

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

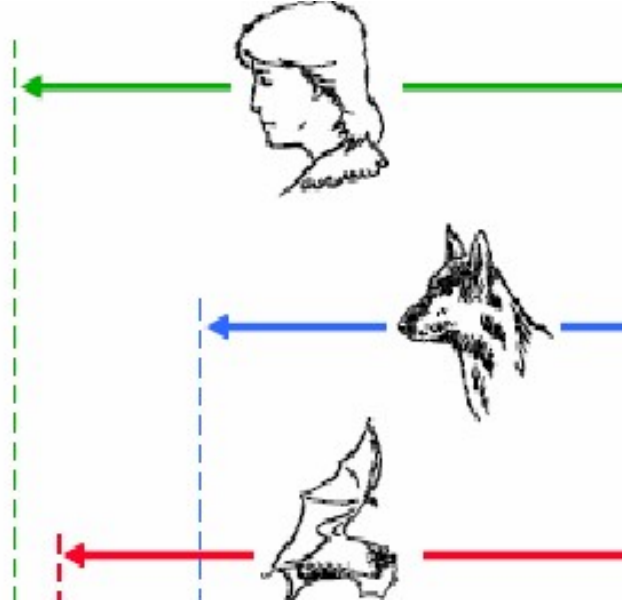
Ses Seviyesi

- 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 arasındadır.
- 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 metodlarıyla 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	<ul style="list-style-type: none"> • Konforsuzluk • Rahatsızlık • Sıkılma duygusu • Kızgınlık • Konsantrasyon • Uyku Bozukluğu
II. Derecedeki Gürültüler 65 – 90 dBA	<ul style="list-style-type: none"> • Fizyolojik gürültü • Kalp atışının değişimi • Solunum hızlanması • Beyindeki basıncın
III. Derecedeki Gürültüler 90 – 120 dBA	<ul style="list-style-type: none"> • Fizyolojik gürültü • Baş ağrısı
IV. Derecedeki Gürültüler 120 – 140 dBA	<ul style="list-style-type: none"> • İç kulakta bozukluk

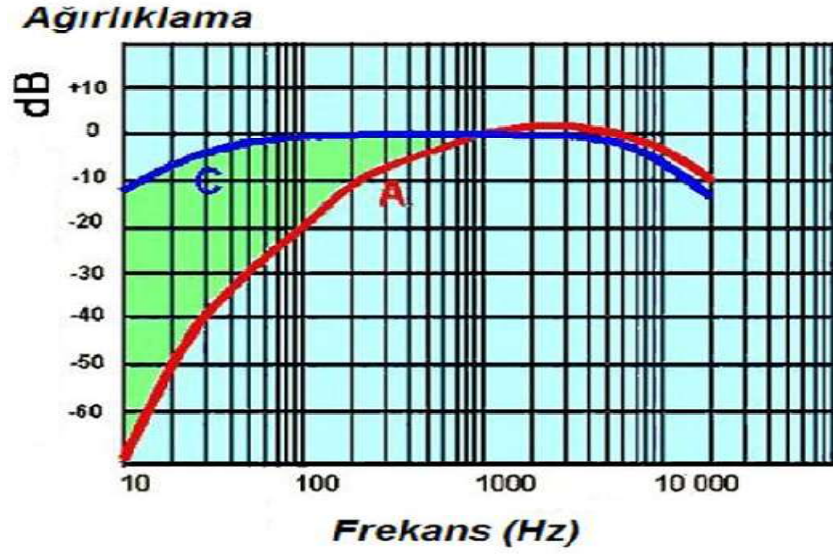
Kulak en iyi orta ve yüksek frekanslara (500 Hz-4000 Hz) en kötü düşük frekanslara (63 Hz –250 Hz) tepki verir. Bu yüzden, ses seviye ölçerlerin kulağın tepkisini simüle edebilmesi için, Ağırlıklandırılmış A filtre, cihaza dahil edilmiştir.

- 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	I
140	Jet motoruna yakın	
130	Ağrının başlangıcı	
105	Kuvvetli rock müzik	
100	3 m uzaklıkta otomobil klakson sesi	
90	Şehir cadde gürültüsü	
82	Fabrika gürültüsü	
80	Akustik yalıtım yapılmamış okul, kantin gürültüsü	
62	Açık trafikli yol	
62	Talî bir yolun gürültüsü	
50	Büro gürültüsü	
40	Konutta düşük düzeyde çalınan müzik	



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

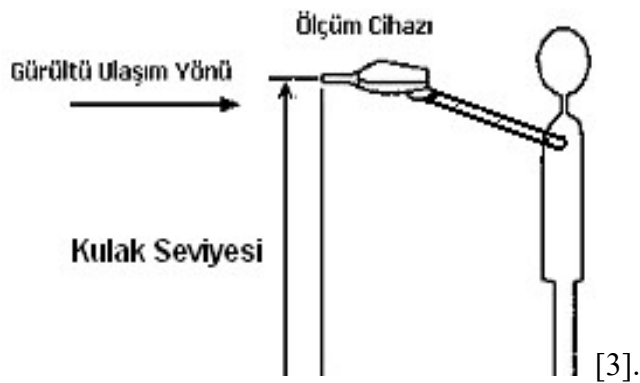
3. DENEY DÜZENEGİ

- Ses Seviye Ölçer Cihazı (Testo)
- Tripot



4. DENEYİN YAPILIŞI

- ✓ GÜRÜLTÜ NASIL ÖLÇÜLÜR?





