

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SAKARYA ÇEVRESİNDEKİ SU ÖRNEKLERİNDE  
BAZI ANYONLARIN TAYİNİNDE İYON  
KROMOTOGRAFİ METODUNUN KULLANILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Şerife AĞAR**

**Enstitü Anabilim Dalı : KİMYA**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Hüseyin ALTUNDAĞ**

**Şubat 2017**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SAKARYA ÇEVRESİNDEKİ SU ÖRNEKLERİNDE  
BAZI ANYONLARIN TAYİNİNDE İYON  
KROMOTOGRAFİ METODUNUN KULLANILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Şerife AĞAR

Enstitü Anabilim Dalı : KİMYA

Enstitü Bilim Dalı : ANALİTİK KİMYA

Bu tez 24/02/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

  
Prof. Dr.  
M. Şahin DÜNDAR  
Jüri Başkanı

  
Doç. Dr.  
Hüseyin ALTUNDAĞ  
Üye

  
Yrd. Doç. Dr.  
Ayşe Bengü SÜNBÜL  
Üye

## **BEYAN**

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Şerife AĞAR

24/02/2017

## TEŞEKKÜR

Tez çalıőmamın baőından sonuna kadar bilgileri, tecrübeleri ve sabrı ile bana yol gösteren, hoőgörülerini ve desteğini esirgemeyen Danıőman Hocam Sayın Doç. Dr. Hüseyin ALTUNDAĞ'a,

Öğrenimimiz boyunca değerli fikirleriyle destek ve yardımlarını gördüğümüz baőta Kimya Bölüm başkanı Prof. Dr. Mustafa şahin DÜNDAR olmak üzere tüm bölüm Öğretim Üyeleri ve Araőtırma Görevlilerine,

Tüm hayatım boyunca beni her konuda koruyup kollayan, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen canım aileme sonsuz teőekkürlerimi bir borç bilir, saygılarımı sunarım.

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	v
TABLOLAR LİSTESİ.....	vi
ÖZET.....	vii
SUMMARY.....	viii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
SU	
2.1. Su hakkında Genel Bilgi .....	3
2.2. Dünya Üzerinde Su.....	3
2.3. Kaynaklarına Göre Su.....	5
BÖLÜM 3.	
ANYONLAR	
3.1. Florür.....	8
3.2. Klorür.....	9
3.3. Bromür.....	9
3.4. Nitrit ve Nitrat.....	10
3.5. Fosfat.....	11
3.6. Sülfat.....	12

## BÖLÜM 4.

### KROMATOĞRAFİ

4.1. Kromatografi.....	14
4.2. Kromatografik Yöntemlerin Sınıflandırılması.....	15
4.2.1. Kolon kromatografisi.....	16
4.2.1.1. Sıvı kromatografisi.....	16
4.2.1.1.1. Adsorpsiyon kromatografisi.....	16
4.2.1.1.2. Dağılma kromatografisi.....	17
4.2.1.1.3. Boyut eleme kromatografisi.....	17
4.2.1.1.4. İyon kromatografisi.....	17

## BÖLÜM 5.

MATERYAL VE METOT.....	20
5.1. Materyaller .....	20
5.1.1. İyon kromatografisi .....	20
5.1.2. İyon kromatografisinde örnek hazırlama basamağı .....	20
5.1.3. İyon kromatografî cihazının kısımları .....	21
5.2. Deneysel Kısım .....	22
5.2.1. Cihaz .....	23
5.2.2. Örnek toplama ve hazırlama .....	23

## BÖLÜM 6.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA .....	24
----------------------------	----

## BÖLÜM 7.

ÖNERİLER .....	31
----------------	----

KAYNAKLAR .....	32
-----------------	----

ÖZGEÇMİŞ .....	36
----------------	----

## SİMGELER VE KISALTMALAR

dk	: Dakika
EC	: Avrupa Birliği
EPA	: ABD Çevre Koruma Ajansı
HPLC	: Yüksek Basınçlı Sıvı Kromatografisi
IC	: İyon Kromatografisi
L	: Litre
mg	: Miligram
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
UV/Vis	: UV Görünür Bölge Spektroskopisi
WHO	: Dünya Sağlık Teşkilatı
µg	: Mikrogram
µm	: Mikrometre

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Günümüze uyarlanmış su çevirimi bileşenlerinin şeması .....	5
Şekil 4.1. Kromatografik yöntemlerin sınıflandırılması .....	15
Şekil 4.2. DIONEX ICS-3000 DC İyon Kromatografisi .....	18
Şekil 5.1. İyon kromatografi cihazının kısımları .....	21

## TABLULAR LİSTESİ

Tablo 5.1. ICS-3000: DIONEX için çalışma koşulları .....	23
Tablo 6.1. Anyonların Analiz Sonuçları (mg/L) .....	25
Tablo 6.2. İçme ve Minarelli Su Kabul Edilebilir Maksimum Kalite Parametresi Değerleri .....	26
Tablo 6.3. Su Kalite Sınıfları .....	27

## ÖZET

Anahtar Kelimeler: İçme suyu, iyon kromatografi, anyon

Su, iyi bir çözücü olması nedeniyle doğada saf olarak bulunmaz, içerisinde az ya da çok oranda çözülmüş maddeler bulunur. Suyun kalitesi, içinde erimiş halde bulunan bu maddelerin cinsine ve miktarına bağlıdır. İçme ve kullanma sularında olduğu gibi tarım ve sanayide kullanılacak sularda da suyun bileşimi oldukça önemlidir. Suda erimiş halde bulunan maddelere tuz adı verilir. Tuzlar, su içinde elektrolit veya dissosiyeye olmuş, iyonlarına ayrılmış durumdadır. Tuzlardan bazılarında anyon adı verilir. Suda bulunan anyonlar çok az miktarlarda bulunabildiği gibi suyun kullanılmasına engel olacak boyutlarda da bulunabilir. Yüksek oranda anyon içeren sular, sulama suyu olarak kullanıldığında, gerekli önlemler alınmazsa, toprağın yapısının zamanla bozulmasına neden olur.

Bu çalışmada Sakarya'dan toplanan 13 farklı su numunesinde yedi farklı anyonun (Florür, Klorür, Nitrit, Bromür, Nitrat, Fosfat ve Sülfat) eş zamanlı analizleri iyon kromatografi metoduyla gerçekleştirilmiştir. Bazı validasyon testleri ve anyonların analizi için optimum koşullar araştırılmıştır. Anyonların analizi seyreltme işleminden sonra örneklerin cihaza enjeksiyonu ile gerçekleştirilmiştir. Cihazın şartları ayarlanıp numuneler okutulmuştur ve sonuçlar kaydedilmiştir. İyon kromatografisi bir çok farklı örnekte bulunan iyonların tayini için mükemmel bir teknik olarak kabul edilmiştir.

# **USE OF ION CHROMATOGRAPHY METHOD ON THE DETERMINATION OF SOME ANIONS IN THE WATER COLLECTED FROM SAKARYA / TURKEY REGION**

## **SUMMARY**

Keywords: Drinking water, ion chromatography, anion

Water, in nature because of the good solvent pure as does, located more or less in proportion to the dissolved substances. The quality of water depends on the type and amounts of these substances in the liquid state. As well as drinking water and water use for use in agriculture, the composition of water to be used in industry is very important. Water is supplied to the salt melt a substance name. Salts, or electrolytes in water that has been dissociated, is divided into ions. The basic salt consists of anions. As the anions can be found with small amounts in the water, they can be found with the amount that can affect the use of the water negatively. When highly anions containing waters were used as irrigation water, they cause deterioration of the structure of the water if any precautions were not taken timely. Because of that reason knowing the anion ingredients of the water which is used for the irrigation is an important issue.

In this study simultaneous analysis of seven different anion (Fluoride, Chloride, Nitrite, Bromur, Nitrate, Phosphate, and Sulfate) in the 13 different water sample collected from Sakarya/Turkey was conducted with ion chromatography method. Analyzes were performed simultaneously using the ion chromatography method. Some validation tests and the optimum conditions for the determination of anions were studied. The analysis of anions was accomplished by the dilution of the sample injection device. Samples were used to adjust the terms of the device and the results were recorded. Ion chromatography (IC) is now considered as an excellent technique for the analysis of ions in many samples.

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

Su yaşamın temel öğelerinden biridir. Su, bir besin maddesi olmasının yanında, içerisinde bulundurduğu mineral ve bileşiklerle vücudumuzdaki her türlü biyokimyasal reaksiyonların gerçekleşmesinde inanılmaz derecede etkin rol oynamaktadır. Vücudumuzun pH dengesinin korunmasından başlayarak, hücrelerdeki moleküllere ve organellere dağılma ortamı oluşturmaya; besinlerin, artık maddelerin ilgili yerlere taşınmasına kadar pek çok görev alır. Bu nedenle susuz hayat düşünülemez. Su canlının ve canlılığın her şeyidir. Su, aynı zamanda canlılar için bir yaşam ortamıdır [1].

Su özellikleri itibariyle yalnız canlı çevre üzerinde değil, cansız çevre üzerinde de oldukça etkili bir maddedir. Kayaların fiziksel olarak parçalanarak toprağın oluşması, içindeki maddelerin çözünerek toprağın verimli hale gelmesi, bitkilerin ortaya çıkması, kökten dallardaki yapraklara kadar gerekli yapı taşlarının taşınması ve fotosentez gibi doğa olayları su sayesinde gerçekleşmektedir [2].

Su insan sağlığı açısından en önemli çevresel etkenlerden biri olduğu için, su analizi ile suyun sağlıklı olup olmadığı ve içerdiği mineraller açısından sağlığa uygun olup olmadığı kontrol edilmelidir. Doğadaki sulara yabancı madde, çözülmüş tuzlar, gazlar, kimyasal bileşikler, hastalık yapan veya yapmayan organizmalar, toprak, kil vs. bulunur. Bunların bir kısmı mikroskopla ve bakteriyolojik, bir kısmı da kimyasal deneylerle, bir kısmı gözle, bir kısmı da tat ve kokularıyla teşhis edilebilir. Bu işlemlere su analizi denilir [3].

Anyonlar, asitlerin ve tuzların iyonlaşmaları sonucu oluşan eksi yüklü iyonlardır. Florür, klorür, bromür, iyodür ve sülfürün dışındaki anyonlar birden fazla elementin kimyasal olarak bir araya gelmesiyle oluşmuştur.

