasyon arasındaki fark esasen alüminyum ya da demirin sisteme ilave edilme şeklidir. Elektrokoagülasyondayumaklaştırma ve çökelme mekanizmaları sisteme kimyasal madde ilavesi ile değil, elektrokimyasal reaktördeki elektrotlar aracılığı ile gerçekleştirilmektedir. Elektrokoagülasyon; kolloidlerin, süspansiyonların ve emülsiyonların elektriksel yüklerden etkilendiği gerçeğine dayanır. Bu sebeple uygun elektrotlarla yüklü taneciklere ilave elektriksel yükler uygulanırsa, taneciklerin yüzey yükleri nötralize edilir ve birçok tanecik kolaylıkla sudan ayrılabilecek daha büyük boyutta tanecikler oluşturmak üzere birleşir.

Elektrokoagülasyon işleminde elektrot malzemesinin seçimi sistemin kalbini oluşturur. Bu sebeple uygun elektrot malzemesinin seçimi çok önemlidir. En yaygın elektrot malzemeleri demir ve alüminyumdur. Her ikisi de genellikle ucuz, kolay bulunabilen ve etkili malzemelerdir.

Elektrot malzemesi olarak demir kullanıldığında elektrot reaksiyonları:

Katotta; $$8H^{+} + (aq) + 8e^{-} \rightarrow 4H_2(g) \quad (1)$$

Anotta; $$4Fe(s) \rightarrow 4Fe^{+2}(aq) + 8e^{-} \quad (2)$$

ve çözeltideki çözünmüş oksijen ile;

$$4Fe^{+2}(aq) + 10H_2O(l) + O_2(g) \rightarrow 4Fe(OH)_3 + 8H^{+}(aq) \quad (3)$$

nihai olarak toplam reaksiyon ise

$$4Fe(s) + 2H_2O(l) + O_2(g) \rightarrow 4Fe(OH)_3(s) + 4H_2(g) \quad (4)$$

şeklinde özetlenebilir.

Ayrıca elektrot malzemesi olarak alüminyum kullanılması durumunda ise reaksiyonlar katotta (1) no'lu reaksiyon cereyan ederken anot ve çözelti reaksiyonları aşağıda verildiği şekilde oluşur:

Anotta;

$$Al \rightarrow Al^{+3} + 3e^{-} \quad (5)$$

Çözeltide;

$$Al^{+3}(aq) + 3H_2O \rightarrow Al(OH)_3 + 3H^{+}(aq) \quad (6)$$

Yukarıdaki reaksiyonlarda görüldüğü üzere elektrokoagülasyon; yükseltgenme, yumak oluşumu (yumaklaşma) ve yüzdürmenin (Flotasyonun) bir bileşimidir. Katottan çıkan hidrojen gazı kabarcıkları oluşan yumaklara yapışarak onları yüzmeye zorlar ve reaktörün üst kısmına doğru kaldırırlar.

Sadece elektrokoagülasyonda değil, tüm elektrokimyasal işlemlerde elektroliz gerilimi en önemli değişkenlerden birisidir ve akım yoğunluğu, su/atıksuyun iletkenliği, elektrotlar arası mesafe ve elektrotların yüzeylerinin durumu ile sıkı bir ilişki içerisindedir.

2. DENEYİN YAPILIŞI

Demir elektrotlar reaktöre yerleştirildikten sonra daha önceden hazırlanmış olan boyar madde çözeltisinden 500 ml reaktöre doldurularak karıştırıcı çalıştırılır ve atıksuyunpH değeri istenen değere ayarlanır. Daha sonra karıştırıcı 150 dev/dak.'lık karıştırma hızına ayarlandıktan sonra çözeltinin pH, sıcaklık, iletkenlik değerleri okunarak aşağıdaki tabloya kaydedilir. Ardından doğru akım güç kaynağı belirlenen akım ya da potansiyel fark değerine ayarlanarak sistem çalıştırılır. Sistemden belirli zaman aralıklarında örnekler alınarak filtre kağıdından süzülür ve boyar madde analizleri yapılarak aşağıda verilen tablo doldurulur. Reaktör muhtevası berrak hale geldikten sonra çamur miktarının ölçülmesi için çözelti İmhoff Konisine aktarılır.

3. DENEY SONUCUNUN HESAPLANMASI

Deney sonuçlarının hesaplanmasında aşağıdaki formüller kullanılarak zamana karşı giderme verimi ve enerji tüketimi eğrileri çizilecektir.

1. Arıtma veriminin hesaplanması: Arıtma veriminin hesaplanmasında 7 no'lu eşitlik kullanılacaktır.

$$\eta(\%) = \left(\frac{C_0 - C_e}{C_0} \right) x100 \quad (7)$$

2. Enerji tüketiminin hesaplanması: Enerji tüketiminin hesaplanmasında 8 no'lu eşitlik kullanılacaktır.

$$W(kw-h/m^3) = \frac{VxIxt}{v} \quad (8)$$

3. Birim hacme aktarılan yükün hesaplanması: Birim hacme aktarılan yükün hesaplanmasında 9 no'lu eşitlik kullanılacaktır.

$$Q(F/m^3) = \left(\frac{Ixt}{v} \right) \quad (9)$$

Simgeler

C_e	Arıtıldıktan Sonra Kirleticinin Çözeltideki Konsantrasyonu	(mg/L)
C_o	Kirleticinin Çözeltideki Başlangıç Konsantrasyonu	(mg/L)
I	Akım Şiddeti	(Amper)
Q	Birim hacme aktarılan yük	(F/m^3)
t	Zaman	(Dak.)
T	Çözeltinin Sıcaklığı	(^oC)
V	Uygulanan Potansiyel Fark	(Volt)
v	Çözeltinin Hacmi	(L)
W	Birim Enerji Tüketimi	$Kw-h/m^3$
□	Arıtma Verimi	(%)
□	Çözeltinin İletkenliği	(μs/cm)

Elde ettiğiniz verilere göre hangi sistem hangi şartlarda çalıştırılmalıdır gerekçeleri ile açıklayınız.

t	**V**	**I**	**□**	**T**	**pH**	**C_e**	**□ (%)**	**Kwh/m^3**	**Q (F/m^3)**
0							0,00	0,000	0,000

t	**V**	**I**	**□**	**T**	**pH**	**C_e**	**□ (%)**	**Kwh/m^3**	**Q (F/m^3)**
0							0,00	0,000	0,000

DENEY: İYON DEĞİŞİMİ

DENEYİN AMACI:

Sert bir suyun katyon değiştirici reçineler yardımıyla yumuşatılması ve bu arada reçine kolonlarının performanslarının değerlendirilmesi.

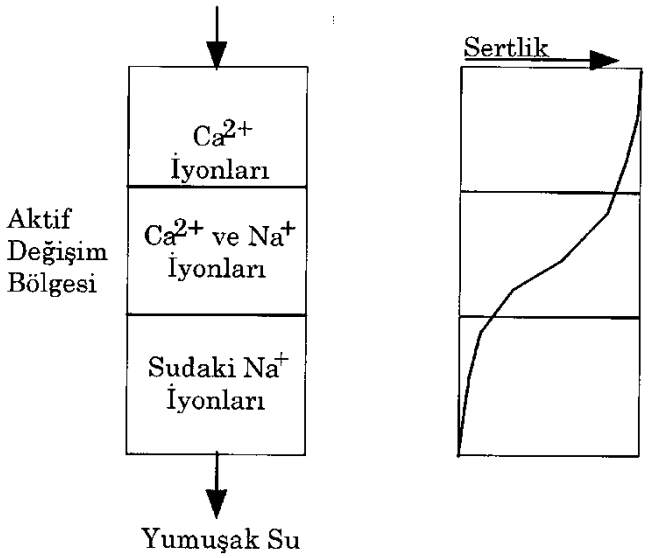
1. TEORİK BİLGİLER

İyon değiştirme benzer ve eşit elektrik yüklü iyonların katı ile temas halindeki bir çözeltiden katının yüzeyine tutunarak katı üzerindeki iyonlar ile yer değiştirdiği doğal bir prosesdir. Esasında katı yüzeyindeki bu iyonlar çözeltiye geçerken elektrostatik kuvvetler vasıtasıyla yer değiştiren iyonlar yüzeye bağlanarak bunların yerine geçerler. Bu değişim prosesi, yüzeydeki ve çözeltideki iki tip iyonun nisbi konsantrasyonları bir dengeye varıncaya kadar devam eder. Değiıimin yönü bu bağıl konsantrasyonlara bağlı olarak tersine çevrilebilir. Pratik iyon değiştirmenin en basit örneği sertliğe neden olan sudaki Ca2+ iyonlarının değişim maddesindeki Na+ iyonları ile değiştirildiği su yumuşatmada görülmektedir. Dengeye varıldığında (reçinenin değiıim kapasitesi tüketildiğinde) yüzeydeki sodyum iyonlarını yenilemek için konsantre bir sodyum tuzu çözeltisine gerek vardır. Genellikle NaCl temin edilerek reçine rejenere edilebilir. İki veya daha fazla safhada iyon değiştirme maddesinin (reçine) ardışık olarak kullanılması olarak bilinen demineriliz asyonprosesinde, çözeltiden bütün çözünmüş tuzların uzaklaştırılması mümkündür. Deneyde kullanılan iyon değiştirme düzeneği ile hem yumuşatma işlemi hemdedemineriliz asyon işleminin yapılması mümkündür.

Yumuşatma teorisi: Yumuşatmada kullanılan en yaygın iyon değiştirme materyali sodyum biçiminde olan sülfolanmışstyrene reçinedir. Bu reçine kalsiyum ve magnezyum iyonlarına karşı son derece duyarlıdır. Bu reçine Ca2+ ve Mg2+ iyonlarını tamamen uzaklaştırdıktan sonra demir iyonlarını da uzaklaştırmaya başlayacaktır.

Sert Su			Reçine		Yumuşak su			Tükenmiş Reçine	
Ca	$(HCO_3)_2$					$(HCO_3)_2$		Ca	
]	SO_4	+	Na_2X	⟶	Na_2]	SO_4	+	]	X
Mg	Cl_2					Cl_2		Mg	

Yumuşatma işlemi kesikli olarak da gerçekleıtirilebilir. Bu amaçla reçine ve sertliği giderilecek olan su bir kab içerisinde dengeye gelinceye kadar karıştırılır. Bu şekilde reçinenin iyon değiştirme kapasitesi de ölçülebilir. Bununla beraber bu sistem reçine taneleri ile dolu bir kolon içerisinden suyun aşağıya doğru yavaşça geçirilmesi süretiyle bir sürekli akım prosesi biçimininde de uygulanabilir. Kolonun daha alt tabakalardaki değişim olayları gerçekleşmeden önce iyon değişim reaksiyonu, dengeye varıncaya kadar yatağın üst kısımlarında oldukça hızlı bir şekilde meydana gelir. Böylece bütün derinliklerdeki reçine tükeninceye kadar, kolonda aşağıya doğru hareket eden aktif değişim bölgesi vardır. İyon değişimi esnasındaki durum aşağıda Şekil 8'de gösterildiği gibidir.



Şekil 8. İyon değişimi esnasında reçine içerisindeki aktif değiştirme bölgesinin hareketi

Aktif değişim bölgesi kolonun altına ulaştığında, çıkış suyu sertliğinde ani bir artış gözlenir. Reçinenin bir NaCl çözeltisi ile rejenere edilmesinin gerektiği bu nokta atılım noktası olarak isimlendirilir.

Rejenerasyon teorisi: Rejenerasyonda, teorik olarak sudan CaCO3 olarak uzaklaştırılan sertliğin her bir mek için, 1 meqNaCl gereklidir. Örneğin CaCO3 olarak uzaklaştırılan sertliğin 1 gramı rejenerasyon1.17 gNaCl gerektirmektedir. (CaCO3 50 NaCl 58 meq ağırlığa sahiptir.) Bu miktarlar ile rejenerasyon yapıldığında oldukça uzun bir zamana gerek duyulduğu için, NaCl'ün bu miktarı ile rejenerasyonun tamamen sona erdirilmesi pratikte zordur. Bunun için NaCl'ün daha fazla miktarları (Genellikle teorik miktarın iki katı veya daha fazlası) kullanılır. Böylece rejenerasyon verimi % 50 civarında olur.

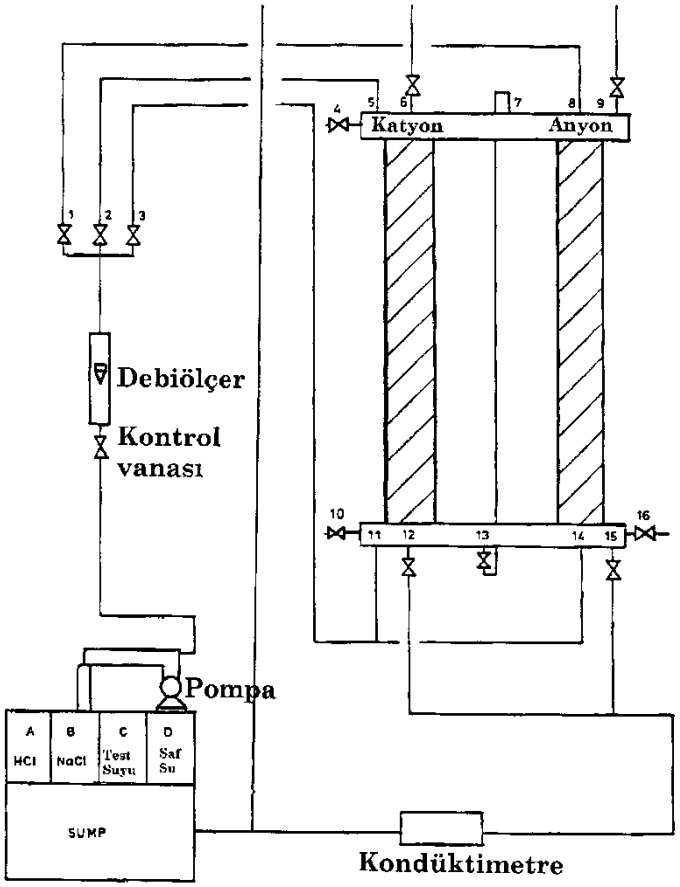
Tükenmiş Reçine Tuz Çözeltisi Reçine Atık Su

$$Ca \quad\quad\quad\

kolonun üst kısmına taşınır. Böylece kolonun tabakalı bir yapı kazanması sağlanır. Rejenerasyondan sonra kolona hava basılarak iki reçine yeniden karıştırılır.