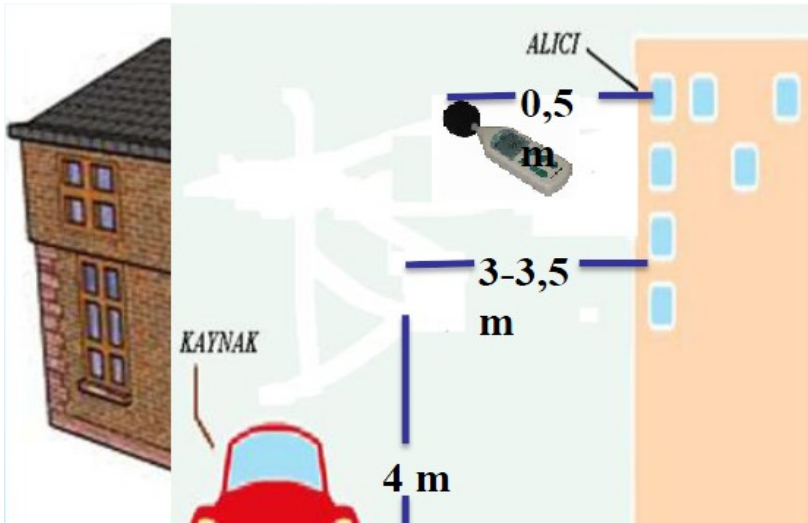
Şekil 1. Ses Ölçüm Cihazı ile Ölçüm



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/sn'yi geçtiği durumlarda ölçümlerin yapılmaması gerekir.)
- ✓ Ölçümler sırasında ani olarak yükseliş gösteren gürültüler elimine edilmeli,
- ✓ Ölçüm mahallindeki 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 düzenlenmesi v.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.

$$L_{düzeltmiş} = 10 \log(10^{L_{ölçülmüş}/10} - 10^{L_{arkaplan}})$$

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-Ağ	
				$L_{eq}(dB)$				
				1.Konum	2.Konum	3.Konum	1.Konum	2.Konum
İşletme faaliyette iken	İşletme içi (farklı noktalarda)			1.	1.	1.	1.	1.
				2.	2.	2.	2.	2.
				3.	3.	3.	3.	3.
	Ortalamalar							
	Genel Temsili Ortalama							
	İşletmenin hemen dışı (farklı yönlerde)				1.	1.	1.	1.
				2.	2.	2.	2.	2.
				3.	3.	3.	3.	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:

Örnek :

Ölçümler sonucunda, genel anlamda işletme faal iken mevcut eşdeğer gürültü ortalaması ile işletme dışında potansiyel eşdeğer arka plan gürültü seviyelerin 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 o gürültü seviyeleri arasındaki aritmetik fark önemlidir.

Bu fark değeri 3dB'den büyük yada eşit ve 10 dB'den küçük ise ($3 \leq \text{Fark Değeri}$ değerden arka plan gürültü değeri logaritmik olarak çıkarılarak (düzeltme yapı gürültü seviyesi belirlenmelidir. Bu duruma göre;

$69.5 \text{ dB} - 65.1 \text{ dB} = 4.4 \text{ dB}$ ($3 \leq 4.4 < 10$), düzeltme yapılmalıdır.

$77.5 \text{ dB} - 75.6 \text{ dB} = 1.9 \text{ dB}$ ($1.9 < 3$), fark kabul edilir, düzeltme yapılmaz

$$L_{\text{Düzeltilmiş}} = 10 \log \left[10^{\frac{L_{\text{ölçülme}}}{10}} - 10^{\frac{L_{\text{arka plan}}}{10}} \right]$$

$$L_{\text{eqdüzeltmiş}} = 10 \log \left[10^{\frac{69.5}{10}} - 10^{\frac{65.1}{10}} \right] = 67.6 \text{ dBA}$$

BİLİYOR MUYDUNUZ??!!**1. Desibel Nedir?**

Desibel, belirli bir referans güç ya da miktar seviyeye olan oranı belirten genelde ses şiddeti için 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 "Transmission Unit" olan bu büyüklük sonra Alexander Graham Bell anısına BEL olacak şekilde 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.

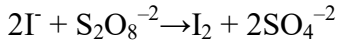
[4] Çevresel Gürültü ve Titreşim Yönetimi, Şubat 2013, Antalya.

DENEY: REAKSİYON DERECESESİ 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.



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 Na₂S₂O₃ 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; $C_{KI} = C_{KI0} - [N \cdot V1/V2]$ eşitliği kullanılabilir.

C_{KI0} = Başlangıç KI konsantrasyonu

N: Na₂S₂O₃ çözeltisinin normalitesi (0.01 N)

V1: Titrasyonda sarf edilen N₂S₂O₃ çözeltisinin hacmi (mL)

V2: Titre edilen numune hacmi (5 mL)

3. Deney sonuçlarının Değerlendirilmesi

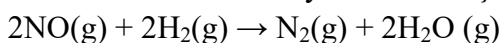
Reaksiyon hız sabiti k zamana (t) karşı $\ln [C_{KI}/C_{KI0}]$ grafiğinin eğiminden hesaplanabilir. $\ln[C] = \ln[C_0] - kt$ bağıntısı kullanılarak herhangi bir t anındaki konsantrasyon hesaplanabilir. Bu şekilde hesaplanan ve ölçülen değerler bir grafik üzerinde karşılaştırılabilir.

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

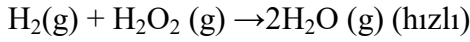
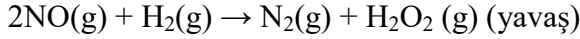
Bir kimyasal reaksiyona ilişkin reaksiyon hızı birim zamanda derişimdeki değişmedir. Aynı zamanda reaksiyon hızı üst içeren veya içermeyen derişim terim veya terimleri ile hız sabiti adı verilen (k) bir katsayı çarpımı olarak da ifade edilir. Bu ifade genel olarak

$$r = k[A]^a[B]^b[C]^c \dots\dots\dots$$

Buradaki a,b,c,... Üstel terimleri denkleştirilmiş reaksiyon denklemindeki stokiyometrik katsayılara karşılık gelen artı veya eksi 1,2,3 gibi tam sayılar ile 1/2, 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 H₂ arasındaki örnek reaksiyonun denkleştirilmiş reaksiyon denklemi



Şeklinde. 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.



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

$$r = k[\text{NO}]^2[\text{H}_2]$$

Toplam reaksiyon denkleminde 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.

