

T.C.  
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



MUNZUR  
ÜNİVERSİTESİ  
2008

TUNCELİ BÖLGESİNDEKİ BAZI DOĞAL SU KAYNAKLARINDAN ALINAN SU  
ÖRNEKLERİNİN FİZİKSEL, KİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK ANALİZLER  
AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Çağdaş ÇETİN

Anabilim Dalı: Gıda Mühendisliği

DANIŞMAN  
Doç. Dr. Alper GÜVEN  
TUNCELİ – 2017

**T.C.  
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TUNCELİ BÖLGESİNDEKİ BAZI DOĞAL SU KAYNAKLARINDAN ALINAN SU  
ÖRNEKLERİNİN FİZİKSEL, KİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK ANALİZLER  
AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Çağdaş ÇETİN**

**(101101108)**

**Anabilim Dalı: Gıda Mühendisliği**

**DANIŞMAN**

**Doç. Dr. Alper GÜVEN**

**TUNCELİ – 2017**

T.C.  
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TUNCELİ BÖLGESİNDEKİ BAZI DOĞAL SU KAYNAKLARINDAN ALINAN SU  
ÖRNEKLERİNİN FİZİKSEL, KİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK ANALİZLER  
AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Çağdaş ÇETİN  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu tez 03072017 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

İmza: 

Doç. Dr. Alper GÜVEN  
(Munzur Üniversitesi)

**DANIŞMAN**

İmza: 

Prof. Dr. Murat ÇİMEN  
(Munzur Üniversitesi)

**ÜYE**

İmza: 

Prof. Dr. A. Kadir HALKMAN  
(Ankara Üniversitesi)

**ÜYE**

Bu tez, Enstitümüz Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.

Doç. Dr. Numan YILDIRIM  
Enstitü Müdürü  
İmza ve Mühür

26.07.2017

Bu çalışma, Munzur Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

**Proje No: YLTUB013-06**

**NOT:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı "Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu"ndaki hükümlere tabidir.

## ÖZET

Küreselleşen dünyada kentleşme ve nüfus oranının hızla artması birtakım sorunları beraberinde getirmektedir. Bu sorunların en önemlilerinden biri su kirliliği konusudur. İnsanlar biyolojik ve fizyolojik faaliyetlerini gerçekleştirebilmek için günlük ortalama 2.5 litre içme suyuna ihtiyaç duyarlar. İnsan için hayati derecede önem arz eden suyun içme ve kullanma başta olmak üzere faydalanılan tüm konularda belirli bir kalite standardında olması için ülkeler çeşitli mevzuatlar geliştirmekte ve uygulanmaktadır. Bu çalışmada Tunceli İl merkezi ile Pertek, Ovacık, Çemişgezek, Hozat, Pülümür, Mazgirt, Nazımiye ilçelerinde yer alan doğal kaynak suları fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik parametreler yönünden incelenerek Türk Standartları Enstitüsünün (TS-266), Dünya Sağlık Örgütünün (WHO) ve Avrupa Standartlarının (EC) belirlemiş olduğu içme suyu standartlarına uygunlukları ile su kaynaklarından 7 haftalık periyotlar ile alınan örneklerin birbirleri arasında su kalite parametreleri açısından istatistiki farkın olup olmadığının belirlenmesi araştırıldı. Çalışmada 8 kaynaktan haftalık periyotlarla 7 hafta boyunca alınan 56 adet su örneği materyal olarak kullanıldı. Çalışma kapsamında kullanılan tüm su örnekleri süspanse katı maddelerden ileri gelebilecek hataların engellenmesi için filtrelendi. Yapılan fiziksel analizlerde; sıcaklık, pH, iletkenlik parametreleri, kimyasal analizlerde; kalsiyum, magnezyum, toplam sertlik, amonyum, nitrit, nitrat, fosfat, demir, klor, sülfat parametreleri, mikrobiyolojik analizlerde ise toplam mezofilik aerop bakteri ile koliform bakteri değerleri araştırıldı. İstatistiksel analiz olarak Tek Yönlü Manova Duncan testi ve Kruskal Wallis testi uygulanmıştır.

Su kaynaklarının pH değerleri 7.24 ile 8.36 arasında, Sıcaklık değerleri 2.9 ile 12.7 °C arasında, İletkenlik değerleri 165.8 ile 760 µS/cm arasında, Kalsiyum değerleri 22.4 ile 102.6 mg/L arasında, Magnezyum değerleri 1.94 ile 70.04 mg/L arasında, Toplam sertlik değerleri 8.44 ile 39.16 °F arasında, Nitrit değerleri <0.001 ile 0.6734 mg/L arasında, Nitrat değerleri 0.0162 ile 10.0104 mg/L arasında, Fosfat değerleri 0.679 ile 1.111 mg/L arasında, Klor değerleri 0.9997 ile 10.9966 mg/L arasında ve Sülfat değerleri 6.9545 ile 40.5341 mg/L arasında değiştiği ve bu parametrelere ait değerler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli (p<0.05) olduğu tespit edilmiştir. Su örneklerinin tamamında demir miktarı (mg/L) analiz limit değerinin altında olduğundan tespit edilememiştir.

Yapılan mikrobiyolojik analizlerden Toplam Mezofilik Aerop Bakteri değerlerinin  $3 \times 10^1$  ile  $4.8 \times 10^2$  (KOB/mL) arasında, Koliform bakteri değerlerinin <1 ile  $2.8 \times 10^1$  (KOB/mL) arasında ve Amonyum değerlerinin <0.001 ile 0.1336 mg/L arasında değiştiği ve değerler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli (p<0.05) olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca haftalara göre incelenen parametrelerden yalnızca kalsiyum, amonyum, nitrit ve fosfat değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli (p<0.05) olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak analizi yapılan su örneklerinin %90'nı TSE, WHO ve EC standartlarına uygun olduğu belirlenmiştir. 5. İstasyon olan tekya çeşmesi, 8. İstasyon olan zahban su kaynağı ile 2. İstasyon olan kodi çeşmesi su kaynağının bazı haftalardaki ölçümlerinin nitrit ve koliform bakteri açısından standartlara uymadığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İçme suyu, Su kalitesi, Fiziksel özellikler, Kimyasal özellikler, Mikrobiyolojik özellikler, Tunceli.

## ABSTRACT

### **The Assessment Of Water Samples Taken From Natural Water Sources In The Region Of Tunceli In Terms Of Physical, Chemical And Microbiological Analyses**

In the globalizing world, urbanization and rapid increase in population bring along a number of problems. One of the most important problems is the matter pollution. People need 2.5 liters of drinking water in average to implement their biological and physiological activities. In order to enable water, which is of vital importance for humans, to reach a certain quality standard on all areas where it is made use of- especially on drinking and using it- countries have improved and carried out different legislations. In this work, the natural spring waters in the center and counties (Pertek, Ovacık, Çemişgezek, Hozat, Pülümür, Mazgirt, Nazımiye) of Tunceli have been researched from the standpoint of physical, chemical and microbiological parameters in accordance with the standards for drinking water that Turkish Standards Institution (TS-226), World Health Organization (WHO) and European Standards (EC) specified and their possible statistical difference between water samples taken from springs in 7 weeks periods have been analyzed in terms of water quality parameters. Throughout this work, 56 water samples which were taken from 8 springs in weekly periods for 7 weeks have been used as the material. As a part of suspended solids. In the physical analyses temperature, pH, conductivity parameters; in the chemical analyses calcium magnesium, total hardness, ammonium, nitrite, nitrate, phosphate, iron, chlorine and sulphate parameters; in microbiological analyses total mesophilic aerobic bacteria values and coliform bacteria values have been analyzed. As for statistical analysis, One-Way Manova Duncan test and Kruskal Wallis test has been applied.

The range of pH values of the water springs vary between 7.24-8.36; Temperature 2.9-12.7 °C; Conductivity 165.8-760 µS/cm; Calcium 22.4-102.6 mg/L; Magnesium 1.94-70.04 mg/L; Total hardness 8.44-39.16 °F; Nitrite <0.001-0.6734 mg/L; Nitrate 0.0162-10.0104 mg/L; Phosphate 0.679-1.111 mg/L; Chlorine 0.9997-10.9966 mg/L; Sulphate 6.9545-40.5341 mg/L and the difference between the values of these parameters is statistically significant ( $p < 0.05$ ). However, the quantity of iron (mg/L) in all the water samples is the under the value of analysis limit; therefore, it couldn't be determined.

In the microbiological analyses carried out, it has been ascertained that total mesophilic aerobic bacteria values vary between  $3 \times 10^1$ - $4.8 \times 10^2$  (CFU/mL), Coliform bacteria values vary between  $< 1$ - $2.8 \times 10^1$  (CFU/mL) and Ammonium values vary between  $< 0.001$  ile 0.1336 mg/L and the difference between values is not statistically important ( $p < 0.05$ ). It has also been determined by the weekly examined Parameters that only the difference between the values of calcium, nitrite, magnesium and phosphate are statistically significant ( $p < 0.05$ ).

