

**DENEY:pH- RENK- BULANIKLIK- İLETKENLİK TAYİNİ****pH Tayini****1. DENEYİN AMACI**

Öğrencilerin pH parametresi, çevre mühendisliğindeki önemi, pH ölçüm ve hesaplama yöntemleri hakkında bilgi sahibi olmalarını sağlamaktır.

**2. TEORİK BİLGİLER**

pH ölçümü, su kimyasında en önemli ve en sık kullanılan testlerden biridir. pH çevre mühendisliğinde kullanılan birçok proseste sonuçlar ve verim üzerinde oldukça önemli rol oynar. Örneğin asit-baz nötralizasyonu, yumuşatma, çöktürme, kimyasal pıhtılaştırma, dezenfeksiyon, korozyon kontrolü pH'ın önemli olduğu proseslerdir. pH ayrıca alkalinite ve karbondioksit ölçümünde ve bir çok diğer asit-baz dengesiyle ilgili konuda kullanılan bir parametredir. pH bir çözeltinin asit ya da baz olma durumunun şiddetini gösteren bir terimdir. pH, hidrojen iyonu konsantrasyonunun (-) logaritmasıdır ( $pH = -\log [H^+]$ ).

Saf su 25 °C ' de ve denge halinde

$$[H^+][OH^-] = K_w = 1.01 \times 10^{-14} \text{ ve}$$

$$[H^+] = [OH^-] = 1.005 \times 10^{-7}$$

$[H^+] =$  Hidrojen iyonu molar konsantrasyon

$[OH^-] =$  Hidroksil iyonu molar konsantrasyon

$$pH + pOH = pK_w = 14$$

Saf su  $10^{-7}$  mol/L  $H^+$  iyonu içerir. Bu durum aynı şekilde saf suda  $10^{-7}$  mol/L  $OH^-$  bulunduğu anlamına gelmektedir.

pH	Madde
-1	
0	1 M Hidroklorik Asit (HCL)
1.5-2.0	Gastrik Asit
2.5	Kola
2.9	Sirke
4.5	Bira
5	Kahve
5.5	Çay
6.5	Süt
7	Saf su
7.34-7.45	Kan
5-8	İdrar
7.4	Göz yaşı
8	Deniz Suyu
9.0-10.0	El Sabunu
11.5	Amonyak ( $NH_3$ )

**3. DENEY DÜZENEGİ**

- pH metre
- pH indikatör kağıtları
- Manyetik karıştırıcı

**4. DENEYİN YAPILIŞI**

- ✓ pH değerleri ölçülecek olan asit veya baz çözeltileri beherlere alınır.
- ✓ Cihaz açıldıktan sonra pHprobu saf su ile yıkanır ve numuneye daldırılır.
- ✓ Ölçüm sırasında numunenin homojenliği karıştırılarak sağlanır.
- ✓ Ölçüm sonucu cihazdan okunur.
- ✓ pH değerinden faydalanılarak çözeltinin asit veya baz derişimi hesaplanır.

! pH ölçümü yapılmadığı zamanlarda cam elektrot ucu saf su içinde bırakılmalı ve her kullanımdan sonra saf su ile yıkanmalıdır.

! Homojenliği salamak için çözelti karıştırılmalı ve ölçümden önce sıcaklık ayarı yapılmalıdır. Uzun aralıklı ölçümlerde elektrotların yeniden standardizasyonu yapılmalıdır.

! Elektrot (pHprobu), pH – metre adlı cihazlara bağı olarak kullanılır. pH-metreler normal olarak pH değeri bilinen tampon çözeltiler yardımıyla standardize edilmeli (kalibrasyon) ve periyodik olarak kontrolleri yapılmalıdır.

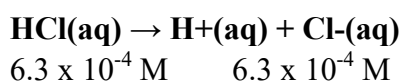
! Arazi çalışmaları için pille çalışan pH metreler çok uygundur. Ayrıca pH renk indikatörleri de arazi çalışmalarında kullanılabilir.

- ✓ pH ölçümü turnusol kağıtları ile yapılacaksa, uygun miktarda numune behere alınır.
- ✓ Geniş pH aralığındaki (1-14) kağıttan bir tane alınır ve numunenin içine daldırılır.
- ✓ Kağıt çıkartılarak üzerinde meydana gelen renk değişimi renk skalasıyla karşılaştırılarak hangi pH değerine eşit olduğu tespit edilir.
- ✓ Daha detaylı bir pH değeri ölçmek için daha dar aralıklardaki turnusol kağıtları kullanılabilir.

**5. HESAPLAMALAR**

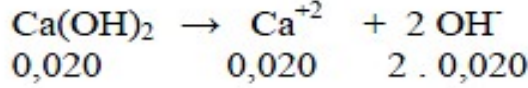
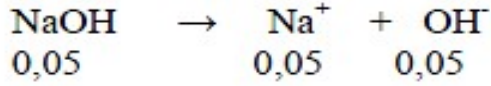
**Örnek:** pH = 3.2 olan HCl çözeltisinin asit derişimi;

$pH = -\log[H^+] = 4.57$  ,  $[H^+] = 6.3 \times 10^{-4}$ , HCl bir kuvvetli asit olduğu için suda 100 % iyonlaşır. HCl derişimi  $6.3 \times 10^{-4}M$ 'dir.



**Örnek:** 100 ml 0,050 M NaOH ile 100 ml 0,020 M Ca(OH)<sub>2</sub> çözeltile elde edilen çözeltinin pOH ve pH değerleri nedir?

**Çözüm:**



İki tane ayrı baz çözeltisinin karıştırılması ile oluşan yeni çözeltide derişimi şöyle bulunur.

Çözeltideki toplam OH<sup>-</sup> iyonu, NaOH ve Ca(OH)<sub>2</sub> tarafından , çözeltiden yüzer ml alındığından çözeltinin son hacmi 200 ml olur.

$M = \frac{n}{V}$  formülünde hacim değıştığı için molarite de değışecek. Önc

$n = M \times V$  formülünden yeni mol sayısı (n) bulunur. Daha sonra bu toplam hacme (V) bölünerek yeni derişim bulunur.

$$[\text{OH}^-] = \frac{100 \times 0,050 + 100 \times 0,040}{200} = 4,50 \cdot 10^{-2} \text{ M}$$

**Örnek:** 200 ml 0,01 M HCl çözeltisi ile 300 ml 0,01 M NaOH çöze Karışımındaki OH<sup>-</sup> ve H<sup>+</sup>'ın derişimleri ne olur?

**Çözüm:**

$$n = M \times V = 0,01 \cdot 0,200 = 0,002 \text{ mol H}^+ \text{ içerir.}$$

$$n = M \times V = 0,01 \cdot 0,300 = 0,003 \text{ mol OH}^- \text{ içerir.}$$

0,002 mol H<sup>+</sup> ile 0,002 mol OH<sup>-</sup> nötrleşebileceğinden

artan OH<sup>-</sup> mol sayısı = 0,003 - 0,002 = 0,001 mol' dür.

$$[\text{OH}^-] = \frac{0,001}{0,5} = 0,002 \text{ M}$$

## RENK TAYİNİ

### 1. DENEYİN AMACI

Öğrencilere sulara renk ölçüm metodlarının öğretilmesi ve sonuçların değerlendirilmesi becerilerinin kazandırılması.

### 2. TEORİK BİLGİLER

Diğer su kalite parametrelerinde olduğu gibi renk parametresinin de içme ve kullanma sularında belli standart değerlerde olması gerekmektedir. Bataklık ve orman alanlarından kaynaklanan doğal maddeleri içeren sular suya kahverengi-sarı bir renk verirler.

Suyun rengi, doğal metal iyonları (demir ve mangan gibi), humus ve turba maddeleri, plankton, bitkiler ve endüstriyel atıklardan dolayı oluşabilmektedir. Herhangi bir kaynaktan temin edilecek suyun, kullanım amacına bağlı olarak (içme suyu olarak, sanayi proseslerinde kullanım vb.) renk giderimi (arıtımı) işlemi gerekebilmektedir.

İki tür renk kavramı vardır:

- **Gerçek renk:** Atıksu numunesi içindeki bulanıklık oluşturuçu partiküllerin doğurduğu rengin önüne geçilmesi için santrifüj ve filtrasyon uygulanmış numunedeki renktir.
- **Zahiri renk:** Santrifüj veya filtrasyon yapılmaksızın doğrudan ölçülen renktir.

Bazı sanayi atıklarında bulunan koloidal ve askıda maddeler o atıksuyun rengine önemli derecede katkıda bulunurlar, bu durumdaki atıksu numunelerinde her iki renk türü ölçülebilmektedir.

Boyalı atıksular çok düşük konsantrasyonlarda bile alıcı ortamlarda ciddi estetik ve ekolojik problemlere yol açmaktadırlar. Boyalar yalnızca estetik problemlere değil, aynı zamanda biyolojik girişimlere, ışığa, sıcaklığa ve oksidasyona da direnç gösterirler. Renkleri, biyolojik olarak parçalanmamaları ve canlılar üzerinde potansiyel toksisite oluşturmaları nedeni ile atıksu arıtımında problemler yaratmaktadırlar. Hazen (Pt-Co) renk ölçüm yöntemi sadece doğal suların renk ölçümünde kullanılabilir. Hekzakloroplatinat standart çözeltisi numunenin gözle karşılaştırılmasıyla elde edilen rengin birimi “mg/l Pt-Co yada Platin Kobalt yada Hazen” dir.

### 3. DENEY DÜZENİĞİ

- Nessler tüpleri
- Spektrofotometre
- Platin kobalt çözeltisi

### 4. DENEYİN YAPILIŞI

#### Görsel Karşılaştırma Metodu

- ✓ Bu metoda göre renk, numunenin bilinen konsantrasyonlarındaki renk çözeltileri ile görsel olarak karşılaştırılması sonucu tespit edilir. Karşılaştırma aynı zamanda kalibre edilmiş cam disklerle de yapılabilir. Platin-kobalt metodu (Hazen metodu) standart bir metottür. 1 mg/l platin ile üretilen renk, standart birim olarak kabul edilir. Ölçümlerde 500 mg/l platin içeren  $K_2PtCl_6$ 'dan stok çözelti hazırlanır.
- ✓ Stok çözeltinin rengi 500 birimdir. Çalışma standartları bu çözelti seyreltilerek hazırlanır. Standart çözeltiler, "Nessler Tüpleri" olarak adlandırılan camdan yapılmış renk karşılaştırma tüplerine konur. 0'dan 70'e kadar olan tonlarda çalışılır. Eğer numune 70 birimden fazla renge sahipse, ölçüm numunenin destile su ile seyreltilmesinden sonra yapılır ve sonuçlar seyrelme göz önüne alınarak hesaplanır.