$\text{Aa} + \text{Bb} + \text{Cc} + \dots \rightarrow \text{Ürünler}$ şeklinde olan bir reaksiyon için hız ifadesi

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

$\text{Aa} + \text{Bb} + \text{Cc} + \dots \rightarrow c\text{C} + d\text{D}$ şeklindeki bir reaksiyon için,

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

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

Bu durumda reaksiyonun hızı için,

$$r = k[\text{A}]$$

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,

$$r = d[\text{A}]/dt$$

olur. Buradan

$$-d[\text{A}]/dt = k[\text{A}]$$

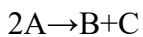
Yazıp her tarafın $t=0$ (başlangıç) anından belli bir t anına kadar integrali alınırsa ,

$$\ln[\text{A}] = -kt + \ln[\text{A}]_0$$

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

$$r = k[\text{A}]^2 \text{ veya } r = k[\text{A}][\text{B}]$$

şeklindedir. Kinetiği ikinci dereceden reaksiyon hız denkleminde uyan bir reaksiyonun reaksiyon hız sabitinin birimi 1/(derişim zaman) yani $\text{lt}/(\text{mol s})$, $\text{lt}/(\text{moldak})$ şeklindedir.



Yukarıda verilene benzer bir basit reaksiyon için reaksiyon hız denklemini

$$-d[\text{A}]/dt = k[\text{A}]^2$$

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

$$1/[\text{A}] = kt + 1/[\text{A}]_0$$

elde edilir. Bu ifade eğimi k olan bir doğru denklemdir. Deneysel olarak ikinci dereceden bir reaksiyonun reaktantının derişimi belli sürelerde ölçülürse ve elde edilen veri t 'ye karşı $1/[\text{A}]$ 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.

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

$$r=k$$

Sıfırcı 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.

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

Burada A terimi Arrhenius sabiti, E_a 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:**

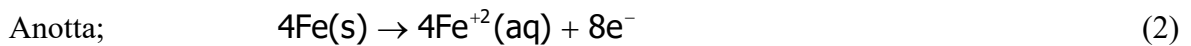
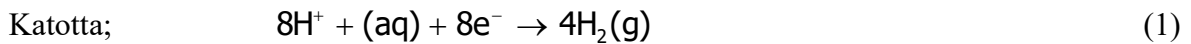
Sentetik olarak hazırlanmış bir boya çözeltisinden faydalanılarak elektrokoagülasyon işleminin ve bu işlem üzerinde etkili parametrelerin saptanması.

1. TEORİK BİLGİLER

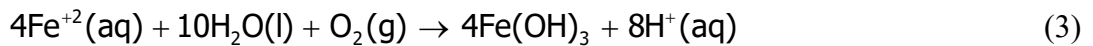
Elektrokoagülasyon; çözünebilen ve yumaklaştırıcı özelliğe sahip metal (alüminyum ve demir gibi) bir elektrodun kullanıldığı elektrokimyasal atıksu arıtım sürecidir. Elektrokoagülasyon ile kimyasal koagülasyon arasındaki fark esasen alüminyum ya da demirin sisteme ilave edilme şeklindedir. Elektrokoagülasyonda yumaklaştırma ve çökeltme 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 ayrılacak 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.

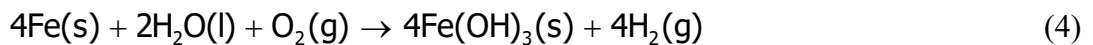
Elektrot malzemesi olarak demir kullanıldığında elektrot reaksiyonları:



ve çözeltideki çözülmüş oksijen ile;



nihai olarak toplam reaksiyon ise



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;



Çözeltide;



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 kaldırır.

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 içerisinde.

2. DENEYİN YAPILIŞI

Demir elektrotlar reaktöre yerleştirildikten sonra daha önceden hazırlanmış olan boyar madde çözeltisinden 500 ml reaktöre doldurularak karıştırıcı çalıştırılır ve atıksuyun pH 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.

$$\eta(\%) = \left(\frac{C_0 - C_e}{C_0} \right) \times 100 \quad (7)$$

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

$$W(\text{kw} - \text{h} / \text{m}^3) = \frac{V \times I \times t}{v} \quad (8)$$

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

$$Q(\text{F} / \text{m}^3) = \left(\frac{I \times t}{v} \right) \quad (9)$$

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	(°C)
V	Uygulanan Potansiyel Fark	(Volt)
v	Çözeltinin Hacmi	(L)
W	Birim Enerji Tüketimi	Kw-h/m ³
η	Arıtma Verimi	(%)
κ	Çözeltinin İletkenliği	(µs/cm)