As a result, it has been determined that 90% of water samples analyzed have conformed to TSE, WHO and EC standards. It has been determined that at some weeks the measurements of Tekya fountain the 2nd station have not conformed to the standarts in terms of nitrite and coliform bacteria.

**Key Words:** Drinking water, Water quality, Physical characteristics, Chemical characteristics, Microbiological characteristics, Tunceli.

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın yanı sıra yüksek lisans eğitimimin tüm aşamalarında her türlü konuda desteğini sunan, sürekli anlayışla, sabırla yol gösteren ve inanç aşıl原因 değerli danışman hocam Doç. Dr. Alper GÜVEN'e vermiş olduğu emeğinden ötürü sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tez çalışmamda istatistiksel metotlar konusunda yapmış olduğu katkı ve yardımları için değerli hocam Prof. Dr. Murat ÇİMEN ve mikrobiyolojik analizlerin yapılmasındaki desteklerinden ötürü Dicle Üniversitesi Veteriner Fakültesi hocalarından Prof. Dr. Aydın VURAL ve Prof. Dr. M. Emin ERKAN'a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Tez çalışmamda; tez önerime finansal desteklerinden ötürü Munzur Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Proje (MUNİBAP) Birimine, tez çalışmam süresince yanımda olan ve desteklerini sürekli sunan Çevre Mühendisliği Bölümünden Arş. Gör. Deniz DEMİRBİLEK'e, Gıda Mühendisliği Bölümünden Arş. Gör. Işıl GÜRSUL'a, sevgili dostum ve meslektaşım Levent ÇILGIN'a, tez çalışmamda olduğu gibi hayatımın her anında yanımda olmasını istediğim Şenay KASUN'a ve sevgili Aileme teşekkürlerimi sunarım.

**Çağdaş ÇETİN**

**TUNCELİ-2017**

## İÇİNDEKİLER LİSTESİ

Sayfa No

<b>ÖZET</b> .....	<b>II</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>III</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>IV</b>
<b>İÇİNDEKİLER LİSTESİ</b> .....	<b>V</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	<b>VIII</b>
<b>TABLolar LİSTESİ</b> .....	<b>IX</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1. Çalışmanın Amacı .....	2
1.2. Su .....	4
1.2.1. Hidrolojik Döngü .....	4
1.2.2. Yeryüzündeki Suların Dağılımı .....	5
1.2.3. Suların Kirlenme Nedenleri .....	7
1.3. İçme ve Kullanma Sularının Sınıflandırılması .....	9
1.4. İçme Suyunun Özellikleri .....	10
1.4.1. Suların Fiziksel Özellikleri .....	10
1.4.1.1. Suyun pH Değeri.....	10
1.4.1.2. Suyun Sıcaklık Değeri .....	11
1.4.1.3. Suyun İletkenlik Değeri .....	11
1.4.2. Suların Kimyasal Özellikleri.....	11
1.4.2.1. Suyun Sertlik Değeri.....	11
1.4.2.2. Suyun Kalsiyum Değeri .....	13
1.4.2.3. Suyun Magnezyum Değeri .....	13
1.4.2.4. Suyun Amonyum Değeri .....	14
1.4.2.5. Suyun Nitrit Değeri.....	14
1.4.2.6. Suyun Nitrat Değeri .....	14
1.4.2.7. Suyun Fosfat Değeri .....	15
1.4.2.8. Suyun Demir Değeri .....	15
1.4.2.9. Suyun Klorür Değeri.....	15
1.4.2.10. Suyun Sülfat Değeri.....	16
1.4.3. Suların Mikrobiyolojik Özellikleri.....	16
1.4.3.1. Toplam Mezofilik Aerop Mikroorganizma.....	16
1.4.3.2. Koliform Bakteri .....	17
1.5. Konu İle İlgili Literatür Bilgisi.....	17
<b>2. MATERYAL VE METOT</b> .....	<b>21</b>
2.1. Materyal.....	21
2.1.1. Çalışma Yerinin Tanımı.....	21
2.1.1.1. Taht Çeşmesi Kaynak Suyu (1 no'lu İstasyon).....	22
2.1.1.2. Kodi Çeşmesi Kaynak Suyu (2 no'lu İstasyon).....	22
2.1.1.3. Kartallı Çeşme Kaynak Suyu (3 no'lu İstasyon) .....	23
2.1.1.4. Kırmızıtaş Çeşmesi Kaynak Suyu (4 no'lu İstasyon) .....	24
2.1.1.5. Tekya Gözesi Kaynak Suyu (5 no'lu İstasyon) .....	24
2.1.1.6. Dizik Çeşmesi Kaynak Suyu (6 no'lu İstasyon).....	25

2.1.1.7.	Ahmetpaşa Çeşmesi Kaynak Suyu (7 no'lu İstasyon).....	26
2.1.1.8.	Zahban Gözesi Kaynak Suyu (8 no'lu İstasyon) .....	26
2.1.2.	Tunceli İlinin Jeolojik ve Madeni Özellikleri.....	27
2.2.	Metot.....	29
2.2.1.	Fiziksel Analizler .....	30
2.2.1.1.	pH Ölçümü.....	30
2.2.1.2.	Sıcaklık Ölçümü.....	30
2.2.1.3.	İletkenlik Ölçümü .....	30
2.2.2.	Kimyasal Analizler .....	30
2.2.2.1.	Toplam Sertlik Tayini .....	30
2.2.2.2.	Kalsiyum Tayini.....	31
2.2.2.3.	Magnezyum Tayini .....	31
2.2.2.4.	Amonyum Tayini .....	32
2.2.2.5.	Nitrit Tayini .....	32
2.2.2.6.	Nitrat Tayini .....	32
2.2.2.7.	Fosfat Tayini .....	33
2.2.2.8.	Demir Tayini .....	33
2.2.2.9.	Klorür Tayini .....	33
2.2.2.10.	Sülfat Tayini.....	34
2.2.3.	Mikrobiyolojik Analizler .....	34
2.2.3.1.	Toplam Mezofilik Aerop Bakteri Tayini .....	34
2.2.3.2.	Koliform Bakteri Tayini .....	34
2.2.4.	İstatistiksel Analiz.....	35
<b>3.</b>	<b>BULGULAR .....</b>	<b>36</b>
3.1.	pH Değerleri .....	36
3.2.	Sıcaklık Değerleri .....	37
3.3.	İletkenlik Değerleri.....	38
3.4.	Kalsiyum Değerleri.....	39
3.5.	Magnezyum Değerleri .....	40
3.6.	Toplam Sertlik Değerleri .....	41
3.7.	Amonyum Değerleri .....	42
3.8.	Nitrit Değerleri .....	43
3.9.	Nitrat Değerleri.....	44
3.10.	Fosfat Değerleri .....	45
3.11.	Klor Değerleri.....	46
3.12.	Sülfat Değerleri.....	47
3.13.	Demir Değerleri .....	48
3.14.	Toplam Mezofilik Aerop Bakteri .....	48
3.15.	Koliform Bakteri Değerleri .....	49
3.16.	Bazı Değişkenlerin İlişki Analizleri .....	49
3.17.	Tek Yönlü Manova Testi İstatistiksel Sonuçları .....	51
3.18.	Kruskal Wallis Testi İstatistiksel Sonuçları.....	51
<b>4.</b>	<b>TARTIŞMA.....</b>	<b>54</b>
4.1.	pH .....	54
4.2.	Sıcaklık .....	55
4.3.	İletkenlik.....	56
4.4.	Kalsiyum.....	57

4.5.	Magnezyum .....	58
4.6.	Toplam Sertlik .....	59
4.7.	Amonyum .....	60
4.8.	Nitrit .....	61
4.9.	Nitrat .....	62
4.10.	Fosfat .....	63
4.11.	Klor .....	64
4.12.	Sulfat .....	64
4.13.	Demir .....	65
4.14.	Toplam Mezofilik Aerop Bakteri .....	66
4.15.	Koliform Bakteri .....	67
<b>5.</b>	<b>SONUÇ .....</b>	<b>69</b>
<b>6.</b>	<b>ÖNERİLER.....</b>	<b>70</b>
	<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>71</b>
	<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>76</b>