Bu anyonların kararlılığı ve tepkimeye girme yatkınlıkları farklıdır. Ancak genel olarak anyonların katyonlardan daha reaktif olduğu söylenebilir [4,5].

İyon kromatografisi, iyon değiştirme reçineleri tarafından iyonları ayırma ve tayin etme metodudur. Anyonları ayırmak için anyon değiştirme reçineleri, katyonları ayırmak için katyon değiştirme reçineleri kullanılır. Katı bir maddenin yapısında bulunan iyonların, bu katı maddenin temasta olduğu bir çözelti içindeki aynı cins yüklü olan başka iyonlarla bir dengeye göre değiştirilmesi özelliğine dayanır. Kullanılan bu katı maddeler, çözelti ortamında çözünmeyen büyük moleküllü maddelerdir.

İyon değiştirici kromatografisi yönteminde, istenen iyonların ayrılması bir kolon ile gerçekleştirildikten sonra kolonun yıkandığı çözeltinin iyonları ikinci bir kolon yardımıyla tutulur. Hareketli faz HCl gibi bir asit çözeltisi ise, ikinci kolonda hidroksit halindeki bir anyon değiştirici kullanılır. Böylece  $H^+$  iyonu ikinci kolonda  $Cl^-$  ile yer değiştiren  $OH^-$  iyonu ile tepkimeye girerek su oluşturur. Böylece hareketli fazın  $H^+$  ve  $Cl^-$  iyonları giderilmiş olur ve ikinci kolondan sadece daha önce birinci kolonda birbirinden ayrılmış katyonlar çıkar. İyon kromatografisi adı verilen bu yöntem ile, bir anyon değiştirici kolonun NaOH gibi bir baz çözeltisi ile yıkanması sonucu birbirinden ayrılan anyonlar da hareketli fazdaki  $Na^+$  ve  $OH^-$  iyonlarından arındırılabilir. Bunun için ikinci kolonda asit haline getirilmiş bir katyon değiştirici reğine kullanılır. Hareketli fazdaki  $Na^+$  iyonları, kolondaki  $H^+$  iyonlarının yerine geçerek tutulurlar. Bu işlem sonucu açığa çıkan  $H^+$  iyonları da,  $OH^-$  iyonlarını suya dönüştürerek uzaklaştırırlar [6].

## **BÖLÜM 2. SU**

### **2.1. Su Hakkında Genel Bilgi**

Hayatın varlığı ve sürdürülmesi için vazgeçilmez olan suyun sağlığa uygun olması önemlidir. Su analizi ile sağlığa uygunluğunun saptanması hem içme hem de kullanma suları için gerekmektedir. Sağlığa uygun su, renksiz, kokusuz, tadı hoş, berrak, nötr ya da hafif bazik olur. Organik madde, amonyak, nitrit, nitrat, deterjan içermez; kurşun, arsenik, kadmiyum, siyanür, krom, civa, nikel gibi ağır metalleri, pestisitleri ve polisiklik aromatik hidrokarbonları içermez. Suyun bakteriyolojik analizinde E.Coli ve koliform bakteriler olmamalıdır. Fakat suda olmaması gerekenlerin yanında olması gerekenler de vardır. Örneğin kalsiyum, fosfor, sodyum, potasyum, demir, çinko, bakır, krom, iyot, selenyum ve magnezyum gibi vücuda gerekli olan minerallerin ise uygun miktarda bulunması istenir [7].

### **2.2. Dünya Üzerinde Su**

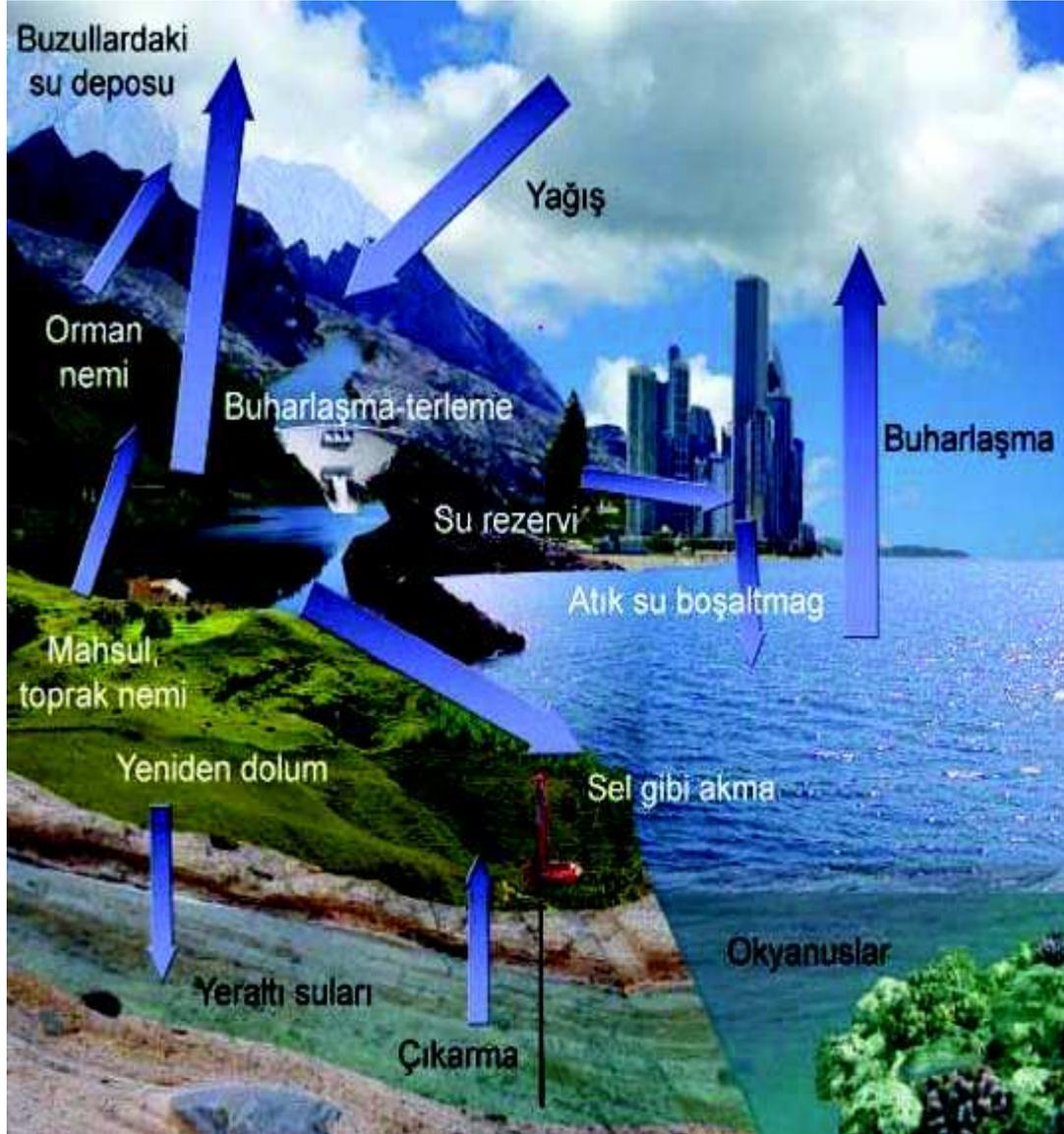
Dünya'daki su doğal olarak farklı şekillerde ve yerlerde bulunur: Havada, yüzeyde, yer altında ve okyanuslarda. Tatlı su Dünya'daki suyun sadece %2.5'lik kısmını oluşturur ve bunun çoğu buzullar ve buz tabakaları içerisinde donmuş haldedir. Kalan donmamış haldeki tatlı su başlıca yeraltı suyu olarak bulunur, sadece küçük bir kısmı yer üstünde ya da hava da bulunur. Suyun Dünya'daki su döngüsü içerisinde nasıl hareket ettiğini incelemek, çevre ile nasıl etkileşim içinde olduğunu ve insan kullanımını için ne kadar bulunduğunu anlamamıza yardımcı olur. Yağış – yağmur, kar, çığ vb. – su kaynaklarının yenilenmesinde, yerel iklim koşullarını ve biyolojik çeşitliliği tanımlamada anahtar rol oynar.

Yerel koşullara bağlı olarak yağış, nehirleri ve gölleri besleyebilir, yer altı sularını yeniden doldurabilir ya da buharlaşma ile havaya geri dönebilir.

Buzullar suyu kar ve buz olarak depolar, çeşitli miktarlarda suyu mevsime bağlı olarak yerel akıntılara bırakırlar. Fakat bir çoğu iklim değişikliğinin sonucu olarak azalmaktadır. Nehir havzaları su kaynaklarının yönetimi için kullanışlı birer “doğal birim” olup, bir çoğu birden fazla ülke tarafından paylaşılmaktadır. En büyük nehir havzaları arasında Amazon ve Kongo Zaire havzaları bulunmaktadır.

Nehir akışları mevsimden mevsime ve bir iklim bölgesinden diğerine büyük ölçüde değişebilir. Göller büyük miktarlarda su depoladığı için, nehirlerde ve derelerde akan su miktarındaki mevsimsel farkları azaltabilirler. Sulak araziler – bataklıklar, taşkına uğrayan düşük rakımlı topraklar ve kıyı gölleri dahil – dünya yüzeyinin %6’dan fazlasını kaplamakta ve yerel ekosistemlerde ve su kaynaklarında anahtar rol oynamaktadırlar. Bunların birçoğu yok edilmiş fakat kalan sulak araziler hala su baskınlarını önlemede ve nehir akışlarını artırmada önemli rol oynayabilirler.

Donmamış haldeki tatlı suyun neredeyse tamamı yerin altında yeraltı suyu olarak bulunur. Genellikle yüksek kalitede olan yeraltı suyu çoğunlukla içme suyu sağlamak ve kuru iklimlerde çiftçiliği desteklemek için çekilmektedir. Yeraltı suyu doğanın yeniden doldurabileceğinden daha hızlı çekilmediği sürece kaynak yenilenebilir sayılır, fakat bir çok kuru bölgede yeraltı suyu kendini yenilemez ya da çok yavaş biçimde yeniler. Az sayıda ülke yeraltı suyunun kalitesini ya da kullanılan oranı ölçmektedir. Bu da suyun yönetilmesini zorlaştırmaktadır [8].



Şekil 2.1. Günümüze uyarlanmış su çevrimi bileşenlerinin şeması [8].