2. DENEYİN YAPILIŞI

Tüm deneylerde kullanılacak olan vana numaraları ve sistemin genel şeması şekil 9'da verilmektedir. Açık olarak belirtilmeyen tüm vanalar işlem sırasında kapalı olarak tutulmalıdır.



Şekil 9. İyon değiştirme deney düzeneğinin vana planı ve şematik durumu

1-Musluk suyunun mevcut sertliğini hesaba katarak musluk suyunda CaCl2'ün uygun bir miktarını çözmek süretiyle 600-700 mg/L sertliğe sahip 10 L sert su hazırlanır. 0.01 N EDTA ile bu sert suyun tam olarak sertliği belirlenir.

2-Sentetik sert su test suyu (C) bölmesine konulur.

3-B bölmesine ise % 10'luk (w/v) 200 mLNaCl çözeltisi konulur.

4-Katyon değiştirici kolona, katyon değiştirici reçine yaklaşık 30 cm yükseklikte olacak şekilde yerleştirilir.

5-D tankına bir miktar saf su konularak (3) ve (6) numaralı vanalar açılır ve sistem 5 dakika süreyle saf su gönderilir. Yavaşça su kapatılır ve reçine yüksekliği ölçülür.

6-C tankını seçerek (2) ve (10) numaralı vanaları açınız.

7-Debi ölçeri 50-70 mL/dak. olacak şekilde ayarlayınız.

8-Çıkış suyundaki örnekleri belli zaman aralıklarında (yaklaşık 5 dakikada bir) toplayarak sertlik analizleri yapınız. Bu işleme çıkış suyu sertlik miktarı 100 mg/L oluncaya kadar devam ediniz.

9-Bu değere ulaşıldıktan sonra B tankını seçerek (2) ve (12) nolu vanaları açınız. (10) numaralı vanayı örnek toplamak için kullanabilirsiniz.

10-Debi ölçeri 10 mL/dak.'ya ayarlayarak yaklaşık 18 dakika rejenerasyon çözeltisini geçiriniz.

3. DENEY SONUÇLARININ HESAPLANMASI

Arıtılan su hacmine karşılık çıkış suyu sertliğini grafiğe aktarın. Bu arada sertliğin artmaya başladığı atılım noktasına dikkat ediniz. Atılım noktasına kadar sudan uzaklaştırılan sertliği CaCO3 olarak hesaplayınız. Bu hesaplama için arıtılan su miktarını gösteren eksen ile eğri arasındaki alana eşittir. Reçinenin ıslak hacmini hesaplayınız ve iyon değiştirme kapasitesini bulunuz.

$$\text{Islak reçinenin hacmi} = \frac{\left(\pi \times 15 \times 10^{-3}\right)}{4} \times \text{Son derinlik}$$

$$\text{Değiştirme Kapasitesi} = \frac{CaCO_3\text{'ün Kütlesi}}{\text{Islak Reçinenin Hacmi}}$$

Örnek No	1	2	3	4	5	6	7	8
Zaman (Dak.)	5	10	15	20	30	40	50	60
Geçen Su Miktarı (mL)								
Çıkış Suyu Sertliği (mg/L)								
Kolon Yüksekliği (mm)								
Islak Hacim (mL)								

DENEY: MEMBRAN FİLTRASYONU

DENEYİN AMACI:

Membran filtrasyonunu tanıtmak ve membran filtrasyonundaki akının ve kek direncinin belirlenmesi.

1. TEORİK BİLGİLER

Membran iki faz arasında sürekli olarak seçicilik yapan bir ortam olarak ifade edilebilir. Bu iki faz sıvı-sıvı, sıvı- gaz, gaz-gaz olabilir. Seçicilik terimi membranların kendi özellikleri ve prosesin yapısına bağlı olarak, belli madde yada maddeleri bir fazdan öteki faza, bir sürücü kuvvetin etkisi ile taşınımını ifade etmektedir. Ayırma işlemini gerçekleştiren asıl etken, sürücü kuvvetler olan; basınç, sıcaklık, konsantrasyon veya elektriksel potansiyel gibi değişik özelliklerin membranın her iki tarafında farklı özellikler göstermesidir. Çeşitli membran prosesleri ve sürücü kuvvetleri TABLO-1 de verilmiştir.

TABLO-1: MEMBRAN PROSES SÜRÜCÜ KUVVETLERİ

PROSES	SÜRÜCÜ KUVVET
Mikrofiltrasyon	ΔP
Ultrafiltrasyon	ΔP
Elektrodiyaliz	ΔE
Gaz ayırma	ΔC
Membran distilisyonu	ΔT

Membran filtre (membrane filter),belli büyüklüklerde porlara sahip olan, bakteri, alg ve diğer küçük partikülleri suyun yapısından ayırmak için kullanılan filtre. Suyun laboratuvar analizlerinde bakteriyel değerlendirme için veya suyun yapısındaki asılı haldeki materyali ayırt etmek için kullanılır. Suyun saflaştırılmasında da bu filtrelerden yararlanılmaktadır.

Bileşiminde makromolekül ve kolloid özellikte madde bulunan atıksular ultrafiltrasyon yöntemi ile arıtılabilirler. Bu maddelerin geri devri veya geri kazanımı istenirse, konsantre hale getirilen katı maddeler yan ürün olarak değerlendirilebilir. Genellikle endüstriyel proses suları için kullanılması düşünülebilir.

Membranlar sistem içindeki esas ayırıcı birimdir. Amaca göre hazırlanmış membranlar çeşitli modül sistemleri ile birleştirilerek işlenecek suya en uygun sistem kurulmuş olur. Membranlar genelde şu biçimlere sahiptirler.

- Düz yada tabaka biçimli membranlar
- Spiral biçimli membranlar
- Boru biçimli membranlar
- Boş elyaf membranları

• Hortum membranları

Bunların dışında asimetrik ve kompozit membranlarda mevcuttur. Günümüzde tesislerde kullanılan membranların teknik açıdan geliştirilmelerine devam edilmektedir. Su hazırlanmasında teknik ölçülere göre en çok kullanılan membranlar selülozasetat ve poliamid bazlı kompozit membranlardır. Destek tabakaları genelde süngerimsi polisüflon ve polipropilendir (Marquardt, 1988). Membran şekli ve modül seçiminde dikkat edilmesi gereken unsurlar şunlardır:

• Membran yüzeyini yüksek basınca göre desteklemek

• Olabildiğince büyük membran yüzeyini küçük birimlerde toplamak

• Membranın kondensat tarafında kalmış yüzeyindeki çözünmüş maddeleri yok etmek ve membran üzerindeki akışın düzenli olmasını sağlamak.

Membran por yapısının son derece küçük porlara (1-10m) sahip olmasından dolayı, arıtılmış su oldukça saf bir haldedir. Bu nedenle arıtılmış suyun içilebilir özellikte olması için, arıtılmamış bir kısım içme suyu ile birleştirilmesi gerekmektedir.

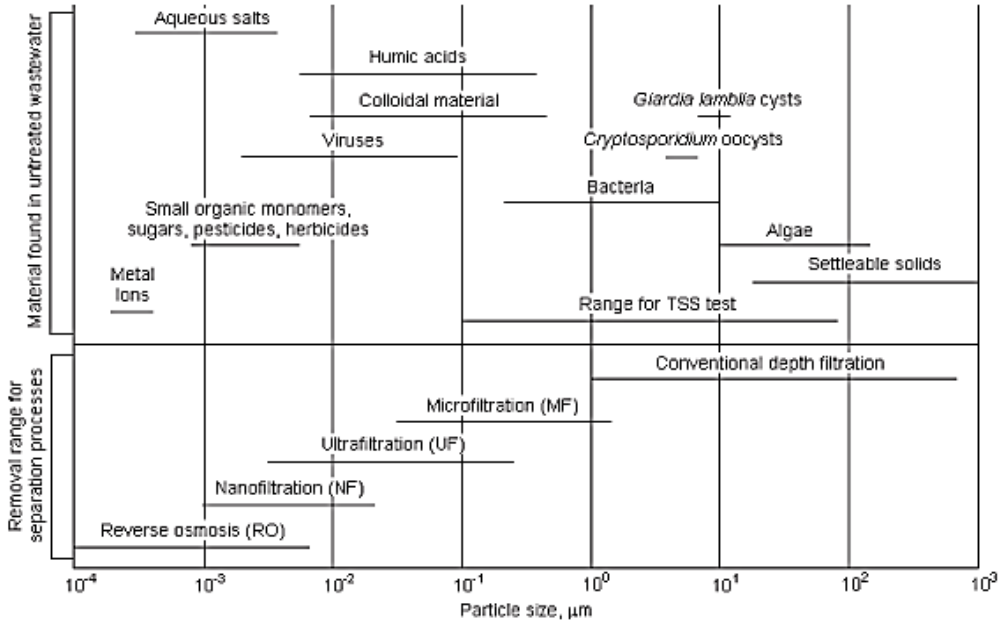
(1) mikrofiltrasyon (microfiltration) (MF) - Membranların por çapı yaklaşık 0.03-10 mikrondur. MF kum, çamur, balçık, Giardia lamblia ve Cryptosporidium kistlerini, algler ve bazı bakteri türlerini temizler. MF virüsler için bariyer oluşturmaz, ancak dezenfeksiyon ile birlikte kullanıldığında sudaki bu tür mikroorganizmaları da kontrol altında tutabilir.

(2) Ultrafiltrasyon (ultrafiltration) (UF) - Mikrofiltrasyona göre uygulanan basınç daha yüksektir. Mikrofiltrasyonda temizlenebilen tüm mikrobiyolojik materyalleri çıkarır, virusler için mutlak bir bariyer oluşturmaz. Ultrafiltrasyon işlemi yarı geçirgen membranların kullanıldığı ters ozmoz işlemine benzeyen basınçlı membran filtrasyon metodudur. Ters ozmoz işlemine göre daha düşük basınç uygulanır.

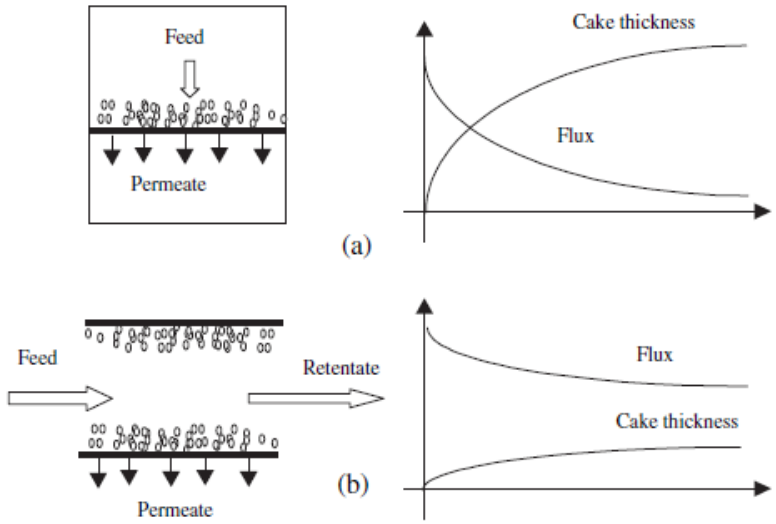
(3) Nanofiltrasyon (nanofiltration) (NF) - Membran por büyüklüğü 0.001 mikrondur ve uygulanan basınç daha yüksektir. Bu sistemde tüm bakteri, virüs ve kistler çıkarılabilir. NF aynı zamanda sudan alkaliniteyi de ayırır. Bu nedenle elde edilen su korozif olabilir. NF suda sertliğe neden olan mineralleri de ayırdığından NF membranları yumuşatıcı membranlar olarak da bilinir.

(4) Ters ozmoz (reverse osmosis) (RO) - Sadece suyun geçişine izin veren yarı geçirgen bir bir membran içerir ve sistem yüksek basınç altında çalışır. Sudan tüm inorganik kontaminantları etkin bir şekilde temizler. RO aynı zamanda radyum, doğal organik maddeler, pestisitler, kistler, bakteri ve virüsleri de temizlemektedir. RO özellikle seri olarak uygulandığında çok daha etkin temizleme sonucu sağlar.