## ŞEKİLLER LİSTESİ

## Sayfa No

Şekil 1.1.Su döngüsü .....	4
Şekil 1.2.Dünyadaki toplam su.....	5
Şekil 1.3.Kıtalara göre su miktarları.....	6
Şekil 1.4.Kıtalarda kişi başına düşen % su miktarı .....	6
Şekil 2.1. Hozat ilçesi ahmetpaşa çeşmesi su numunesi alma.....	21
Şekil 2.2.Taht çeşmesi su kaynağı google earth konum görüntüsü.....	22
Şekil 2.3.Kodi çeşmesi su kaynağı google earth konum görüntüsü .....	23
Şekil 2.4.Kartallı çeşme su kaynağı google earth konum görüntüsü .....	23
Şekil 2.5.Kırmızıtaş çeşmesi su kaynağı google earth konum görüntüsü .....	24
Şekil 2.6.Tekya gözesi su kaynağı google earth görüntüsü.....	25
Şekil 2.7.Dizik çeşmesi su kaynağı google earth konum görüntüsü .....	25
Şekil 2.8.Ahmetpaşa çeşmesi su kaynağı google earth konum görüntüsü .....	26
Şekil 2.9.Zahban gözesi su kaynağı google earth konum görüntüsü .....	26
Şekil 2.10.Tunceli ili maden haritası. ....	28
Şekil 2.11.Tez çalışmasında kullanılan spektrofotometre .....	29
Şekil 2.12.Titrimetrik yöntem ile kalsiyum tayini.....	31
Şekil 3.1.pH değerlerinin haftalık değişim grafiği .....	36
Şekil 3.2.Sıcaklık değerlerinin haftalık değişim grafiği .....	37
Şekil 3.3.İletkenlik değerlerinin haftalık değişim grafiği.....	38
Şekil 3.4.Kalsiyum değerlerinin haftalık değişim grafiği .....	39
Şekil 3.5.Magnezyum değerlerinin haftalık değişim grafiği .....	40
Şekil 3.6.Toplam sertlik değerlerinin haftalık değişim grafiği.....	41
Şekil 3.7.Amonyum değerlerinin haftalık değişim grafiği .....	42
Şekil 3.8.Nitrit değerlerinin haftalık değişim grafiği .....	43
Şekil 3.9.Nitrat değerlerinin haftalık değişim grafiği.....	44
Şekil 3.10.Fosfat değerlerinin haftalık değişim grafiği .....	45
Şekil 3.11.Klor değerlerinin haftalık değişim grafiği.....	46
Şekil 3.12.Sülfat değerlerinin haftalık değişim grafiği .....	47
Şekil 3.13.Toplam sertlik değerlerinin iletkenlik ve kalsiyum değerleri ilişkisi.....	50
Şekil 3.14.Toplam sertlik değerlerinin magnezyum ve sülfat değerleri ilişkisi .....	50
Şekil 3.15.Amonyum-nitrit-nitrat değerleri ilişkisi .....	50

## TABLolar LİSTESİ

## Sayfa No

Tablo 1.1.İçme suyu kalite parametre değerleri.....	3
Tablo 1.2.Sertlik derecelerine göre sularda sınıflandırma.....	13
Tablo 3.1.Su kaynaklarının pH değerleri.....	36
Tablo 3.2.Su kaynaklarının sıcaklık değerleri.....	37
Tablo 3.3.Su kaynaklarının iletkenlik değerleri.....	38
Tablo 3.4.Su kaynaklarının kalsiyum değerleri.....	39
Tablo 3.5.Su kaynaklarının magnezyum değerleri.....	40
Tablo 3.6.Su kaynaklarının toplam sertlik değerleri.....	41
Tablo 3.7.Su kaynaklarının amonyum değerleri.....	42
Tablo 3.8.Su kaynaklarının nitrit değerleri.....	43
Tablo 3.9.Su kaynaklarının nitrat değerleri.....	44
Tablo 3.10.Su kaynaklarının fosfat değerleri.....	45
Tablo 3.11.Su kaynaklarının klor değerleri.....	46
Tablo 3.12.Su kaynaklarının sülfat değerleri.....	47
Tablo 3.13.Su kaynaklarının TMAB değerleri.....	48
Tablo 3.14.Su kaynaklarının koliform bakteri değerleri.....	49
Tablo 3.15. Su kaynaklarının istasyonlar arasındaki istatistiki değişimi (T Y M ).....	51
Tablo 3.16. Su kaynaklarının haftalar arasındaki istatistiki değişimi (T Y M ).....	52
Tablo 3.17. Su kaynaklarının istasyonlar arasındaki istatistiki değişimi (K W ).....	53
Tablo 3.18. Su kaynaklarının haftalar arasındaki istatistiki değişimi (KW ).....	53

## 1. GİRİŞ

Tarih boyunca bütün uygarlıklar su kenarlarında kurulmuş olup, bu uygarlıkların gelişip büyümesinde su kaynaklarının varlığı çok önemli rol oynamıştır. Uygarlıkların büyüyüp gelişmesi ile birlikte insanlar, su kaynaklarını içme suyu, kullanma suyu, sulama suyu ve enerji üretimi gibi birçok amaç için değerlendirmişlerdir. Bu durumda suyun devletlerin ekonomik kalkınmasında stratejik rol oynamasını ortaya çıkarmıştır.

Küreselleşen dünyada kentleşme ve nüfus oranının hızla artması birtakım sorunları beraberinde getirmektedir. Bu sorunların en önemlilerinden biri su kirliliği konusudur. İnsanlar biyolojik ve fizyolojik faaliyetlerini gerçekleştirebilmek için günlük ortalama 2.5 litre içme suyuna ihtiyaç duyarlar. İnsan için hayati derecede önem arz eden suyun içme ve kullanma başta olmak üzere faydalanılan tüm konularda belirli bir kalite standardında olması için ülkeler çeşitli mevzuatlar geliştirmekte ve uygulamaktadırlar.

Hastalıklara sebep olan kimi mikroorganizmalar için su uygun bir ortam olma özelliği taşır. Tekniğine uygun ve doğru biçimde tasarlanmadan yapılan su temini tesislerinin kullanılması bulaşıcı hastalık riskini doğurur. Örneğin tifo ve kolera, su ile bulaşan en önemli salgın hastalıklardandır. Yapılan bir araştırma çalışmasına göre gelişmekte olan 75 ülke dikkate alındığında özellikle kırsal yerleşimlerin ancak %10'unda standartlara uygun içme suyu varlığının olduğu belirlenmiştir. Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) tarafından gerçekleştirilen bir araştırma gelişmekte olan 90 ülkede kırsal yerleşim bölgelerindeki 1 milyar 672 milyon nüfusun sadece %12'sinin standartlara uygun sağlıklı içme ve kullanma suyuna erişebildiğini belirtmiştir (Eroğlu, 1995).

Doğada buharlaşarak havaya karışan su, havada buhar halindeyken doğal olarak temizdir. Fakat bu su kar, yağmur vs. halinde yeryüzüne düşerken hava tabakalarında bulunan tozları, gazları, dumanları, mikroorganizmaları ve radyoaktif serpintileri bünyesine alarak atmosferin kirlilik derecesine göre az veya çok kirlenir. Yeryüzünde akarken veya derinliklere geçerken hayvan, bitki ve insan organik atıkları ile kanalizasyon, tarım, nükleer ve endüstri kirliliklerini de yapısına alır. (Demirer, 1995).

Su kirliliği, su ortamının dolayısıyla su kalitesinin bozulması demektir. Ayrıca suyun normal durumundan ne kadar uzaklaştığını, halk sağlığına ve ekolojik dengeye etkilerini gösterir. Suları kirleten nedenler arasında azot, fosfor ve sodyum gibi eksojen

mineraller, fazla miktardaki metaller, koli basilleri, deterjanlar, bazı radyoaktif izotoplar, bazı patojen bakteriler ve virüsler yer alır. (Akman ve ark., 2000).

Su insan ve çevre açısından yaşam kaynağı durumunda olup tüketimi kaçınılmazdır. Öyle ise içme ve kullanma suyu ihtiyaçlarının sağlandığı yer altı ve yer üstü su kaynaklarının fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik açıdan özellikleri belirli aralıklarla kontrol edilerek, insan sağlığı açısından olumsuz sonuçların ortaya çıkmaması sağlanmalıdır.

### **1.1. Çalışmanın Amacı**

Su yalnızca susuzluğumuzu gideren bir madde değil, aynı zamanda vücudun birtakım ihtiyaçlarını gideren mineralleri de içerisinde barındıran bir besindir. Canlılar için yaşam kaynağı durumunda olan suyun belirli bir kalite standardında olması son derece önemli bir konudur. Bu nedenle ülkeler veya uluslararası örgütler birtakım mevzuatlar ile sağlıklı suyun teminini sağlamaya çalışmaktadırlar. Ülkemizde Türk Standartları Enstitüsünün belirlemiş olduğu kalite standartları ile Dünya Sağlık Örgütünün ve Avrupa standartlarının sağlanması en temel şarttır.

Tunceli ili ülkemizde en düşük nüfusa sahip il konumundadır. Bu durum il coğrafyasında bulunan doğal kaynakların ve tabiatın bakir kalmasını sağlamaktadır. Ancak İl nüfusu her ne kadar düşük olsa da özellikle yaz mevsiminde turizm faaliyetleri noktasında yoğun ziyaretçi almaktadır. Genellikle doğa turizminin gerçekleştiği Tunceli’de ziyaretçilerin sıklıkla ilgi gösterdikleri noktalar doğal su kaynaklarının bulunduğu mekânlardır. Gerek eğlenme ve piknik amaçlı gerekse yol güzergâhında dinlenme amaçlı sıklıkla ziyaret edilen noktaların en önemli özelliği doğal su kaynaklarına sahiplik etmeleridir. İnsanlar tarafından sıklıkla rağbet gören bu suların içme suyu standartlarında ve hijyenik olması sağlık açısından oldukça önem arz etmektedir. Ayrıca ilerleyen yıllarda İl nüfusunun artması düşünüldüğünde yerleşim yerlerinin içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılayan şebeke sularının yetersizliğinde doğal kaynak sularının alternatif olarak değerlendirileceği şüphesizdir.