### 2.3. Kaynaklarına Göre Su

Sular, kaynaklarına göre, yüzeysel sular (dere, çay, nehir, göl, baraj vb.) ve yeraltı suları olarak iki grupta incelenebilir.

**Yüzeysel Sular:** Yeryüzüne düşen yağmurlar ve eriyen karlar nehirlerde, göllerde ve çeşitli yataklarda toplanarak yüzey sularını oluşturur. Yüzeysel sular; deniz suları, akarsu, göl ve baraj rezervuarlarındaki sulardır.

Yüzeysel sular; kalitelerine göre yüksek kaliteli, az kirlenmiş, kirli ve çok kirlenmiş su olmak üzere dört sınıfta değerlendirilir.

-Yüksek Kaliteli Sular (I. Sınıf)

- a) Yalnız dezenfeksiyon ile içme suyu olarak,
- b) Rekreatif amaçlar için, (yüzme gibi vücut teması gerektirenler)
- c) Alabalık üretimi için,
- d) Hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı için kullanılan sulardır.

-Az Kirlenmiş Sular (II. Sınıf)

- a) İleri veya uygun bir arıtma ile içme suyu olarak,
- b) Rekreatif amaçlar için,
- c) Balık üretimi için, (Alabalık hariç),
- d) Sulama suyu olarak,
- e) Birinci sınıf sular dışında kalan diğer kullanımlar için kullanılan sulardır.

-Kirlenmiş Sular: (III. Sınıf) Gıda, tekstil gibi kaliteli su gerektiren sanayiler hariç, uygun bir arıtmadan sonra sanayide kullanılan sulardır.

-Çok Kirlenmiş Sular: (IV. Sınıf) Yukarıda açıklanan sular dışında kalan kalite olarak düşük kalitedeki sulardır.

Yeraltı Suyu: Yeraltı suyu, yer kabuğundaki geçirimli jeolojik ortamın doygun bölgesinde bulunan ve kaynakları akarsu, göl ve deniz gibi su kütlelerini besleyen sudur.

Yeraltı suları kalitelerine göre üç sınıfta ele alınmıştır.

-Yüksek Kaliteli Yeraltı Suları: (I. Sınıf) İçme suyu ve gıda sanayi olmak üzere her türlü amaç için kullanılabilen yeraltı sulardır. Gerekli görüldüğünde, dezenfeksiyon yapılır. Yalnızca havalandırma ile gerekli oksijen sağlanıyorsa bu gibi sularda I. sınıf yeraltı suyu olarak kabul edilir.

- Orta Kaliteli Yeraltı Suları: (II. sınıf) Arıtma işleminden sonra içme suyu olarak kullanılabilir. Bu sular tarımsal su ve hayvan sulama suyu veya sanayide soğutma suyu olarak herhangi bir arıtma işlemine gerek duyulmadan kullanılabilir.

- Düşük Kaliteli Yeraltı Suları: (III. sınıf) Bu suların kullanım yeri, ekonomik, teknolojik ve sağlık açısından sağlanabilecek arıtma derecesi ile belirlenir [9].

## BÖLÜM 3. ANYONLAR

### 3.1. Florür

Florür, hidroflorik asidin anyonudur. Bu asit 194 derecede buharlaşan, keskin kokulu ve oldukça zehirlidir. Öteki halojenlerin tersine orta kuvvette bir asittir. Gümüşün AgF bileşiği kolay çözünürken gümüşün diğer halojenlerle oluşturduğu bileşiklerinin sudaki çözünürlükleri çok azdır [10].

İnsanın yapısında bulunan florürün (F<sup>-</sup>) esas kaynağı yiyecek ve içeceklerdir. Yiyeceklerdeki konsantrasyon düşük miktardadır ve dolayısıyla asıl kaynağı sudur. F<sup>-</sup> hem yüzey hem de yeraltı sularında mevcuttur. Yeraltı sularındaki doğal F<sup>-</sup> konsantrasyonu suyun kaynaklandığı bölgenin jeolojik, kimyasal ve fiziksel özellikleri, toprağın içeriği, pH' ı ve ısı gibi faktörlere bağlı olarak litrede 1 ile 25 mg gibi geniş limitler içinde değişmektedir. Sindirim ya da solunum yoluyla alınan F<sup>-</sup> hepsi absorbe edilemez. Absorbe edilenlerin bir kısmı, yarısı idrarla olmak üzere, dışkı ve tükürük ile atılır. İçme suyu kaynaklarındaki düşük F<sup>-</sup> düzeyi ile diş çürükleri arasında bir ilişki bulunurken, yüksek F<sup>-</sup> düzeylerinde ise F<sup>-</sup> iyonu konsantrasyonundaki artışa paralel olarak artan bir şekilde fluorosise neden olduğu saptanmıştır. Florürün diş ve kemiklerin kristal yapısının dayanıklılığını arttırıcı etkisi olduğu gibi kalsiyum ve fosfor gibi ihtiyaç halinde geri çözülmesi yoktur. Dişleri asit etkisinden koruyarak dişlerin de mineralize olmasını, çürük oluşmasını önler. Ayrıca kemiklerde kalsiyumu tutarak kalsiyum kaybına engel olur. Kesinleşmemiş olmakla birlikte büyümeye etkisi olduğu, demirin emilimini arttırdığı, kandaki alyuvar hücrelerinin üretimine katkı sağladığı düşünülmektedir [11,12].

### 3.2. Klorür

Klorür, hidrojen klorürün sudaki çözeltisi olan hidroklorik asidin (HCl) bir anyonudur. Doğada en çok bulunan halojen klorürdür. Klor klorür iyonundan başka hipoklorit ( $\text{ClO}^-$ ), klorit ( $\text{ClO}_2^-$ ), klorat ( $\text{ClO}_3^-$ ) ve perklorat ( $\text{ClO}_4^-$ ) anyonlarını da verir. Klorürün  $\text{AgCl}$ ,  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{PbCl}_2$  ve  $\text{Cu}_2\text{Cl}_2$  tuzlarıyla Bi, Sb, Sn'nin bazik tuzlarının dışındaki bütün tuzlar suda çözünür [13].

Klorür ( $\text{Cl}^-$ ) anyonu vücutta en fazla bulunan hücre dışı anyondur. Diyetle alınan  $\text{Cl}^-$  iyonunun çoğu bağırsakta absorbe edilir ve idrarla da atılarak vücut içerisindeki düzeyi kontrol edilir. Anormal  $\text{Cl}^-$  düzeyinin en önemli nedeni serum  $\text{CO}_2$  düzeyindeki değişikliktir. Metabolik asidoz durumunda ya da respiratuar alkalozun metabolik kompanzasyonunda serum  $\text{CO}_2$  düzeyi düşer ve bu duruma cevap olarak  $\text{Cl}^-$  düzeyi artar. Buna karşılık tersi durumlarda da (metabolik alkaloz ya da respiratuar asidozun metabolik kompanzasyonu) vücut  $\text{CO}_2$  düzeyi artarken serum  $\text{Cl}^-$  düzeyi düşer. Aşırı kusma ya da tuz kaybına yol açan böbrek hastalıklarında serum  $\text{Cl}^-$  düzeyinde düşme görülür. Bu durum klinik olarak kalıcı bir metabolik alkaloz durumuna yol açabilir ve oldukça önemlidir.  $\text{Cl}^-$  ölçümünden en çok anyon açığının hesaplanmasında faydalanılmaktadır. Bu test vücutta normalde bulunmayan bazı anyonların varlığının araştırılmasında uyarıcı bilgiler verir [14].

Vücuda alınan klorür anyonlarının bir diğer kaynağı da içme suyunu dezenfekte amaçlı klor kullanımıdır. Klor suya genellikle sıvı (Sodyum hipoklorit), gaz (saf klor) formunda kullanılmaktadır [15].

### 3.3. Bromür

Bromür,  $\text{HBr}$ 'ün sudaki çözeltisi olan hidrobromik asidin ( $\text{HBr}$ ) bir anyonudur. Kuvvetli bir asittir. Bromürün  $\text{AgBr}$ ,  $\text{Hg}_2\text{Br}_2$ ,  $\text{PbBr}_2$  ve  $\text{Cu}_2\text{Br}_2$  tuzları suda çözünmezken genellikle diğer tuzları suda çözünür [13].

Brom, klorür iyonu ile birlikte bromür iyonu ( $\text{Br}^-$ ) halinde daha çok tuzlu sularda (deniz sularında yaklaşık olarak %0.01 kadar) ve bazı endüstri atıklarının karıştığı sularda bulunur. Doğal sularda ancak izlenebilecek miktarda bulunabilir. Kıyı kesimlerinde açılan kuyu sularında, deniz suyunun kuyu suyuna karışması ile çeşitli miktarda bromüre rastlanır. Normal koşullarda içme sularında bulunan bromür miktarı ender olarak 1 mg/L değerini aşar.

Bromürler, özellikle potasyum bromür ( $\text{KBr}$ ) tıpta kullanılır. 1857 yılında Charles Locock tarafından bromürlerin merkezi sinir sistemine depresif etkisinin olduğu keşfedildi. Bromürler yaygın olarak uzun yıllar bilhassa epilepsi hastalığında kullanıldı. Fakat bugün bromürler yerini daha etkili ilaçlara terk etmesine rağmen hâlâ baş ağrıları için kullanılmaktadır. Vücut üzerine bromürlerin genel etkisi rahatlama şeklindedir. İlacın aktif kısmı olan  $\text{Br}^-$  iyonlarının etki etme tarzının nasıl olduğu gerçek olarak bilinmemektedir [16].

### 3.4. Nitrit ve Nitrat

Nitrit iyonu, nitroz asidin ( $\text{HNO}_2$ ) anyonudur. Bu asit saf hâlde bulunmaz ancak sulu ortamda soğukta bulunur. Kolaylıkla anhidritine parçalanır. Diazot trioksit ancak düşük sıcaklıklarda kararlıdır, oda sıcaklığında parçalanır. Nitritler, nitroz asitten daha kararlıdır. Gümüş nitrit hariç hemen hemen bütün nitritler kolay çözünür.  $\text{AgNO}_2$  ise ısıtıldığında kolaylıkla çözünür. Nitritlerin bazı kompleks bileşikleri suda az çözünür [17].