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

t	V	I	\square	T	pH	C _e	\square (%)	Kwh/m ³	Q (F/m ³)
0							0,00	0,000	0,000

t	V	I	\square	T	pH	C _e	\square (%)	Kwh/m ³	Q (F/m ³)
0							0,00	0,000	0,000

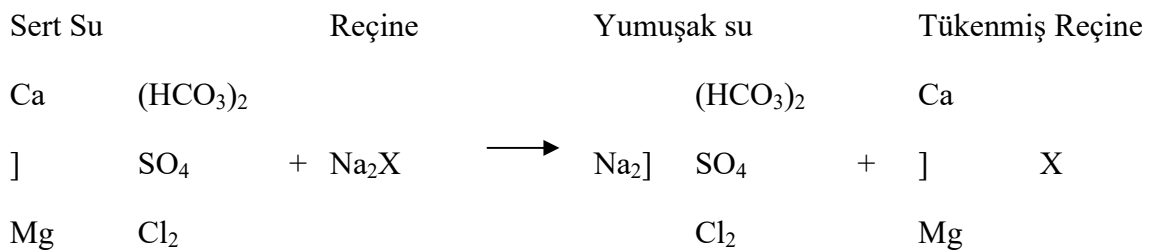
DENEY: İYON DEĞİŞİMİ**DENEYİN AMACI:**

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

1. TEORİK BİLGİLER

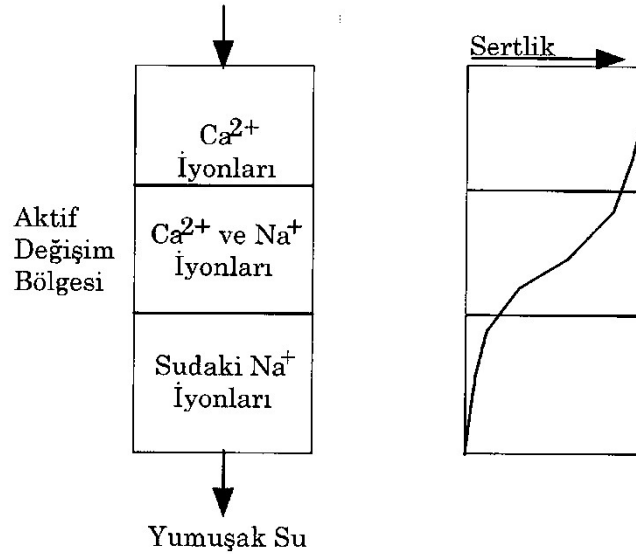
İyon değiştirme benzer ve eşit elektrik yüklü iyonların katı ile temas halindeki bir çözülden katının yüzeyine tutunarak katı üzerindeki iyonlar ile yer değiştirdiği doğal bir prosesdir. Esasında katı yüzeyindeki bu iyonlar çözültiye geçerken elektrostatik kuvvetler vasıtasıyla yer değiştiren iyonlar yüzeye bağlanarak bunların yerine geçerler. Bu değişim süreci, yüzeydeki ve çözültideki iki tip iyonun nisbi konsantrasyonları bir dengeye varıncaya kadar devam eder. Değişimin yönü bu bağıl konsantrasyonlara bağlı olarak tersine çevrilebilir. Pratik iyon değiştiriminin en basit örneği sertliğe neden olan sudaki Ca^{2+} iyonlarının değişim maddesindeki Na^{+} iyonları ile değiştirildiği su yumuşatmada görülmektedir. Dengeye varıldığında (reçinenin değişim kapasitesi tüketildiğinde) yüzeydeki sodyum iyonlarını yenilemek için konsantre bir sodyum tuzu çözültisine gerek vardır. Genellikle $NaCl$ temin edilerek reçine rejenere edilebilir. İki veya daha fazla safhada iyon değiştirme maddesinin (reçine) ardışık olarak kullanılması olarak bilinen demineralizasyon sürecinde, çözülden bütün çözülmüş tuzların uzaklaştırılması mümkündür. Deneyde kullanılan iyon değiştirme düzeneği ile hem yumuşatma işlemi hem demineralizasyon işleminin yapılması mümkündür.

Yumuşatma teorisi: Yumuşatmada kullanılan en yaygın iyon değiştirme materyali sodyum biçiminde olan sülfolanmış styrene reçinedir. Bu reçine kalsiyum ve magnezyum iyonlarına karşı son derece duyarlıdır. Bu reçine Ca^{2+} ve Mg^{2+} iyonlarını tamamen uzaklaştırdıktan sonra demir iyonlarını da uzaklaştırmaya başlayacaktır.



Yumuşatma işlemi kesikli olarak da gerçekleştirilebilir. 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 suretiyle bir sürekli akım süreci biçiminde 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

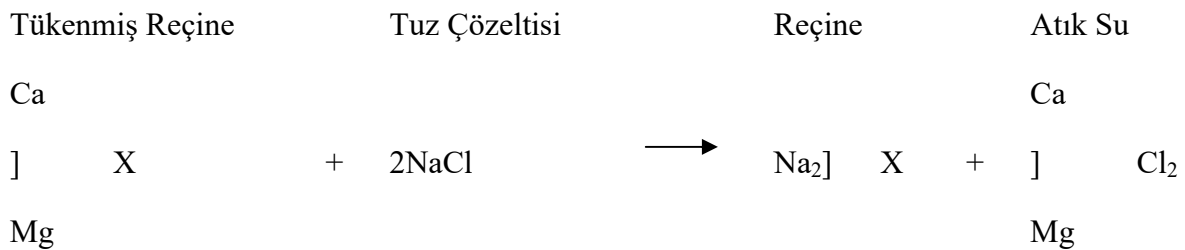
tükeninceye kadar, kolonda aşağıya doğru hareket eden aktif değişim bölgesi vardır. İyon değişimi esnasındaki durum aşağıda Şekil 8’de gösterildiği gibidir.



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 CaCO_3 olarak uzaklaştırılan sertliğin her bir meq için, 1 meq NaCl gereklidir. Örneğin CaCO_3 olarak uzaklaştırılan sertliğin 1 gramı rejenerasyon için 1.17 g NaCl gerektirmektedir. (CaCO_3 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.



Yüksek kapasitede bir rejenerasyon, teorik olarak yüksek iyon değiştirme kapasitesine sahip olan bir reçine oluşmasına neden olur. Ancak bu kapasitenin tam olarak yumuşatma işlemindeki gibi bir hızda kullanılması ekonomik olmamaktadır. Bir başka deyişle yüksek rejenerasyon verimi, iyon değiştirme kolonlarının düşük kapasitelerde çalıştırılması ile ilgilidir.

İyon değiştirme ile arıtılan su porları tıkayabildiğinden süspanse katı ihtiva etmemelidir. Yatak içerisine girmiş olan ince süspanse maddeleri uzaklaştırmak ve reçine kolonu içerisine girmiş olan havanın atılması için kolon periyodik olarak geri yıkanmalıdır. Aksi takdirde akış hızı azalır ve iyon değişim prosesi zorlaşır. Yumuşatma prosesi esnasında yatak içinden geçen suyun akış hızı 40 ml/dak·cm²'yi geçmemelidir. Rejenerasyon hızı yaklaşık olarak bu hızın 1/10'u kadardır.

Demineralizasyon teorisi: Bütün çözünmüş tuzların sudan uzaklaştırılması iki kademeli bir iyon değiştirme prosesidir. İlk olarak su katyon değiştirici bir reçineden geçirilir. Böylece sudaki tüm katyonlar bir asit çözeltisi vererek H⁺ iyonları ile yer değiştirirler. Su daha sonra hidroksil formundaki bir anyon değiştirici bir reçineden geçirilerek su içerisindeki anyonlar OH⁻ iyonları ile yer değiştirir. Ortaya çıkan H⁺ ve OH⁻ iyonları ise suya dönüşür.