! Bu metot, içilebilir suların ve doğal maddelerin oluşturduğu rengi içeren sularda yapılan renk ölçümlerinde kullanılır. Aşırı renkli ve endüstriyel atıksular için uygun değildir.

### Fotometrik metot

- ✓ Burada söz konusu olan, numunenin 0,45 µm membran filtreden süzülmesinden sonra ölçülen gerçek renktir. Bir su numunesinin renginin şiddeti, en yüksek maksimum absorpsiyonlarının görüldüğü dalga boylarındaki ışık absorpsiyonları ile karakterize edilir. Spektrofotometrede belirlenen dalga boyunda kuvvet yardımıyla okumalar yapılır ve renk değeri ölçülür.

### Bulanıklık Tayini

#### 1. DENEYİN AMACI

Öğrencilere su ve atıksulardaki bulanıklık ölçüm yöntemlerinin öğretilmesi ve sonuçların değerlendirilmesi becerilerinin kazandırılması.

#### 2. TEORİK BİLGİLER

Sudaki bulanıklık kil, silt, parçalanmış organik ve inorganik maddeler, çözünmüş renkli organik bileşikler, plankton ve mikroskobik organizmaların meydana getirdiği askıdaki katı maddelerden kaynaklanır.

Bulanıklık, suyun ışık geçişini engelleyen, askıda katı madde içeren sularda görülür. Bulanıklığa organik ya inorganik birçok madde neden olabilir. Bulanıklık, çevresel açıdan 3 nedenle önem teşkil eder. İlki; estetik açıdan kullanımından kaçınılması, ikincisi filtre edilebilirliğinin düşük olması, son olarak ise dezenfekte edilebilirliğinin etkili olmamasıdır. Bulanık su estetik olmadığı gibi patojenik (hastalık yapıcı bakteri bulundurabilir) de olabilir.

EPA ve dünya sağlık örgütü (WHO) tarafından 1 NTU (bulanıklık birimi)'yu geçmemesi önerilmektedir. Bulanıklık, genellikle nefelometrik teknikle ölçülür. Cihazda bir ışık kaynağı numuneyi aydınlatır ve dik açılarla yansıtılan ışığın yoğunluğu ölçülerek bulanıklık tayini yapılır. Bulanıklık verisi içme ve kullanma sularında oldukça yaygın olarak kullanılır. Bulanıklık, çözeltilerde ışığın saçılma ve absorbe olmasına neden olan optik bir özelliktir.

#### 3. DENEY DÜZENİ

- Türbidimetre
- Standart Çözeltiler



#### 4. DENEYİN YAPILIŞI

- ✓ Deneye başlamadan önce bulanıklık cihazı açılarak 15 dk. cihazın kararlı hale gelmesi için beklenir.
- ✓ Çalışılacak numunenin tahmin edilen bulanıklık durumuna göre cihazın 1, 10 veya 100 NTU'luk standartlar ile kalibrasyonu yapılır.
- ✓ Numune iyice çalkalanıp cam tüpte belirtilen çizgiye kadar doldurulur ve direkt okunan değer bulanıklık miktarını NTU cinsinden verir.

! Numunelerin tüplere doldurulmasında ışık dağılımına etki yapan hava kabarcıklarının oluşmamasına dikkat edilerek okunan ve tüm değerler kaydedilir.

#### Girişimler ve Giderilmeleri

- ✓ Bulanıklığı tayin edilecek su numunelerinde çabuk çöken kaba ve serbest parçaların bulunması, deney esnasında okuma tüpünde hava kabarcıklarının oluşması, su yüzeyinin sarsıntı nedeniyle oynaması ve kullanılan cam kaplardaki lekeler hatalı sonuçlara neden olur. Bulanıklığı ölçülecek numune iyice çalkalanarak doğrudan ölçme yapılır.

### İLETKENLİK TAYİNİ

#### 1. DENEYİN AMACI

Öğrencilere su ve atıksulardaki iletkenlik ölçüm yöntemlerinin öğretilmesi ve sonuçların değerlendirilmesi becerilerinin kazandırılması.

#### 2. TEORİK BİLGİLER

İletkenlik sulu bir çözeltinin elektriği iletme kabiliyetinin sayısal bir ifadesidir. Suyun iletkenliği ölçülerek, sudaki iyon miktarı yaklaşık olarak tayin edilebilir. İletkenlik değerinin 0,55-0,70 ile çarpımı suyun tuzluluğu hakkında bir fikir edinilebilir.

Çoğu inorganik asit, baz ve tuz çözeltileri iyi iletkenlerdir. Organik bileşiklerin molekülleri ise, sulu çözeltileri iyonlaşmadıklarından çok zayıf iletkenlerdir. İletkenlik birimi Siemens/cm'dir. ( $S=Siemens=Ohm^{-1}$ ). Saf suyun iletkenliği 0.055  $\mu S/cm$  civarındadır.

Bu parametre sudaki iyonik türlerin toplam konsantrasyonuna, hareketliliğine, değerliklerine ve ölçüm sıcaklığına bağlı olarak değişir. İnorganik bileşiklerin çözeltileri iyi iletkenlik özelliği gösterirken, suda çözünmeyen organik bileşiklerin akım iletme özelliği çok zayıftır.

Uluslararası Birimler Sistemi'ne (SI) göre direnç birimi ohm'un tersi Siemens (S)'dir ve iletkenlik birimi olarak milisiemens/metre (mS/m) kullanılır. Bunun yanında  $\mu mho/cm$  'de iletkenlik birimi olarak kullanılmaktadır. İçme sularının iletkenliği genelde 50 – 1500  $\mu S/cm$  (mikrosiemens/cm) arasında değişir, kirlilik arttıkça iletkenlik de artar ve bazı endüstriyel atıksularda iletkenlik 10000  $\mu mho/cm$ 'in üzerinde olabilir.

#### 3. DENEY DÜZENİ

- İletkenlik-ölçer (Kondüktometre)

#### 4. DENEYİN YAPILIŞI

- ✓ Numune bir behere alınır. İletkenlik-ölçerin probunun temiz olduğundan emin olunmalıdır. Gerekirse saf sudan geçirilir. Prob numuneye birkaç kez daldırılıp çıkarılarak numune ile ıslatıldıktan sonra numune içerisinde bekletilir ve ölçüm değeri cihazdan okunur.

#### 5. KAYNAKLAR

1. Erciyes Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Çevre Kimyası-I Laboratuvarı Deney Föyleri
2. Bülent Ecevit Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Çevre Kimyası-I Laboratuvarı Deney Föyleri
3. Yıldız Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Çevre Kimyası-I Laboratuvarı Deney Föyleri

## DENEY:KLORÜR TAYİNİ

### Genel Bilgiler

Bütün doğal sularda klorür bulunur. Klorür tuzlarının çözünürlüğü fazla olduğundan normal ve pis sularda en fazla bulunan iyonlardan birisidir. Normal sularda 1 mg / lt den birkaç bin mg / lt ye kadar klorür iyonuna rastlanır. Deniz suyu veya endüstri artıklarıyla karışan bazı sularda, klorür yüksek olabilir. Bu açıdan takip edilen suda ani klorür yüksekliği araştırılması gereken bir konu olmalıdır. Genellikle klorürü yüksek olan maden sularının sodyumları da yüksektir. Sulara klorür veren başlıca tuz sodyum klorürdür. Bazı şartlarda ise kalsiyum klorürde bulunabilir ( İyon değişimi ile sodyum, kalsiyumla yer değiştirdiği zaman). Yağmur suyunda da ortalama olarak 3 ppm klorür vardır. Bu miktar havanın kirliliğine, denize uzaklık ve yakınlığına göre değişebilir. Volkanik kayalarda genellikle klorür azdır. Volkanik gazlar ve birçok sıcak su kaynaklarında çok fazla klorür vardır. Klorürler, klorürlü kayaç ve zeminlerden erime, deniz kıyısındaki kuyularda tuzlu su kirlenmesi, tarımsal amaçlarla kullanılan kimyasal gübrelerle su yumuşatma tesisleri, petrol kuyuları ve rafinerileri, kağıt üretimi v.b. endüstriyel ve konutsal atık sulardan karışma yoluyla suların bünyesine geçerler.

Deniz suyunda diğer iyonlardan daha fazla klorür bulunur, (klorür sülfat bikarbonat) Denizden çözünmüş tuzlar sprey şeklinde ve askıda buharlaşma esnasında havaya taşınırlar, Bu tuz partikülleri sis ve bulutlarda su damlacıkları içinde kondensasyon çekirdeği teşkil ederek yağmur veya karla tekrar toprağa taşınırlar. Bu olaya klorür devri denir.

Yeraltı suyundaki bütün anyonlar içinde yalnız klor iyonu konsantrasyonu değişiminin özel bir durumu vardır. Diğer anyonların hemen hepsi yeraltı suyunun zemin içinde hareketi esnasında bazen artış, bazen azalış göstermelerine rağmen klorür iyonu yalnızca artış gösterir.

Nitekim fosfat, arsenat gibi kristal yapıları kil minarelinin tetrahedral yapısına uyan anyonlar kil tarafından adsorbe edilerek OH<sup>-</sup> ile yer değiştirebilirler. Buna rağmen sülfat ve klorür gibi anyonlar silikatın tetrahedral yapısına uymadıklarından, kil tarafından adsorbe edilmezler. Sülfat, karbonat, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ve silikat gibi yeraltı sularında çok bulunan diğer anyonların zemin içinde fizikokimyasal şartlar gerçekleştiği takdirde, kalsiyum ile bileşik vererek ayrılabilirler. Buna mukabil klorürün yeraltı suyundan herhangi bir kimyasal olay ile ayrılması beklenemez. Klorür iyonunun bu özelliğinden hidrolojik problemlerin çözümünde istifade etmek mümkündür. Yeraltı suyunun klorür konsantrasyonu değişimi genel olarak şöyle değerlendirilebilir:

#### **a. Klorür konsantrasyonunun sabit kalışı**

Suyun hareketsiz kaldığını ve satıhtan herhangi bir beslenme olmadığını gösterir. Kendi konsantrasyonunda bir kaynak ile beslenmesi de mümkündür. Bu durum sonsuz uzak bir mesafeden beslenme halinde meydana gelebilir.

#### **b. Klorür konsantrasyonunun artışı**

Bu durum iki sebepten ileri gelebilir,

- i. Akifer içinde satıh suları sızmaktadır. Bu durumda konsantrasyonun zamana göre artışı kısa aralıklarla büyük değişimler gösterecektir.
- ii. Yeraltı suyu haznesini beslemekte olan yağışlardaki azalma sebebiyle klorür konsantrasyonunda tedrici artış meydana gelir.