Nitrit tuzları endüstride korozyonu engelleyici madde olarak kullanılır. Suda nitritin ( $\text{NO}_2^-$ ) bulunması organik kirlilikle etkilenen aktif biyolojik proseslerin işaretidir. Sodyum ve potasyum nitrit koruyucu olarak et ürünlerine ilave edilebilir. Nitritler endüstri ve lağım suları ile deşarj edilir. Yüksek  $\text{NO}_2^-$  konsantrasyonu genellikle endüstriyer döküntünün belirtisidir. Patlayıcı madde imalatı ve madencilikte kullanılması önemli nitrit kaynakları olabilir. Nitritler hayvanların içkembesinde ve yeni hasat edilmiş saman veya ıslak yemlerde oluşabilir.

Çünkü organik azotların ara oksidasyon ürünüdür. Oksitleyici koşullarda nitrit nitrata dönüştüğünden, atmosferdeki nitrit konsantrasyonu muhtemelen son derece düşük olacaktır. Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) iyonu nitrat iyonuna kıyasla daha az kararlıdır. Çünkü nitritler hızla nitratlara yükseltgenir ve çok nadir olarak yüzey sularında yüksek konsantrasyonlarda bulunur [18].

Nitrat iyonu, nitrik asidin ( $\text{HNO}_3$ ) anyonudur. Bu asit, oldukça kuvvetli bir mineral asittir. Aynı zamanda oldukça kuvvetli bir yükseltgendir. Bu nedenle HCl ve  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 'ün çözemediği birçok metal ve alaşımı çözmeye nitrik asit kullanılmaktadır. Bu tür tepkimelerde nitrik asit genellikle  $\text{NO}_2$  ve NO'e indirgenmektedir. Derişik nitrik asitle indirgenme ürünü genellikle  $\text{NO}_2$ , seyreltik asitte ise NO'dur. Bazen indirgenme azot ve amonyak gazına kadar da gitmektedir. Bütün nitrat tuzları suda kolay çözünür [17].

Nitratın akut toksitesi çok seyrek görülmektedir. Çoğu olguda meydana gelen bulgular nitratın nitrite indirgenmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Yetişkinlerde 8-15 g sodyum veya potasyum nitrat alınmasını takiben aniden ortaya çıkan şiddetli gastroenterit, karın ağrısı, idrar ve gaytada kan, halsizlik ve kollaps görülebilir. Ayrıca nitratın indirgenmesiyle meydana gelen nitritin endojen nitrozasyonu karsinojenik N nitrozo bileşiklerini meydana getirilebileceğinin öne sürülmesi, nitratın olası bir karsinojenik etkiden sorumlu olduğunu düşünülmesine sebep olmuştur [19].

Nitrit ve nitrat zirai ilaçlamalar, endüstriyel ve evsel atıklar sonucunda yer altı ve yer üstü su kaynaklarını kirleten en yaygın bileşiklerdir Bu nedenle biyolojik sıvılarda, yiyeceklerde ve çevresel örneklerde insan sağlığı için bu anyonların tayini son derece büyük önem taşımaktadır [20].

### 3.5. Fosfat

Fosfor elementi, çok bilinen dört çeşit fosfat asidini meydana getirir. Bunlar ortofosforik asit  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , metafosforik asit  $\text{HPO}_3$ , pirofosforik asit  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$  ve fosforöz

asit  $H_3PO_3$  tür. Fosfat anyonu suda hidroliz olur. Çözeltileri bazik özellik gösterir [10].

Erişkin insan vücudunda yaklaşık 600 gram fosfor (P) bulunur. Toplam vücut fosforunun %85' i kemikte kristaloid yapıda % 15' i ekstraselüller sıvıda inorganik  $PO_4^{3-}$  esterleri olarak bulunur. Ekstraselüller sıvıda bulunan fosfor, iyonize, proteine bağlı ve kompleks yapıda olmak üzere üç fraksiyonda bulunur. Serum inorganik  $PO_4^{3-}$  %10' u proteinlere bağlı, %35' i sodyum, kalsiyum ve magnezyum ile kompleks yapıda ve geriye kalan % 55' lik kısım ise iyonize olarak bulunur. Fizyolojik pH'da serum inorganik fosfatın %90'ı filitasyona uğrayabilir. Serum kalsiyumunun çok dar sınırlarda düzenlenmesine rağmen serum fosfor konsantrasyonu yaş, cinsiyet, diyet ve pH'a bağlı olarak daha geniş sınırlarda düzenlenir. Normal mineralizasyon için serum fosfor konsantrasyonu normal sınırdadır. Ekstraselüller sıvıda yaklaşık 550 mg  $PO_4^{3-}$  bulunur. İncebağırsaklar, kemik ve yumuşak doku ekstraselüller  $PO_4^{3-}$  dengesinin korunmasını sağlar. Diyet ile alınan fosforun üçte ikisi gastrointestinal sistemden absorpsiyona uğrar. Gastrointestinal sistemden absorbe edilen fosfor günlük gereksinimin üzerinde olup, fazlalık idrar ile atılır. Fosforun gastrointestinal sistemden emiliminin düzenlenmesi kalsiyum emiliminin düzenlenme mekanizmasından daha zayıftır [21].

### 3.6. Sülfat

Sülfat anyonu sülfürik asidin bir anyonudur. Sülfürik asit kükürt trioksit gazının suda çözünmesi ile oluşur. Sülfürik asit sulu ortamda iyonlaşır [22].

Sülfatlar, doğada bulunan ağır metal sülfürlerinin atmosferik olayların etkisiyle kısmen oksitlenerek suda çözünmesinden oluşmuşlardır. Büyük kısmı sedimentar kayalardan çözünse de doğada en yaygın olan minerali jibstir. Sülfat tuzları (baryum, stronsiyum ve kurşun sülfat hariç) suda çözünürler. Çözünmüş sülfatlar sülfüre indirgenebilir veya hidrojen sülfür halinde buharlaşarak havaya verilir. Bir diğeri çözünmeyen bir tuz olarak çökebilir veya canlı organizmalarla birleşebilirler. Değişik sanayilerden atılan atıklarda sülfat suya verilir.

Minerallerin kavrulması işleminden  $\text{SO}_4^{2-}$  fosil yakıtların yanmasıyla atmosferik kükürt dioksit meydana gelir. Kükürt, kükürt trioksit ( $\text{SO}_3^{2-}$ ) in katalitik oksitlenmesiyle meydana gelir ve su buharıyla birleşerek  $\text{H}_2\text{SO}_4$  oluşturur. Bu da asit yağmuru veya karı şeklinde yere iner. Suda sülfat genellikle yüksek konsantrasyonlarda bulunabilir. Çünkü kayalardan çözünebilir katyonlar genellikle sülfatla, suda çözünebilir bileşikler verirler [23].

## BÖLÜM 4. KROMATOĞRAFI

### 4.1. Kromatografi

Genel bir tanım olarak kromatografi, akış halindeki gaz veya sıvı bir fazla birlikte (hareketli faz) karışımındaki bileşenlerin, durgun faz (sabit faz) üzerinden geçirilip, bileşenlerin alıkonma sürelerine bağlı olarak ayırımların gerçekleştirildiği güçlü bir analitik yöntemdir.

Kromatografi 1903 yılında Rus bilim adamı Tswett tarafından keşfedilmiştir. Tswett bitki pigmentlerini ayırmak için kromatografiyi kullanmıştır. Yaptığı çalışmada toz kalsiyum karbonat ile doldurulmuş bir cam kolon kullanmıştır. Bu cam kolondan bitki pigmentlerini içeren çözeltiyi geçirerek klorofil ve ksantofil gibi birçok bitki pigmentini ayırmayı başarmıştır. Ayrılan maddeler kolonda renkli bantlar halinde gözüktüğü için yönteme kromatografi adını vermiştir. Yunanca’ da chroma “renk” ve graphein “yazmak” anlamına gelmektedir [24].

Kromatografi tekniğinin temelinde üç ana unsur yer alır.

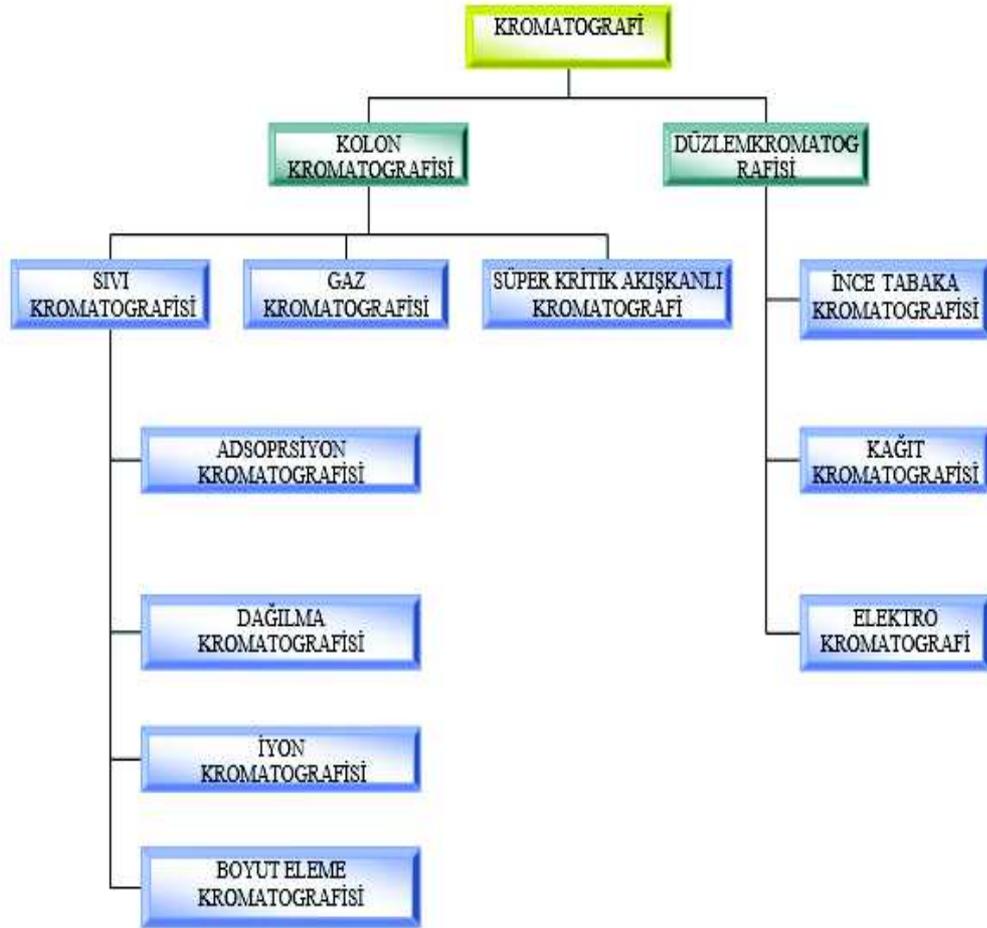
- a) Sabit faz: Kromatografide, bir kolon içerisine veya düz bir yüzeye tutturulmuş faza, sabit faz ( hareketsiz faz; durgun faz; stasyoner faz) denir. Bu faz daima bir “katı” veya bir katı destek üzerine emdirilmiş bir sıvı tabakasından” oluşur.
- b) Hareketli faz: Sabit fazın üzerinden veya arasından geçen faza ise hareketli faz (sürükleyici faz, mobil faz) denir. Bu faz daima bir “sıvı” veya “gazdan” oluşur.
- c) Sabit faz, hareketli faz ve karışımında yer alan maddeler arasındaki etkileşimin türü: Kromatografi de “yüzey tutunması veya adsorpsiyon” ile “çözünürlük” olguları temel etkileşim türlerini oluştururlar [25].