Sonuç olarak; araştırmamızda Tunceli İl merkezi ve 7 İlçesinde yer alan doğal su kaynaklarının fiziksel kimyasal ve mikrobiyolojik analizlerini yaparak belirlen değerlerin Türk Standartları Enstitüsünün (TS-266), Dünya Sağlık Örgütünün (WHO) ve Avrupa standartlarının (EC) belirlemiş olduğu içme suyu standartlarına uygunluğu ile su

kaynaklarından 7 haftalık periyotlar ile alınan örneklerin birbirleri arasında su kalite parametreleri açısından istatistiki farkın olup olmadığının belirlenmesi amaçlanmıştır.

**Tablo 1.1.** İçme suyu kalite parametre değerleri

<b>PARAMETRELER</b>	<b>TSE (TS-266)</b>	<b>Dünya Sağlık Örgütü (WHO)</b>	<b>Avrupa Birliği (EC)</b>
Antimon (mg/L)	0.00 5	0.02	0.005
Arsenik (mg/L)	0.01	0.01	0.01
Bor (mg/L)	1.0	0.5	1.0
Krom (mg/L)	0.05	0.05	0.05
Bakır (mg/L)	2.0	-	-
Siyanür (mg/L)	0.05	0.07	0.05
Florür (mg/L)	1.5	1.5	1.5
Cıva (mg/L)	0.001	0.006	0.001
Nikel (mg/L)	0.02	0.07	0.02
Nitrat (mg/L)	50	50	50
Nitrit (mg/L)	0.5	3	0.5
Pestisitler (mg/L)	0.0001	-	0.0001
Amonyum (mg/L)	0.5	-	0.5
Klorür (mg/L)	250	-	250
İletkenlik (µS/cm)	2500	2500	2500
pH	6.5≤pH≤9.5	6.5≤pH≤8.5	-
Demir (mg/L)	0.2	-	0.2
Mangan (mg/L)	0.05	0.4	0.05
Sülfat (mg/L)	250	-	250
Sodyum (mg/L)	200	-	200
Koliform bakteri (Sayı/250 mL)	-	-	-
Kalsiyum (mg/L)	200	-	100
Magnezyum (mg/L)	150	-	50
Fosfat (mg/L)	1.5	-	-

## 1.2. Su

### 1.2.1. Hidrolojik Döngü

Dünyamızda oluşmuş olan su termodinamiğin temel ilkesine uygun olarak 4 milyon yıldır yok olmamıştır. Bunun nedeni su döngüsüne bağlıdır. Bu döngü 4 milyon yıl önceki su ile şimdikininki aynı olmasını sağlamaktadır. Yeryüzündeki bütün sular birbirine bağlıdır. Yalnızca bir tek su kaynağı vardır. Bütün sular bağlantılı ve sabit miktarda olduğu için bu kuyudaki suyu nasıl kullandığımız, gezegendeki insanlarla birlikte bütün canlı türlerini yıllardır etkilemektedir ve etkileyecektir (Demirtaş, 2015).

Su yağış biçiminde yeryüzüne düştükten sonra ya hemen buharlaşarak yeniden atmosfere döner ya da yer altına geçerek yer altı suyu biçiminde depolanır, ancak bu suyun da önemli bir bölümü çıktığı yere yani okyanuslara dökülür. Böylece döngü tamamlanmış olur.

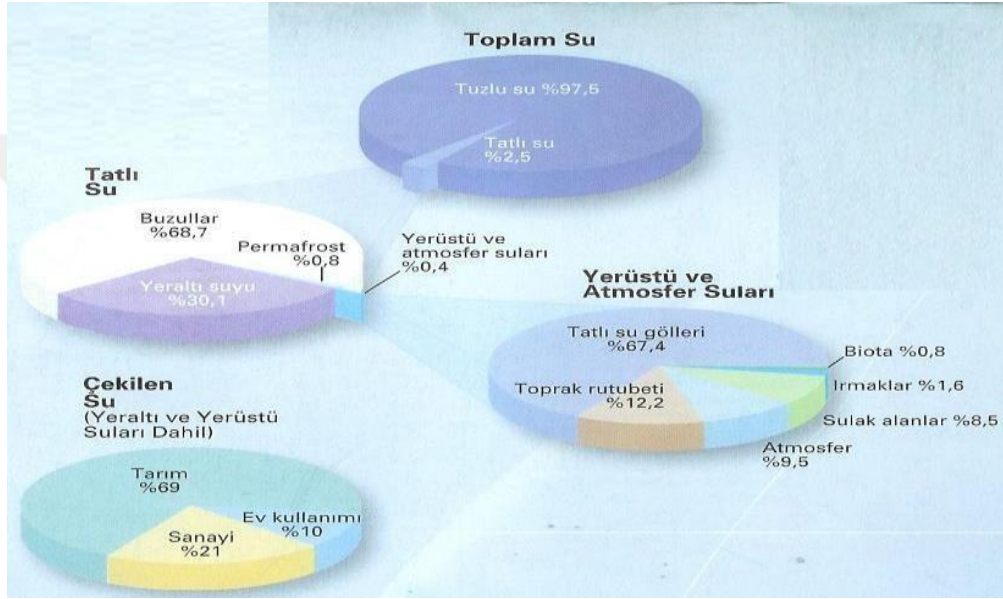


Şekil 1.1. Su döngüsü

Döngü sonucunda tekrar döngüye dâhil olan suyun dışında belirli bir miktarı yeryüzünde kalır ve bunlar belirli yerlerde depolanır (Demirtaş, 2015).

## 1.2.2. Yeryüzündeki Suların Dağılımı

Yeryüzünde bulunan toplam su miktarı çeşitli kaynaklarda değişik şekillerde belirtilse de en fazla tekrarlanan 1.386.000.000 km<sup>3</sup>'tür. Bu rakam aklımızda anlamlandırabileceğimiz bir sayı değildir. Bu suyu tüm yeryüzüne yayacak olsak 2.7 km derinliğinde bir su tabakası oluşurdu ki bu okyanusların bu su tabakası içinde gölet yüzeyinde görüneceği biçimde yüksek bir orandır (Demirtaş, 2015).



Şekil 1.2. Dünyadaki toplam su (Demirtaş, 2015).

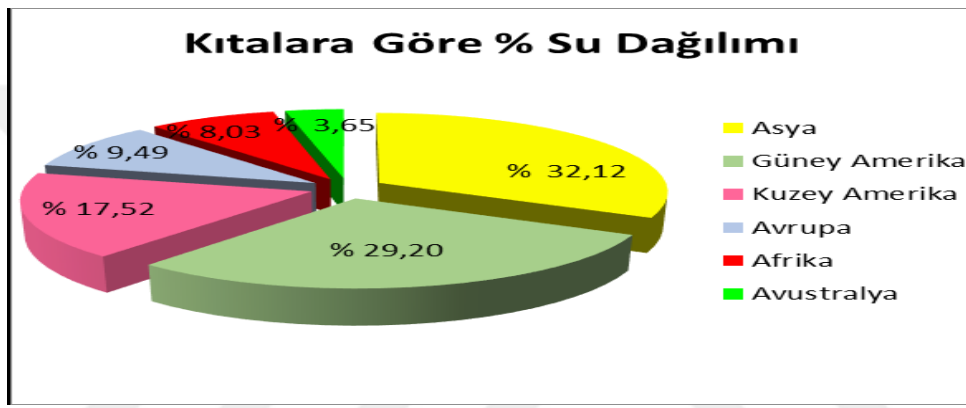
1.386.10<sup>6</sup> km<sup>3</sup> suyun %97,5'u kullanılmayacak biçimde tuzlu sudur. Geriye kalan %2,5'u ise tatlı sudur. Ne var ki bu %2,5 oranındaki suyun %68,7'si buzullarda, %30,1'i yer altında değerlendirilmeyen sulardır. Neticede %2,5'lük dünyadaki toplam tatlı suyun %0,4'ü yer üstü ve atmosferik su şeklinde kullanmamıza uygundur.

Tatlı suyun ana kaynağı okyanuslar ve denizlerdir. Okyanus ve denizlerden buharlaşan su rüzgârlarla hareket ederek yağış halinde okyanuslara ve denizlere düşmektedir. Bu durumun sürekli yineleniyor olması suya yenilenebilir olma özelliği katmaktadır. Karalardan yılda yaklaşık 70-71 bin km<sup>3</sup> su buharlaşırken yağışla 110.000 m<sup>3</sup> su düşmektedir.