#### **c. Klorür konsantrasyonunun azalışı**

Bu durumda tek bir konu vardır, yeraltı suyu konsantrasyonunun azalışı ancak ve ancak kendisinden daha küçük konsantrasyonlu bir su ile beslenmesinden ileri gelir, Zemin içindeki klorürün başka bir yolla azalması mümkün değildir. Daha düşük konsantrasyonlu su, beslenme alanlarında yağışın artmış olması sonucu meydana gelebilir. Zira adı geçen bölgeye ortalama konsantrasyon değerlerinden daha düşük olarak gelebilecek su, ancak beslenme alanlarına ortalama yağıştan daha yüksek olarak yağacak bir yağıştan ileri gelebilir. Yeraltı



suyunda klorür konsantrasyonlarının yalnızca yağışlar sebebiyle azalmış olması, klorür konsantrasyon değişimi ile yağış miktarları arasında bir bağıntı sağlanmasına yardım eder.

### **Klorürlerin Çevresel Önemi**

Klorür bitkiler ve hayvanlar için lüzumlu bir elementtir. Bunların çürümeleri neticesinde klorür suya geçebilir. Ancak sulama sularında yüksek konsantrasyonlarda tuz bulunması ziraat de problem yaratmaktadır.

İçme sularında tat eşiği litrede 200 - 300 mg klorürdür. Bu eşik sodyum klorür için 210 mg, potasyum klorür için 310 mg ve kalsiyum klorür için 222 mg / ldir. Eğer sodyum klorür 400 mg / lt ve kalsiyum klorürde 530 mg / lt olursa özellikle kahvenin tadı çok etkilenir. Normal su arıtma işlemleri ile sudan klorür iyonu kaldırılamaz. Tat yönünden dikkate alınırsa litrede 250 mg klorür bulunması tavsiye olunur.

Klorür insan vücudunda en çok bulunan anyonlardan birisi olup, diğer katyonlarla birlikte özellikle plazmada ve hücreler arası sıvıda yer alan bir elektrolit olarak ozmotik basıncın sağlanmasını düzenler. Vücutta klorürün % 88 i hücre dışı sıvısında bulunur. Midenin içyapısında yer alan tubuler bezlerin parietal hücrelerinin kanalikuliepitellerinde teşekkül eden HCl bu kanalikulilerin boşluklarına salınır. Bir teoriye göre Cl<sup>-</sup> iyonları ve karbonik asidin karboniğin "karbonik anhidraz" etkisiyle parçalanması sonucu meydana gelen H<sup>+</sup> iyonları aktif bir şekilde kanalikuli boşluklarına salınır ve orada Cl<sup>-</sup> ile birleşerek HCl i meydana getirirler, daha sonra pasif bir tarSPORTAS yon mekanizması ile salınan H<sub>2</sub>O ile karışarak 160 milimol/ltlik bir HCl solüsyonu oluştururlar. Bu solüsyonun pH'sı 0,8 kadardır.

Devamlı olanak kusmaya yol açan hastalıklarda mide sekresyonu ile büyük miktarlarda klorür kaybı olacağından bir hipoklorüremi ve bunun sonucunda klorun klorürün bikarbonatla telafi edilmesi mekanizmasının harekete geçmesi ile "alkalosis" hali ortaya çıkabilir. Yukarıda açıklandığı gibi karbonik asidin disosiye olması ile ayrılan H<sup>+</sup> lar Cl<sup>-</sup> ile birleşerek HCl şeklinde dışarı atıldığından bu ayrılmadan geriye kalan HCO<sub>3</sub> reabsorbe olarak plazmanın alkali miktarının artmasına neden olur. Kaşing hastalığında veya ACTH yahut ta fazla miktarda / kortizon uygulanmasında da hipokalemi ile birlikte hipoklore mi görülür. 70 kg ağırlığında bir insan vücudunda takriben 81,7 gr klorür ve 45 litre su bulunur. Vücudun yukarıda açıklanan elektrolit ve su balansı gıdalarla klorür alınması böbrek ve bağırsak yoluyla atılması suretiyle temin olunur. Emilme daha çok ince barsakların üst kısmında olur. Vücuttan normal su kaybı günde 1,5-2 litredir. Bu suretle takriben 4 gram klorür atılır. Bunun % 95 i idrarla, % 4 - 8 i gaita ile, % 2 side ter ile olur. Toplam günlük klorür kaybı 530 mg

olur. Bu suretle vücudun toplam kaybını karşılamak için gıdalarla yaşlı bir insan kg vücut ağırlığına 9 mg klorür alması gerekir.(70 kg ağırlık için 630 mg) Bu da günde 1 gr sofratuzuna karşılıktır. 18 yaşına kadar çocuklarda gıdalarla alınması gerekli klorür kg vücut ağırlığına 45 mg dir.

Sembölü Cl, atom numarası 17, İngilizce'siChlorine, Fransızca'sıchloro ve Almanca'sıChlor olan klorun atom tartısı 35,457 , yoğunluğu sıvı olarak 1,47 , ergime noktası -103 °C , kaynama noktası -34 °C değerlikleri -1, +1, +3, +5, +7 ve elektronları 2, 8, 7 dir.

### **Klorür Tayin Yöntemleri**

Klorür tayini için 4 yöntem geliştirilmiştir.

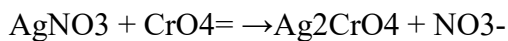
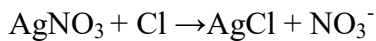
- 1.Arjantometrik yöntem
2. Civa nitrat yöntemi
3. Potansiyometrik yöntem
4. Ferrisiyanid yöntemi

Arjantometrik yöntem relatif olarak temiz ve klorür içeriği 0.15-10 mg/L olan numuneler için uygundur. Civa nitrat yöntemi, titrasyon dönüm noktası kolayca gözlenen basit ve uygun bir titrasyon yöntemidir. Ancak bu yöntemde bromür ve iyodür iyonları girişim yaratırlar. Potansiyometrik yöntem, renkli ve bulanık atıksu numunelerinde klorür tayini için çok uygundur. Ferrisiyanid yöntemi otomatize edilmiş bir klorür tayin yöntemidir ve birçok laboratuarda rutin analiz yöntemi olarak kullanılmaktadır.

### **Arjantometrik Yöntem ile Klorür Tayini**

#### **Prensip**

Bu deney, mohr metodu ile sularda mevcut klorür tayini içindir. Son noktasının görülmesinde indikatör olarak potasyum kromat kullanılır. Klorür, kromatlı nötr ve hafif kalevi ortamda gümüş nitratla beraber titre edilir. Gümüş klorür çöker ve dönüm noktasında tuğla kırmızısı renğinde gümüş kromat meydana gelir. Kimyasal reaksiyon şu şekildedir.



## Engelleyiciler

Suda normal olarak bulunan iyonlar titrasyonda engelleyici rol oynamazlar. Bromür, iyodür ve siyanür, klorür konsantrasyonuna ekivalenttir. Sülfür ve tiyosülfat alkali çözeltide hidrojen peroksit ile yükseltgenerek giderilebilir. 25 mg/lit den fazla ortofosfat, gümüş fosfat çökeltisini meydana getirerek engelleyici rol oynarlar. 10 mg/lit den fazla demir, son noktasının seçilmesini engeller.

## Reaktifler

1. Kapsamında Klorür Bulunmayan Su: Damıtık su pyrex damıtma cihazında tekrar damıtılır. Veya içerisinde iyon değiştirici reçine bulunan sistemlerden geçirilerek, kapsamında klorür bulunmayan su elde edilir. Reaktiflerin hazırlanması ve seyreltmelerde ve yöntemin uygulanmasında bu su kullanılır.

2. Potasyum Kromat İndikatör Çözeltisi: 50 gr  $K_2Cr_2O_4$  damıtık suda çözülür ve kırmızı çökelti meydana gelinceye kadar  $AgNO_3$  çözeltisi ilave edilir. 12 saat bekletilerek süzülür ve süzüntü damıtık su ile seyreltilerek 1 litreye tamamlanır.

3. 0,0141 N Standart Gümüş Nitrat Çözeltisi: 2,396 gr  $AgNO_3$  damıtık suda çözülerek 1000 ml ye tamamlanır. 0,0141 N, NaCl e karşı standardize edilir. Kahverengi şişede saklanır. Tam 0,0141 N standart gümüş nitrat çözeltisinin her mililitresi 0,500 mg klorür e ekivalenttir.

4. 0,0141 N Standart NaCl Çözeltisi: 0,8241 gr 140 °C de kurutulmuş NaCl, kapsamında klorür bulunmayan suda çözülür. 1000 ml ye tamamlanır. Bu çözeltinin 1,00 ml = 0,500 mg Cl- kapsar.

## Engelleyici Maddelerin Giderilmesi İçin Özel Reaktifler

1. Alüminyum Hidroksit Süspansiyonu: 125 gr potasyum veya amonyum alüminyum sülfat,(  $KAl(SO_4)_2 \cdot 12 H_2O$ ) veya  $(NH_4)Al(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$  1 litre damıtık suda çözülür. 60 °C ye kadar ısıtılır ve karıştırılarak 55 ml konsantre  $NH_4OH$  ilave edilir. 1 saat kendi halinde bırakılır, geniş bir şişeye karıştırılarak aktarılır. Çöktürmeden sonraki serbest klorür kalmayınca kadar çözelti yıkanır. Süspansiyon yaklaşık olarak 1 litreye getirilir.

2. Fenolftalein İndikatör Çözeltisi: Sulu çözelti veya alkollü çözelti kullanılabilir.

a. 5 gr fenolftaleninin sodyum tuzu damıtık suda çözülerek 1 litreye tamamlanır. Gerekirse 0,02 N NaOH, solgun pembe renk görülünceye kadar damlatılır.

b. 5 gr fenolftalein 500 ml % 95 lik etil alkol veya izopropil alkol içerisinde çözülerek, buna 500 ml damıtık su ilave edilir. Hafif pembe renk görülünceye kadar 0,02 N HaOH damlatılır.

3. 1N NaOH Çözeltisi: 40 gr NaOH damıtık suda çözülerek litreye tamamlanır.

4. 1N Sülfürik Asit Çözeltisi: 28 ml konsantre H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> karıştırarak dikkatle damıtık su içerisine ilave edilir. 1 litreye seyreltilir.