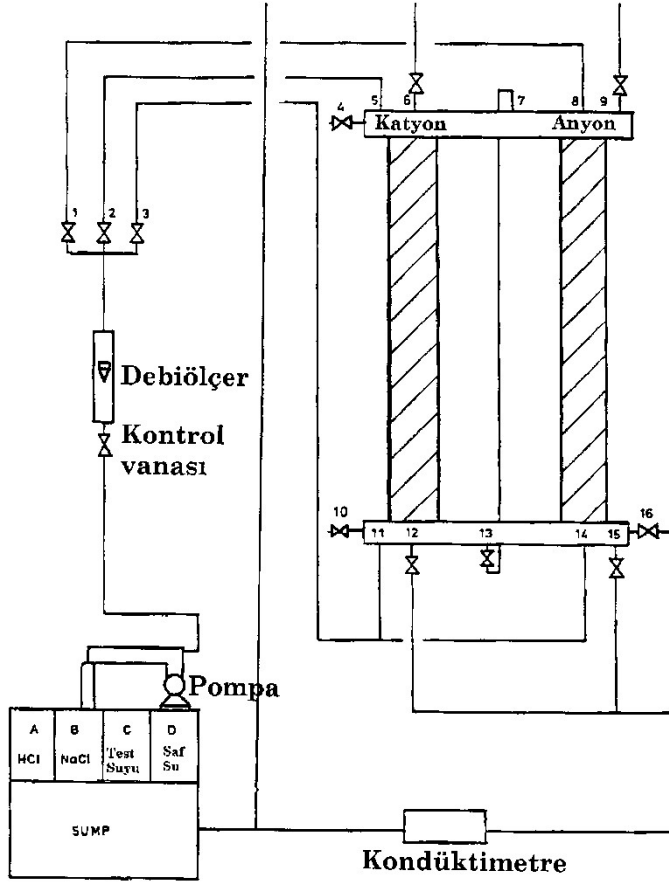
Çoğu kez çözünmüş CO₂'e sebep olan HCO₃⁻ ve çözünmüş silikaya sebep olan H₃SiO₄ haricinde tüm anyonları uzaklaştıran zayıf bazik bir anyon değiştirici kullanmak yeterli olmaktadır.

Daha yüksek kalitede bir çıkış suyu için son safhada kuvvetli bir bazik anyon değiştirici kullanılmalıdır. Bu anyon değiştiricinin zayıf bazik anyon değiştirici ve CO₂'i uzaklaştıran bir gazifikasyon kulesinden sonra yer alması daha ekonomik olmaktadır.

Demineralizasyon işlemi karışık bir kuvvetli bir katyon ve anyon değiştirici yatağı kullanılarak tek bir kademede de gerçekleştirilebilir. Su tekrar tekrar bu reçineden geçirilirse yüksek derece saf su elde edilir. Karışık olan bu iki reçinenin H₂SO₄ ve NaOH ile rejenere edilebilmesi için, kolonun altından su verilerek düşük yoğunluktaki anyon değiştirici reçine 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 CaCl_2 'ün uygun bir miktarını çözmek suretiyle 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 mL NaCl çözeltisi konulur.

4-Kasyon değiştirici kolona, kasyon 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.

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

$$\text{Değiştirme Kapasitesi} = \frac{\text{CaCO}_3 \text{'ün Kütlesi}}{\text{Islak Reçinenin Hacmi}}$$

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 FİLTASYONU**DENEYİN AMACI:**

Membranfiltrasyonunu tanıtmak ve membranfiltrasyonundaki 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 membranprosesleri 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
Membrandistilasyonu	ΔT

Membran filtre (membranefilter), 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 atıksularultrafiltrasyon 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 kompozitmembranlarda mevcuttur. Günümüzde tesislerde kullanılan membranların teknik açıdan geliştirilmelerine devam edilmektedir. Su hazırlanmasında teknik ölçülere göre en çok kullanılan membranlar selülozasetat ve poliamidbazlı kompozitmembranlardır. 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.

Membranpor 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.

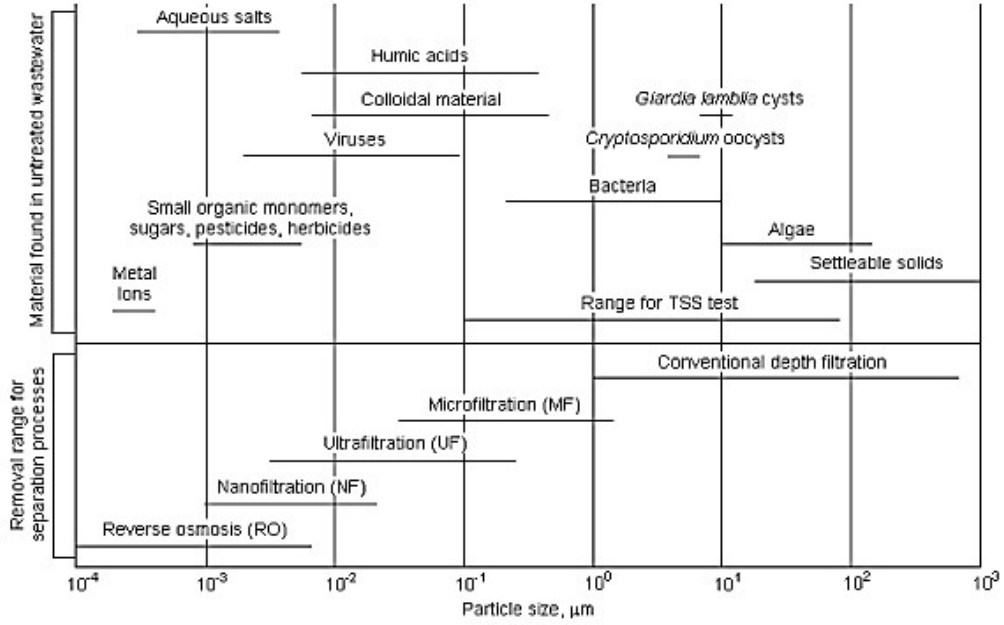
(1) mikrofiltrasyon (microfiltration) (MF) - Membranların por çapı yaklaşık 0.03-10 mikrondur. MF kum, çamur, balçık, Giardialambria ve Cryptosporidium kistlerini, algler ve bazı bakteri türlerini temizler. MF virüsler için bariyer oluşturmaz, ancak dezenfeksiyon ile birlikte kullanıldığında sudaki bu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