## 4.2. Kromatografik Yöntemlerin Sınıflandırılması

Kromatografi uygulama ortamı açısından iki sınıfa ayrılır;

- Kolon Kromatografisi
- Düzlem Kromatografisi

Kolon kromatografisinde, sabit faz yüksek basınca dayanıklı bir kolona tutturulur ve hareketli faz basınç altında, bu sabit faz arasından geçmeye zorlanır. Düzlem kromatografisinde, sabit faz düz bir plaka üzerine veya bir kağıdın gözenekleri arasına tutturulur ve hareketli faz durgun faz arasından kapiler etkisiyle veya yer çekimi etkisiyle hareket eder. Şekil 4.1.'de kromatografik yöntemlerin sınıflandırılması verilmiştir [24].



Şekil 4.1. Kromatografik yöntemlerin sınıflandırılması [24].

#### 4.2.1. Kolon kromatografisi

Kolon kromatografisi ilk uygulanan kromatografik yöntemdir ve kromatografinin başlangıcıdır. Bu kromatografide sabit faz olarak silikajel ( $\text{SiO}_2$ ), selüloz, alüminyumoksit ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), zeolit, kalsiyumkarbonat v.b.gibi aktif yüzeyli maddeler, hareketli faz olarak da organik çözücüler kullanılır. Bu yöntemde ayrımı yapılacak karışım uygun bir çözücüde çözülerek bir kolon içine doldurulmuş katı sabit fazdan geçirilir. Kolonda bileşenler sabit faz tarafından adsorblanırlar. Sonra ayrılacak karışımın çözüldüğü çözücü yada farklı polaritedeki çözücü veya çözücü karışımları kolondan geçirilerek bileşenler kolonun altından ayrı ayrı alınır. Çözücüsü buharlaştırılarak saf madde elde edilir [26].

##### 4.2.1.1. Sıvı kromatografisi

Eğer sabit faz dolgu maddesi üzerinde yayılmış bir sıvı film ise yöntem sıvı-sıvı kromatografisi denir. Bileşenler, sabit ve hareketli faz arasındaki farklı dağılma eğilimlerine göre birbirlerinden ayrılırlar. Bu yöntemde hem sabit faz, hem de hareketli faz birbiriyle karışmayan, polarlıkları farklı iki sıvıdır.

Sabit faz, bir sıvı ile kaplanmamış katı dolgu maddesi ise yöntem, sıvı-katı kromatografisi adını alır. Bileşenlerin katı yüzeydeki farklı adsorpsiyon ilgilerinden ötürü ayırma gerçekleşir [27].

##### 4.2.1.1.1. Adsorpsiyon kromatografisi

Katı veya sıvı moleküllerin, sıvı veya gaz moleküllerini çekim kuvvetleri yardımıyla yüzeyde tutmasına adsorpsiyon denir. Burada sözü edilen adsorpsiyon fiziksel adsorpsiyondur. Zayıf Van der waals, elektrostatik çekimler ve dipol-dipol etkileşimlerine dayanır, tersinirdir.

Bu kromatografi mekanizmasında sabit faz aktif yüzeyli bir katıdır. Katılar yüzey enerjilerini azaltmak amacıyla çevrelerindeki maddeleri kendilerine doğru çekerler ve bunları yüzeylerinde tutarlar. Bu tür kromatografide karışımın bileşenlerine

ayrılması, sabit katı fazın tutucu kuvvetiyle, hareketli fazın itici kuvveti arasındaki yarışa bağlıdır. Sabit faz yüzeyine az tutunan bileşen, hareketli fazla daha çok etkileşeceğinden kolonu daha önce terk edecektir. Diğer yandan sabit faz ile çok etkileşen bir bileşen ise katı yüzeyine daha kuvvetlice tutunarak hareketli faz tarafından daha az sürüklenerek ve kolonu daha geç terk edecektir. Şeker, nişasta, selüloz, kalsiyum karbonat, magnezyum sülfat, alümina, silika jel ve kil gibi birçok madde adsorban katı faz olarak kullanılabilir. Hareketli faz olarak ise alkol, aseton, kloroform gibi bütün organik çözücüler kullanılabilir. Sabit ve hareketli fazın seçimi, ayırımı yapılacak bileşiklerin polaritesine kimyasal özelliklerine bağlı olarak yapılır. Genelde polar maddeler için polar çözücüler apolar maddeler için apolar çözücüler kullanılır [25].

#### **4.2.1.1.2. Dağılma kromatografisi**

Dağılma kromatografisinde; maddeler sıvı olan sabit faz ile sıvı veya gaz olan hareketli faz arasında dağılır. Birbiriyle karışmayan iki sıvıdan, yani iki fazdan oluşan bir faz sistemi içine konulan madde bu sıvılardaki çözünürlüğüne bağlı olarak iki faz arasında dağılır ve dengeye ulaşır [28].

#### **4.2.1.1.3. Boyut eleme kromatografisi**

Jel-geçirgenlik veya jel-süzme kromatografi adı verilen boyut-eleme kromatografisi, özellikle yüksek mol kütleli türlere uygulanabilen güçlü bir tekniktir.

Boyut-eleme kromatografisi için dolgu maddeleri, çözünen madde ve çözücü moleküllerinin içine difüzlenebileceği düzgün bir gözenek ağı içeren küçük boyutlu silis veya polimer partiküllerden meydana gelmiştir [29].

#### **4.2.1.1.4. İyon kromatografisi**

İyon-değiştirme kromatografisi çoğu zaman iyon kromatografisi (IC) olarak kısaltılır. İyon değiştirici reçinelerin kullanımına dayanan iyonların ayrılması ve tayini için modern ve etkili bir yöntemdir. İyon kromatografisi ilk olarak anyon-değiştirici veya

katyon-değiştirici reğine ile doldurulmuş yüksek basıncılı sıvı kromatografisi (HPLC) kolonlarında anyon ve katyon karışımlarının kolaylıkla ayrılabilceğinin farkedildiği 1970’li yılların ortalarında geliştirilmiştir. O yıllarda ölçümler genellikle iletkenlik dedektörüyle yapılıyordu. Günümüzde, iyon kromatografisi için başka dedektörler de mevcuttur [30].



şekil 4.2. DIONEX ICS-3000 DC İyon kromatografisi [30].

Baskılayıcı kolon esaslı (suppressed) ve baskılayıcı kolon bulunmayan veya tek kolonlu (non-suppressed) modlarında gelişme gösteren iyon kromatografisi genel sınıflandırma içerisinde sıvı-sıvı kromatografik teknikler içerisine girmektedir. Birçok basit inorganik anyon ve katyonun eşzamanlı tayini için ilk kez güvenilir ve kesin bir yöntem sağladığı için, iyon kromatografisi çok hızlı gelişim göstermiştir. İyon kromatografisi, çevresel ve endüstriyel uygulamalar, gıda ve klinik ve farmakolojik uygulamalar için oldukça yararlı bir tekniktir [31].

Asit ve bazların iyon değişim kromatografisi sisteminde iyonlaşması mobil fazın pH’ının değişimiyle ayarlanabilir. pH ‘taki artış asitlerin iyonlaşmasını arttırırken bazların azaltır ve pH değişimindeki azalım durumu tersine çevirir. İyonlaşmadaki artış her durum için örneğin tutulma süresini arttırır.

Sıvı kromatografisinde birçok iyon değiştirici, fonksiyonel grup içeren polimerik sabit fazdan oluşur. (katyon değiştiriciler için  $-SO_3$  grubu ve anyon değiştiriciler için  $-N(CH_3)^{3+}$  grubu) Diğer dolgular ise silika yüzeyine organik bağlayıcılar ile tutunmuş fonksiyonel gruplardır. Her iki durumda iyon değiştirici tarafından tutunma işlemi iki sıralı prosesin sonucu sayılabilir:

- a) rnek bileşenlerinin mobil faz ve sabit faz arasında dağılımı,
- b) İyonik bölgelerle sabit faz arasındaki reaksiyon.

rnek tutulumu, her iki prosese de bağlıdır ve ayırma kontrolü her iki prosesi ayrı etkileyen deneysel faktörler bağlamında anlaşılabilir. İyon değişim kromatografisinde örneğin dağılım ve ayrımı mobil ve sabit fazda var olduğu için, iyonik olmayan bileşenler bile iyon değişim kromatografisi kolonlarında tutulup ayrılabilir [32].

Kromatografinin en önemli kısmı analitik kolondur. Uygun sabit faz seçimine ek olarak uygun kromatografik parametrelerin seçimi analizlerin kalitesini belirler. Kolon gövdeleri inert materyallerden yapılır ve genellikle oda sıcaklığında çalıştırılırlar. Karbonhidrat ve aminoasitlerin analizi gibi bazı durumlarda yüksek sıcaklıklarda kolonun sıcaklığının termostat ile kontrol edilmesi gerekir. Analiz edilen türlerin miktarını ve türünü belirlemeye yarayan dedektörün performansını artırmak amacıyla aşağıdaki kıstaslar göz önünde bulundurulmalıdır:

Doğrusallık

- a) Ayrım
- b) Gürültü

İyon kromatografide en geniş uygulaması bulunan dedektör iletkenlik dedektörüdür. Bu tayin sistemi genellikle baskılayıcı kolon içermektedir. Baskılayıcı kolon analit iyonlarını etkilemez. Sadece hareketli fazdan gelen iletkenliği kapatarak dedektör duyarlılığını artırır. İletkenlik dedektörüne ek olarak, UV/Vis, amperometrik ve flouresans dedektörler de kullanılmaktadır [33].