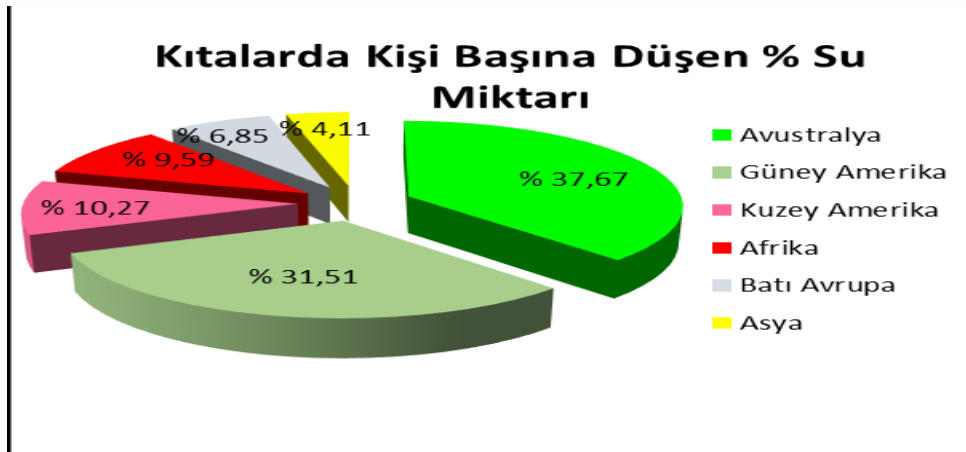
Aslında ne yazık ki su yeryüzünün tüm bölgelerine eşit şekilde dağılmıyor. Kimi şanslı alanlar yağış alırken bazıları da ya çok az yağış alıyor ya da hiç almamaktadır.

Esasen, insanlar yaşadıkları coğrafyanın özelliklerine göre dünyadaki su

kaynaklarından eşit biçimde yararlanamıyorlar. Dünya üzerinde 1.2 milyar insan güvenilir içme sularından mahrum yaşamaktadır. 2.4 milyar insanda sağlık kriterlerine uygun suya erişememektedir. Sanki sonsuz düzeydeymiş gibi algıladığımız ve hiç tükenmezmiş gibi bakılan gerçekte ise oldukça kısıtlı miktarda olan su 2007 yılında 6.6 milyar olan dünya nüfusuna bölündüğünde kişi başına yer altı suları hariç yılda ortalama 1364 km<sup>3</sup> içilebilir su düşmekteydi. 2012 yılında dünya nüfusunun 7 milyara ulaşmasıyla bu rakam 1286 km<sup>3</sup>'e düşmüştür. Gelişmiş bir ülkede doğan bir çocuğun tükettiği su gelişmekte olan ülkelerde dünyaya gelen bir çocuğun tükettiği sudan 30-50 kat daha fazladır.



Şekil 1.3. Kıtalara göre su miktarları



Şekil 1.4. Kıtalarda kişi başına düşen % su miktarı

### 1.2.3. Suların Kirlenme Nedenleri

Su kirliliği, su ortamının dolayısıyla su kalitesinin bozulması demektir. Aynı zamanda suyun normal yapısının ne kadar farklılaştığını, halk sağlığı ve çevre kirlenmesi üzerindeki etkilerini gösterir. Su kirlüten sebepler arasında; bazı radyoaktif izotoplar, kimi patojen bakteriler ve virüsler, ağır metaller, koli basilleri, deterjanlar, sodyum, fosfor ve azot gibi eksojen mineral meddeler bulunmaktadır (Akman ve ark., 2000).

Doğada buharlaşarak havaya karışan su, havada buhar halindeyken doğal olarak temizdir. Fakat bu su kar, yağmur vs. halinde yeryüzüne düşerken hava tabakalarında bulunan tozları, gazları, dumanları, mikroorganizmaları ve radyoaktif serpintileri bünyesine alarak atmosferin kirlilik dercesine göre az veya çok kirlenir. Yeryüzünde akarken veya derinliklere geçerken hayvan, bitki ve insan organik atıkları ile kanalizasyon, tarım, nükleer ve endüstri kirliliklerini de yapısına alır. Sudan kaynaklanabilecek mikrobiyel risk, sudaki mevcut mikroorganizmaların cins ve miktarına göre değişir. Suyu karışan mikroorganizmalar zaman geçtikçe virulanslarını kaybederler. Bir suyun bakteriyolojik yükü fazla olabilir, fakat bu durum insan sağlığı için mutlaka tehlikeli olmaz. Fakat uygulamada suya kontamine olmuş patojen mikroorganizmaların virulanslarını araştırmak söz konusu olmadığı için, bakteriyolojik bakımdan kirli bulunan bir su temizlenmeden içilemez (Demirer, 1995).

Bütün sulara organik veya inorganik birçok madde bulunabilir. Ağır metallerin inorganik maddeler içerisindeki en etkili kirlitici grubu olduğu değerlendirilmektedir. Ağır metallerin kanserojen ve toksik etkileri olmasının yanında, canlı organizmalarda birikme eğilimi de söz konusudur. Civa, kurşun, krom, mangan, kadmiyum, nikel, kobalt, çinko ve bakır gibi metaller doğada genel olarak; sülfür, oksit, karbonat ve silikat mineralleri şeklinde bulunmaktadır. Bu minerallerin suda çözünürlükleri oldukça düşüktür. Ağır metaller arasında en zehirsiz sayılanlar mangan ve demirdir. Litrede 0.5 mg demir ve mangan içeren içme sularında, mürekkep kokusu ve tadı hissedilir (Topbaş ve ark., 1998).

Büyük endüstri çevresinden geçen sular; fenoller ve kreozot gibi kömür damıtılma ürünlerini alırlar. Bunlardan başka hava unsurları, serbest ve erimiş bir halde azot, oksijen, hidrojen vs. gibi gazlarda bulunur (Demirer, 1995).

Sular organik maddeleri ya süspansiyon halinde veya erimiş halde bulundurlar. Süspansiyon halindeki maddelerin ekserisi yosun, mantarlar, birçok bitkisel ve hayvansal

proteinler ve bunların parçalanma ürünleri, muhtelif bakteriler, parazitler ve hatta daha gelişmiş bitkisel ve hayvansal organizmaların teşkil ettiği planktonlardır (Demirer, 1995).

Suların potansiyel kullanımının da belirleyici olan ana kriter kalitesidir. Günümüzde suyun başlıca kullanım yerleri evsel gereksinimlerin yanında endüstri ve tarım faaliyetleridir. Evlerde kullanılan su, sağlığa zararlı olan ağır metalleri, hastalık yapan mikroorganizmaları ve pestisit gibi maddeleri içermemeli, tadı ve kokusu güzel olmasının yanında, ev aletlerine ve su tesisatlarına zarar vermeyecek kimyasal özellikleri taşımalıdır (Akman ve ark., 2000).

Su kirliliğini oluşturan önemli kirlilik kaynakları evsel ve endüstriyel atıklardır. Tarımsal mücadele sonucu kullanılan kimyasal ilaçlar, yanlış arazi kullanımıyla beraber her türlü tarımsal çalışmalar sonucu sıvı ve katı atıkların oluşturduğu kirlilik olarak adlandırılmakta ve su kirliliğinin önemli kirletici kaynağını oluşturmaktadır. Su kirliliğine neden olan kaynaklar, yerel oluşumlarına göre noktasal ve alansal olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Evsel ve endüstriyel atıkların veya atık suların boşaltıldığı bir kanalizasyon sisteminin çıkış ağzı noktasal bir kaynaktır. Öte yandan bir tarım arazisinde kullanılan gübrelerin azotlu ve fosforlu bileşikleri ve pestisitlerin yüzey akışlarıyla su kaynaklarını etkilemesi olayı ile erozyon sonucu meydana gelen toprak kayıpları ve buna bağlı sedimentin, su kaynaklarına taşınması olayında alansal bir kirlilik söz konusudur (Muslu, 1985).

Dünya Sağlık Örgütü yüzeysel sularda kirletici etkiye sebep olabilecek unsurların sınıflandırılmasını aşağıdaki şekilde yapmıştır (Uslu ve Türkman, 1987).

- a) Bakteriler, virüsler ve diğer hastalık yapıcı canlılar,
- b) Organik maddelerden kaynaklanan kirlenme,
- c) Endüstri atıkları,
- d) Yağlar ve benzeri maddeler,
- e) Sentetik deterjanlar,
- f) Radyoaktif bulaşmalar,
- g) Pestisitler,
- h) Yapay organik kimyasal maddeler,
- i) İnorganik tuzlar,
- j) Yapay ve doğal tarımsal gübreler,
- k) Atık su (tek geçişli soğutma suyu sistemine sahip termik santraller).

### 1.3. İçme ve Kullanma Sularının Sınıflandırılması

İnsani tüketim amaçlı sular hakkındaki yönetmelikte içme ve kullanma amacıyla kullanılacak sular aşağıda belirtildiği şekilde sınıflandırılmıştır. Bu yönetmelik, kaynak suları, içme-kullanma suları ile ilgili hükümleri kapsamakta, doğal mineralli sular, kaplıca ve içmece suları ile tıbbi amaçlı suları kapsamamaktadır.

-İnsani Tüketim Amaçlı Su: Orijinal haliyle ya da işlendikten sonra dağıtım ağı, tanker, şişe veya kaplar ile tüketime sunulan içme, pişirme, gıda hazırlama ya da diğer evsel amaçlar için kullanılan bütün sular ile suyun kalitesinin, gıda maddesinin nihai halinin sağlığa uygunluğunu etkilemeyeceği durumlar haricinde insani tüketim amaçlı ürünlerin veya gıda maddelerinin imalatında, işlenmesinde, saklanmasında veya pazarlanmasında kullanılan bütün suları kapsar.