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

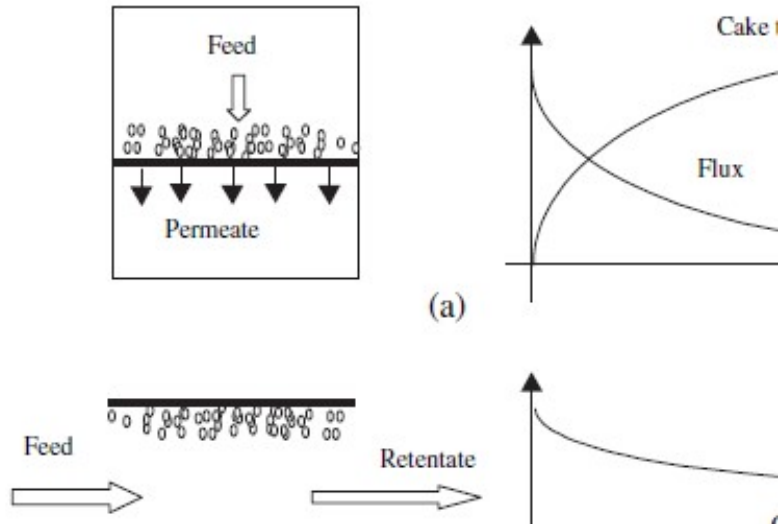
(3) Nanofiltrasyon (nanofiltration) (NF) - Membranpor büyüklüğü 0.001 mikrondur ve uygulanan basınç daha yüksektir. Bu sistemde tüm bakteri, virüs ve kistler çıkarılabilir. NF aynı zamanda sudan alkaliniteyi de ayırır. Bu nedenle elde edilen su korozif olabilir. NF suda sertliğe neden olan mineralleri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

(4) Ters ozmoz (reverseosmosis) (RO) - Sadece suyun geçişine izin veren yarı geçirgen bir birmembran 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.

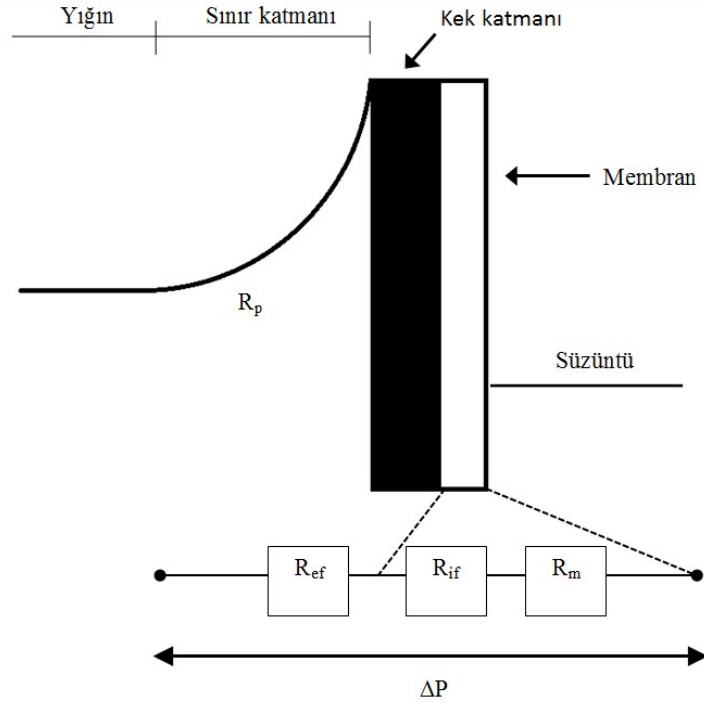
Por büyüklüğüne göre membranproseslerin sınıflandırılması



Besleme ve akış şekline göre membranlar



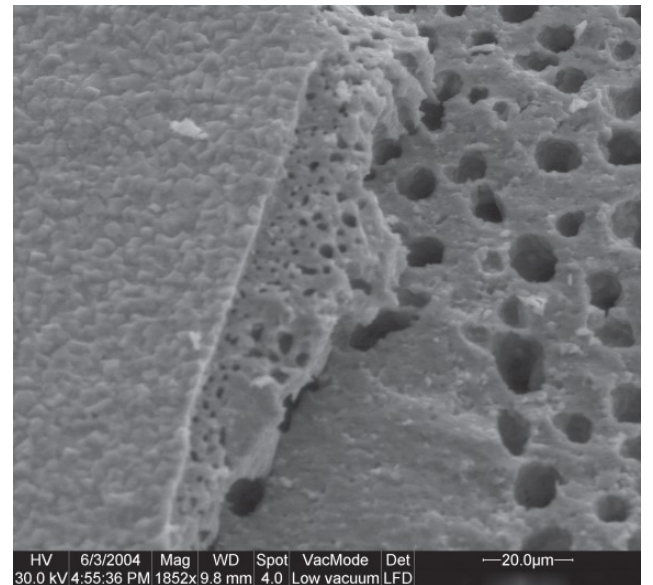
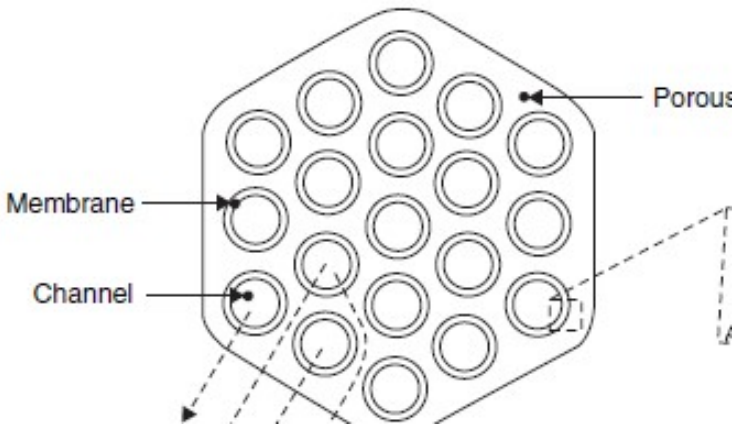
Akıyı etkileyen dirençler



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

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 tıkanmış olan maddelerden kaynaklanan iç kirlenme direncinin (R_{if}) bir fonksiyonudur.

Çapraz akışlı bir membranın kesiti ve Membran yüzeyinin Elektron Mikroskobu ile çekilmiş resmi



2. DENEYİN YAPILIŞI

Bu deneyde seramik membranlar yardımıyla bir atıksuyun arıtımını gerçekleştirilecektir. Ayrıca deney esnasında akı azalması ile membran performansı arasındaki ilişki 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 grafikleri çizilerek 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.