## **BÖLÜM 5. MATERYAL VE METOT**

### **5.1. Materyaller**

#### **5.1.1. İyon kromatografisi**

İyon-değiştirme kromatografisi çoğu zaman iyon kromatografisi (IC) olarak kısaltılır. İyon değiştirici reçinelerin kullanımına dayanan iyonların ayrılması ve tayini için modern ve etkili bir yöntemdir. İyon kromatografisi ilk olarak anyon-değiştirici veya kation-değiştirici reğine ile doldurulmuş yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (HPLC) kolonlarında anyon ve kation karışımlarının kolaylıkla ayrılabilceğinin farkedildiği 1970'li yılların ortalarında geliştirilmiştir. O yıllarda ölçümler genellikle iletkenlik dedektörüyle yapılıyordu. Günümüzde, iyon kromatografisi için başka dedektörler de mevcuttur [30].

#### **5.1.2. İyon kromatografisinde örnek hazırlama basamağı**

İyon Kromatografisinin de (IC) kullanılan kolonlar genellikle reğinelerden yapılmaktadır. Bir kolonun uzun süre kullanılması için örnekten gelen partikül ve yüksek molekül ağırlıklı organik maddelerden korunması gerekmektedir. Bu amaçla örnek kolona verilmeden önce bazı ön işlemlere tutulması gerekmektedir.

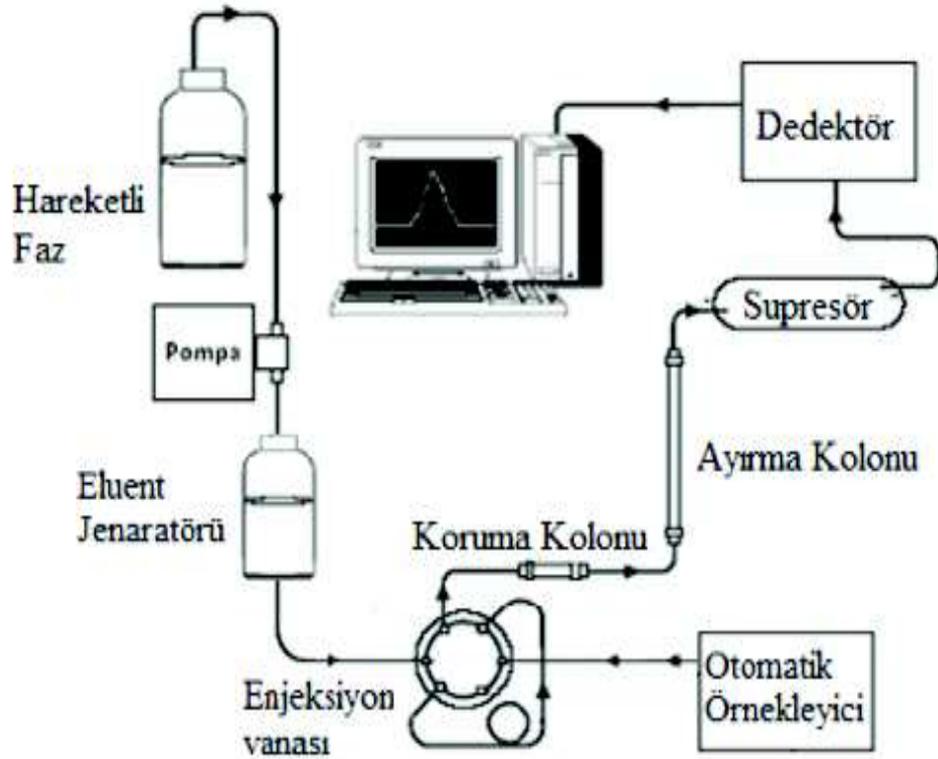
En basit önlem olarak, örnekler gözenek büyüklüğü çok küçük olan özel filtrelerden süzülürler. Bu amaçla 0.45 µm'lik membran filtreler kullanılmaktadır.

İkinci önlem olarak da; ayırıcı kolondan önce koruyucu kolon kullanılmaktadır. Koruyucu kolon genellikle ayırıcı kolondaki benzer reğineyi içermektedir. Koruyucu kolon, kolonu partikül ve büyük moleküllerden korumaktadır. Üçüncü önilem olarak ise örneklerin kolona verilmeden önce bazı işlemlere tabi tutulmasıdır.

Bunun için örneklerdeki organik maddelerin uzaklaştırılması için fiziksel ve kimyasal işlemler yapılabilir. Örneğin; üredeki fosfat, nitrat ve oksalat iyonlarının IC ile analizinde örnekler %1'lik HCl ile asitlendirildikten sonra 37 °C'de ısıtılarak elde edilen çözelti kolona verilmektedir [34].

### 5.1.3. İyon kromatografi cihazının kısımları

IC cihazı temel olarak eluent jeneratörü, pompa, enjeksiyon vanası, kolon, supresör ve dedektör olmak üzere 6 ana bölümden oluşmaktadır. Şekil 5.1.'te iyon kromatografi cihazının şeması gösterilmiştir.



Şekil 5.1. İyon kromatografi cihazının kısımları [20].

Eluent Jeneratörü, içinde K elektroliti bulunan ve ultra saf sudan KOH üretimini sağlayan sistemdir [20].

Pompa, hareketli fazı oluşturan çözücü karışımlarının, enjektör, kolon ve dedektör içerisinden belirli, sabit veya değişken bir hızda, belirli basınç altında geçmesini sağlamaktadır [35].

Enjeksiyon vanası, sisteme örneğin dâhil edilmesini ve eluent akışından sorumludur [36].

Kolon, çözültideki analitlerin tutulup birbirinden ayırımının gerçekleştiği sabit fazdır [4].

Supresör, dedektör ile kolon arasında bulunan, eluentin arkaplan (background) iletkenliğini azaltmak (nötralize etmek) ve eğer mümkünse iyonun iletkenliğini arttırmak amaçlı kullanılan sistemlerdir [20].

Dedektör, Ayırma kolonundan farklı alıkonma zamanlarında ayrılan iyonların oluşturduğu sinyali tespit ederek buna göre bir cevap oluşturur [4].

## 5.2. Deneysel Kısım

Su numuneleri Ekim 2014 ve Ekim 2015 arası 13 farklı yerlerden toplandı. Bu su numuneleri buzdolabında +4°C derecede muhafaza edildi. İlk olarak su numunelerinin pH değerleri kontrol edildi. Şişe su ve maden su numuneleri Sakaryada ki çeşitli marketlerden toplandı. Tüm reaktifler en azından analitik derecedeydi. Bütün seyreltme işlemlerinde ultra saf su kullanıldı. Standart stok solüsyonlar 1000 mg/L, F<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, I<sup>-</sup>, sülfat, fosfat, nitrat ve nitrit içeriyor ve su içinde %99.9 saflıkta (Merck, darmstadt, germany), bunlara tekabül eden sodyum tuzlarının, uygun bir miktarının çözülmesiyle hazırlanır. Anyonları ayırmak için anyon değiştirme reçineleri kullanılmıştır. Elüent olarak 9-10 Mm Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> kullanılmıştır.

### 5.2.1. Cihaz

DIONEX ICS-3000 DC İyon kromatografisi kullanılarak analiz işlemi yapılmıştır. Cihazın kolon basıncı yaklaşık 1800 psi ve elüent akış hızı 1 ml/dk dır. Cihazın teknik özellikleri Tablo 5.1.'de verilmiştir.

Tablo 5.1. ICS-3000: DIONEX için çalışma koşulları

Kolon	Dionex IonPac AS9-HC
Eluent	9-10 Mm Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Akış Hızı	1.0 mL min <sup>-1</sup>
Enjeksiyon Hacmi	25 µl
Süpresör	Dionex ASRS 300 2mm
Kolon Sıcaklığı	35°C
Bulma	İletkenlik
Belirlenmesi Modu	Pik alanı

### 5.2.2. Örnek toplama ve hazırlama

Bu çalışmada şişelenmiş su numuneleri farklı yerel marketlerden satın alınmıştır. Musluk suları ise Sakarya şebeke suyu içindeki sulardan mahalle bazında örnekler alınmıştır. Diğer su numuneleri Sakarya bölgesinden temin edilmiştir. Numunelerde herhangi bir seyreltme işlemi yapılmadan analiz işlemleri yapılmıştır.

## **BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA**

İyon kromatografi cihazı kullanılarak 13 farklı su numunesindeki anyonlar incelenmiş ve Tablo 6.1.'de gösterilmiştir. Bu incelemede bazı su numunelerinde anyonların bir kısmının tayin sınırlarının altında olduğu belirlenmiştir. Su numunesinin en temel değerlerinden biri olan pH değerleri pH metre ile ölçülmüş ve sonuçlar en düşük yağmur suyunda 6.65 olarak bulunurken en yüksek pH değeri 7.87 olarak çeşme suyunda bulunmuştur. Bütün su numunelerindeki pH değerleri (TSE 266, EC, WHO, EPA) standart değerleri ile uyum içerisindedir.

İçme suyu parametreleri (TSE 266, EC, WHO, EPA) göre standart değerleri Tablo 6.2.'deki gibi, su kalite parametreleri ise Tablo 6.3.'teki gibidir.