5. Hidrojen Peroksit: % 30 luk

### Deneyin Yapılışı

1. 100 ml su numunesi veya 100 ml'ye distile su ile seyreltilmiş numune alınır.

2. Numunede suyun rengi fazla ise, 3 ml Al(OH)<sub>3</sub> süspansiyonu ilâve edilerek karıştırılır, çöktürülür ve filtre edilir. Çözelti yıkanır, süzüntü ve yıkama suları birleştirilir.

3. Numunede sülfür, sülfid veya tiyosülfat varsa, sodyum hidroksit çözeltisi ile fenolftaleine karşı alkali yapılır. 1 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ilâve edilerek karıştırılır. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile nötralize edilir.

4. Titrasyon: pH 7 - 10 arasındaki numuneler doğrudan doğruya titre edilebilir. Numunelerin pH değerleri bu aralıkta H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> veya NaOH ile düzeltilmez. 2 - 3 damla K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> indikatör çözeltisi damlatılır. Ayarlı AgNO<sub>3</sub> titrasyon çözeltisi ile tuğla kırmızısı rengin meydana geldiği son noktasına kadar titre edilir. Şahit numune ile aynı titrasyon işlemi tekrarlanır. Bu metotta genellikle şahit için olan AgNO<sub>3</sub> sarfiyatı 0.2-0.3 ml kadardır.

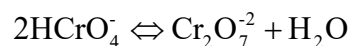
### Notlar:

1- Bu tayinde kullanılan saf suyun klorür içerip içermediği kontrol edilmelidir

2- Analiz edilecek çözelti nötral olmalıdır. Çünkü bazik ortamda



Gereğince gümüş oksit çöker. Asidik ortamda ise



2016-2017 Güz YY

Gereğince indikatör olarak eklenen kromatin bir kısmı bikromata dönüşerek derişimi azalır. Bu da dönüm noktasının görülmesini güçleştirir. Ortamı nötral yapmak için çözeltiye 1-2 damla fenolftaleyn damlatılır. Kırmızı renk oluşmazsa (ortam bazik değilse) 1 MNaOH ten damla damla eklenerek kırmızı renk oluşturulur. Daha sonra 0,2 M HNO3 ten damla damla indikatörün kırmızı rengi kayboluncaya kadar eklenir.

### Deney Sonucunun Hesaplanması

$$(A-B) \times N \times 35,45 \times 1000$$

$$\text{mg / lt Cl}^- = \text{-----}$$

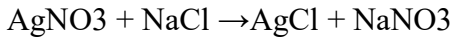
ml numune miktarı

A: Numune için ml sarfiyat

B: Şahit numune için ml sarfiyatı

N: AgNO3 çözeltisinin normalitesi

Yukarıda sonucu verilmiş olan formülün elde edilmiş mantığı ise aşağıdaki gibidir :



AgNO3 molekül ağırlığı 170, Klorürün molekül ağırlığı 35,5

1000 ml 1 N AgNO3 çözeltisinde 170 gr AgNO3 varsa

1000 ml 0,0141 N AgNO3 çözeltisinde X

$$X = 170 \times 0,0141 = 2,3970 \text{ gr AgNO}_3 \text{ eder.}$$

2,3970 gr AgNO3 1000 ml damıtık suda çözülürse 0,0141 N AgNO3 çözeltisi hazırlanmış olur. Formülden,

170 gr AgNO3 35,5 (Cl) e karşı gelirse

2,3970 gr AgNO3 X

-----

$$X = 2,3970 \times 35,5 / 170 = 0,5 \text{ gr Cl e karşı gelir.}$$

2016-2017 Güz YY

1000 ml 0,0141 N AgNO<sub>3</sub>                      0,5 gr Cl<sup>-</sup> e karşı gelirse

1 ml 0,0141 N AgNO<sub>3</sub>                      0,5 mg Cl e karşı gelir

1 ml AgNO<sub>3</sub>                      0,5 mg Cl e karşı gelirse

B ml AgNO<sub>3</sub>                      X

---

$$X = B \times 0,5 \text{ mg Cl e karşı gelir.}$$

A ml numunede                      B x 0,5 mg Cl varsa

1000 ml numunede                      X

---

$$X = \frac{1000 \times B \times 0,5}{A} \text{ mg klorür vardır.}$$

B : Titrasyonda harcanan ml 0,0141 N AgNO<sub>3</sub> çözeltisi miktarı

A : Alınan numune miktarı (ml)

Biz deneyde 100 ml numune kullanmışsak ,

$$X = \frac{1000 \times B \times 0,5}{100} = b \times 10 \text{ mg / lt Cl-}$$

Deneydeki hatayı azaltmak için aynı miktar yani 100 ml damıtık su alıp deneydeki kadar potasyum kromat çözeltisi damlatılıp 0,0141 N AgNO<sub>3</sub> ile titre edilerek indikatörün ilk dönüm rengini tespit etmekte yarar vardır. O zaman formüldeki B yerine numune için olan sarfiyat ve şahit için olan sarfiyatın farkını koymalıdır.



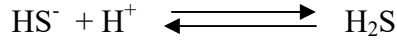
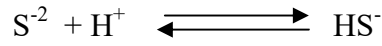
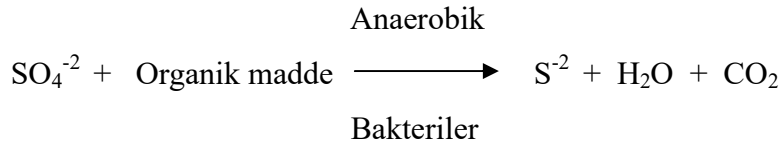
## **DENEY:Sülfat Tayini**

### **Genel Bilgiler**

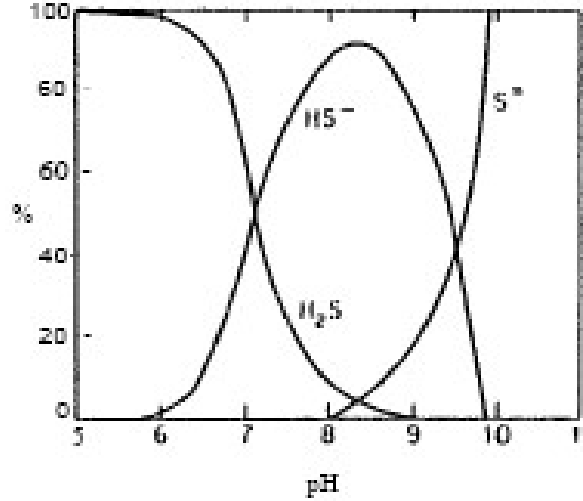
Kükürt kısmen bazı organik maddelerin yapısına girebilen, onun dışında doğal dolanımında en çok anorganik halde yer alan bir elementtir. Evsel su kaynaklarındaki sülfat miktarı, yüksek konsantrasyonlarda bulunduğunda insanlar üstündeki müshil etkisinden dolayı çok önemlidir. Bu yüzden insan kullanımını göz önünde tutarak sularda üst limit değeri olarak 250 mg/L

tavsiye edilmektedir. Evsel ve endüstriyel su kaynaklarındaki sülfat, kazan ve ısıtıcılarda sert kabuklar oluşturma eğiliminden dolayı önemlidir.

Kükürt sularında az miktarda az miktarda  $S^{2-}$  (sülfür) ve genelde  $SO_4^{2-}$  (sülfat) halinde bulunur.  $SO_4^{2-}$  özellikle anaerobik ayrışma sonunda önce  $S^{2-}$ 'e indirgenir ve daha sonra kötü kokulu ve zehirli bir gaz olan  $H_2S$ 'e dönüşür. Aynı zamanda suda çözülmüş halde de bulunan  $H_2S$  gazı, aşağıdaki denge reaksiyonunu uyarınca suyun pH'sını düşüreceğinden, tam dolu akmayan beton kanalizasyon borularında korozyona neden olur.



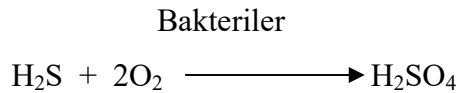
Organik madde bakımından zengin bir ortamda oksijen ve nitrat bulunmuyorsa anaerobik bakteriler yukarıdaki reaksiyonda görüldüğü gibi  $SO_4^{2-}$  iyonunu biyolojik oksidasyonla parçalayarak oksijeninden(elektron alıcısı olarak) yararlanırlar. Bu sırada kükürt de sülfür haline indirgenir. Oluşan sülfür sudaki protonlarla bir denge reaksiyonu olan ikinci tersinir reaksiyonu meydana getirirler. Bu denge reaksiyonunda iyonlaşma sabiti  $10^{-8}$  mertebesinde çok küçük bir sayıdır. Ancak denge pH'a çok bağlı olup,  $H_2S$ ,  $HS^-$  ve  $S^{2-}$  arasındaki ilişki Şekil 1'de gösterilmiştir.



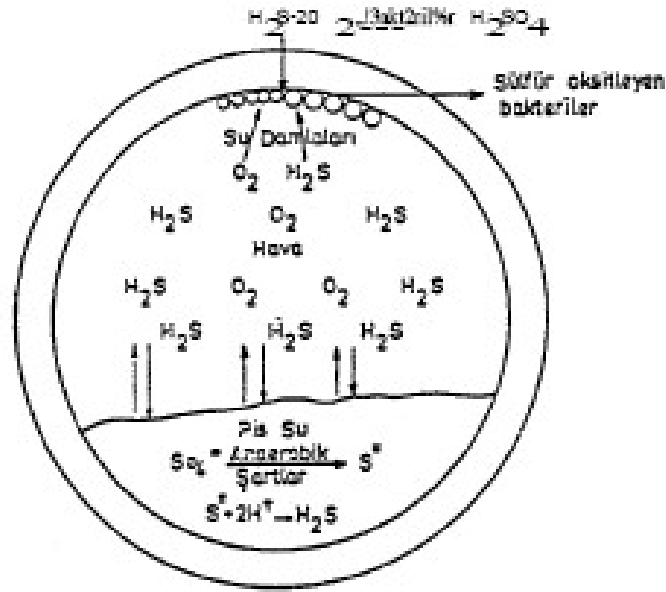
**Şekil 1:** Suda  $10^{-3}$  M çözeltide  $H_2S$ 'in iyonlaşma dengesi üzerinde pH'nın etkisi.

Buna göre bazik şartlarda bol bulunan  $S^{2-}$  nötral şartlarda  $HS^-$ 'in hakim olmasının yanısıra, asidik şartlarda su ortamındaki sülfürün tamamı  $H_2S$  gazı olarak ortamdan uzaklaşır. Zehirli olan  $H_2S$  gazı çıkışı kötü kokulu ortamların meydana gelmesine yol açar.