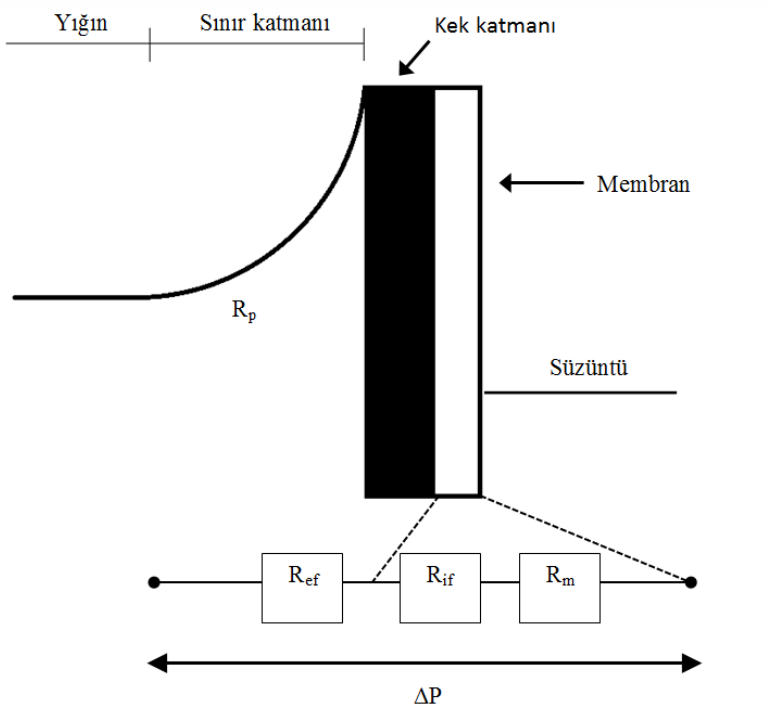
Por büyüklüğüne göre membran proseslerin sınıflandırılması



Besleme ve akış şekline göre membranlar



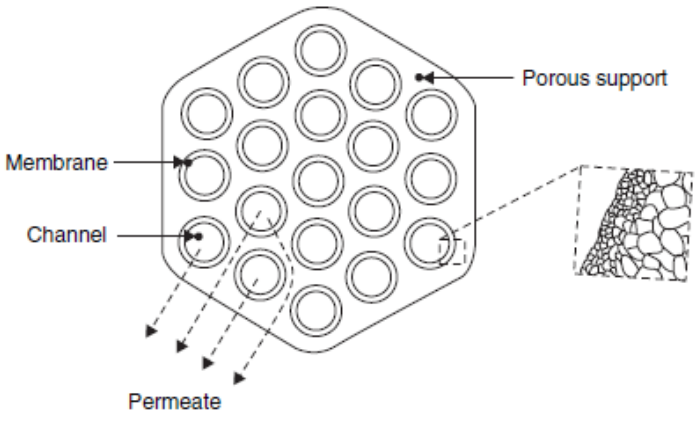
Akıyı etkileyen dirençler

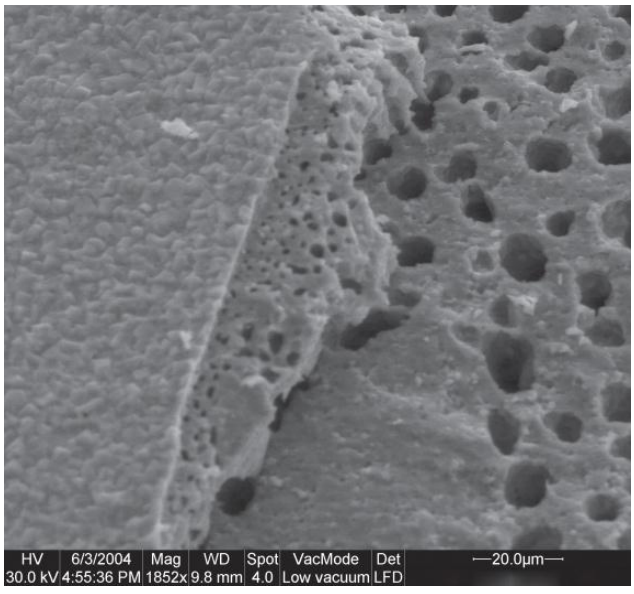


$$J = \frac{\Delta P}{\mu R_t} \Rightarrow = \frac{\Delta P}{\mu(R_m + R_p + R_{ef} + R_{if})}$$

Toplam direnç (R_t) , membranın direncinin (R_m), konsantrasyon polarizasyonu direncinin (R_p), kek tabakasındaki fizikokimyasal etkileşimlerden oluşan dış kirlenme direncinin (R_{ef}), ve porları tıkamış olan maddelerden kaynaklanan iç kirlenme direncinin (R_{if}) bir fonksiyonudur.

Çapraz akışlı bir membranın kesiti veMembran yüzeyinin Elektron Mikroskobu ile çekilmiş resmi





2. DENEYİN YAPILIŞI

Bu deneyde seramik membranlar yardımıyla bir atıksuyun arıtımıgerçekleştirilecektir. Ayrıca deney esnasında akı azalması ile membran performansı arasındakiilişki gözlenecektir.

Akıların belirlenmesi amacıyla önceden darası alınmış olan numune kapları, bilgisayara bağlı olan terazi üzerine konulacak ve bilgisayarda belirlenmiş olan zaman aralıklarında terazi ekranındaki ölçüm sonucu kaydedilecektir. Deney sonucunda akı-zaman ve konsantrasyon-zaman grafikleriçizilerek arıtım verimi ile membran kirlenme miktarı tespit edilecektir.

3. DENEY SONUÇLARININ HESAPLANMASI

Bilgisayardan alınan veri dosyası üzerinde ağırlık farkları hesaplanacak ve aşağıdaki formülde yerine konulup akılar hesaplanacaktır. Daha sonra hesaplanan bu akılar ile aşağıdaki örnekteki gibi bir akı-zaman grafiği çizilecek ve yorumlanacaktır.

$$AKI = \frac{m_T / \rho_A}{A \; x \; t}$$

Akı: Membrandan çıkan arıtılmış su miktarı ($L/m^2.s$)

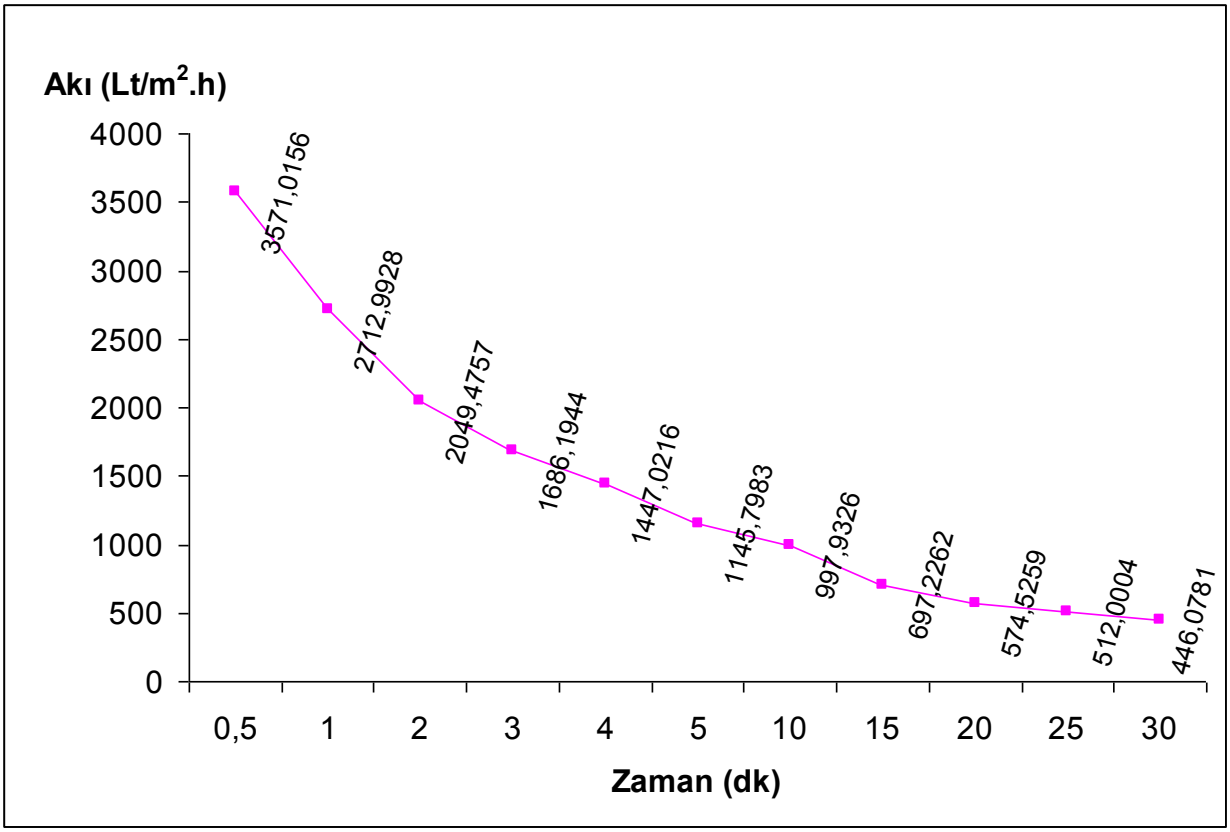
M_T: Numunedeki ağırlık değişimi (gr)

t : Ölçümler arasındaki zaman farkı (s)

ρ_A: Arıtılan suyun yoğunluğu (gr/lt) (1 gr/cm^3)

A: Kullanılan membranın alanı (m^2)

ÖRNEK BİR AKI-ZAMAN GRAFİĞİ



No	Zaman (sn)	Ağırlık Değişimi (gr)	Akı ($L/m^2.s$)
1			

2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

DENEY: OKSİJEN TRANSFERİ VE HAVALANDIRMA

DENEYİN AMACI:

Bir havalandırıcında hacimsel kütle transfer katsayısının (K_La) bulunması ve K_La değerineetkiyen parametrelerin incelenmesi.

1. TEORİK BİLGİLER

Gaz transferi gazın bir fazdan diğer faza geçtiği bir proses olarak tanımlanabilir. Bu genelliklegaz fazdan sıvı faza geçiş şeklindedir. Gaz transferi çok sayıda atıksu arıtma işleminin temelprosesidir. Evsel ya da endüstriyel amaçlı kullanım için uygun bir su gerektiğinde veyakanalizasyon ve diğer atıksuların güvenli ve zararsız bir biçimde ortama deşarjı söz konusuolduğunda gazların su ortamı içine ya da dışına olan transferleri önem taşımaktadır. Atıksuarıtım tesislerinde gaz transferinin en yaygın uygulaması, atıksuların biyolojik arıtımında (aktifçamur sistemleri, lagünler ve bazı aerobik prosesler) oksijen transferidir. Oksijenin düşükçözünürlüğü ve bu sebeple havadan suya oksijen transferinin yavaş olması, aerobik atıksuarıtımı için gerekli oksijenin, normal olarak hava ve su arasında mevcut olan tabii temasyüzeyinden girmesine imkan vermez. Bu sebeple ilave temas yüzeyinin meydana getirilmesigerekir.

Oksijen havadan veya saf oksijen kabarcıklarından sağlanabilir. Atıksu arıtım tesislerinde ençok uygulanan havalandırma sistemi olan kabarcıklı havalandırmada, 10 metreye varanderinliklerden, suya kabarcıklar bırakılarak, bunların suya dağılması sağlanır. Bu kabarcıklar,gözenekli plaklar ve tüpler, delikli borular ve çeşitli şekillerde imal edilmiş metal ve plastikdifüzörler tarafından meydana getirilir. Havalandırma işlemi çok çeşitli metotlarla yapılır. Bumetotlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1. Cazibe ile çalışanlar
2. Mekanik havalandırıcılar
3. Püskürtücüler
4. Basınçlı havalandırıcılar

Cazibe ile çalışan havalandırıcıların, kaskad, eğik düzlem, düşümlü havalandırıcılar vedamlatmalı filtreler olarak dört ayrı tipi mevcuttur. Evsel ve endüstriyel arıtma tesisleri ya daiçme suyu arıtma tesislerinde daha çok basınçlı ve mekanik havalandırıcılar kullanılmaktadır.

Havalandırmada amaç;

a) Atmosferik oksijenin suya eklenmesiyle tatta iyileşmenin sağlanması ve bazı durumlarda çözünebilir demir tuzlarının çözünemeyen demir tuzlarına dönüştürülerek arıtmlarının sağlanması.
b) CO_2 giderimi veya kazanımı; bu şekilde sudaki karbonat dengesini ayarlamak için CO_2 uzaklaştırmak. Kireçle yumuşatmadan sonra pH'ı düşürmek için ortama CO_2 vermek.
c) Biyolojik arıtım için gerekli oksijenin ilavesi ile kanalizasyon sularını ve organik kökenli atıkların biyolojik olarak bozunmasını ve oksitlenmesini sağlamak.

d) H_2S ve CH_4 giderimi; anerob şartlarda oluşabilecek bu kirleticiler havalandırma ile rahatlıkla giderilebilir.
e) Yağ ve gres havalandırma ile kolaylıkla stabilize olur.

Gaz Transferi: Bir gazın sudaki çözünürlüğü gazın cinsine, suyun sıcaklığına ve sudaki kirletici konsantrasyonlarına bağlıdır. Gazın su ortamı ile teması halinde, gaz molekülleribir ortamdan diğerine geçecektir. Gaz ve sıvı ortamı bir denge durumuna geldiğinde molekültransferi sona erecektir. Bu durumdaki sıvı, gaza doygun demektir. Bir gazın bir başkaortamdaki transfer hızı, çözünmüş oksijen eksikliği ile doğru orantılıdır.