-Kaynak Suyu: Jeolojik koşulları uygun jeolojik birimlerin içinde oluşan, bir veya daha fazla çıkış noktasından yeryüzüne kendiliğinden çıkan veya teknik usullerle çıkartılan ve bu yönetmeliğin 36'ncı maddesinde izin verilenler dışında herhangi bir işleme tabi tutulmaksızın Ek-1'deki nitelikleri taşıyan, etiketleme gerekliliklerini karşılayan ve satış amacı ile ambalajlanarak piyasaya arz edilen yer altı sularını kapsar.

-İçme Suyu: Jeolojik koşulları uygun jeolojik birimlerin içinde doğal olarak oluşan, bir çıkış noktasından sürekli akan veya teknik usullerle çıkarılan ve bakanlıkça uygun görülen dezenfeksiyon, filtrasyon, çöktürme, saflaştırma, vb. işlemler uygulanabilen ve parametre değerlerinin eksiltilmesi veya artırılması suretiyle Ek-1'deki parametre değerleri elde edilen, etiketleme gerekliliklerini karşılayan ve satış amacı ile ambalajlanarak piyasaya arz edilen yer altı sularını kapsar.

- İçme/Kullanma Suyu: Genel olarak içme, yemek yapma, temizlik ve diğer evsel amaçlar ile gıda maddelerinin ve diğer insani tüketim amaçlı ürünlerin hazırlanması, işlenmesi, saklanması ve pazarlanması amacıyla kullanılan orjinine bakılmaksızın orijinal haliyle ya da arıtılmış olarak ister kaynağından isterse dağıtım ağından temin edilen ve Ek-1'deki parametre değerlerini sağlayan ve ticari amaçlı satışa arz edilmeyen suları kapsar (17.02.2005 tarih ve 25730 sayılı Resmi Gazete).

## 1.4. İçme Suyunun Özellikleri

İçme sularında kalitesi göstergeleri genel olarak; pH, bulanıklık, iletkenlik, sıcaklık ve renk gibi fiziksel özellikler; nitrit, sertlik, nitrat, alkalinite ve metaller gibi kimyasal özellikler ile virüs ve bakteri benzeri mikrobiyel özellikler ile değerlendirilir. Bu kapsamda içme sularının özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Türkman, 1988).

- a) Su kokusuz, renksiz, berrak ve içimi lezzetli olmalı,
- b) İçimi hoş, serinletici, tercihen 15 °C'den aşağı sıcaklıkta olmalı,
- c) Sular hastalık yapan mikroorganizma ihtiva etmemeli,
- d) Sular agresif olmamalı, korozif veya borularda taş yapmamalı,
- e) Yeteri derecede yumuşak olmalı,
- f) Toksik ve zararlı maddeler ihtiva etmemeli,
- g) Bol miktarda ve fiyatı ekonomik olmalı.

### 1.4.1.1. Suların Fiziksel Özellikleri

### 1.4.1.2. Suyun pH Değeri

Suyun pH'sı, su içeriğinde alkali tuzlar ve kalsiyum bikarbonat bulunursa alkali, aşırı karbondioksit içeriyorsa asidik reaksiyon oluşturur. Suyun aşırı alkali özelliğe sahip olması kokuşmanın mevcudiyetini ortaya koyar. Asidik özelliği karbondioksit dışındaki farklı asitler sebebiyle meydana gelen sular korozif özellik gösterirler. Suda pH düzeyinin hafif alkali veya nötr olması istenir. İçme ve kullanma sularında pH 6.5-9.2 aralığında doğal kaynak sularında ise pH 7.0-8.5 aralığında olması istenir (Demirer, 1995).

İnsani tüketim amaçlı sular hakkındaki yönetmelikte (Resmi gazete, 2005) sulardaki pH düzeyinin  $\geq 6.5$  ve  $\leq 9.5$  pH değerleri aralığında olması ve suyun aşındırıcı olmaması gerektiği, bunun yanı sıra kaplara ya da şişelere konulan suların pH düzeyinin asgari 4.5 olması gerektiği belirtilmiştir. Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO, 2006)'da suların pH seviyesinin 6.5-8.5 aralığında olması gerektiğini ifade etmiştir.

### **1.4.1.3. Suyun Sıcaklık Değeri**

Su ortamında sıcaklığın gazların çözünlüğünü etkilediği bilinmektedir. Suyun lezzeti sıcaklığına bağlıdır. 8 ile 15 °C sınırlarındaki suların tadı daha iyidir ve susuzluğu giderici etkisi daha yüksektir. TS-266 standartlarına göre en uygun sıcaklık 12 °C'dir. Su sıcaklığı su örneği alındığı anda yerinde ölçülür. Ölçümde çoğunlukla pH metre problemleri kullanılmakla beraber, basit şekilde termometre ile de ölçüm yapılabilir (APHA, 1998; Oğur, 2005).

### **1.4.1.4. Suyun İletkenlik Değeri**

İletkenlik sulu bir çözeltinin elektriği iletme yeteneğinin sayısal bir göstergesidir. Suyun iletkenliği suda bulunan iyonların toplam ve bağıl konsantrasyonları, hareketliliği, değerlikleri ve ölçüm sıcaklığı ile ilişkilidir. Suyun iletkenliği ölçülerek sudaki iyon oranı tahmini olarak belirlenebilir. İletkenlik değerinin 0.55-0.70 ile çarpılması ile suyun tuzluluğu konusunda bir öngörü oluşturabilir. Bununla birlikte, bu bağlantıdan yararlanarak elde edilen deneysel veriler ışığında, normal sularda iletkenliğin 100'e bölünmesiyle, sudaki anyon=kasyon toplamı meq/L olarak belirlenir. Genellikle baz, tuz ve inorganik asit çözeltileri iyi iletkenliğe sahiptirler. Organik bileşiklere ait moleküller ise, sulu çözeltileri iyonlaşmadığından genel olarak çok az düzeyde iletkenlik özelliğine sahiptirler. İletkenlik birimi Siemens/cm'dir. ( $S=Siemens=Ohm^{-1}$ ) Saf suyun iletkenlik seviyesi 0.055  $\mu S/cm$  civarındadır (APHA, AWWA, WPCF, 1998; Sawyer ve ark., 2013).

## **1.4.2. Suların Kimyasal Özellikleri**

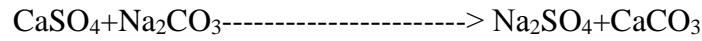
### **1.4.2.1. Suyun Sertlik Değeri**

Suyun sertliği çoğu zaman kalsiyum seviyesi şeklinde kabul görmesine karşın, içeriğinde yer alan ve erimiş halde bulunan magnezyum ve kalsiyum tuzlarından ileri gelmektedir. Bu tuzlar toprak sayesinde suya geçer. Suların yapısında ise bu maddeler; erimiş halde yer alan magnezyum ve kalsiyum bikarbonat, sülfat, klorür ve ayrıca az miktarda nitrat tuzlarıdır. Suyun sertliğinde kalsiyum sülfat ve kalsiyum bikarbonat önemli rol oynamaktadır. Tüm inorganik tuzlar suyla temas ettiğinde çözümlenir. Bazı tuzların

çözünürlüğü sıcaklık artışı ile birlikte düşer. Rakımı alçak olan bölgelerde zeminle temas alanı daha büyük olması sebebiyle tuz derişimi yüksektir. Sularda en çok görülen kalsiyum, magnezyum bikarbonat tuzları sular kaynatıldığında erimeyen karbonatlar halinde çöktüğünden bunların oluşturduğu sertlik geçici sertlik, diğer tuzların oluşturduğu sertlik de kalıcı sertliği ifade eder. Kalıcı sertliğe neden olan tuzların sertliği kaynatmakla giderilemez. Bahse konu bütün tuzlardan kaynaklanan sertliğe toplam sertlik adı verilir. Özellikle kalsiyum ve magnezyum sülfat tuzları kalıcı sertliğe neden olurlar. Kalsiyum ve magnezyum bikarbonat tuzları ise geçici sertlik oluşturur. Geçici sertlik oluşturan bikarbonat tuzları su ısı işleme maruz bırakıldığında,



biçiminde ayrışırlar. Karbonatlar çöker, ortaya çıkan veya suda daha önceden erimiş halde bulunan serbest karbondioksit uçar. Suyun kalıcı sertliği genellikle toprak alkali maddelerin sülfatlarından ve klorürlerinden kaynaklanan sertliklerdir. Bu tarz sertlik ısıtmakla giderilmemesine karşılık sülfatlardan kaynaklanan kalıcı sertlik ise karbonatla giderilir.



Suların sertlik derecesi Alman, Amerikan, Fransız, İngiliz ve minival sertlik derecesi olarak farklı şekillerde gösterilmektedir. Türkiye’de Fransız sertlik derecesi geçerlidir. Bir Fransız sertlik derecesi 10 mg CaCO<sub>3</sub>/L veya 8.4mg MgCO<sub>3</sub>’a, bir İngiliz sertlik derecesi 14.3 mg CaCO<sub>3</sub>/L veya 2.0 mgMgCO<sub>3</sub>’a, bir Alman sertlik derecesi 10 mg CaCO<sub>3</sub>/L veya 7.1 mgMgCO<sub>3</sub>’a, bir Amerikan sertlik derecesi 1 mg CaCO<sub>3</sub>/L veya 0.8 mgMgCO<sub>3</sub>’a eşittir.