*Kanalizasyon borularında korozyon:* Bataklık alanlarda, aşırı beslenmiş (ötrofiye) göl ve körfezlerde, durgun nehirlerde özellikle sıcak mevsimlerde  $H_2S$  çıkışı gözlenir. Bu durum yarı dolu akan kanalizasyon borularında da meydana gelir. Borunun su bulunmayan kısmında yoğunlaşan, su buharında çözünen  $H_2S$ , kükürt oksitleyen aerobik bazı bakteriler tarafından yukarıdaki reaksiyonların tersine:



halinde sülfürik asite dönüşür. Bu ise şiddetli bir asit olan  $H_2SO_4$ 'ün beton borularını etkileyip, borunun içten tahrip olmasına sebep olur. Buna "*korozyon*" denir ve boruların incelmesine yol açar. Bu reaksiyon ve oluşan korozyon bölgesi Şekil 2'de gösterilmiştir. Korozyon bölgesinin özellikle en üst kısımda oluşu sülfürü oksitleyen bakterilerin (*Thiobacillus*) en çok burada yerleşme imkanı bulmaları dolayısıyladır. Çünkü atıksu akımı ile bakteri kolonilerinin en az sürüklenme ve yıkanma olasılığı, bu üst kısımda mevcuttur. Bu olaya "**Taç korozyonu**" adı verilir.

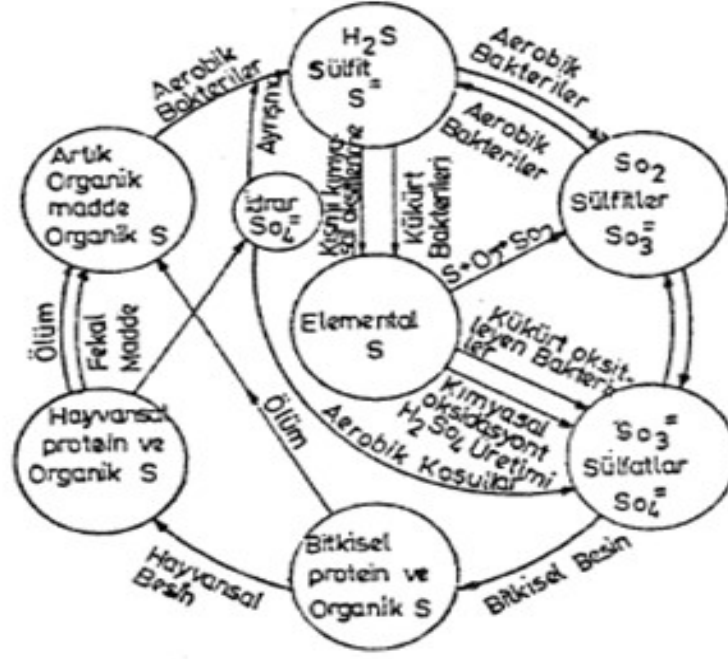


**Şekil 2:** Atıksu kanallarında  $H_2S$  oluşumu ve  $H_2S$ 'in  $H_2SO_4$  oksidasyonundan oluşan taç korozyonu

*Kükürt çevrimi:* Yukarıda verilen örnekten de anlaşılacağı üzere, kükürt ister organik dolanım ile olsun, isterse organik kükürt bileşikleri ile an organik formlar arasında olsun, kapalı bir dolanıma sahiptir. Bitkisel organizmaya assimilatif veya dissimilatif olarak girebilir. Şekil 3'te kükürt dolanımı şematik olarak verilmiştir.

Bitkisel özümleme sonucunda eğer kükürtlü aminoasitler olan cysteine, methionine vb. gibi organik maddeler organizmada üretilip depolanıyorsa, bu assimilatif bir prosestir. Aksi halde, kükürt hücre dışında elementel halde de depolanabilir. Assimilatif olarak üretilen kükürtlü proteinler hayvansal maddeye beslenme yoluyla geçip, methionine-cysteine metabolizmasına girerler.

Organik kükürt bileşenlerinin aerobik metabolizmaya girmesi sonucu kükürdün büyük bir kısmı sülfata dönüşür. Sülfatın canlı bünyesindeki rolü bazı zehirlilik unsurlarını, örneğin fenolü sülfat halinde bağlayıp uzaklaştırmasıdır. Bünyeden kükürdün fazlası çoğunlukla idrar içinde ve  $SO_4^{2-}$  olarak atılır. Bir günde bir insanın idrar yoluyla attığı toplam kükürt ortalama 1 gr/nüfus-gün civarındadır. Evsel atıksularla atılan  $SO_4^{2-}$  miktarı, kanal borularında korozyon ihtimali açısından olduğu kadar atıksu arıtma tesisleri planlaması açısından da önemli bir husustur.



Şekil 3: Kükürt Çevrimi

### Sülfat Tayininin Gerekli Olmasının Nedenleri

1) Doğal suların sülfat içerikleri bunların içme ve endüstri suyu temini için uygun olup olmadıklarını belirlemede önemlidir.

2) Atıksulardaki  $SO_4^{2-}$  içeriği  $SO_4^{2-}$ 'ın  $H_2S$ 'e dönüşmesi nedeniyle ortaya çıkacak problemin büyüklüğünü belirleme açısından önemlidir.

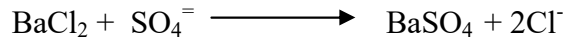
3) Çamurların ve endüstriyel atıkların anaerobik çürütülmesinde  $SO_4^{2-}$ 'lar  $H_2S$ 'e indirgenir ve metan ve amonyakla birlikte açığa çıkar. Eğer çıkan biyogaz, enerji elde etmek üzere kullanılıyor ise, hidrojen sülfür içeriğinin belli bir değeri aşmaması arzu edilir. Çürütme ünitelerine beslenen çamurun veya artığın sülfat içeriği üretilen gazda açığa çıkacak  $S^{2-}$  içeriğini belirlemede kullanılır. Bu bilgiden yararlanarak, proje mühendisi hidrojen sülfürü uzaklaştırmak için gerekli önlemleri alır ve gerekli üniteleri tesise ilave eder.

Organik bileşiklerin çoğu kükürdü sülfatlar, sülfonatlar veya sülfidler halinde içermektedir. İçme sularında bu bileşiklerin aşırı bulunması ( $NaSO_4$ - $MgSO_4$ ) katalitik etkiye sahip olduğundan istenmez. Atıksularda ise aerobik arıtım esnasında, tam kullanıma veya dissimilasyon, organik bağlı kükürdün, sülfat iyonu halinde açığa çıkmasına neden olur.

## Sülfat Ölçüm Yöntemleri

Suda sülfat iyonlarının ölçümü çeşitli yöntemlerle yapılır. İyon kromatografisi, 0,1 mg/L gibi düşük değerleri dahi ölçebilmesiyle sülfat tayininde en iyi metotlardan birisidir. Diğer yöntemler numuneye fazla miktarda baryum klorür ekleyerek çözünmeyen baryum sülfat (BaSO<sub>4</sub>) oluşturulması esasına dayanır. Aralarındaki temel fark oluşan baryum sülfatın değerini belirlemede ortaya çıkmaktadır. Gravimetrik yöntemde oluşan çökelek tartılır. Türbidimetrik yöntem ise oluşan çökeleğin ışık huzmesine yaptığı girişimin ölçülmesi esasına dayanır. Metilen mavisi yönteminde ise kalan baryum kolorimetrik yöntemle belirlenir. Ölçüm yöntemlerinin seçimi ölçümün hangi amaçla yapıldığına ve numunedeki sülfat konsantrasyonuna bağlıdır. Baryum sülfat oluşumuna dayalı bu üç yöntem aşağıda anlatılmıştır.

*1.Gravimetrik yöntem* :Bu yöntem 10 mg/L den daha yüksek sülfat konsantrasyonları için, oldukça hassas bir yöntem olarak tavsiye edilmektedir. Yöntemin esası sudaki sülfat iyonlarının, Ba<sup>+2</sup> ilavesi ile çok zayıf çözünen bir bileşik olan baryum sülfat oluşturmasıdır.



Bu reaksiyon hidroklorik asit ile asitlendirilmiş ve kaynama noktasına yakın sıcaklığa kadar ısıtılmış suya, aşırı baryum klorür ilavesi ile gerçekleştirilir. Numune soğutulduktan sonra uygun bir filtreden süzülüp, üstte kalan baryum sülfat (BaSO<sub>4</sub>) çökeleği tartılırsa, sülfat, gravimetrik olarak tayin edilebilir. Numuneler BaCO<sub>3</sub>'ün çökmesini önlemek üzere asitlendirilir. Böylece tüm Ba<sup>+2</sup>'nin, sülfat iyonları ile birleşmesi sağlanır. Baryum sülfat koloidal halde suda dağıldığı için bu koloidal formu, BaSO<sub>4</sub> kristalleri haline dönüştürülüp çöktürmek üzere numuneye baryum klorür çökeltisi eklendikten sonra, kaynama sıcaklığında bir kaç saat tutulur. Çökelen kısım kurutulup tartılarak sülfat hesaplanır. Bu yöntem uzun ve zahmetli olmakla birlikte gayet duyarlıdır.

*2.Türbidimetrik yöntemi*: İkinci sülfat tayin yöntemi yukarıdaki esaslara göre oluşturulan baryum sülfatın tamamını koloidal halde tutup, numunenin bulanıklığını ölçmek suretiyle yapılır. Çok kısa sürede ve kolayca yapılabilen bu tayin “Türbidimetrik yöntem” olarak nitelendirilir. Baryum sülfatın tamamını koloidal halde tutabilmek için HCl - NaCl karışımı ile gliserin eklenir. Böylece çökeltme yavaşlatılır. Bu yöntem çok duyarlı olmamakla beraber süratli analizlemeye daha elverişlidir.



3. *Otomatik Metiltimol mavisi*: Sülfat analizi yapılmasının gerekli olduğu anlarda otomatik tayin metodu çok avantajlıdır. Bu metotta, kimyasalların otomatik olarak eklendiği ve akım sayesinde numune ile karıştığı sürekli-akışlı aletler kullanılır. Kimyasal reaksiyon için gerekli sürenin geçmesiyle numune renk veya burada olduğu gibi bulanıklığın ölçüldüğü hücreye girer ve tayin yapılır. Bu metodun sülfat tayini için uygulanmasında önce düşük pH'da baryum klorür, baryum sülfat çökelekleri oluşturmak üzere otomatik olarak eklenir. Daha sonra pH 10'a çıkarılır. Metiltimol mavisi eklenip fazla baryum ile reaksiyona girerek mavi şelat oluşturması sağlanır. Kompleks oluşturmayan ve kalan Metiltimol mavisi otomatik olarak kolayca ölçülebilen gri bir renk oluşturur. Orjinal numunedeki sülfat miktarı elde edilen bu rengin şiddeti ile orantılıdır. Elbette, alet standart sülfat çözeltileri ile kalibre edilmeli, kimyasalların eklenmesi tam ve iyi olmalı ve girişime yol açabilecek maddeler bulunmamalıdır.