Tablo 6.1. Anyonların Analiz Sonuçları (mg/L)

Numune	Bromür	Klorür	Florür	Nitrit	Nitrat	Sülfat	Fosfat	pH
<b>Hazır Su</b>	T.E.	0.08	0.01	T.E	T.E	T.E	T.E	7.5
<b>Ultra Saf Su</b>	T.E	0.24	0.02	0.11	0.22	T.E	0.08	7.23
<b>Çeşme Suyu</b>	T.E	11.46	0.08	0.13	0.72	T.E	1.71	7.87
<b>Sakarya Nehri</b>	0.18	78.52	0.33	T.E	56.00	0.62	2.75	6.80
<b>Damacana Su</b>	T.E.	3.29	0.03	0.11	11.46	T.E	2.40	7.20
<b>Havuz Suyu</b>	T.E	110.07	0.19	T.E	T.E	T.E	4.56	7.20
<b>Sapanca Gölü</b>	T.E	11.18	0.15	T.E	T.E	T.E	1.81	7.80
<b>Kaynak Suyu</b>	T.E	21.06	0.33	T.E	4.92	T.E	2.51	7.50
<b>Kuyu İçi Suyu</b>	T.E	22.69	0.27	T.E	10.77	2.49	33.65	7.79
<b>Dere Suyu</b>	T.E	15.87	0.45	T.E	2.77	T.E	5.97	7.36
<b>Kuyu Suyu</b>	T.E	27.74	0.2	T.E	3.97	0.17	48.51	7.50
<b>Kaya Suyu</b>	T.E	12.79	0.06	T.E	5.11	T.E	3.43	7.49
<b>Yağmur Suyu</b>	T.E	7.02	0.76	T.E	4.62	T.E	4.12	6.65

T.E.: Tespit Edilemedi

Tablo 6.2. İçme ve Mineralli Su Kabul Edilebilir Maksimum Kalite Parametresi Değerleri

<b>İÇME SUYU (mg/L)</b>				
<b>Anyonlar</b>	<b>TSE 266 Türk Standartları Enstitüsü</b>	<b>EC Avrupa Birliği</b>	<b>WHO Dünya Sağlık Teşkilatı</b>	<b>EPA ABD Çevre Koruma Ajansı</b>
<b>Nitrat (<math>NO_3^-</math>)</b>	25-50	50	50	45
<b>Nitrit (<math>NO_2^-</math>)</b>	0.5	0.5	0.5	-
<b>Florür (<math>F^-</math>)</b>	1-1.5	1.5	1.5	0.7-2.4
<b>Klorür (<math>Cl^-</math>)</b>	600	250	250	250
<b>Sülfat (<math>SO_4^{-2}</math>)</b>	25-250	250	250	250
<b>Fosfat (<math>PO_4^{-2}</math>)</b>	0.4-5	0.4-5	-	-
<b>Bromür (<math>Br^-</math>)</b>	10 µg/L	-	-	0.01
<b>pH</b>	6.5-9.5	6.5-9.5	6.5-8.5	6.5-8.5

Tablo 6.3. Su Kalite Sınıfları

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
<b>Fiziksel ve İnorganik-Kimyasal Parametreler</b>				
<b>pH</b>	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.9	6.0-9.0 dışında
<b>Klorür İyonu (mg Cl/L)</b>	25	200	400 <sup>b</sup>	>400
<b>Sülfat İyonu (mg SO<sub>4</sub>/L)</b>	200	200	400	>400
<b>İnorganik Kirlenme Parametreleri</b>				
<b>Florür (mg F/L)</b>	1000	1500	2000	>2000
<b>Serbest Klor (µg Cl<sub>2</sub>)</b>	10	10	50	>50

Tablo 6.1 incelendiğinde, su numunelerindeki pH düzeylerinin TSE, EC, WHO ve EPA standartlarında olduğu tespit edilmiştir. Bu tabloya göre, numunelerin pH seviyeleri 6.65 ile 7.80 arasında değişmektedir.

Brom; biyotit, amfibol, apatit, eudialyte ve sodalities gibi kayalarda mineral oluşturan Cl için yedek olarak eser miktarda bulunan bir elementtir. Kömür ve organik maddelerin bulunduğu tortul kayalarda yüksek konsantrasyonlarda Br birikebilir. Bromür (Br) yaygın olarak (ve son derece hareketli) bir şekilde yüksek okyanus sularında 67.000 µg/L'lik bir ortalama konsantrasyonda sulu ortamda zenginleştirilmiştir [37]. Klorür'e benzer bir jeokimyaya sahiptir. Bromür içeren doğal kaynak suyu ozonlanarak bromat üretilir. Bromat'ın Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) için potansiyel kanserojen etkisini µg/L düzeyinde listelenmiştir [38].

İçme suyu önerilen maksimum bromür seviyesi 10 mg/L'dir. Yüksek bromür konsantrasyonları doğal tuz çözeltisi ve termal sularda beklenebilir.

Çalışmamızda incelenen içme sularında bromürün alt seviyede olması olumlu bir sonuç olarak değerlendirilmiştir. Klorlama; içme suyu arıtmasında ortak bir dezenfeksiyon yöntemidir [39]. Havuz suyunda en yüksek klor konsantrasyonu değeri 110.07 mg/L olarak tespit edilmiştir. Şişelenmiş su halinde ise düşük klor değeri 0.08 mg/L olarak tespit edilmiştir. Bu standart değerler 600 mg/L olan en yüksek değerden daha düşüktür. Belirlenen değerler Klorür standart seviyeleri olarak kabul edilmiştir.

Florür insan için gerekli olan eser elementlerden biridir, ancak yüksek flor düzeylerinin çeşitli enzimleri bloke ederek zehirleyici etki yaratması ölüme neden olabilir [40]. Flor bu nedenle çoğunlukla litosfer ve kayalardan elde edilir [41]. Bu sonuçlar nedeniyle, (özellikle içme suyu kaynağında) birçok matrislerde florür konsantrasyonunun belirlenmesi önemlidir. TSE EC ve EPA standartlarına göre en yüksek flor düzeyi 2.4 mg/L dir. Bizim çalışmamızda tüm su numunelerinde analiz ettiğimiz değerlerin standartlara uyduğu tespit edilmiştir. En yüksek florür seviyesi yağmur suyunda 0.76 mg/L olarak belirlenmiştir. En düşük flor seviyesinin ise şişelenmiş suda 0.01 mg/L olarak gözlemlenmiştir. Tespit edilen florür değerlerinin çevresel faktörlerden etkilenerek, doğal haldeki florür düzeylerinden farklı olmasına sebep olduğu kabul edilmektedir.

Nitritler, ikincil ve üçüncül aminler ile reaksiyona girerek oldukça kanserojen olan nitrozaminler oluşturabilir. Bu nedenle nitrit için kabul edilebilir izin düzeyi 0.1 mg/L'dir [42]. Nitrit düzeyleri; Sakarya Nehri, Havuz Suyu, Sapanca Gölü, kaynak suyu, kuyu içi suyu, dere suyu, kuyu suyu, kaya suyu, yağmur suyu ve şişe suyunda tespit edilememiştir. En düşük nitrit seviyesi damacana suyunda 0.11 mg/L olduğu tespit edilmiştir.

Su kaynaklarının  $\text{NO}_3^-$  ile kirlenmesi günümüzde artan bir endişe haline gelmiştir. İçme suyundaki nitrat kaynağı, depolama ve tarımsal gübrelerin atık su arıtma tesisinde ve septik sistemlerinde uygulanan işlemler sonucu oluşmaktadır [42].

Nitrat seviyelerine şişe suyu, havuz suyu ve Sapanca Gölü'nde rastlanmamıştır. En yüksek nitrat düzeyi 56 mg/L olarak Sakarya Nehri'nde saptanmıştır ve en düşük nitrat düzeyi ise 0.22 mg/L ile ultra saf suda saptanmıştır. Örneklerde nitrat seviyesi Sakarya Nehrinde standartların biraz üstüne çıkmakla birlikte diğer su numunelerinde standartların altında tespit edilmiştir. Kıyı bölgelerindeki su örneklerinde bromür varlığının olması ve azotlu gübre içeren tarımsal faaliyetlerde bulunması sebebiyle, deniz suyunun da etkisi ile aşırı nitrat oluşumu gerçekleşebilir [41]. Çalışmamızda Sakarya nehri örneklerindeki nitrat düzeyinin standartların çok az üstüne çıkmasının tarımsal bölgelere yakın olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Sülfat, bikarbonat ve klorürden sonra sudaki en yaygın anyondur. Sülfatlar suya topraktan geçerler. Baryum sülfatın kalsiyum sülfat ve alçı ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) gibi orta-düşük seyreltilmiş grupta bulunan sülfat tuzlarına kıyasla seyreltilmesi daha zordur. Sodyum sülfat ve magnezyum sülfatın insanlar üzerinde oluşturduğu laksatif etki üst seviyesi 250 mg/L ile sınırlandırılmıştır. Buna ek olarak sülfatlar suya acı bir tat verir. Sülfatların bu acı tadı oluşturabilmesi için, kazan suyunda az miktarda da olsa  $\text{CaSO}_4$  ve  $\text{MgSO}_4$  tortusu kalması gerekir [43]. En yüksek kararlı sülfat seviyesi kuyu içi suyunda 2.49 mg/L ile en düşük ise Sakarya nehrinde 0.62 mg/L olarak belirlenmiştir. Bu duruma göre karşılaştırma yapılabilir standartlar, WHO için 500 mg/L ve EC için 250 mg/L olarak belirlenmiştir. TSE 266 koşullarından bahsetmiş olsakta, bu koşullar 2005 yılında yürürlükten kaldırılmıştır [44]. Elde edilen sonuçlarda sülfat miktarının kabul edilebilir bir seviyede olduğu sonuçlardan açık bir şekilde görülmektedir. İncelenen örneklerin tamamında sülfat seviyeleri çeşitli uluslararası standartların ve TSE standartların altında olduğu gözlemlenmiştir.

Şişelenmiş su örneğinde fosfat seviyesi tespit edilmemiştir. En yüksek düzeyde fosfat 48.51 mg/L ile kuyu suyunda ve en düşük düzeyde fosfat 0.08 mg/L ile ultra saf suda tespit edilmiştir. Çalışmamızda kuyu suyu dışında tüm örneklerde fosfat düzeyi standart düzeylerde dir. Aşırı gübreleme, tarımsal arazi ve endüstriyel veya belediye kaynaklarının salınımı sonucunda doğal sulara fosfor girişinin artması, istenmeyen etkiler olarak ötrofikasyon ve üstel alg çoğalmaları beraberinde getirerek, balıklar

için zararlı etkilere yol açmaktadır. Aynı zamanda su içinde fosfor türünün en biyokullanılabilir fraksiyonu genel olarak çözülür ve reaktif fosfor gibi bilinen ortofosfat ile temsil edilir. Yüzey sularında fotosentez yoluyla biyolojik alım ile mikro molar seviyelerinin altında çok düşük konsantrasyonlarda fosfat tüketilir [45]. Su ortamında fosfat düzeyinin yüksek olması, biyolojik üretim için temel besin öğelerinin ortamda bulunmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

## BÖLÜM 7. ÖNERİLER

İyon kromatografisi cihazı kullanılarak incelenen 13 farklı su numunelerinin bir kısmında, araştırılan 7 farklı anyonlardan ( $\text{Br}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) tayin sınırları altında olanlar vardır. Sonuçlar araştırıldığında genel olarak sülfat, klor ve flor anyonları standart seviyenin altında olduğu gözlemlenmiştir. Nitrat anyonu Sakarya nehri hariç diğer su örneklerinde normal seviyede belirlenmiştir. Su ortamında yüksek fosfat seviyesinin kaynağı olarak, biyolojik üretim için bir temel besin ögesinin bulunmasından meydana geldiği düşünülmektedir. Bu numunelerin anyon değerlerine bakıldığında, içme suyu kalite parametre değerlerinde olduğu gözlemlenmiştir. WHO, TSE 226, EPA ve EC standartlarına göre içme suyunun pH değeri 6,5 ve 8,5 pH arasında olmalıdır. Bu faktör klorün aktiviteliği ile belirlenir. Klorür iyonlarının miktarları sağlıklı suyun önemli göstergelerinden biridir. Klorür seviyesi 8 mg/L altında olduğunda, içme suyunda ve diğer kullanımlarda daha etkilidir. Fakat 7 mg/L seviyesinin altında olduğu durumlarda, klorür etkinliğini artırmak amacıyla yapılan su transferi noktasında korozyona neden olabilir. Bu 13 farklı su numuneleri pH bakımından ele alındığında, farklı su kalite sınıflarına ayrıldığı söylenebilir.