Suların sertlik derecelerine göre farklı ülkelerde uygulanan kıstaslar farklılık arz etmektedir.

**Tablo 1.2.** Sertlik derecelerine göre sulara sınıflandırma

<b>SUYUN NİTELİĞİ</b>	<b>FRANSIZ SERTLİK DERECEŚİ</b>	<b>ALMAN SERTLİK DERECEŚİ</b>	<b>İNGİLİZ SERTLİK DERECEŚİ</b>
Çok Yumuşak Su	0-7	0-4	0-5
Yumuşak Su	7-14	4-8	5-10
Hafif Sert Su	14-22	8-12	10-15
Sert Su	22-32	12-18	15-22
Çok Sert Su	32-54	18-30	22-35
Çok Aşırı Sert Su	>54	>30	>35

Suyun sertliğinin fazlasının yahut azlığının sağlığa zararlı olabileceği hakkında kesin bir sınır belirlenememiştir. Fakat saf su ayarında yumuşak suların, vasat sert sulara oranla sağlık için elverişsiz oldukları muhakkaktır. Fazla sert suların mideye ağır gelmesi ve sindirimlerinin tatlı sulara nazaran daha güçlü olması sebebiyle tahmini bir değer olarak içme sularının toplam sertliklerinin 30 Fransız derecesini (Fs°) ve kalıcı sertliklerinin de 12'yi geçmemesi tavsiye edilmektedir. (Demirer, 1995).

#### **1.4.2.2. Suyun Kalsiyum Değeri**

İçme sularında TS-266'ya göre müsaade edilen kalsiyum miktarı 75 mg/L, maksimum kalsiyum miktarı ise 200 mg/L olmalıdır. Kalsiyum yeraltı sularına aragonit, kalsit, anhidrit ve jips gibi silikat içermeyen minerallerin ve piroksen, anortit, ve amfibol gibi silikat içeren minerallerdeki kalsiyumun erimesi ile karışır (Erguvanlı, 1987).

#### **1.4.2.3. Suyun Magnezyum Değeri**

İçme sularında TS-266'ya göre müsaade edilen magnezyum miktarı 50 mg/L, maksimum magnezyum miktarı ise 150 mg/L olmalıdır. Magnezyum, yeraltı sularına genellikle magnezyumlu dolomit, kalker ve serpantizasyon sonucu ortaya çıkan magnezyum karbonatın erimesiyle karışır. Magnezyumun ritim bozukluklarını önleyici ve kalbi koruyucu bir etkisi vardır. Suda sertliğe neden olan iyonlardandır. Su sertliğinin düşük olduğu yerlerde kalp-damar hastalıklarının yaygınlığının arttığı tespit edilmiştir. Ancak bazı araştırmalarda da su sertliğinin kardiyovasküler hastalıklara karşı koruyucu etkisinin olmadığı anlaşılmıştır. Sonuç olarak su sertliğinin sağlığa yararıyla alakalı literatüre giren bir örnek bulunmamaktadır. Fazlası bağırsak problemlerine sebep olmaktadır (Erguvanlı, 1987; Finkelman ve ark., 2001).

#### **1.4.2.4. Suyun Amonyum Değeri**

Suda amonyum varlığı yakın bir noktadan suyun organik maddelerle kirletildiği ihtimalini belirtir. Organik maddeler nitrifikasyon aşamasından geçerek tümüyle zararsız bir Őekle gelirken bu dōngü ilk ürün olarak amonyumu ortaya çıkarır. Organik maddenin suya bulaşması sonrasında kullanımı zamanına kadar olan süre azsa yani nitrifikasyon olayının tamamlanması için gereken süre geğmemişse suyun içeriğinde amonyum görülür. Bununla birlikte amonyum, suyun yapısındaki nitrat ve nitritlerin suyun içerisindeki bakteriler aracılığıyla denitrifikasyona olayına maruz kalması sonucu da ortaya çıkabilir. Bir suyun kirliliği yalnızca amonyum varlığı belirlenemez, çünkü suyun içerisindeki diğer kimyasal maddelerin varlığına gerekli araştırmaların yapılıp amonyumun neden kaynaklandığı anlaşılmalıdır. Tek başına amonyum sağlığa zararlı etki sebebi olamaz. Fakat beraberinde organik maddelerinde suya karışma durumunun söz konusu olabileceğini düşündürdüğü için kirlilik elemanı Şeklinde değerlendirilmelidir (Oğur, 2005).

#### **1.4.2.5. Suyun Nitrit Değeri**

Nitritin İçme ve kullanma sularında olmaması istenir. Bu sebeple nitritin sulardaki varlığı niteleyici Şekilde (var-yok) tespit edilebilir. Amonyak, organik maddelerin paręalanmasının ilk ürünüdür. Ortaya çıkan amonyak sonrasında oksidasyona uğrar ve daha sonra nitritler ortaya çıkar. Bu nitritler ise çok kısa zamanda nitratlara dönüşürler. İnsan sağlığı açısından tehlikeli bir madde olmasının yanı sıra çok düşük seviyede nitritin sağlık etkileri tam olarak bilinmemektedir (Oğur, 2005).

#### **1.4.2.6. Suyun Nitrat Değeri**

Nitrat, yer altı sularına doğal kaynaklı ögelerden daha ziyade antropojen kaynaklı olarak (katı atıklar ve suni gübreler) bulaşmaktadır. TS-266 standartlarına göre İçme sularının genel olarak 25 mg/L nitrat içermesi gerekmektedir. Bu düzey 50 mg/L'nin üzerine çıkmamalıdır. 20 ppm'den daha yüksek miktarda nitrat ihtiva eden sularla beslenen bebeklerin methemoglobinemi olma riski yüksektir. Bunun sebebi bebeklerde mide sıvısının pH seviyesinin 4.9'un üzerinde olması ve bu sayede nitrat indirgeyen bakterilerin

rahatlıkla çoğalarak nitratları nitritlere dönüştürmesiyle birlikte ortaya çıkan nitritlerin hemoglobine bağlanıp hemoglobinin okside olmasının gerçekleşmesinin engellemesidir. Nitrat sularında çoğu zaman belirli bir miktarda yer alır ve kimi yer altı sularının 100 ppm'e kadar nitrat içerdiği bulunmuştur (Atabey, 2005; Oğur, 2005).

#### **1.4.2.7. Suyun Fosfat Değeri**

Birçok yüksek enerjili molekülde bulunan fosfor, metabolizmada önemli ve etkin bir rol oynar. Fosfat Sularında topraktan kaynaklandığı gibi atık sularından da kaynaklanabilir. Bu yüzden fosfor inorganik ve organik olmak üzere 2'ye ayrılır. İnorganik fosfor bitkiler tarafından yüksek enerjili fosfor bileşikler şekline, organik fosfor ise aerobik bakteriler tarafından inorganik fosfora dönüştürülür. Geçmiş zamanlardan itibaren fosfatlar göllerin kirlenmesinin nedeni gösterilirler. Fosfatın yeterli miktarda olduğu alanlarda anormal bir ötrofikasyon ( aerobik hayatın sonlanıp anaerobik hayatın başlaması, bataklık oluşumu) olur. Bu sebeplerle suda bulunan toplam fosforun tayini önem arz eder (Yaman, 2005).

#### **1.4.2.8. Suyun Demir Değeri**

Jeolojik formasyonlar ile demir içerikli suni gübrelerin kullanımı ile içme suyuna bulaşmaktadır. Demirin vücuttaki eksikliğinde halsizlik, anemi, nefes darlığı, yorgunluk, çabuk tırnak kırılmaları, saç dökülmesine, sık baş ağrılarında ve uyku düzensizliklerine demirin aşırı miktarda alınmasında ise mide ağrıları, karaciğer yetersizliği ve baş dönmesine neden olabilmektedir. İçme sularındaki düzeyinin 2 mg/L seviyesine yükselmesi durumunda dahi insan sağlığına olumsuz etki yapmaz, yalnızca suyun görüntüsünü ve tadını farklılaştırır (Finkelman ve ark., 2001; Atabey, 2005).

#### **1.4.2.9. Suyun Klorür Değeri**

Klorür yeraltı sularında yağmur ve kar sularından, deniz suyundan ve evaporitlerden bulaşmaktadır. Klorür konsantrasyonu yayla sularında çok düşük nehir ve yeraltı sularında ise nispeten yüksektir. Ayrıca klorür iyonu bakımından en zengin deniz ve okyanus sularıdır. İçme sularında fazla miktarda klorür bulunmasının sağlık üzerinde zararlı bir etkisi yoktur. TS-266 standartlarına göre klorür üst sınırı 250 mg/L kabul edilmiştir.

Yüksek konsantrasyonlarında Klor tuz tadı oluşturur. Klorür iyonu, sodyum ile beraber kanın bileşiminde yer alır ve kanın osmatik basıncını dengeler. Yüksek klorür ihtiva eden sular büyüme çağındaki bitki, beton, metalik boru ve yapılar için zararlı etki gösterir (Erguvanlı ve Yüzer, 1987; Cici, 1995; Atabey, 2005; Selinus ve ark., 2005).