Havalandırma; gaz fazda itici gücün basınç gradyantı, sıvı fazda ise itici gücün konsantrasyongradyantı olduğu bir kütle transferidir.

$$N = \frac{dC}{dt} = \varphi(Pg) = \varphi\,(C_s - C_L)$$

CO_2 ve O_2 gibi gazlar için sıvı film direnci, kütle transferini kontrol eder. Atıksu arıtımındakiuygulamalarda kütle transferinin çoğu sıvı film kontrollüdür. Bu nedenle sıvı film kontrollüproseslerde, konsantrasyon gradyantı önemlidir.

$$N = kütle\ transfer\ hızı = K_L a\,(C_s - C_L)$$

Burada;

K_L = sıvı film katsayısı = sıvı difüzyon katsayısı (D_L) / film kalınlığı (δ_L)

a = birim hacim başına temas yüzeyi = özgül yüzey = yüzey alanı (A) / hacim (V)

C_s = oksijen doygunluk konsantrasyonu (mg/L)

C_L = sıvıdaki oksijen konsantrasyonu (mg/L)

Bu ifade $C=C_0$ ve $C=C_L$, t=0 ve t=t sınırları içerisinde integre edilirse ;

$$\int_{C_0}^{C_L} \frac{dC}{C_S - C_L} = K_L a \int_0^t dt$$

$$Ln\ (C_s - C_L)/(C_s - C_0) = K_L a\ t$$

$$(C_s - C_L)\Big/(C_s - C_0) = e^{-K_L a\ t}$$

$$Ln\,(C_s - C_L) = Ln\,(C_s - C_0) - K_L a\ t$$

(C_s-C_L) ve (C_s-C_0); son ve başlangıç oksijen doygunluk eksikliğini gösterir. K_La grafik yolu ile hesaplanır. Çizilen grafikte eğim K_La'yı verir. K_La = tüm film katsayısını ifade eder ve genellikle transfer hızını hesaplamak için kullanılır. Birimi zaman^{-1} dir.

Oksijen Transferini Etkileyen Faktörler: Havalandırmanın performansı birkaç faktördenetkilenmektedir. Bunlar;

1) Sıcaklık

2) Çözünmüş oksijen konsantrasyou

a) Su için doygunluk değeri

b) Atıksu için doygunluk değeri

c) Havalandırma tankının çalışma şartlarında

3) Havalandırma karakteristiği

a) Türbülans, püskürtme

b) Karıştırma hızı

c) Daldırma derinliği

1) Sıcaklık: Sıcaklık arttıkça K_La değeri artmaktadır. Havalandırmada K_La arasındaki ilişki şöyle ifade edilir.

$$K_La\left(T\ ^0C\right) = K_La\left(20\ ^0C\right)\theta^{(T-20)}$$

$K_La(T^0C)$ = T sıcaklıktaki oksijen transfer katsayısı, s^{-1}

$K_La(20^0C)$ = 20^0C sıcaklıktaki oksijen transfer katsayısı, s^{-1}

Θ = 1.015 ile 1.040 arasında değişir. Genellikle hem difüzyonlu hem de mekanik havalandırma cihazları için 1.024 kabul edilir. Eğer K_La değeri 20^0C 1.0 ise 30^0C de bu değer 1.25'dir ve sıcaklık 10^0C düştüğünde K_La 0.75'e düşer. Sıcaklık aşağıda açıklandığı gibi çözünmüş oksijen konsantrasyonunu ve aynı zamanda sıvı içerisindeki hava kabarcıklarının hacmini de etkilemektedir.

2) Çözünmüş oksijen konsantrasyonu: Temiz sular için geçerli çözünmüş oksijendeğerleri, atıksulardaki değişik maddelerin varlığı nedeniyle atıksular için geçerli değildir.Atıksular için doygunluk konsantrasyonu ($_{Cs}$) tasfiye tesisinin çıkış suyunu, bir gece boyuncahavalandırarak deneyle bulunur. Bu temiz sudaki değerin %90-98' i kadardır. Şu şekilde ifadeedilebilir;

$$\beta = \beta\ (atıksu)/\beta\ (temiz\ su)$$

β suda tuzlar,partiküller ve yüzey aktif maddeler gibi bileşenlerin, oksijen çözünürlüğünüetkilemesi nedeniyle kullanılır. Örneğin oksijenin tuzlu sularda doygunluk konsantrasyonudaha düşüktür. β değeri atıksular için genellikle 0.95 olarak alınır.

Doygunluk konsantrasyonundan başka, işletme şartları altında havalandırma havuzu veyalagünlerdeki gerçek çözünmüş oksijen konsantrasyonunuda bilmeye ihtiyaç vardır.Nitrifikasyonun arzu edilmediği normal aktif çamur sistemlerinde, çözünmüş oksijenkonsantrasyonu 0.5- 1.0 mg/L arasında bulunur. Genel olarak nitrifikasyonun arzu

edildiğiuzun havalandırmalı sistemlerde (oksidasyon hendekleri) ise çözünmüş oksijenkonsantrasyonu 1.5 ila 2.0 mg/L arasında bulunur.

3) Havalandırma karakteristiği: Karıştırma hızı ve tank geometrisini teorik olarak ölçmekzordur. Fakat havalandırma cihazları verimlerine göre seçildiği için dizayn yapılırken hesabakatılmalıdır. Verim K_La değerleri ile yakından ilgilidir. Çoğu durumda bir havalandırma cihazı,musluk suyu ve düşük toplam çözünmüş katıya sahip işletme şartlarında verimlidir. Günlükhayatta K_La değerini tahmin etmek için bir düzeltme faktörü kullanılır.

$$\alpha = K_La\ (atıksu)/K_La\ (musluk\ suyu)$$

α değerleri havalandırma cihazının tipi, geometrisi, karıştırma derecesi ve atıksukarakteristikleri ile değişir. α değeri genellikle 0.3 ile 1.2 arasında değişir.

Türbulans K_L üzerindeki etkisi nedeniyle havalandırma veriminide etkiler. Daha yüksektürbulansta film kalınlığı incelir ve K_L değeri daha da artar. Yüksek türbulansta havalanmayüzey oranı artar genellikle atıksularda havalandırma dalış derinliği havalandırma kapasitesinietkiler. Optimum derinlikte iyi türbulans sağlanacaktır.

2. DENEYİN YAPILIŞI

Herhangi bir havalandırıcının havalandırma kapasitesini ölçebilmek için bazı standartyöntemler geliştirilmiştir. Yöntemler standart test tanklarındaki oksijenin kimyasal olarakbitirilmesinden sonra, havalandırılmasını içerir.

Kimyasal olarak O_2 tüketilmesi ya havalandırma tankına N_2 gazı verilerek ya da konvansiyonel olarak0.05 mg/L Co^{+2} katalizörlüğündeNa$_2$SO$_3$ tuzu ile yapılır.

Deney sistemindeki havalandırma tankının içerisindeki O_2 tüketildikten sonra (çözünmüş oksijen konsantrasyonu, doygunluk değerinin % 10'u mertebesine kadar düşürülmüş olmalıdır) havalandırma tankına çeşitli havalandırıcılar ile hava verilir ve tank içerisindeki çözünmüş oksijen değerleri doygunluğa ulaşıncaya kadar süreye bağlı olarak kaydedilir.Konsantrasyonlarla birlikte aynı zamanda suyun sıcaklığıda ölçülerekaşağıdaki gibi bir tablo oluşturulur.

Zaman (dak)	0	1	2	4	6	8	10	15	20
O_2 (mg/L)									
Sıcaklık (^{0}C)									

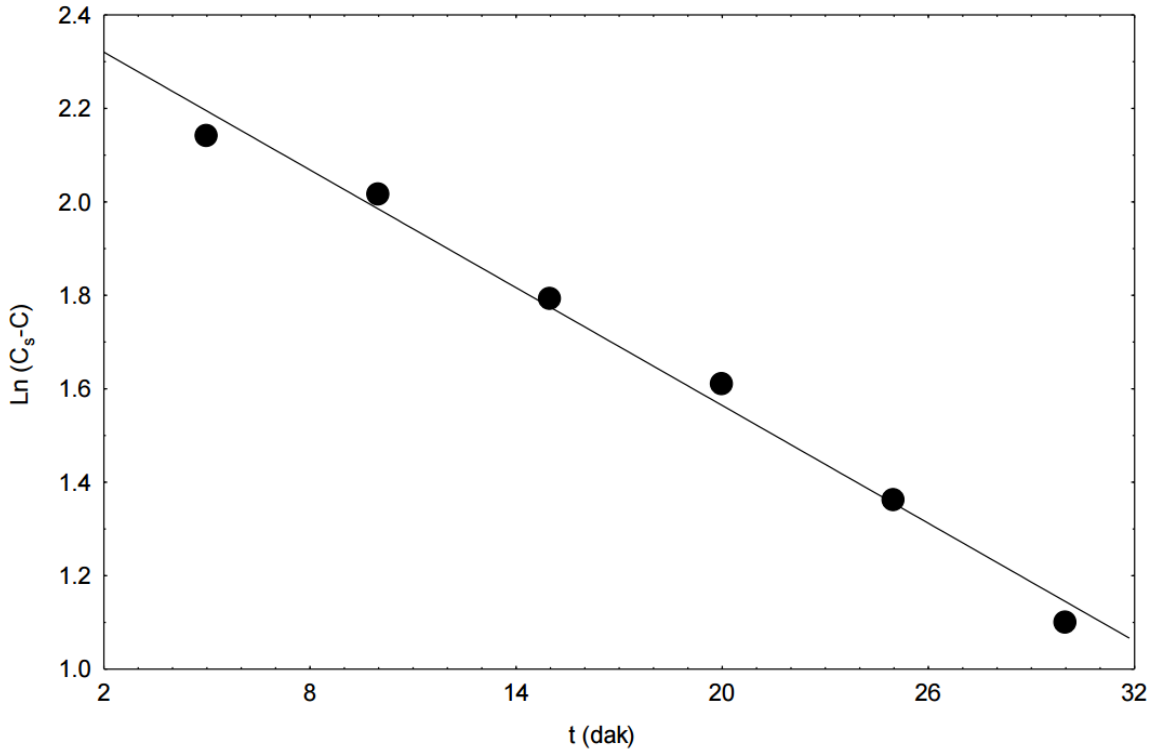
3. DENEY SONUÇLARININ HESAPLANMASI

$Ln\ (C_s - C_L) = Ln\ (C_s - C_0) - K_La\ t$ denkleminden yararlanarak $\boldsymbol{Ln(C_s\text{-}C_L)}$ ile $\boldsymbol{t}$ arasında çizilen grafikten $\boldsymbol{K_La}$ hesaplanır. Bu denemeler önce difüzör derinliği ve tipi değiştirilerek, daha sonra farklı karıştırma hızlarında ve değişik su numuneleri kullanılarak yapılır.

Örnek Soru: Atıksu örneğinin 15°C de bir gece boyunca havalandırıldığındaki C_s değeri 9mg/L'dir. Örneğe Na_2SO_3 ve $CoCl_2$ ile çözünmüş O_2 değeri sıfırlandıktan sonra havalandırmayapılarak atıksudan her 5 dakikada bir örnek alınmış ve çözünmüş oksijen değeri ölçülmüştür.Sonuçlar tabloda sunulmuştur. Buna göre K_La değerini saat^{-1}biriminde hesaplayınız.

Zaman (dak)	Çözünmüş O_2 kons. (mg/L)	(Cs-C)
5	0.5	8.5
10	1.5	7.5
15	3.0	6.0
20	4.0	5.0
25	5.1	3.9
30	6.0	3.0

Çözüm: Tablodan (Cs –C) mg/L olarak hesaplanır.
$Ln\ (C_s - C_L) = Ln\ (C_s - C_0) - K_L a * t$ grafik yolu ile hesaplanarak



K_La = 2.52 saat^{-1} bulunur.

DENEY:KİREÇ SODA YÖNTEMİ İLE SERTLİK GİDERME

DENEYİN AMACI: Bir sert su numunesinin yumuşatılması için gerekli kireç ve soda miktarlarının bulunması.

1. TEORİK BİLGİLER

Bir suyun sertliği, o suyun sabunu çökeltme özelliği olarak tanımlanır. Sabun su içindeki Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarının varlığı sebebiyle çökelir. Fe^{+2}, Zn^{+2}, Al^{+2} gibi iyonlar da bu çökelmeye yardım ederler. Fakat genellikle su içinde Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarının yüksek miktarlarda bulunması suyun sertliğine yol açar. Doğal sularda en çok rastlanan sertlik çeşiti budur. Bu maddelerin yol açtığı sertlik toplam sertlik olarak bilinir. Toplam sertliğin sudaki karbonat ve bikarbonat iyonlarına karşılık gelen kısmı karbonat sertliği olarak tanımlanır. Bu iyonlar aynı zamanda suyun alkalinitesini de belirler.

Toplam sertlik = Kalıcı sertlik + Geçici sertlik

Toplam sertliğin, sudaki karbonat ve bikarbonat iyonlarına karşı gelen kısmı karbonat sertliği olarak bilinir. Bu iyonlar aynı zamanda doğal suların alkalinitesini de belirlediğinden, eğer alkalinite toplam sertlikten küçükse,

Karbonat sertliği = Alkalinite
($mgCaCO_3/L$) ($mgCaCO_3/L$)

olur. Eğer alkalinite toplam sertliğe eşit veyabüyükse;

Karbonat sertliği = Toplamsertlik
($mg\ CaCO_3/L$) ($mgCaCO_3/L$)

olarakalınır.

Kaynatma yolu ile çöktürülerek giderilebilen sertlik, geçici sertlik olaraktanımlanır.

$$Ca(HCO_3)_2 \xrightarrow{ısı} CaCO_3 + CO_2 + H_2O$$

Toplamsertliğinkarbonatsertliğidışındakalankısmınaisekarbonatolmayanveyakalıcı sertlik denir. Kalıcı sertlik kaynatma yolu ilegiderilemez.

Karbonat olmayan (kalıcı) sertlik = Toplam sertlik - Karbonat sertliği (geçicisertlik)

Kalıcı sertlik sülfat, nitrat ve klorür gibi anyonlara karşı gelen katyonların yarattığısertliktir. Tuzlusulardasabunköpürmesifarklıolaraksabununiyonlaşmasıengellendiğindendolayı durur. Bu olayın sorumlusu sabun ve tuzlu sudaki sodyum katyonlarının ortak iyon etkisidir.

Sodyumun normal bir sertlik oluşturucu unsur olmamasına karşın meydana gelen busertliğe yalancı (Pseudo) sertlikdenir.