Ak_i: Membrandan çıkan arıtılmış su miktarı (L/m².s)

M_T: Numunedeki ağırlık değişimi (gr)

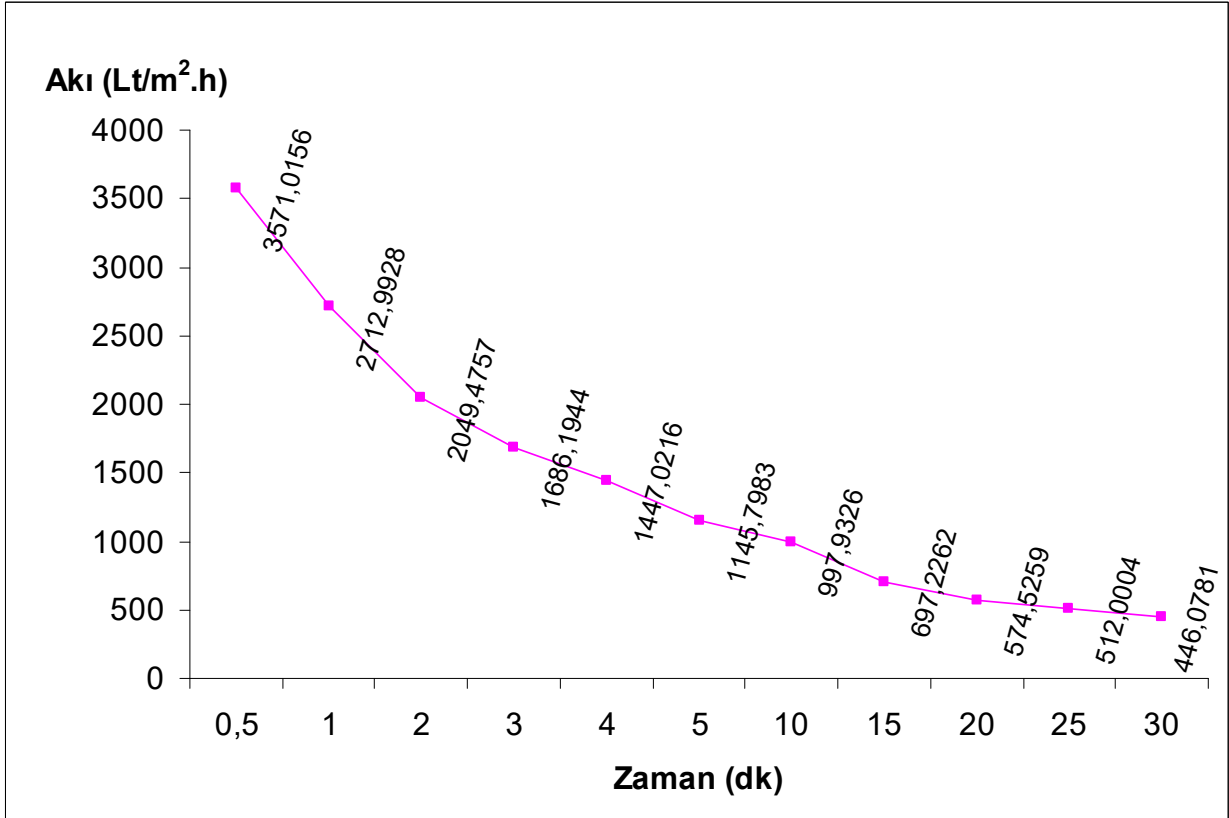
t: Ölçümler arasındaki zaman farkı (s)

ρ_A: Arıtılan suyun yoğunluğu (gr/lt) (1 gr/cm³)

A: Kullanılan membranın alanı (m²)

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

ÖRNEK BİR AKI-ZAMAN GRAFİĞİ



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 çözünmeyen demir tuzlarına dönüştürülerek arıtmalarının 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) H₂S ve CH₄ 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 molekülleri bir ortamdan diğerine geçecektir. Gaz ve sıvı ortamı bir denge durumuna geldiğinde molekültransferi sona erecektir. Bu durumdaki sıvı, gazı doymuş demektir. Bir gazın bir başka ortamdaki transfer hızı, çözünmüş oksijen eksikliği ile doğru orantılıdır.

Havalandırma; gaz fazda itici gücün basınç gradyanı, sıvı fazda ise itici gücün konsantrasyon gradyanı olduğu bir kütle transferidir.

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

CO₂ ve O₂ gibi gazlar için sıvı film direnci, kütle transferini kontrol eder. Atıksu arıtımındaki uygulamalarda kütle transferinin çoğu sıvı film kontrollüdür. Bu nedenle sıvı film kontrollü proseslerde, konsantrasyon gradyanı önemlidir.

$$N = \text{kütle transfer hızı} = K_L a (C_s - C_L)$$

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 doymuluk 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 ;

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

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

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

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

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

Oksijen Transferini Etkileyen Faktörler: Havalandırmanın performansı birkaç faktörden etkilenmektedir. Bunlar;

- 1) Sıcaklık
- 2) Çözünmüş oksijen konsantrasyonu
 - 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 $K_L a$ değeri artmaktadır. Havalandırmada $K_L a$ arasındaki ilişki şöyle ifade edilir.

$$K_L a (T \text{ } ^\circ\text{C}) = K_L a (20 \text{ } ^\circ\text{C}) \theta^{(T-20)}$$

$K_L a(T^\circ\text{C})$ = T sıcaklıktaki oksijen transfer katsayısı, s⁻¹

$K_L a(20^\circ\text{C})$ = 20°C 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 $K_L a$ değeri 20°C 1.0 ise 30°C de bu değer 1.25'dir ve sıcaklık 10°C düştüğünde $K_L a$ 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 oksijen değerleri, atıksulardaki değişik maddelerin varlığı nedeniyle atıksular için geçerli değildir. Atıksular için doygunluk konsantrasyonu (C_s) tasfiye tesisinin çıkış suyunu, bir gece boyunca havalandırarak deneyle bulunur. Bu temiz sudaki değerlerin %90-98' i kadardır. Şu şekilde ifade edilebilir;

$$\beta = \beta (\text{atıksu}) / \beta (\text{temiz su})$$

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

Doygunluk konsantrasyonundan başka, işletme şartları altında havalandırma havuzu veya lagünlerdeki gerçek çözünmüş oksijen konsantrasyonunda bilmeye ihtiyaç vardır. Nitrifikasyonun arzu edilmediği normal aktif çamur sistemlerinde, çözünmüş oksijen konsantrasyonu 0.5- 1.0 mg/L arasında bulunur. Genel olarak nitrifikasyonun arzu edildiği uzun havalandırma sistemlerinde (oksidasyon hendekleri) ise çözünmüş oksijen konsantrasyonu 1.5 ila 2.0 mg/L arasında bulunur.