Analiz sonuçlarının doğruluğunu ve tekrarlanabilirliği kontrol etmek için, doğruluk kontrolleri kromatografi yönteminin bir parçası olarak standart ekleme tekniği kullanılarak hesaplanmıştır. Bütün sonuçlar araştırıldığında iyon kromatografi tekniğinin doğru, güvenilir, güzel, çabuk ve değişik su numunelerinde iyonları belirlemek için iyi bir teknik olduğu gözlemlenmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] F.Brunato, M.G. Garziera, E. Briguglio, A severe methaemoglobinemia induced by nitrates: a case of report. *Emerg. Eur. J.Emerg.Med.* 10 (2003), 326–330.
- [2] Özsoy, S., 2009. Su ve Yaşam : Suyun Toplumsal Önemi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri, Yüksek Lisans Tezi.
- [3] Dedeakayoğulları H., Önal A. E., 2009, Çevre-İnsan Sağlığı İlişkisi Açısından Su ve Su Analizinin Önemi, *İstanbul Tıp Fakültesi Dergisi*, 72, 65-70.
- [4] E.Dinelli, A. Lima, S. Albanese, M. Birke, D.Cicchella, L.Giaccio, P. Valera. De B, Major and trace elements in tap water from Italy, *J.Geoc.Expl.* 112 (2012), 54-75.
- [5] H. Altundag, M. S. Dundar, C. Yucel, S. Albayrak, S. Determination of Fluorine Levels in Sakarya City Drinking Water with ion selective electrode and Ion Chromatography SAÜ, *Journal of Social Sciences*, 15(2)(2011), 129-138.
- [6] Yıldız, A., Genç, Ö., Bektaş, S., 1997. Enstrümental Analiz Yöntemleri. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, 506s.
- [7] Bağcevan, B., 2011. Samsun ve Çevresindeki İçme Sularında Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların Kromatografik Yöntemlerle Tayini, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya, Yüksek Lisans Tezi.
- [8] <http://www.greenfacts.org/tr/water-resources/water-resources-foldout-tr.pdf>  
Erişim Tarihi: 20/07/2016.
- [9] Çevre Sağlığı, Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları, Suların Analiz Parametreleri, 850CK0011, Ankara, 2011.
- [10] Kimya Teknolojisi, Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları, Grup 1 Anyonları, 524KI0039, Ankara, 2011.
- [11] WHO 1984. Fluorine and Florurs. WHO Environmental Health Criteria No 36. WHO, Geneva.
- [12] WHO, Fawell J.K., Mascarenhas R (eds), Geneva, 1993. Guidelines for drinking water quality Vol 1. Recommendations. pp 47- 174.

- [13] Kimya Teknolojisi, Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları, Grup 4 Anyonları, 524KI0042, Ankara, 2011.
- [14] www.bilgiportal.com. Erişim Tarihi: 03/08/2016.
- [15] İTATS, 2005. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Yönetmeliği, T.C. Sağlık Bakanlığı, Resmi Gazete, No:25730, Ankara.
- [16] www.yararlıbilgiler.net. Erişim Tarihi: 3/08/2016.
- [17] Kimya Teknolojisi, Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları, Grup 5 Anyonları, 524KI0043, Ankara, 2011.
- [18] Leipe, H.U and Piceil E., 1979. Nitrate, nitrite and nitrosamide, Fleisch wirtschaft 59(6) 826-830.
- [19] Lowenstein C.J., Dinerman J.L., Snyder S.H., 1994. Nitric oxide: a physiologic messenger. Ann Intern Med 120:227–37.
- [20] Erulaş, F. A., 2010. Biyolojik Sıvılarda İyon Kromatografisi ile Anyon Tayini, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Analitik Kimya, Doktora Tezi.
- [21] Broadus A.E., 1999. Mineral Balance and Homeostasis. In: An official Publication of the American Society for bone and mineral resorrch. Primer on the metabolic bone disease disorbes of mineral metabolism. Philadelphia Lippincott Williams and Wilkins,; 74-80.
- [22] Kimya Teknolojisi, Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları, Grup 2 Anyonları, 524KI0040, Ankara, 2011.
- [23] Güler. Ç, Çobanoğlu. Z., 1994. Su Kirliliği, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No: 12, Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı, Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğü, TC. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, ISBN 975-757260-8, Ankara.
- [24] Skoog, D.A., Nieman, T. A., Holler, F. J., 1998. Harcourt Brace and Company, Enstrümantal Analiz İlkeleri, 674-677 s.
- [25] Kimya Teknolojisi, Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları, Kromatografik Analizler, Ankara, 2013.
- [26] Özögüt D., Organik kimya laboratuvarı notları, Eskişehir Osman Gazi Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü.

- [27] Hopur, M., 2010. Yerli ve İthal Çaylardaki Bakır, Nikel, Kurşun ve Kadmiyum Metalleri ve Nitrat ve Fosfat İyonlarının İndüktif Eşleşmiş Plazma Atomik Emisyon Spektroskopisi (ICP-AES) ve İyon Kromatografisi (IC) ile Tayini, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya, Yüksek Lisans Tezi.
- [28] <https://bys.trakya.edu.tr/file/open/20607229> Erişim Tarihi: 5/08/2016.
- [29] <http://documents.tips/documents/boyut-eleme-kromatografisi-.html> Erişim Tarihi: 8/08/2016.
- [30] Zeydanlı, D., 2013. İyon Kromatografi Kondüktivite Dedektörü ile Orotik Asidürüli Hasta İdrarında Orotik Asit Tayini, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya, Yüksek Lisans Tezi.
- [31] Karim, K. J., Jin, Ji-Ye, Takeuchi, T., 2003. Simultaneous separation of inorganic anions and cations by using anion-exchange and cation-exchange columns connected in tandem in ion chromatography, *Journal of Chromatography A*, 995, 153-160.
- [32] Uçar, B., 2011. İyon Kromatografi Kullanarak Çeşitli Örneklerde Perklorat Analizi (Musluk Suyu, Havuz Suyu, Yüzey Suyu, Süt), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya, Yüksek Lisans Tezi.
- [33] Dumanlı, R., 2007. Çevre ve Biyolojik Numunelerde Anyon ve Katyonların Potansiyometrik İyon Kromatografik Hibrit Sistemleriyle Tayinleri, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya, Yüksek Lisans Tezi.
- [34] Batley, G., 1986. Interferences in The Determination of Copper in Natural-Waters by Anodic-Stripping Voltammetry, 2(189): 371-377.
- [35] Destanoğlu, O. 2009. Kompleks matrisli örneklerde IC ile anyon tayini (süt, içme suyu, deniz suyu). Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 93 s.
- [36] DIONEX CORPORATION. 2002. Principle and Troubleshooting Techniques in ion chromatography. Document No. 034461.
- [37] Bilgin, A. K., 2015. İçme Sularında Çevresel Guatrojen (Nis İnhibitörleri) Maddelerinin İyon Kromatografisi Yöntemi Kullanılarak Belirlenmesi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi.
- [38] B. Zho, Z. Zhong, J. Yao, Ion chromatographic determination of trace iodate, chlorite, chlorate, bromide, bromate and nitrite in drinking water using suppressed conductivity detection and visible detection. *J. Chromatogr. A* 118 (2006), 106-110.

- [39] N. Ozbek, S. Akman, Method development for the determination of fluorine in water samples via the molecular absorption of strontium mono fluoride formed in an electro thermal atomizer. *Spectrochim. Acta Part B* 69(2012), 32-37.
- [40] S. Ayoob, A.K. Gupta, Fluoride in drinking water: a review on the status and stress effect. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 36(6)(2006), 433-487.
- [41] N. Meyer, W.J. Parker, P.J. Van Geel, M. Adiga, Development of an electro deionization process for removal of nitrate from drinking water Part 2: Multi-species testing. *Desalination* 175(2005), 167-177.
- [42] T. Zhang, Y. Lin, B. Xu, S. Xi, F. Tian, N. Gao, Effect of UV irradiation on the proportion of organic chloramines in total chlorine in subsequent chlorination, *Chemosphere*, 144(2016), 940-947.
- [43] H. Yalcin, M. Guru, *Water Technology*, Palme Yayıncılık, Ankara, (2002), 296.
- [44] S. Zaruba, A.B. Vishnikin, V. Andruch, Application of solidification of floating organic drop micro extraction for inorganic anions: Determination of phosphate in water samples, *Microchem. J.* 122(2015), 10-15.
- [45] WHO Library Cataloguing-in-Publication Data Guidelines for drinking-water quality. 2011: 4th ed.

## **ÖZGEÇMİŞ**

Şerife AĞAR 15.09.1992 yılında Zonguldak'ta doğdu. İlk ve ortaöğrenimini Zonguldak'ta bulunan Nimet İlköğretim Okulunda tamamladı. 2010 yılında Hacı Mehmet Ali ve Hacı Kadri Yılmaz Kardeşler Lisesi'nden mezun oldu. 2010 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümünü kazandı. 2014 yılında lisans eğitimini bitirdi. 2014 yılında Sakarya Üniversitesinde yüksek lisans yapmaya başladı.