Kireç taşı ile temas eden yer altı suları daha serttir. Yeryüzü sularının sertlikleri ise mevsimlere göre değişir. Yazın buharlaşma fazla olduğundan sertlik artar.

Sular sertlik derecelerine göre aıağıdaki şekilde sınıflandırılırlar.

mg/L $CaCO_3$	Sertlik derecesi
0-75	Yumuşak
75-150	Orta
150-300	Sert
300 ve üzeri	Çok sert

Sertlik derişimi aşağıdaki sertlik derecelerinden herhangi biri yardımı ile ifade edilebilmektedir.

Fransız sertlik derecesi : 10 ($mgCaCO_3/L$)

Alman sertlik derecesi : 17 ($mgCaCO_3/L$)

İngiliz sertlik derecesi : 14,3 ($mgCaCO_3/L$)

Yumuşatmanın Amacı: Sert sular bazı problemlere neden olurlar. Bu problemleri şu şekilde sıralamak mümkündür.

a)Aşırı sabun tüketimine neden olurlar.

b)Deride tahrişlere neden olurlar.

c)Sıcak su borularında, ısıtıcılarda, kazanlarda kireç birikimine (tabakalaşmaya) sebep olurlar.

d)Porselenlende renk bozulmalarına neden olurlar. Özellikle evlerde lavabo ve küvetlerin beyaz rengini bozarlar.

e)Kumaşların ömrünü azaltırlar ve yıpranmalarına yol açarlar.

f)Konserve endüstrisinde problemlere neden olurlar.

g)Sert suyun içimi hoş değildir,

h)Sert su ile pişirilen yemekler leziz olmaz.

Sert suyun insan sağlığına zararlı etkisi yoktur.

Sertlik giderimi (kimyasal yumuşatma), suya çeşitli kimyasal maddeler ilavesi ile sertliğin tamamının veya bir kısmının uzaklaştırılmasına yarayan bir süreçtir. Suların yumuşatılmasında kullanılan prosesler kimyasal çöktürme ve iyon değişimi yöntemleridir.

Kimyasal Çöktürme

Ekonomik

Büyük ölçekli uygulamalarda

Sertlik ancak 30-40 mg/L değerlerine düşer

İyon Değiştirme

Küçük ölçekli uygulamalarda

Sertlik yaklaşık sıfıra indirilebilir.

Kireç soda prosesi: Kireç-soda prosesinde sert su önce kireç (CaO veya $Ca(OH)_2$) ile, daha sonra da soda (Na_2CO_3) ile muamele edilir. Bu süreçde sertlik, kalsiyum karbonat veya magnezyum hidroksit halinde çöktürülerek uzaklaştırılır. Kireç ya kalsiyum hidroksit ya da kalsiyum oksit, soda ise sodyum karbonat ışeklinde ilave edilir. Suda sertlik oluşturan maddeler ile kireç ve sodanın vermiş olduğu reaksiyonlar aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$Ca(OH)_2 + CO_2 \longrightarrow CaCO_3 + H_20$

$Ca(OH)_2\ Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow CaCO_3 + 2\ H_20$

$Mg(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow MgCO_3 + CaCO_3 + 2\ H_20$

$MgCO_3 + Ca(OH)_2 \longrightarrow Mg(OH)_2 + CaCO_3$

$MgCl_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaCl_2 + Mg(OH)_2$

$MgSO_4 + Ca(OH)_2 \longrightarrow Mg(OH)_2 + CaSO_4$

$2\ NaHCO_3 + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaCO_3 + Na_2CO_3 + 2\ H_20$

$CaCl_2 + Na_2CO_3 \longrightarrow CaCO_3 + NaCl$

$CaSO_4 + Na_2CO_3 \longrightarrow CaCO_3 + Na_2SO_4$

Kireç soda proseslerinde alışılmış olan yöntem aşırı kireç ile arıtma yapmaktır. Magnezyum hidroksiti çökeltmek için pH>9 olmalıdır. Çoğunlukla pH 10-10.5 arasındadır. Proses kireç dozlamayı içermektedir. İyi bir çökelme sağlamak için az miktarda alüm veya sodyum alüminat ilave edilir. Çökelen çamurun bir kısmının geri döndürülmesi de çökelmeye yardımcı olabilir.

Yumuşatma prosesi tamamlandıktan sonra su, aşırı alkalinite içeriyorsa, arıtma sonrası ileri bir çökelme ile borularda kalsiyum karbonatın çökelmesi ihtimali vardır. Yumuşatılmış sudaki

bu durumu ortadan kaldırmak için, yumuşatılmış su H_2SO_4 veya CO_2 ile nötralize edilir. Genelde başvurulan nötralizasyon yöntemi rekarbonasyondur.

$$CO_2+Ca(OH)_2 \longrightarrow Ca(HCO_3)_2$$

Rekorbonasyon işleminden başka az miktarda polifosfat ilavesi (0.5-5 mg/L) arıtma işleminden sonraki bu çökelme işlemini engelleyebilir.

Eğer suda kalıcı sertliğin kalması isteniyorsa, yumuşatma işleminden sonra soda kullanılmaz. Bu uygulama kısmi yumuşatma işlemi olarak tanımlanır.

2. DENEY DÜZENEĞİ

Kullanılan Araç ve Gereçler

- Pipet
- Beher
- Manyetik karıştırıcı
- Magnet
- Büret
- Erlen
- pH metre

Kullanılan Kimyasallar

- EDTA tampon çözeltisi
- EBT (eriochrome Black T) indikatörü
- 1N NaOH çözeltisi
- EDTA çözeltisi (titrant) 0,01 N
- Metil oranj ve fenolftaleyn indikatörleri
- Kireç çözeltisi($Ca(OH)_2$):1/100 lük
- Soda çözeltisi ($Na2CO_3$):1/100lük
- 0,02 N H_2SO_4

3. DENEYİN YAPILIŞI

- Sertliği giderilecek su numunesinin pH, Toplam sertlik ve alkaninitesi belirlenir. Bu değerlere göre geçici ve kalıcı sertlik hesaplanır. Yukarıda verilmiş olan denklem sitokiyometrilerine göre gerekli kireç ve soda miktarları hesaplanır.

- Geçici sertliği girderilecek su numunesine gerekli kireç çözeltisi ilave edilerek (pH<9) çöktürülür.

- Kireç çözeltisi kullanılarak pH:11 dolaylarına getirilerek $Mg(OH)_2$ çöktürülür.

- Kalıcı sertlik için sitokiyometrik oranda Na_2CO_3 çözeltisi ilavesi yapılır.

- Laboratuvarda bulunan karıştırıcı ile 400 rpm de 30saniye hızlı, 20 rpm de 10 dakika yavaş karıştırılır. Daha sonra karışıtırıcılar kapatılır ve çökeleklerin yapısı ve çökelme özellikleri gözlenir.

- Bu numunelerin üsteki 50 mL'lik kısmı daha sonra süzgeç kağıtlarından süzülerek temiz olan başka kaplara alınır. Süzüntü yeterince berrak değilse bu işlem tekrarlanır.
- Her aşama sonunda toplam sertlik ve alkalinite ölçümleri yapılarak verim hesaplanır.

4. DENEY SONUCUNUN HESAPLANMASI:

Verim (%) = $[(S_0-S_1)/S_0]*100$

S_0 = Başlangıçtaki sertlik değeri (mg/L $CaCO_3$)

S_1 = Kireç-Soda ilavesinden sonraki sertlik değeri (mg/L $CaCO_3$)

1) Test sonuçlarına göre bu tür bir suyun yumuşatılması için gereken kireç ve soda miktarı hesaplayınız.

2) Kireç ve soda muamelesinden sonra yumuşatma oranını hesaplayınız.

DENEY: BAKTERİ EKİMİ VE DEZENFEKSİYON DENEY FÖYÜ

1.DENEYİN AMACI

Öğrencilere bakteri ekim yöntemleri, bakteri sayımı ve sterilizasyon yöntemleri hakkında bilgilendirmek.

2. TEORİK BİLGİLER

Tanım ve Tarihçesi

Dezenfeksiyon hastalık yapıcı (patojen) organizmaların yok edilmesi veya etkisiz (inactive) hale getirilmesi işlemidir. Dezenfeksiyon bu yönüyle bakteri, algler, sporlar ve virüsler gibi tüm organizmaların yok edildiği sterilizasyon işleminden ayrılır. Gerçekte Dezenfeksiyon işlemi ile etkisiz hale getirilemeyen hastalık yapıcı organizmalarda bulunmaktadır.

Dezenfeksiyon tarihi çok eskilere dayanmaktadır. Örneğin suyun bakır ve gümüş kaplarda saklanması, suyun kaynatılması gibi uygulamalar bilinçsizce de olsa tarihin eski devirlerinden başlayarak yapılan Dezenfeksiyon işlemleridir. 1800'lü yıllarda tifo, dizanteri gibi salgın salgın hastalıkların önlenmesinde yavaş kum filtresi gibi arıtma uygulamalarının yararı olduğu belirlenmiştir. Gerçek anlamda Dezenfeksiyon ilk defa 1904 yılında bir tifo salgınında sodyum hipoklorit ile klorlama yapılarak önlenmesiyle başlanmış ve Dezenfeksiyon uygulamaları hızla yaygınlaşmıştır.

Dezenfeksiyon Çeşitleri

Oksidasyon amacıyla kullanılan başlıca dezenfektanlar; Kimyasal dezenfektanlar, Fiziksel dezenfektanlar, Mekanik dezenfektanlar ve Radyasyon ile dezenfeksiyondur. Bu uygulamalar aşağıda açıklanmıştır.

Kimyasal dezenfektanlar yaygın şekilde kullanılmaktadır. Dezenfektan etkisi olan çok sayıda kimyasal madde olmakla birlikte, bunlar arasında etkisi, uygulanabilirliği ve uygulama kolaylığı gibi çeşitli koşulları sağlayan madde sayısı sınırlıdır. Başlıca kimyasal dezenfektanlar:

-Klor ve klor bileşikleri
-Brom
-İyot
-Ozon
-Fenoller
-Alkoller
-Ağır metal ve bileşikleri
-Boyar maddeler
-Sabun ve deterjanlar
-Hidrojen peroksit
-Potasyum permanganat
-Asit ve bazlardır.

- ✓ Fiziksel olarak dezenfeksiyon ısı, ışık ve akustik (ses dalgaları-Ultrasound) dezenfeksiyonu ile sağlanmaktadır. Isı ile dezenfeksiyonun maliyeti yüksek olduğundan gıda endüstrisi gibi kısıtlı bir uygulama alanı vardır.
- ✓ Işık, güneş ışığı ve özellikle ultraviole ışık olarak dezenfeksiyon etkisine sahiptir. Ancak su ve su içindeki asılı maddeleri ve çözünmüş maddelerin ışığı absorbe etme özellikleri nedeniyle uygulama güçlükleri bulunmaktadır. Ultraviyole ile dezenfeksiyon küçük tesislerde yaygınlık kazanmaktadır.
- ✓ Mekanik dezenfeksiyon su ve atıksu arıtımında yer verilen çeşitli arıtma yöntemleri içerisinde gerçekleşir. Filtrasyon, kimyasal çöktürme, basit çöktürme gibi işlem ve proses değişik verimlerde mikroorganizma giderimi sağlamaktadır.

- ✓ Radyasyon ile dezenfeksiyon elektromanyetik veya diğer tür ışınlama ile yapılabilmektedir.

Dezenfektanların Etki Şekilleri

Dezenfektanların organizmaları tahribi ve etkisiz hale getirmeleri başlıca hücre duvarının tahribi, hücre zarının geçirgenliğinin bozulması, protoplazmanın yapısının değiştirilmesi ve enzim inhibasyonu şeklinde kendini göstermektedir. Çeşitli dezenfektanların etki şekilleri aşağıda özetlenmiştir.

-Fenoller ve deterjanlar hücre zarının (sitoplazmik membran) geçirgenliğini etkiler ve seçiciliğini değiştirerek azot, fosfor gibi temel elemanlarının hücre dışına çıkmasına yol açmaktadır.

-Isı, radyasyon, asit ve bazlar protoplazmanın kolloidal yapısını değiştirmektedirler. Isı hücre proteinlerinin pıhtılaşmasına yol açmaktadır.

-Metal iyonları proteinlerin yapısına girerek onları çöktürmektedir.

-Oksitleyici kimyasal maddeler hücrenin bileşenlerin oksitler, ancak oksitleyicilerin oksitleme gücü dezenfeksiyon etkileri ile orantılı değildir. Bazı kimyasal dezenfektanlar enzim inhibasyonu ile etkili olmaktadır.

Dezenfektanların Fonksiyonlarında Etkili Olan Faktörler

Dezenfektanların uygulamalarının ve verimlerini etkileyen çeşitli faktörler bulunmaktadır. Bunlar aşağıda açıklanmıştır:

Dezenfeksiyon Hızı

Dezenfeksiyonda, dezenfektanın etki göstereceği su ile temas süresi son derece önemlidir. Temas süresi, dezenfektanların etki hızlarının bilinmesi ile belirlenebilir.

Dezenfektan Konsantrasyonu

Dezenfeksiyonda, dezenfektanın konsantrasyonu son derece önemlidir.

Organizmaların Sayısı

Organizma sayısının sınırlı olduğu ortamlarda organizma konsantrasyonu önemli bir faktör olarak alınmayabilir, ancak dezenfektan konsantrasyonunun etkili olması mikroorganizma konsantrasyonunun da olayda etkili olduğunu göstermektedir.

Organizmaların Cinsi

Organizmaların cinsi ve fizyolojik durumu dezenfeksiyon olayını etkiler. Örneğin bakteri sporları dezenfeksiyona karşı son derece dirençlilerdir.