### Deneyin Yapılışı

1. Örnek, etüvde 105–110°C'de 1 saat kurutulur ardından desikatörde soğutulur.
2. Soğutulan örnekten 0,5–1,0 gram civarında tartılır ve 400ml'lik beher içinde 150-200 ml suda çözülür.
3. Çözelti üzerine 6N HCl'den 1ml eklenir, ağzı saat camı ile kapatılır ve su banyosunda kaynama noktasına kadar ısıtılır.
4. Hazırlanan %10'luk BaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O kaynama noktasına kadar ısıtılır.
5. Sıcak baryum klorür çözeltisinden 10 ml alınır ve sıcak örnek çözeltisi üzerine damla damla karıştırılarak tamamı eklenir.
6. Beherin ağzı saat camı ile kapatılıp su banyosunda bekletilir.
7. Çökelek üzerindeki berrak sıvıya 1-2 damla baryum klorür çözeltisi daha eklenip kontrol denemesi yapılır. Çökme tam değil ise 5ml daha baryum klorür çözeltisi eklenip karıştırılır. Çökme tam ise 1-2ml baryum klorür çözeltisinin aşırısı eklenir.
8. Çökelek su banyosunda 1 saat bekletilir (tam çökme olması için bir gece bekletmek uygundur).

9. Çökelek mavi bant süzgeç kâğıdından süzülür. Bunun için önce üstteki berrak sıvı aktarılır, ardından sıcak su ile çökelek yıkanır.
10. Süzgeç kâğıdı dikkatle katlanır ve önceden sabit tartıma getirilmiş olan porselen krozeye yerleştirilir.
11. Kroze, kil üçgene yerleştirilir ve önce düşük alevde kurutulup, daha sonra alev yükseltilecek yakılır.
12. Kroze bir alev fırınına alınır ve 800°C'de yarım saat kızdırılır. Ardından soğutulur ve tartılır.
13. Kızdırma ve soğutma işlemine kroze sabit tartıma gelinceye kadar devam edilir.
14. Tüm deneyler iki kez tekrarlanır ve ortalaması alınarak örnekteki sülfat miktarı bulunur.

### Hesap

$$\%SO_4 = \frac{SO_4}{BaSO_4} \times \frac{\text{Tartım(gram)}}{\text{Tartılan örnek(gram)}} \times 100$$

### Deney Notları

Baryum sülfat, oda sıcaklığında 100 gram suda 0,3–0,4 mg dolayında çözünür. Çözünürlük mineral asitlerle önemli olarak artar. Çöktürmenin asitli ortamda yapılması gerekir. Çünkü  $Ba^{+2}$  iyonları nötral veya bazik ortamda  $PO_4^{-3}$ ,  $CO_3^{-2}$  veya  $OH^-$  iyonları ile çökelti verir. Bu nedenle çöktürmenin zayıf asitli ortamda, yaklaşık 0,05N derişimde yapılması ve asidin aşırısının eklenmemesi gerekir. Zayıf asitli ortamda çöktürmenin yapılması ile iri taneli çökeleğin elde edilmesi sağlanmış olur.

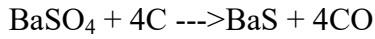
2016-2017 Güz YY

Çöktürme ortamına eklenen baryum klorürün biraz aşırısı, ortak iyon etkisi nedeniyle çözünürlüğü önemli ölçüde azaltır.

Dinlendirme sırasında;

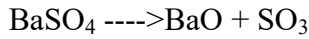
$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{+2} + SO_4^{-2}$  dengesi sürdüğü için küçük  $BaSO_4$  tanecikleri çözünerek çözeltiye geçerken, çözeltideki iyonlar yeni tanecikler oluşturmak yerine önceden oluşmuş taneler üzerinde toplanarak, iri taneli kolay süzülebilir çökeleğin oluşmasını sağlar. Küçük  $BaSO_4$  taneciklerinin çözünmesi sırasında hapsedilmiş olan yabancı iyonlar da çözeltiye geçeceğinden çökeleğin saflığının artmasına katkıda bulunur.

Baryum sülfat yüksek sıcaklıkta süzgeç kâğıdının karbonu ile kolaylıkla indirgenir



Bu indirgenme süzgeç kâğıdının düşük sıcaklıkta yakılmasıyla giderilir. Böyle bir indirgenme olduğunda çökelek  $H_2SO_4$  ile nemlendirilip tekrar kızdırılarak bu hata giderilir.

Kızdırmanın  $800^\circ C$  civarında yapılması gerekmektedir. Çünkü baryum sülfata adsorplanmış olan su molekülleri ancak bu sıcaklıkta uzaklaştırılabilir. Kızdırma  $500^\circ C$ 'nin altında yapılırsa %0,6'lık bir hataya neden olunur. Sıcaklığın çok yüksek olması halinde;



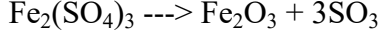
gereğince  $BaSO_4$  bozunabilir.

Baryum sülfatın ortamda bulunan yabancı iyonları beraberinde sürüklenme eğilimi yüksek olduğundan saf bir çökeleğin elde edilmesi pratik olarak mümkün değildir. Bunun neden olduğu hata birlikte sürüklenen iyonların türüne göre değişir ve bu yöntemle sülfat tayini artı veya eksi yönde mutlaka hata olasılığı taşır.

Yabancı iyonlardan örneğin; klorür, nitrat ve klorat, baryum tuzları olarak baryum sülfat ile birlikte çöker. Bu durum gerçek değerden daha yüksek bir sonucun bulunmasına neden olur.

Baryum klorürün çözeltiye çok yavaş karıştırılarak eklenmesiyle klorürün baryum sülfat ile birlikte çökmesi önenebilir, nitrat ve kloratın birlikte çökmesi ise önlenemez. Bu nedenle bu iyonların ortamda bulunmaması veya varsa HCl ile kaynatılarak uzaklaştırılması gerekir. Yabancı katyonlarda örneğin alkali metaller, kalsiyum ve demir (III), sülfat tuzları halinde birlikte çöker. Eğer bunlar kızdırma sırasında bir değişikliğe uğramazlarsa sonucun gerçek değerden daha az bulunmasına neden olurlar. Çünkü baryumun eşdeğer ağırlığı diğer birçok

katyonun eşdeğer ağırlığından daha büyüktür. Öte yandan yabancı sülfatlar kızdırma sırasında bir değişikliğe uğrasalar bile aynı şekilde gerçek değerden daha az bir sonucun çıkmasına neden olurlar. Örneğin amonyum veya demir sülfat kızdırma sırasında;



Bu yöntemle sülfat ve baryum tayinlerinin dışında sülfat ile zor çözünen ve bileşik veren kurşun ve stronyum tayinleri de yapılabilir. Ancak bu katyonların çözünürlükleri daha fazla olduğundan çöktürme ve yıkama sırasında bir takım önlemlerin alınması gerekir.

## DENEY:SERTLİK TAYİNİ

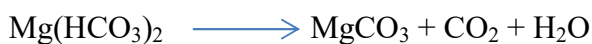
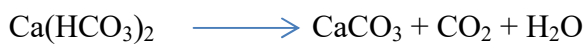
### 1. TEORİK BİLGİLER

Suların sertliği, suların kullanılan sabunu çöktürme kapasitesinin bir ölçüsü olarak tanımlanır. Sabun, su içindeki  $Ca^{+2}$  ve  $Mg^{+2}$  iyonlarının varlığı sebebi ile çöker,  $Fe^{+2}$ ,  $Zn^{+2}$ ,  $Mn$  gibi iyonlarda bu çökelmeye yardım ederler. Fakat genellikle su içinde  $Ca^{+2}$  ve  $Mg^{+2}$  iyonları, diğer iyonlardan daha yüksek seviyede bulduklarından sertlik çoğunlukla bu iyonların konsantrasyonlarının toplamı olarak ifade edilir.

Sulardaki sertlik büyük ölçüde toprak ile kaya oluşumları ile temas sonucu meydana gelir. Toprak tabakası kalın olan kireçli arazilerde mevcut bulunan sular daha sert olur. Buna karşılık toprak tabakasının ince, kireçli arazinin hiç veya çok az bulunması durumunda sular yumuşak olur.

**Sertlik Çesitleri:**Sulardaki sertlik karbonat ve karbonat olmayan sertlik olarak ikiye ayrılır. Kalıcı ve geçici sertliğin toplamına toplam sertlik veya sertlik bütünü denir.

**a.Geçici Sertlik (Karbonat Sertliği):**  $Ca^{+2}$  ve  $Mg^{+2}$  iyonlarının suda çözülmüş olan bikarbonatlarında ileri gelir. Kalsiyum bikarbonat ( $Ca(HCO_3)_2$ ) ve magnezyum bikarbonat ( $Mg(HCO_3)_2$ ). Suyun ısıtılması ile sudaki kalsiyum ve magnezyum iyonları çöktürülerek uzaklaştırıldığı için **geçici sertlik** adı verilmiştir. Reaksiyonları şu şekildedir;



2016-2017 Güz YY

Bu iyonlar aynı zamanda doğal suların alkalinitesini de belirlediğinden, eğer alkalinite toplam sertlikten küçükse,

Karbonat sertliği (mg (CaCO<sub>3</sub>/L)) = Alkalinite (mg (CaCO<sub>3</sub>/L)) olur.

Eğer alkalinite toplam sertliğe eşit veya büyükse;

Karbonat sertliği (mg (CaCO<sub>3</sub>/L)) = Toplam sertlik (mg (CaCO<sub>3</sub>/L)) olarak alınır.

**b. Kalıcı Sertlik (Karbonat Olmayan Sertlik):** Toplam sertliğin karbonat sertliği dışında kalan kısmına Kalıcı Sertlik ( Karbonat Olmayan Sertlik) denir. Kalıcı sertlik kaynatma yolu ile giderilemez. Sülfat (SO<sub>4</sub><sup>-</sup>), klorür (Cl<sup>-</sup>) ve nitrat (NO<sub>3</sub>) iyonlarının meydana getirdiği sertliktir. Bunlar; kalsiyum sülfat (CaSO<sub>4</sub>), magnezyum sülfat (MgSO<sub>4</sub>), kalsiyum klorür (CaCl<sub>2</sub>), magnezyum klorür (MgCl<sub>2</sub>), kalsiyum nitrat (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>), magnezyum nitrat (Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) ve kısmen de diğer bileşiklerden meydana gelir.