3) Havalandırma karakteristiği: Karıştırma hızı ve tank geometrisini teorik olarak ölçmek zordur. Fakat havalandırma cihazları verimlerine göre seçildiği için dizayn yapılırken hesaba katılmalıdır. Verim $K_L a$ değerleri ile yakından ilgilidir. Çoğu durumda bir havalandırma cihazı, musluk suyu ve düşük toplam çözünmüş katıya sahip işletme şartlarında verimlidir. Günlük hayatta $K_L a$ değerini tahmin etmek için bir düzeltme faktörü kullanılır.

$$\alpha = K_L a (\text{atıksu}) / K_L a (\text{musluk suyu})$$

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

Türbülans K_L üzerindeki etkisi nedeniyle havalandırma veriminde etkiler. Daha yüksek türbülansda film kalınlığı inceler ve K_L değeri daha da artar. Yüksek türbülansda havalanma yüzey oranı artar genellikle atıksularda havalandırma dalış derinliği havalandırma kapasitesini etkiler. Optimum derinlikte iyi türbülans sağlanacaktır.

2. DENEYİN YAPILIŞI

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

Kimyasal olarak O_2 tüketilmesi ya havalandırma tankına N_2 gazı verilerek ya da konvansiyonel olarak $0.05 \text{ mg/L Co}^{+2}$ katalizörlüğünde Na_2SO_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 ulaşmaya kadar süreye bağlı olarak kaydedilir. Konsantrasyonlarla birlikte aynı zamanda suyun sıcaklığında ölçülerek aşağıdaki gibi bir tablo oluşturulur.

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

3. DENEY SONUÇLARININ HESAPLANMASI

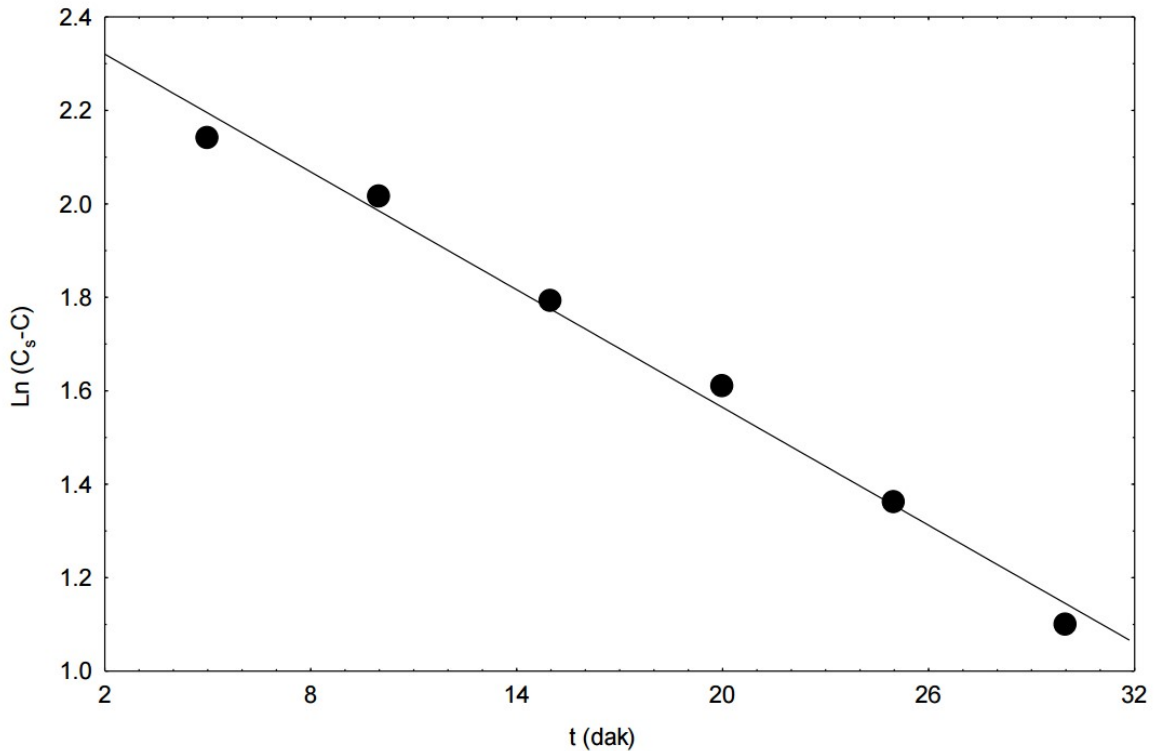
$\ln(C_s - C_L) = \ln(C_s - C_0) - K_L a t$ denkleminde yararlanarak $\ln(C_s - C_L)$ ile t arasında çizilen grafikten $K_L a$ hesaplanır. Bu deneyler önce difüzör derinliği ve tipi değiştirilerek, daha sonra farklı karıştırma hızlarında ve değişik su numuneleri kullanılarak yapılır.

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 çözülmüş O_2 değeri sıfırlandıktan sonra havalandırılmayarak atıksudan her 5 dakikada bir örnek alınmış ve çözülmüş oksijen değeri ölçülmüştür. Sonuçlar tabloda sunulmuştur. Buna göre $K_L a$ değerini saat⁻¹ biriminde hesaplayınız.

Zaman (dak)	Çözülmüş O_2 kons. (mg/L)	($C_s - C$)
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 ($C_s - C$) mg/L olarak hesaplanır.

$\ln(C_s - C_L) = \ln(C_s - C_0) - K_L a * t$ grafik yolu ile hesaplanarak



$K_L a = 2.52$ saat⁻¹ bulunur.