Suyun Yapısı

Sudaki organik maddeler oksitleyici tipi dezenfektanları harcayarak verimlerini azaltır. Ayrıca sudaki asılı maddeler dezenfektanları absorbe ederek veya mikroorganizmaları gizleyerek verimi etkiler. Bazı organik maddeler hücre duvarına yapışarak dezenfektan geçişini engeller. Organik maddeler çeşitli dezenfektanlar ile kompleks oluşturarak onları bağlayabilmektedir.

Sıcaklık

Sıcaklık artışı, genelde, dezenfeksiyon hızını artırmaktadır. Bu etki, sıcaklığın hem difüzyon hem de reaksiyon hızlarını artırmasından kaynaklanmaktadır.

pH

Çoğu mikroorganizmalar pH<3 ve pH>11'de yaşayamaz. pH 3-11 arasında ise, hem mikroorganizmaların durumu (örneğin yüzey yüklerinin değişimi) hem de dezenfektanların reaktifliğini etkileyerek dezenfeksiyon hızını değiştirir.

MEMBRAN FİLTRASYON METODU İLE BAKTERİ EKİMİ

İçerisinde mikroorganizmaların bulunduğu bilinen ya da bulunup bulunmadığı araştırılacakolan ortamdan ekim aletleri ile alınan örneğin belirli kurallar altında besiyerlerine aktarılmasıişlemine **ekim** denir.

Filtrasyon sıvı veya gaz içindeki istenmeyen partiküllerin bir ayırıcı kullanılarak tutulması işleminin genel adıdır. Uygun filtre kullanımı ile partikül veya mikroorganizmalar filtre yüzeyinde veya derinliğinde tutulabilmektedir.

Membran filtre metodunda, filtre edilen su numunesinde bakteriler filtreden geçemeyerek filtre yüzeyinde tutulmaktadır. Besiyeri emdirilmiş olan absorban kağıt üzerine yerleştirilen bu filtre kağıdı üzerindeki bakteriler, steril kapalı yapı içerisinde üreyerek çoğalıp çıplak gözle görülebilecek seviyeye (koloni) gelmektedir. Oluşan bu kolonilerin sayısı ile süzülen numunenin hacim arasındaki bağlantıdan numunenin l00 ml' sindeki toplam koli miktarı tespit edilmiş olur.

Membran filtre metodu ile 24 saat sonra sonuca gidilir. İçme suları ile yapılan çalışmalarda, daha fazla numune deneye sokulabilir.

3. DENEY DÜZENEĞİ

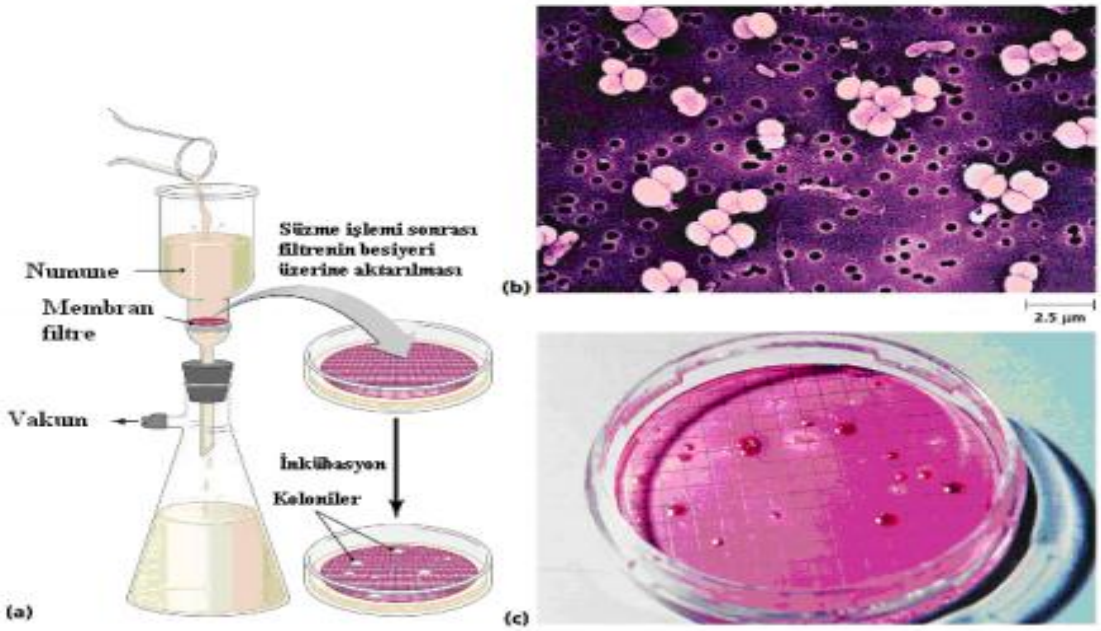
- Süzme takımı
- Membran filtre; 0.45 mikron porlu M.F. (Milli Pore - Sartoryus).
- Pipet, etüv
- Hazır besi yeri içeren petri kapları
- Dezenfektan malzeme

4.DENEY YAPILIŞI

- Çalışmaya başlanmadan önce laboratuvar tezgahı dezenfektan ile silinir.
- Besiyerinin ambalajı dezenfektan ile silinmiş bir makasla kesilerek kullanıma hazır besiyeri içeren petri kabı çıkarılır.
- 3.5 ml steril ve distile su pipet yardımı ile petri kabı üzerine ilave edilir, fekal ve toplam koliform için ayrı olarak hazırlanmış hazır besi yerli petri kapları kullanılır.
- Petri kabı içerisindeki hazır besi yerinin ıslanması sağlanır.
- Steril paketlerdeki membran filtre el ile temas etmeyecek şekilde açılır.
- Filtre üzerindeki sarı koruyucu tabakası ile birlikte pens ile tutularak filtre destek kısmına yerleştirilir ve sarı koruyucu tabaka üzerinden alınır.

- Süzülmesi gereken numune miktarı o numunenin cinsine göre değişir. Su numunesinin kaynağına göre önerilen numune miktarları Toplam Koliform için Tablo I, Fekal Koliform için Tablo II' de verilmektedir.
- Vakum pompası çalıştırılarak numune filtre edilir.
- Pens tekrar alevden geçirilir, filtre pens ile alınır ve besi yeri üzerine yerleştirilir.
- Toplam koliform petri kapları 37 ± 0.5 °C' ye ayarlanmış inkübatörde 18–24 saat, Fekal koliform petri kapları 44 ± 0.2 °C' ye ayarlanmış inkübatörde 22–24 saat bekletilir.





Şekil 1.1: Membran filtre yöntemi

Tablo I. Membran Filtre Toplam Koliform Analiz Yöntemi için Önerilen Numune Hacimleri

	Filtre Edilecek Numune Hacmi (ml)							
Su Kaynağı	**100**	**50**	**10**	**1**	**0.1**	**0.01**	**0.001**	**0.0001**
İçme Suyu	X							
Yüzme Havuzu	X							
Kuyu ve Doğal Kaynak Suyu	X	X	X					
Göl Suyu	X	X	X					
İşlenmemiş Su Kaynağı			X	X	X			
Deniz Suyu			X	X	X			
Nehir Suyu				X	X	X	X	
Klorlanmış Evsel Atıksu				X	X	X		
Ham Evsel atıksu					X	X	X	X

Tablo II. Membran Filtre Fekal Koliform Analiz Yöntemi için Önerilen Numune Hacimleri

	Filtre Edilecek Numune Hacmi (ml)							
Su Kaynağı	**100**	**50**	**10**	**1**	**0.1**	**0.01**	**0.001**	**0.0001**
Göl Suyu	X	X						
Kuyu ve Doğal Kaynak Suyu	X	X						
İşlenmemiş Su Kaynağı		X	X	X				
Doğal Sıcak Sular		X	X	X				
Evsel Atıksu Arıtım Tesisi			X	X	X			
Nehir Suyu				X	X	X		
Sel Suyu				X	X	X		
Ham Evsel atıksu					X	X	X	
Evsel Atıksu Çamuru						X	X	X

! Tablo I ve Tablo II de önerilen seyreltme miktarları bazı numuneler için koloni sayımı için uygun olamayabilir. Seyreltme miktarı çok fazla olabilir ve koloni oluşumu görülmez veya sayılamayacak kadar çok fazla koloni oluşumu gözlenir. Bu durumlarda analiz seyreltme oranları değiştirilerek tekrar edilir.

! Kontaminasyonu engellemek amacıyla mikrobiyolojik analizlerin yapıldığı laboratuvar ortamının hijyen koşullarını sağladığından emin olunmalıdır.

5. HESAPLAMALAR

İnkübasyon süresi sonunda sayım işlemi yapılır:

E. coli ve Fekal koliform 1-2 mm çapında mavi koloniler oluşturur. Bu mavi kolonilerin sayımı yapılır, diğer renkli koloniler sayılmaz. E. coli ve koliform bakterileri dış hatları koyu kırmızı renkte koloniler oluştururlar. E coli yeşil metalik bir parlaklığa sahiptir ve membran filtrenin alt tarafında koyu kırmızı bir nokta olarak görünür. Sayılan koloni sayısı seyreltme miktarları da hesaba katılarak 100 ml numune üzerinden verilir.

Toplam koliform /100 ml = Plaklardaki koloni sayısı X 100 / Filtre edilen örnek mL

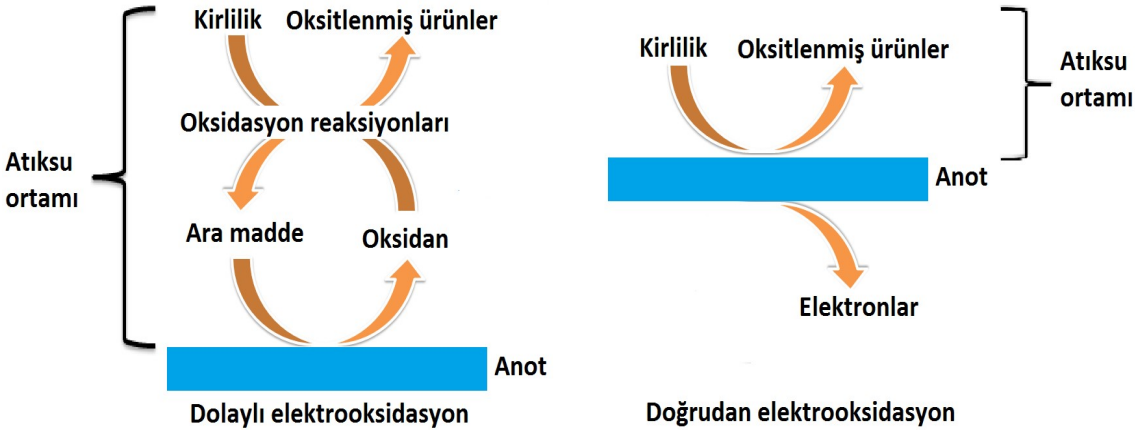
DENEY: ELEKTROOKSİDASYON İLE SULU ÇÖZELTİLERDEN BOYAR MADDELERİN GİDERİLMESİ

DENEYİN AMACI:

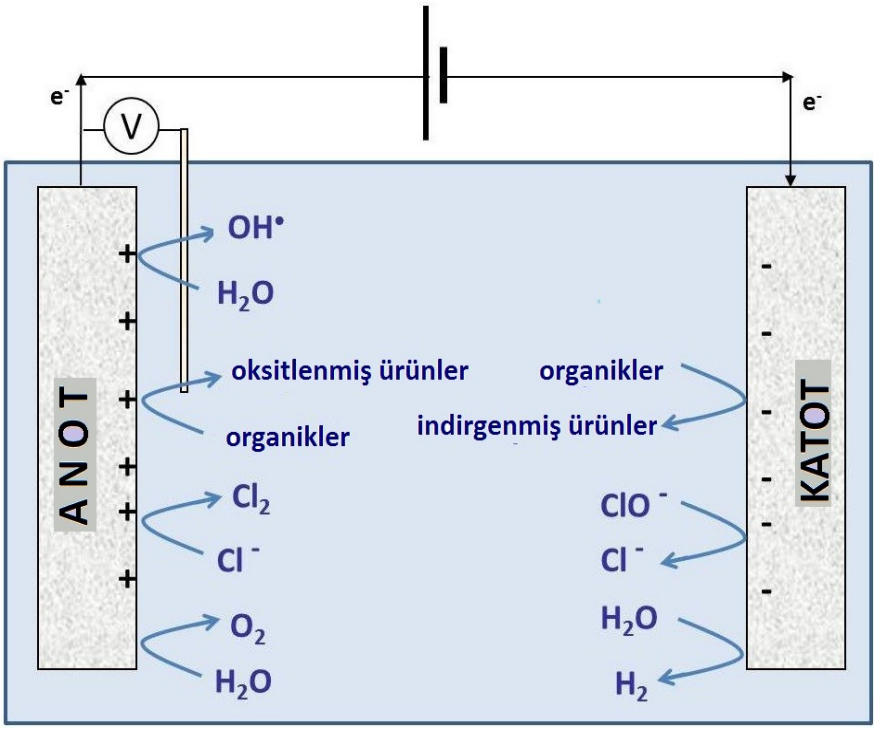
Sentetik olarak hazırlanmış bir boya çözeltisinden faydalanılarak elektrokooksidasyon işleminin ve bu işlem üzerinde etkili parametrelerin saptanması.

1. TEORİK BİLGİLER

Elektrooksidasyon; grafit, kaplanmış titanyum, bor kaplı elmas gibi çözünmeyen bir anot malzemesi kullanılarak organik maddelerin direk veya endirekt olarak oksitlenmesi esasına dayanır. Organik kirlilikler elektrokimyasal oksidasyon yöntemiyle direk veya dolaylı oksidasyon prosesi ile anot yüzeyinde parçalanabilir. Bu iki prosesin şeması Şekil 1 ve 2'de gösterilmiştir.