Kalıcı Sertlik(Karbonat Olmayan Sertlik) =Toplam Sertlik - Geçici Sertlik(Karbonat Sertliği)

**Yalancı (Pseudo) Sertlik:** Tuzlu sularda sabun köpürmesi sabunun iyonlaşmayı engellediğinden durur. Bu olayın sorumlusu sabun ve tuzlu sudaki ortak sodyum katyonlarının “ortak iyon etkisi”dir. Sodyumun normal sertlik unsuru olmamasına rağmen meydana gelen bu sertliğe “Yalancı (Pseudo) Sertlik” denir.

Sular sertlik derecelerine göre de genel olarak şu şekilde sınıflandırılırlar.

**mg (CaCO<sub>3</sub>/L)Sertlik Derecesi**

0-75	Yumuşak
75-150	Orta
150-300	Sert
300 ve üzeri	Çok sert

Sertlik derişimi aşağıdaki sertlik birimlerinden herhangi biri yardımı ile ifade edilmektedir.

- Fransız sertlik derecesi(FS):10 mg (CaCO<sub>3</sub>/L)
- Alman sertlik derecesi(AS):17,8 mg (CaCO<sub>3</sub>/L)
- İngiliz sertlik derecesi(İS):14,3 mg (CaCO<sub>3</sub>/L)

### **Sertlik Gideriminin Amacı**

Sert sular bazı problemlere neden olur. Bu problemleri şu şekilde sıralayabiliriz.

1. Aşırı sabun tüketimine neden olurlar.
2. Deride tahrişlere neden olurlar.
3. Sıcak su borularında, ısıtıcılarda, kazanlarda kireç birikimine (tabakalaşmaya) neden olurlar.
4. Porselenlerde renk bozulmalarına neden olurlar, özellikle evlerde lavabo ve küvetlerin beyaz rengini bozarlar.
5. Kumaşların ömrünü azaltır, yıpranmalarına neden olurlar.
6. Konserve endüstrisinde problemlere neden olurlar.

### **Sertlik Verisinin Çevre Mühendisliğindeki Önemi**

Sertlik suyun evsel ve endüstriyel kullanımı açısından önemlidir. Yumuşatma işlemlerinde suda belli miktarlarda kalsiyum ve magnezyum sertliği bırakacak şekilde yumuşatma prosesi belirlenir. Sertlik tayinleri yumuşatma proseslerinin rutin olarak kontrolünde kullanılır.

### **Sertlik Tayin Yöntemleri:**

#### **a) Hesap Yöntemi:**

Bu yöntem tüm sularda uygulanabilmekte ve kesin çözüm vermektedir. Ancak maliyetli olması ce zaman gerektirmesi nedeni ile çok fazla kullanılmamaktadır. Yöntemde su içinde sertliğe neden olan tüm iyonlar ayrı ayrı bulunur, konsantrasyonu ölçülür ve CaCO<sub>3</sub> eşdeğeri olarak yazılması için uygun faktörü ile çarpılır ve hepsi toplanır.

#### **b) EDTA Titrasyon Metodu:**

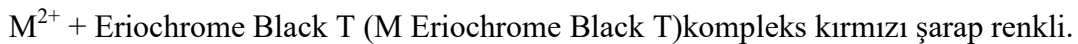
Etilen diamintetra asetik asit (EDTA) ve bunun sodyum tuzları metal katyonlarının bulunduğu çözeltiye ilave edildiği zaman çözünebilir halka kompleksi meydana gelir. Kalsiyum ve magnezyum iyonlarını içeren sulu çözeltiye pH 10 ± 1 civarında iken küçük miktarlarda



Eriochrome Black T gibi boyar madde eklenirse çözelti şarap kırmızısı rengine döner. Bu çözelti EDTA ile titre edilirse, kalsiyum ve magnezyum iyonları EDTA ile kompleks oluşturur ve tüm kalsiyum ve magnezyum iyonları kompleks oluşturduğunda renk kırmızıdan maviye döner. Emniyetli son nokta için ortamda magnezyum iyonları bulunmalıdır. Bunu garantilemek için tampon olarak kompleksleştirici EDTA'nın doğal magnezyum tuzu az miktarda kullanılır. Bu otomatik olarak yeterli magnezyumu gösterir ve şahit numune hazırlamayı gereksiz kılar. Dönüm noktasının kesinliği pH ile artar. Ancak kalsiyum karbonatın veya magnezyum hidroksitinin çökmesi veya yüksek pH değerlerinde indikatörün renk değiştirmesi gibi tehlikelerden dolayı pH sınırsızca değiştirilemez. Bu metot için emniyetli pH değeri  $10 \pm 0,1$  civarındadır. Ayrıca kalsiyum karbonat çökmesinin engellenmesi için titrasyon 5 dakika içinde tamamlanmalıdır. Bazı metal iyonları dönüm noktasının belirlenmesinde engelleyici olabileceklerinden, titrasyona başlamadan önce tüm bu engelleyici iyonların etkisini giderici reaktifler eklenmelidir. Numune bulunun askıda veya koloidal maddelerde de dönüm noktasında belirsizliklere neden olduklarından numune çeşitli işlemlerle bu maddeler giderilmelidir. Titrasyon için en uygun sıcaklık  $20^{\circ}\text{C}$  olup, bazı sıcaklıklar indikatörün ayrışması engellenebilmektedir. Titrasyonda çökelmelerin engellenmesi için pH değeri oldukça önemli olduğundan tampon çözeltiler kullanılmaktadır.  $\text{Ca}^{2+}$  ve  $\text{Mg}^{2+}$  içeren bir suya EDTA eklendiğinde EDTA bileşiği öncelikle kalsiyum ile birleşme eğilimindedir. pH magnezyumu hidroksit şeklinde çöktürecek kadar yeterli olduğunda indikatör direk olarak kalsiyumla reaksiyona girer ve EDTA yardımıyla su içerisinde bulunan kalsiyum rahatlıkla belirlenebilir. İndikatörlerin çoğu pH 12-13 civarında tüm kalsiyum EDTA ile birleştiğinde renk değişimi oluşturur. EDTA titrasyon metodunda gerçekleşen reaksiyonlar aşağıdadır;



Numunenin pH değeri 10 civarında olduğunda sertliği oluşturan katyonların az bir miktarı ile kırmızı renkte bir kompleks oluşturan Eriochrome Black T indikatöründen bir miktar eklenir;



Bu karışım normalitesi bilinen EDTA ile titre edilirken M-EDTA kompleksi meydana gelir. Bu sırada renk dönmesi olmaz. Ancak serbest katyonlar bittikten sonra damlatılan EDTA çok zayıf olan M-Eriochrome Black T kompleksini parçalayıp  $\text{M}^{2+}$ 'leri kendine bağlayacağından

renk Eriochrome Black T'nin sulu çözeltilerdeki rengi olan maviye dönüşür. Bu dönme noktası,  $M^{2+}$  kationlarının EDTA tarafından bağlandığı noktadır. Buraya kadar sarfedilen EDTA'dan sertlik hesabı yapılabilir.

## 2. EDTA TİTRASYON METODU İLE DENEY DÜZENEGİ

### Kullanılan Kimyasallar

- **Tampon Çözeltisi:** 1,179 gr EDTA disodyum tuzu ve 0,78 gr magnezyum sülfat ( $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ) [veya 0,644 gr magnezyum klorür ( $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ )] 50 ml distile suda çözülür. Karıştırarak üzerine 16,9 gr  $NH_4Cl$  ve 143 ml konsantre  $NH_4OH$  ilave edilir. Distile su ile 250 ml'ye tamamlanır.

- **Standart EDTA çözeltisi (0,01M):** 3,723 gr EDTA distile suda çözülerek 1000ml'ye distile su ile tamamlanır.

- **Standart Kalsiyum Çözeltisi:** 1 gr susuz  $CaCO_3$  tozu 500 ml'lik erlene konur. Bir huni yardımı ile  $CaCO_3$  çözünene kadar 1+1 HCl ilave edilir. 200 ml distile su eklenerek karbondioksitin buharlaşması için birkaç dakika kaynatılır. Soğutulur ve birkaç damla metil kırmızısı indikatörü eklenir ve 3N  $NH_4OH$  veya 1+1 HCl eklenerek turuncu renk alması sağlanır. 1000ml'ye distile su ile tamamlanır. Bu standart çözeltinin 1ml'si 1mg  $CaCO_3$  'a eşdeğerdir.

- **Eriochrome Black T İndikatörü:** 0,5 g Eriochromeblack T (Eriochrome-Schwartz T) ve 100 g NaCl bir havanda çok ince ezilerek karıştırılır. Bu katı indikatör karışımı uzun zaman dayanıklıdır.

- **Sodyum Hidroksit Çözeltisi (1N)**

- **Müreksit**

## 3. DENEYİN YAPILIŞI

**Toplam Sertlik:**

2016-2017 Güz YY

- 25 ml numune alınarak 50 ml'ye seyreltilir.
- 1 ml tampon çözeltisi ilave edilir (eklendikten 5 dk içinde titrasyon bitirilmelidir).
- Spatül ucu ile toz EBT indikatörü numuneye eklenir (Kesin bir renk oluşmamış ise engelleyici ilavesi gereklidir veya indikatör bozulmuştur).
- 0,01 M EDTA ile renk kırmızıdan maviye dönene kadar titre edilir.

#### **Kalsiyum Sertliği:**

- 10 ml numuneye 50 ml saf su, 1-2 damla sodyum hidroksit eklenir
- Spatül ucu ile müreksit ilave edilir ve karıştırılır.
- Renk pembeden leylak moruna dönene kadar EDTA ile titre edilir.
- Sarfiyatlar kaydedilir ve hesaplamalar yapılır.

#### **4. DENEY SONUCUNUN HESAPLANMASI**

$\frac{V_1}{V_2}$   
mL numune

veya

mL numune

A: EDTA sarfiyatı

B: 1 ml EDTA çözeltisinin mg CaCO<sub>3</sub> eşdeğeridir.

$\frac{A}{B}$   
mL numune

veya

$\frac{A}{B}$   
mL numune

A: Kalsiyum sertliği için harcanan EDTA'nın ml'si

B: 1 ml EDTA çözeltisinin mg CaCO<sub>3</sub> eşdeğeridir.