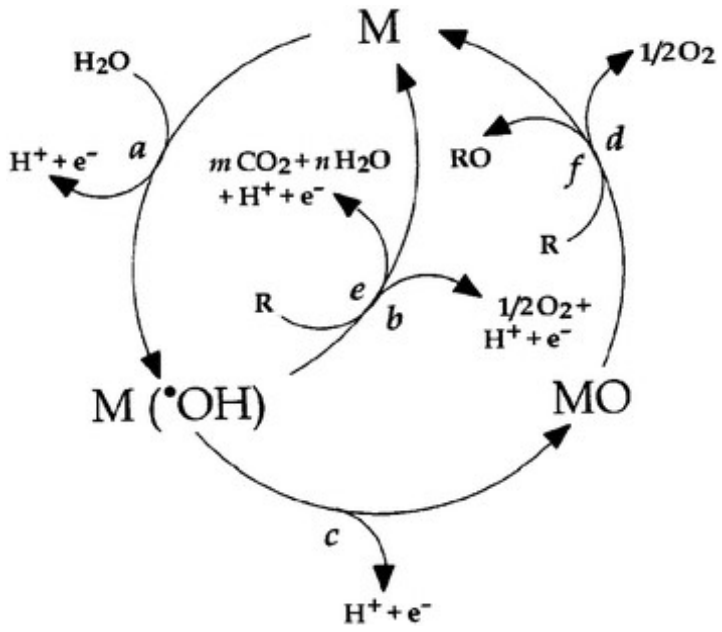


Şekil 1. Elektrokimyasal oksidasyon prosesinde kirleticilerin parçalanması

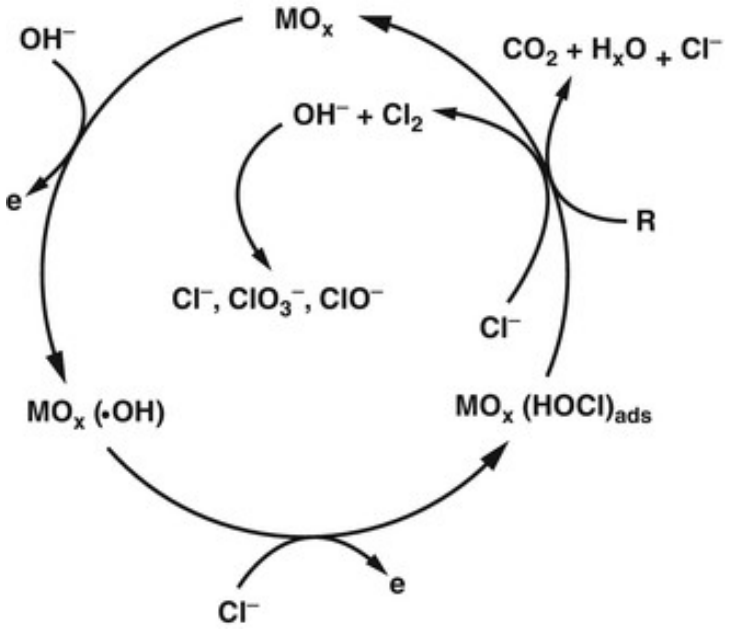


Şekil 2. Elektrokimyasal oksidasyon prosesinde kirleticilerin anot ve katot yüzeyinde parçalanma mekanizması

Direk anodikproseste kirleticiler ilk önce anot yüzeyine adsorbe olurlar ve daha sonra anot yüzeyinden elektron transferi gerçekleşir. Organik kirleticilerin direk oksidasyon hızı, anodun aktif noktalarına organik bileşiklerin difüzyon hızı ve uygulanan akım şiddeti yardımıyla anodun katalitik aktivitesine bağlıdır. Endirekt elektrooksidasyon süresince organik maddelerin oksidasyonun da etkili olan klor, hipoklorit, hidrojen peroksit ve ozon gibi ajanlar anodik olarak üretilebilir. Her iki oksidasyon mekanizması içinde reaksiyon şemaları Şekil 3 ve 4'de verilmiştir.



Şekil 3. Organik bileşiklerin aktif (a, c, d ve f reaksiyonları) ve aktif olmayan (a, b ve e reaksiyonları) anot yüzeyinde eş zamanı olarak anodikoksidasyonu
*(a)Hidroksil radikallerin oluşumu (•OH), (b)Hidroksil radikallerinin elektrokimyasal oksidasyonu tarafından oksijen dönüşümü, (c)Daha aktif metal oksit oluşumu (MO), (d)Daha aktif metal oksidin kimyasal ayrışması tarafından oksijenin dönüşümü, (e)Hidroksil radikalleri vasıtasıyla organik bileşiklerin (R) elektrokimyasal parçalanması, (f)Daha aktif metal oksit vasıtasıyla organik bileşiğin (R) elektrokimyasal dönüşümü



Şekil 4. Organik bileşiklerin ortamda klor bulunması durumunda anot yüzeyinde dolaylı anodikoksidasyonu

Direk anodikoksidasyon elektrokimyasal çevrim ve elektrokimyasal parçalanma olarak iki farklı yolla gerçekleştirilir. Elektroliz süresince aktif oksijenin iki oksit türü anot yüzeyinde elektrokimyasal olarak üretilebilir (MO_x). Birisi kimyasal adsorplanmış aktif oksijendir (MO_{x+1}) ve elektrokimyasal çevrimden sorumludur (Eşitlik 1). Diğeri elektrokimyasal parçalanmadan sorumlu olan fiziksel olarak adsorplanmış oksijendir (˙OH) (Eşitlik 2).

$$R + MO_{x+1} \rightarrow RO + MO_x \tag{1}$$

$$R + MO_x\left(\cdot OH\right)_n \rightarrow CO_2 + nH^+ + ne + MO_x \tag{2}$$

Burada; *R*, organik bileşikler; *n*, anot yüzeyinde adsorbe edilmiş olan •OH'nin sayısıdır. Elektrokimyasal çevrim sürecince organik maddeler sadece belli oranda parçalanır ve eğer tamamen ortamdan uzaklaştırılmak istenirse ardı sıra gelecek bir ilave arıtım gerektirebilir.

Aksine elektrokimyasal dönüşümün son ürünleri CO_2 ve su tam bir arıtımın olduğunun göstergesidir. Fıstık sanayi işleme atıksularınınelektrooksidasyon ile arıtımında, anot yüzeyine adsorbe olmuş kirliliklerin belli derecede parçalanmasına direk anodikoksidasyon sebep olmasına rağmen, atıksuda kendinden var olan veya daha sonra eklenmiş olan klorun anodik reaksiyonlar sonucu dönüştüğü hipoklorit vasıtasıyla öncelikle endirekt elektrooksidasyon ile gerçekleşebilir. Elektrooksidasyon süresince endirekt reaksiyonlar aşağıdaki eşitliklerde gösterilmiştir (Eşitlik 3-9). Hipoklorit (OCl^-) (Eşitlik 7) atıksu ortamında organik maddeleri oksitleyebilen güçlü bir oksitleyicidir.

Anodik reaksiyonlar:

$$2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^- \quad (3)$$

$$6HOCl + 3H_2O \rightarrow 2ClO_3^- + 4Cl^- + 12H^+ + 1.5O_2 + 6e^- \quad (4)$$

$$2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 6e^- \quad (5)$$

Çözelti reaksiyonları:

$$Cl_2 + H_2O \rightarrow HOCl + H^+ + Cl^- \quad (6)$$

$$HOCl \rightarrow H^+ + OCl^- \quad (7)$$

Katodik reaksiyonlar:

$$2H_2O + 2e^- \rightarrow 2OH^- + H_2 \quad (8)$$

$$OCl^- + H_2O + 2e^- \rightarrow Cl^- + 2OH^- \quad (9)$$

Elektrokimyasal tepkimeler elektrot-çözelti ara yüzeyinde gerçekleşen tepkimelerdir. Bu sistemlerde anotta gerçekleşen olaylara elektrooksidasyon ve katotta gerçekleşen olaylara ise elektroredüksiyon adı verilmektedir. Anodik ve katodik olayların gerçekleşebilmesi çözelti-anot ara yüzeyinde iyon ya da moleküllerin elektrot yüzeyine adsorblanması ve bunların elektrokimyasal tepkimeye girmesi, elektrot malzemesinin özelliği, ortam koşulları, sıcaklık

vb. etkenlere bağlı olmaktadır. Elektrokimyasal tepkimelerin ara yüzeyinde gerçekleşen olaylarda anot, elektrot ve elektrolitin özellikleri ile uygulanan potansiyel, elektrokimyasal tepkimenin gidişini etkileyen etkenler önemlidir.

Elektrooksidasyon prosesine etki eden parametreler

Yüksek organik kirlilik içeren atıksuların arıtımında elektrokimyasal proseslerin performansını etkileyen faktörler aşağıda sıralanmıştır.

- ✓ Ön arıtım,
- ✓ Anot malzemesi,
- ✓ pH,
- ✓ Akım yoğunluğu,
- ✓ Eklenen destek elektrolit türleri ve konsantrasyonları,

Ön arıtım: Elektrooksidasyondan önce uygulanabilecek ön arıtım yöntemi bu prosesin verimini artıracaktır. Katı madde ayrımı iyi yapılmış olan bir atıksuyaelektrooksidasyonuygulandığında anotların pasivizasyonu engellendiğinden aynı akım yoğunluklarında daha yüksek artıma verimleri elde etmek mümkündür. Atıksuyun içinde bulunabilecek katı maddeler ortam direncini artırarak akım yoğunluğunun verimini düşürmekte ve buna bağlı olarak verilen akım ısıya dönüşerek hem elektrik maliyetlerini artırmakta hemde arıtma verimlerini düşürmektedir.

Anot Malzemesi: Anot malzemesi elektrooksidasyonu etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Anotların katalitik aktivitesi ve korozyona karşı olan direnci elektrooksidasyonu etkileyen en önemli faktörlerdir. Yüksek organik içerikli atıksularınelektrooksidasyonunda çeşitli anot malzemeler çalışılmıştır. Üçlü Sn-Pd-Ru oksit kaplı titanyum (SPR), titanyum üzeri karışık metal oksit kaplı titanyum ($Ti/IrO_2/RuO_2$), titanyum üzeri rutenyum oksit kaplama (Ti/RuO_2), titanyum üzeri iridyum oksit kaplama (Ti/IrO_2), PbO_2 ile kaplı titanyum (Ti/PbO_2), grafit, SnO_2 kaplı titanyum (Ti/SnO_2), platin kaplı titanyum (Ti/Pt), bor kaplı elmas (BDD) bunlardan bazılarıdır. Çizelge 1'de çeşitli anot malzemelerine ait oksijen dönüşüm potansiyel değerleri verilmiştir.

Çizelge 1. Bazı anot malzemelerine ait oksijen dönüşüm potansiyel değerleri

Anot Türleri	Değer (V)
Pt	1,3-1,6
IrO_2	1,6
Grafit	1,7
PbO_2	1,9
SnO_2	1,9
Pb-Sn	2,5
Ebonex (Ti_4O_7)	2,2
Si/BDD	2,3
Ti/BDD	2,7-2,8

pH: pH, ortamda oluşan elektrolitik reaksiyonları direkt olarak etkilediği için büyük öneme sahiptir. Elektrooksidasyon için hidroksil radikallerinin oluşumu için pH birinci dereceden etkilidir. Belli pH değerleri dışında hidroksil radikallerinin oluşum yüzdesi büyük oranda azalacaktır. Ayrıca proses sonucunda pH'nın değişimi de söz konusudur. ElektrooksidasyondapH giderek düşme eğilimi göstermektedir. Giderim verimleri başlangıç pH'ına bağlı olduğu kadar son durumdaki pH değerlerine de bağlıdır. Bazı çalışmalarda anot malzemesi türüne göre asidik şartlarda en iyi giderim verimleri elde edilirken, bazı çalışmalarda bazik veya nötralpHdeğerlerinde en yüksek arıtma verimlerine ulaşılmıştır. Bu farklılıklar, muhtemelen atıksuların kompozisyonlarının kompleks olmasından ve kullanılan farklı pH aralıklarından kaynaklanmaktadır.

Akım Yoğunluğu: Elektrokimyasal arıtımda önemli işletme şartlarından biri de akım yoğunluğudur. Çünkü akım yoğunluğu reaksiyon hızını kontrol eden en önemli parametredir. Akım yoğunluğunun optimizasyonu elektrokimyasal arıtım yöntemi için çok önemlidir. Gerekenden fazla akım yoğunluğu uygulandığında maliyet artışı oluşabilir. Ayrıca arıtım çalışmalarında akım yoğunluğu ile arıtım süresi yakından ilişkilidir. Yüksek akım yoğunluğu uygulandığında daha kısa süreli bir arıtım gerçekleşmektedir.

Eklenen Destek Elektrolit Türü ve Konsantrasyonu: Elektrokimyasal arıtım proseslerinde elektrolit türü, atıksuyun iletkenliğinin artırılmasının yanında dolaylı elektrooksidasyonun hızını ve etkinliğini arttırmak içinde ilave edilir. İlave edilen elektrolitler anodik, katodik veya çözelti içerisindeki gerçekleşen reaksiyonlar yardımıyla dolaylı elektrooksidasyonu artmasına yardımcı olan ara oksidantlara dönüşürler. Başlıca elektrolit türlerine ait potansiyel farkları Çizelge 2'de verilmiştir. Artan elektrolit konsantrasyonu oluşacak oksidant miktarını artıracağı için belli noktalara kadar elektrooksidasyonun etkinliğini artırmaktadır.