N: EDTA normalitesi

ml numune

veya

.....

ml numune

A: toplam sertlik için harcanan EDTA(ml)- kalsiyum sertliği için harcanan EDTA(ml)=  
magnezyum için harcanan EDTA'nın ml'si

B: 1 ml EDTA çözeltisinin mg CaCO<sub>3</sub> eşdeğeridir.

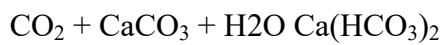
N: EDTA normalitesi

**DENEY: ASİDİTE VE ALKALİNİTE TAYİNİ***ASİDİTE*

Asidite, sudaki serbest hidrojen iyonlarından doğan bir özelliktir. Suyun kuvvetlibazlarla kantitatif olarak reaksiyona girme kapasitesi diye tanımlanır. Ayrıca, suyun agresifolma özelliğinin de bir ölçüsüdür. Kuvvetli mineral asitler, karbonik ve asetik asit gibi zayıfasitler, demir veya alüminyum sülfatlar gibi hidrolize olabilen tuzlar, sularda ölçülen asiditeyekatkıda bulunurlar. Suya asidite veren maddelerin ayrışması sonucu, numunede H<sup>+</sup> iyonlarıoluşur. Asidite dönüm noktası suyun pH'ına veya kullanılan indikatöre bağlıdır. Çokkompleks karışımlar veya tamponlanmış çözeltiler için dönüm noktası seçimi sübjektifolabilir. Ancak atık sularda ve doğal sularda standardasidite tayininde tespit edilen dönümnoktaları, pH = 3.7 ve pH = 8.3 tür. pH = 3.7'e kadar titrasyon sonucu bulunan asidite metiloranjasiditesi; pH = 8,3' e kadar titrasyon sonucu bulunan asidite ise fenolftaleinasiditesi olarak tanımlanır.

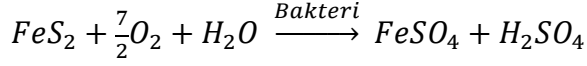
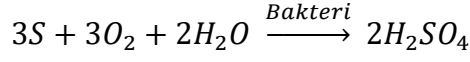
*Asiditenin Kaynakları*

- CO<sub>2</sub> tüm doğal suların normal bileşimidir. Yüzeysel sulara havadan absorpsiyon ile CO<sub>2</sub> girebilir. CO<sub>2</sub> aynı zamanda sularda organik maddenin biyolojik oksidasyonu ile özellikle kirletilmiş sularda bakteriler tarafından da oluşturulabilir. Böyle durumlarda sudaki CO<sub>2</sub>'nin kısmi basıncı, atmosferdeki kısmi basıncını aşabilir ve CO<sub>2</sub> su ortamından havaya kaçmaya başlar. Böylece yüzey suların atmosferle denge oluşturmak üzere, sabit bir şekilde CO<sub>2</sub>absorpladıkları veya verdikleri sonucuna varılır.
- Yeraltı suları ile göllerin hipolimnion tabakasındaki sular çoğunlukla fazla miktarda CO<sub>2</sub> içerirler. Bu CO<sub>2</sub> derişimi, suyun sahip olduğu şartlarda organik maddenin bakteriyel oksidasyonu sonucu oluşur ve atmosfere geçmek üzere serbest halde değildir.
- CO<sub>2</sub> aerobik ve anaerobik bakteriyel oksidasyonunun son ürünüdür. Yer altı sularında 30–50 mg/L CO<sub>2</sub> derişimi olasıdır. Eğer toprakta yeterince CaCO<sub>3</sub> ve MgCO<sub>3</sub> mevcut ise aşağıdaki reaksiyonla CO<sub>2</sub>absorbe edilecektir.

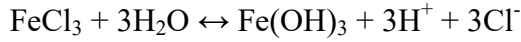


- Mineral asidite endüstriyel atıkların çoğunda mevcuttur. Bazı doğal sularda mineral asidite içerebilir. Terk edilmiş maden yataklarının drenajları ve zayıf maden yataklarından süzölen sular eğer çevrede sülfürler, sülfidler veya demir piritleri mevcut

ise, sülfürik asit veya  $H_2SO_4$  tuzlarını da içerecektir. Bu maddelerin  $H_2SO_4$ 'e ve sülfatlara dönüşümü, aerobik şartlar altında kükürt oksitleyen bakteriler yardımıyla aşağıdaki reaksiyonlara göre oluşur;



- Ağır metallerin tuzları, özellikle  $Fe^{+3}$  ve  $Al^{+3}$  gibi üç değerlikli metal tuzları suda hidrolize olarak mineral asidite oluştururlar.



- Endüstriyel atıkların çoğu organik asitleri içerir. Bu tür asitlerin varlığı ve özellikleri elektrometritrasyon eğrilerinin veya gaz kromatografisinin kullanımı ile belirlenebilir.

### Deneyin Yapılışı

Gerekli olan reaktifler 0,1 N standart NaOH çözeltisi, Fenol ftalein ve metil oranj indikatörleridir. Deney esnasında dönüm noktalarını daha kesin görebilmek için pHmetre de kullanılabilir.

İlk olarak atıksu numuneleri 1/10 oranında seyreltilerek pH ölçümleri yapılır. Seyreltilen numunelerden 50'şer mL alınarak farklı erlenlere konur. Numunelerin üzerlerine birkaçdamla metil oranj damlatılır. Sırasıyla numuneler, bürete alınan NaOH çözeltisi ile titre edilir. Metil oranj dönüm noktası geçildikten sonra fenol ftalein indikatörü damlatılır veya pH:8.3'egelineye kadar titrasyona devam edilir.

### Hesaplamalar

$$\text{Toplam Asidite (mg/L CaCO}_3) = A.N.50000 / \text{mL numune}$$

$$\text{Mineral Asidite (mg/L CaCO}_3) = B.N.50000 / \text{mL numune}$$

A:NaOH sarfiyatı (toplam) B:NaOH sarfiyatı (metil oranj dönüm noktasına)

N:NaOH normalitesi

### ALKALİNİTE

Bir suyun alkalitesi, o suyun asitleri nötrale edebilme kapasitesi olarak tanımlanır. Doğal suların alkalitesi, zayıf asitlerin tuzlarından ileri gelir. Bunların başında yer alan bikarbonatlar, alkalitenin en önemli şeklidir. Birçok madde suyun alkalitesine katkıdabulunur. Alkalitenin en önemli kısmı, 3 tür maddeden ileri gelir. Bunların pH değerlerinin yüksekten düşük oluşuna göre şu şekilde gruplandırabiliriz.

- 1 ) Hidroksitler
- 2 ) Karbonatlar
- 3 ) Bikarbonatlar

Su, hidroksit veya karbonat içerdiği zaman fenolftalein indikatörü ile pembe renk verir. Asitle titrasyonda pembeden renksiz hale geçtiği anda  $pH = 8.2 - 8.3$ 'tür. Metiloranj, bu üç alkaliteden birinin bulunması halinde sarı renk verir, asit mevcudiyetinde ise kırmızıya döner; bu anda  $pH = 4.3$  tür. Karbonat alkalitesi, hidroksit veya bikarbonat alkalitelerinden birisi ile birlikte bulunabilir. Fakat hidroksit ve bikarbonat alkalitesi aynı numunede bir arada bulunamaz.

Titrasyonu takip eden hesaplamalarda **alkalitenin türleri**, kullanılan indikatörlerle sarfedilen asit miktarının alkaliteyi oluşturan iyonlara göre dağılımı yapılarak bulunur. Amerikan literatürüne göre fenolftalein alkalitesi (P) ; metiloranj alkalitesi (M) ; Toplam alkalite de (T) harfiyle gösterilmektedir.

Alkalinite ile ilgili bilgiler, çevre mühendisliği uygulamalarında çeşitli şekillerde kullanılırlar. İçme ve atık suların kimyasal pıhtılaştırma işlemlerinde kullanılan kimyasal maddeler, su ile reaksiyona girerek çözünmeyen hidroksit çökeleklerini oluştururlar. Açığa çıkan hidrojen iyonu, suyun alkalitesi ile tepkimeye girer. Alkalinite, kireç ve soda-kireç yöntemleri ile suların yumuşatılması işlemlerinde gerekli kimyasal madde miktarlarının hesabında önemlidir. Alkalinite, korozyon kontrolünde önemli bir parametredir. Alkalinite, ölçümleri atıksuların ve çamurların tamponlama kapasitelerinin değerlendirilmesinde kullanılır.

### Deneyin Yapılışı

Gerekli olan reaktifler standard  $0.02 N H_2SO_4$  çözeltisi, Fenol ftalein ve metil oranj indikatörleridir.

- 1) 100 ml numune erlene alınır. 3–4 damla fenolftalein çözeltisi konur. Eğer renk pembe oluyorsa renk gidinceye kadar 0.02 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile titre edilir. Asit miktarı kaydedilir. (P, FenolftaleinAlkalinitesi) Pembe renk oluşmamış ise, suyun pH'ı 8.3'den küçüktür ve hidraosit+karbonatalkalinitesi sıfırdır.
- 2) Aynı numuneye 3-4 damla metiloranj damlatılarak tekrar 0.02 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile soğan kırmızısına yakın bir renk oluşuncaya kadar titrasyona devam edilir ve sarfedilen asit miktarı kaydedilir. (M, MetiloranjAlkalinitesi)
- 3) Toplam Alkalinite hesabı için, T = P + M toplamı alınır.

### Hesaplamalar

#### FenolftaleynAlkalinitesi:

$$P \text{ (mg/L CaCO}_3\text{)} = A.N.50000 / \text{mL numune}$$

A: Birinci dönüm noktası sonuna (fenolftalein) kadar sarf edilen toplam H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> miktarı, ml

N= Sülfirik asit çözeltisinin normalitesi.

V= Numune Hacmi, ml

#### Toplam Alkalinite, mg/l CaCO<sub>3</sub> eşdeğeri olarak aşağıdaki formülden hesaplanır:

$$\text{Toplam Alkalinite (T=M+P) (mg/L CaCO}_3\text{)} = A.N.50000 / \text{mL numune}$$

A: İkinci dönüm noktası sonuna (fenolftalein + metiloranj) kadar sarf edilen toplam H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> miktarı, ml

N= Sülfirik asit çözeltisinin normalitesi.

V= Numune Hacmi, ml

SARFIYAT	OH <sup>-</sup> ALKALİNİTESİ	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> ALKALİNİTESİ	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ALKALİNİTESİ
P = 0	0	0	T
P < T/ 2	0	2P	T - 2P
P = T/2	0	2P	0
P > T/2	2P – T	2 (T - P)	0
P = T	T	0	0