Çizelge 2. Bazı kimyasal oksidant türlerine ait oluşma potansiyel değerleri

Oksidant Türleri	**Oluşma Potansiyeli (V)**
H_2O/O_2 (Atomik Oksijen)	1,23
$Cr^{3+}/Cr_2O_7^{2-}$ (Dikromat)	1,23
Cl^-/Cl_2 (Klor)	1,36
$Cl^-/HOCl^-$ (Hipoklorüz asit)	1,47
Ag^+/Ag^{2+}(Gümüş (II) İyonu	1,50
Cl^-/ClO_2^- (Klordioksit)	1,57
H_2O/H_2O_2 (Hidrojen Peroksit)	1,77
$SO_4^{2-}/S_2O_8^{2-}$ (Peroksiodisülfat)	2,01
O_2/O_3 (Ozon)	2,07
$H_2O/^{\bullet}OH$ (Hidroksil Radikali)	2,80

Elektrooksidasyon prosesinin avantajları

1. Kimyasal bir reaksiyon oluşturmak için herhangi bir kimyasal madde eklemeye gerek kalmaz. Sadece elektronlar kullanılarak istenilen kimyasal maddeler elde edilebilmektedir. Böylece kimyasal maddeleri depolama ve taşıma problemi ortadan kalkmaktadır,

2. Basit ekipmanlar gerektirirler, genellikle düşük sıcaklık ve basınçta çalıştırılırlar ve özellikle elektriğin ucuz olduğu yerlerde oldukça düşük maliyetlidir,

3. Kolay uygulanabilmektedir ve reaksiyon istenildiği gibi kontrol edilebilmektedir ve oldukça etkin sonuçlar vermektedir,

4. Geleneksel metotlarla arıtılamayan toksik kirletici içeren atıksuların arıtılması sağlanabilmektedir.

Elektrooksidasyon prosesinin dezavantajları

1. Elektrot kirliliğinin önlenmesi gerekmektedir (Elektrotların yüzeyinde geçirimsiz tabakalar oluşabilmektedir),

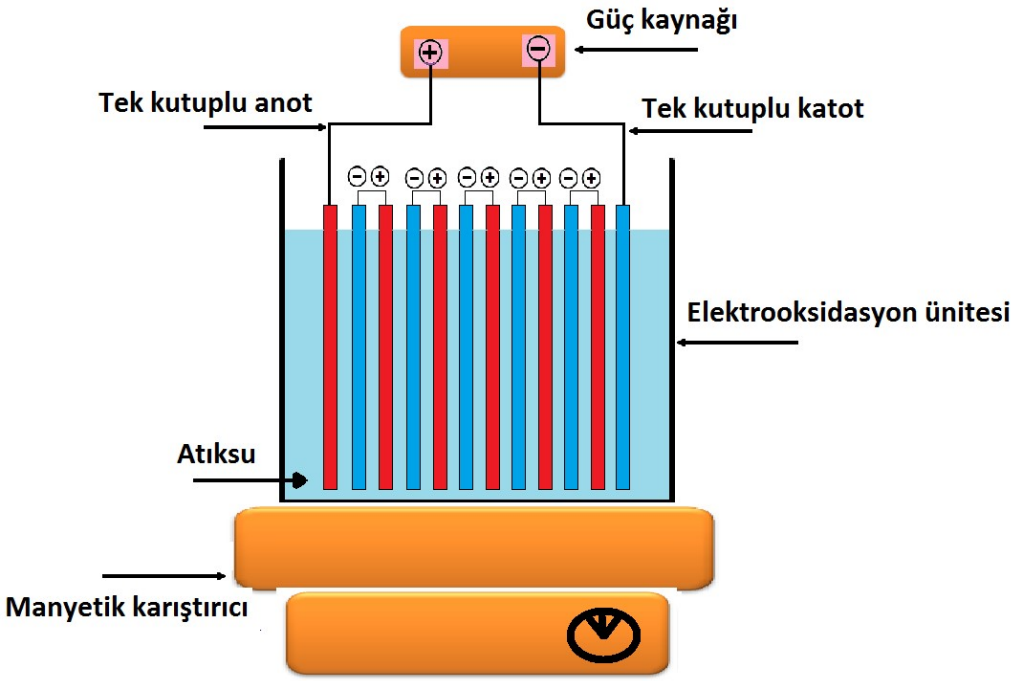
2. Ucuz ve uzun ömürlü elektrota ihtiyaç duyulmaktır,

3. Arıtılacak suyun belli bir iletkenliğe sahip olması gerekmektedir,

4. Konsantrasyon düştüğü için (kütle taşınımı sınırlı olmasından dolayı) akım verimliliği azalabilir.

Elektrot düzenlemeleri (konfigürasyonları)

En basit şekli ile elektrooksidasyon reaktörü bir anot ve katottan oluşur. Elektrotlar harici bir güç kaynağına bağlandığında, katot pasifleşmeye maruz kalırken anot malzemesi yükseltgenme sebebi ile zamanla elektrotun yüzeyi aşınır ve etkinliğini kaybeder. Fakat anot çözünme hızını en aza indirmek için daha büyük yüzey alanına sahip elektrotlar gerektiğinden yukarıda anlatıldığı şekilde bir düzenleme çoğu zaman uygun değildir. Bu handikap, elektrotların tek kutuplu modda seri yada paralel bağlanması ile aşılmıştır. Şekil 5'te bir çift anot ve katodun tek kutuplu modda paralel bağlı olduğu durum görülmektedir.

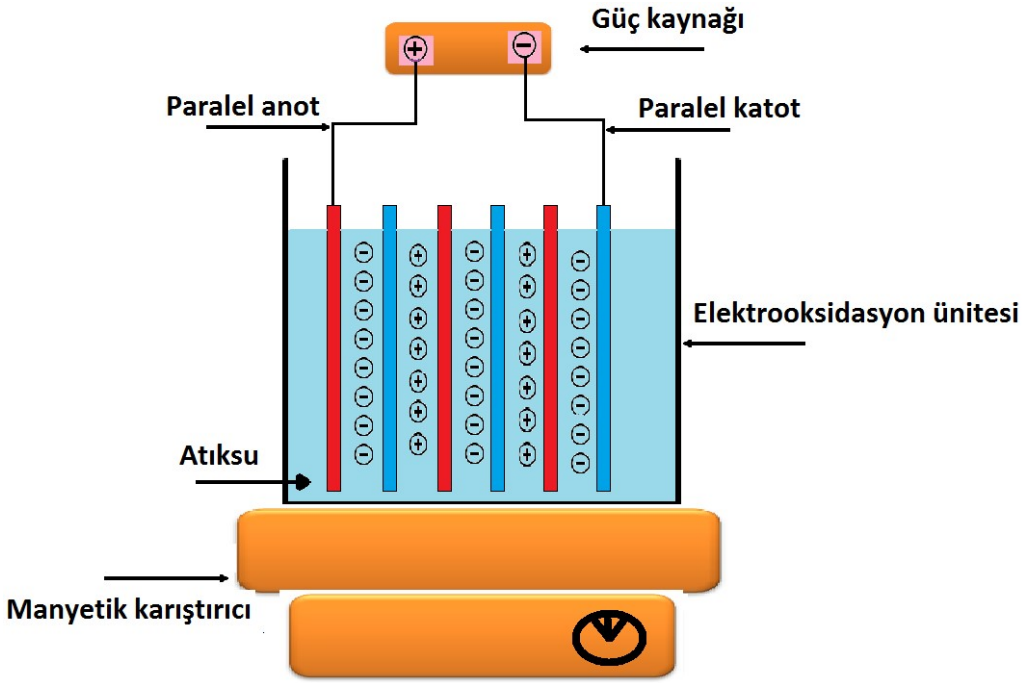


Şekil 5. Tek kutuplu seri bağlı elektrooksidasyon reaktörü

Hücrelerin seri olarak düzenlenmesi durumunda tüm elektrotlardan aynı akım geçmesine rağmen seri bağlanan hücreler sistemin toplam direncini artırdığı için belirli bir akım şiddetini sağlamak için daha yüksek potansiyel fark uygulanması zorunluluğu vardır. Öte yandan, paralel bağlamada ise elektrik akımı tüm elektrotlara, oluşturulan hücrelerin direnci ile ilişkili bir şekilde dağılır.

Bazı araştırmacılar, elektrotları çift kutuplu modda seri ya da paralel bağlı şekilde kullanmaktadır. Bu tip bir reaktör Şekil 6'daşematize edilmiştir. Bu düzenlemede dış

kısımlardaki elektrotlar güç kaynağına bağlanırken iç kısımdaki elektrotlarda herhangi bir elektriksel bağlantı bulunmamaktadır.



Şekil 6. Çift kutuplu seri bağlı elektrooksidasyon reaktörü

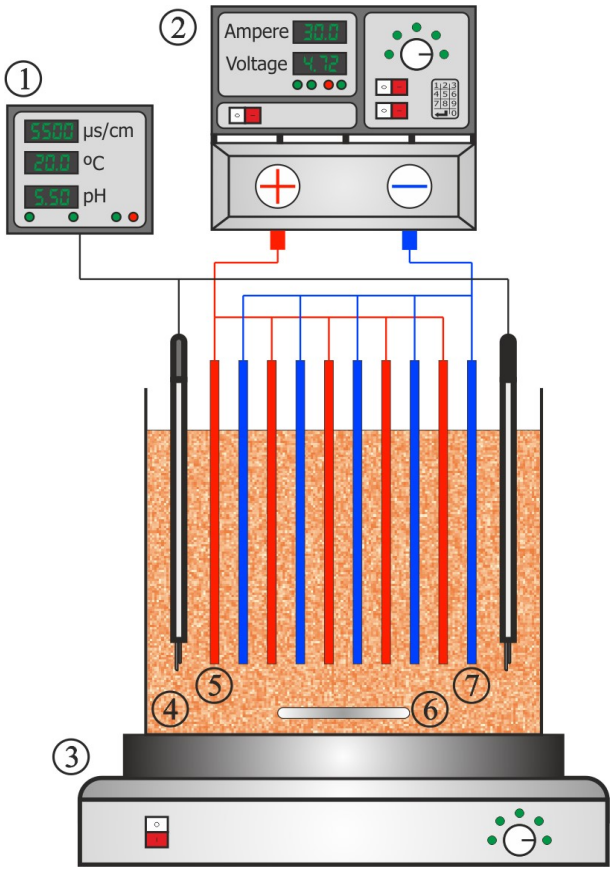
Doğru akım elektrooksidasyon tekniğinde, yükseltgenme sebebi ile anodun etkinliğinin azalması kadar, katot yüzeyinde oluşan geçirimsiz oksit tabakası oluşumu da bu teknikte sıklıkla rastlanan bir problemdir. Bu olaylar elektrooksidasyon hücresinin etkinliğini kaybetmesine sebep olur.

Bu problemlerin azaltılmasında alternatif akım elektrooksidasyon tekniğinin kullanımı da bir seçenek olarak sunulmaktadır. Alternatif akım kullanımının, elektrotların anot ve katot sıralamasını belirli periyotlarda değiştirmesi sebebiyle yukarıda bahsedilen pasifleşme sorununu önleyeceği ve bunun bir sonucu olarak da kabul edilebilir bir elektrot ömrü sağlayacağına inanılmaktadır.

2. DENEYİN YAPILIŞI

Anot ve katotlar reaktöre yerleştirildikten sonra daha önceden hazırlanmış olan boyar madde çözeltisinden yaklaşık 850 ml reaktöre doldurularak karıştırıcı çalıştırılır ve atıksuyun pH değeri gerekliyse çalışılması istenen değere ayarlanır. Daha sonra karıştırıcı belli bir karıştırma hızına ayarlandıktan sonra çözeltinin pH, sıcaklık, iletkenlik değerleri okunarak aşağıdaki tabloya kaydedilir. Ardından doğru akım güç kaynağı belirlenen akım yada

potansiyel fark değerine ayarlanarak sistem çalıştırılır. Sistemden belirli zaman aralıklarında örnekler alınarak filtre kağıdından süzülür ve boyar madde analizleri yapılarak aşağıda verilen tablo doldurulur. Temsili deney düzeneği Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Deneysel düzenek
*1-Multi-parametre ölçer, 2-Doğru akım güç kaynağı, 3-Magnetik karıştırıcı, 4-Atıksu, 5-Anot, 6-Magnet, 7-Katot

3. DENEY SONUCUNUN HESAPLANMASI

Deney sonuçlarının hesaplanmasında aşağıdaki formüller kullanılarak zamana karşı giderme verimi ve enerji tüketimi eğrileri çizilecektir.

1. Arıtma veriminin hesaplanması: Arıtma veriminin hesaplanmasında 10 no'lu eşitlik kullanılacaktır.

$$\eta(\%) = \left(\frac{C_0 - C_e}{C_0} \right) \times 100 \qquad (10)$$

2. Enerji tüketiminin hesaplanması: Enerji tüketiminin hesaplanmasında 11 no'lu eşitlik kullanılacaktır.

$$W\left(\frac{kWsaat}{m^3}\right)=\frac{VxIxt}{v} \qquad (11)$$

Simgeler

C_e	Arıtıldıktan Sonra Kirleticinin Çözeltideki Konsantrasyonu	(mg/L)
C_o	Kirleticinin Çözeltideki Başlangıç Konsantrasyonu	(mg/L)
I	Akım Şiddeti	(Amper)
t	Zaman	(Dak.)
T	Çözeltinin Sıcaklığı	(^oC)
V	Uygulanan Potansiyel Fark	(Volt)
v	Çözeltinin Hacmi	(L)
W	Birim Enerji Tüketimi	Kw-h/m^3
η	Arıtma Verimi	(%)
k	Çözeltinin İletkenliği	(µs/cm)

t	V	I	k	T	pH	C_e	η (%)	kW-saat/m^3
0							0,00	0,000