#### **1.4.2.10. Suyun Sülfat Değeri**

Yer altı sularına anhidrit ve jipsten kaynaklı karışmaktadır. Sülfür bileşikleri çeşitli reaksiyonlar sonunda oluşturdukları koku, tat, korozyon ve toksisite gibi problemleriyle önemli kirletici durumundadırlar. Magnezyum sülfat ve Sodyum sülfat insanlarda müşil etkisi göstereceğinden 250 mg/L üst sınırla sınırlandırılmışlardır (Atabey, 2005).

#### **1.4.3. Suların Mikrobiyolojik Özellikleri**

##### **1.4.3.1. Toplam Mezofilik Aerop Mikroorganizma**

Standart plate count olarak bilinen toplam mezofilik aerop mikroorganizma, günümüzde heterotrofik plak sayısı olarak adlandırılmakta ve suyun işlenmesi ile dağıtımı sırasında değişiklikleri ölçmek amacıyla aerobik ve fakültatif anaerobik canlı bakterilerin kültüre edilmesi sonrası sayılmasıyla belirlenir. Şebeke suyunda bu bakterilerin varlığında, borularda biofilm tabakaları meydana gelir. Heterotrophic bakteri terimi, organik besinleri kullanabilen bakterileri içermektedir. Bu bakteriler doğada tüm sularda, yiyeceklerde, toprakta ve havada bulunmaktadır. Heterotrophic bakteriler birincil ve ikincil patojen olarak kabul edilen bazı bakterilerin yanı sıra koliform gibi (*Esherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter*) indikatör bakterileri de içermektedir. Sulardaki bu bakteriler standart for the examination of water and wastewater (su ve atık suların muayenesi standardı) göre HPC olarak gruplandırılmıştır (Martin ve ark., 1991).

Dünyadaki içme sularının kalite özelliklerinde HPC bakteri sayısında izin verilen limitler 100-500 KOB/mL arasındadır. Çoğu kez patojenik olarak içme sularında izole edilen bakteri cinsleri *aeromonas*, *acinotebacter*, *auroebacter*, *bacillus*, *chryseobacterium*, *corynebacterium*, *klebsiella*, *moraxella*, *pseudomonas*, *staphylococcus* ve *vibriodur* (Pavlov ve ark., 2004).

### 1.4.3.2. Koliform Bakteri

Koliform grubu bakteriler tanım olarak fakültatif anaerop, gram negatif çubuk şeklinde, spor oluşturmeyen ve laktozdan 48 saat içinde gaz oluşturabilen bakterilerdir. Bu tanıma göre koliform türü bakteriler oldukça karışık bir grubu oluşturmaktadırlar. Koliform grup bakterilerin doğal habitatları sıcakkanlı hayvanların bağırsakları olabildiği gibi bunlar bitki ve/veya toprak kökenlide olabilirler.

Koliform grubu bakteriler içerisinde sadece *E. coli* barsak kökenlidir ve dolayısıyla *E. coli* bulunan bir örnek doğrudan veya dolaylı olarak dışkı ile bulaşmış kabul edilir. Koliform grubu bakterilere doğada ve gıdalarda sıklıkla rastlanır. Gıdalarda bulunan koliform grup bakteriler ürüne insan veya hayvan dışkısı yada toprak bulaştığını, yetersiz hijyenik taşıma ve işleme koşullarını, yetersiz ısıl işleme ortaya koyar (URL-1, 2015).

Suyun kalitesini incelemek için fekal koliformlar uygun bakteriyolojik indikatörler olarak uzun zamandır kullanılmaktadır. Suda tespit edilmesinin ve sayılmasının kolay olması bunda en önemli etkidir.

Koliform bakteriler fekal kontaminasyon harici de suda bulunabildiklerinden, patojen mikroorganizmaların varlığını kesin olarak gösterememektedirler. Bununla birlikte içme sularında bulunması; uygun olmayan arıtma, depolama ve dağıtım sırasında bir kontaminasyonun gerçekleştiği ihtimal dâhilindedir. *E. coli* ve diğer dışkı indikatörlerin yokluğunda yalnızca koliform bakteri tespit edilirse kontaminasyonun kaynağı araştırılmalıdır (WHO, 1993).

## 1.5. Konu İle İlgili Literatür Bilgisi

Ağaoğlu ve ark., (1999) arkadaşlarınca Van yöresi kaynak sularının fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kaliteleri açısından değerlendirilmesi üzerine yapılan çalışmada Van Merkez, Gürpınar, Edremit ve Gevaş İlçelerinde bulunan 15 adet kaynaktan alınan 30 adet su örneği incelenmiştir. Sonuç olarak kaynakların mikrobiyolojik açıdan %40'nın kimyasal açıdan ise tamamının içme suyu standartlarına (TS-266) ve gıda maddeleri tüzüğüne uygun olmadığı tespit edilmiştir.

Alemdar (2009), içme sularının bazı mikrobiyolojik ve fizikokimyasal niteliklerinin belirlenmesi üzerine gerçekleştirilen çalışmada Bitlis Merkez, Tatvan, Güroymak, Ahlat, Adilcevaz ve Hizan İlçelerinde depo ve musluk sularından alınan 164 materyal

incelenmiştir. İncelenen örneklerde ortalama Mg, pH ve Na seviyeleri ile *E. coli* dışındaki tüm bakterilerin pozitiflik oranı sonbahar mevsiminde daha yüksek tespit edilmiştir. Yerleşim yerlerinin genel canlı, koliform ve *E. coli* sayısı üzerine etkisinin önemsiz ( $p>0.05$ ) ancak diğer tüm değişkenler üzerine etkisinin önemli ( $p<0.05$ ) olduğu bulunmuştur.

Tepe ve ark., (2004) Hatay Harbiye kaynak suyunun fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi üzerine yapılan çalışmada Hatay İlinin Merkezinde bulunan Harbiye kaynak suyunun nitelikleri 12 ay boyunca aylık olarak incelenmiştir. Analizi yapılan parametreler; pH, çözünmüş oksijen, toplam sertlik, sülfat, biyolojik oksijen ihtiyacı, askıda katı madde, tuzluluk, klor, sıcaklık, nitrat, nitrit, amonyak azotu, kimyasal oksijen ihtiyacı, toplam alkalinite, fosfat, potasyum, sülfid, sodyum, silis ve klordur. Çalışma sonucunda kaynak suyunun alabalık yetiştiriciliğine uygun olduğu tespit edilmiştir.

Verep ve ark., (2005) Trabzon İyidere akarsuyunun fiziko-kimyasal açıdan su kalitesinin belirlendiği çalışmada, Trabzon ve Rize İllerine sınır olan İyidere akarsuyundan 4 farklı istasyondan alınan su örneklerinin 7 aylık değişimi incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda İyidere sularının su kirliliği mevzuatında bildirilen kıta içi su standartlarına göre yüksek kalitede (Sınıf 1) olduğu belirlenmiştir.

Dönderici (2010), Adana Hıfzısıhha enstitüsünde yapılan çalışmada Akdeniz ve İç Anadolu bölgesinden 2009 yılında Ocak ile Aralık aylarındaki tarihler içerisinde getirilen kaynak sularının fiziksel ve kimyasal parametreleri incelenmiştir. Sonuç olarak kaynak sularının fiziksel analizleri sonucunda 61 örnekten yalnızca ikisinde (%3.2) bulanıklık tespit edilmiştir. Örneklerin 63'ünde pH, 62'sinde iletkenlik bakılmış ve değerleri uygun bulunmuştur. Kaynak sularında yapılan kimyasal analizlerde 61 örneğin üçünde (%4.9) bromat, 15 örneğin birinde (%6.7) bor, 18 örneğin birinde (%5.6) mangan ve 18 örneğin birinde (%5.6) ise arsenik düzeylerinin yönetmelik değerini aştığı belirlenmiştir. Çalışılan örneklerde alüminyum, amonyum, demir ve ozon saptanmamıştır.

Gültekin (2005), Trabzon İli Aşağı Değirmendere havzası sularının kalitesi üzerine yapılan araştırmada inceleme alanında bulunan yüzey, yer altı ve mineralli su kaynakları değerlendirilmiştir. Çalışma sonunda Aşağı Değirmendere havzasındaki yer altı su kaynaklarının yüksek kaliteli su sınıfına girdiği, içme ve kullanma suyu olarak değerlendirilmesinin öncelikli olması gerektiği belirlenmiştir.

Ağaoğlu ve ark., (2007), Van bölgesi içme ve kullanma sularında nitrat ve nitrit seviyelerinin belirlenmesi üzerine yapılan çalışmada Muradiye, Özalp, Erciş, Saray, Gevaş,

Çaldıran, Edremit ve Gürpınar İlçelerindeki toplam 366 adet su örneğini kaynak/çeşme, kuyu, musluk, depo ve dere sularından alarak çalışma materyali olarak kullanılmıştır. Örneklerde nitrat ve nitrit düzeyleri spektrofotometrik yöntem ile belirlenmiştir. Analiz bulgularına göre, Van Merkez ve İlçelerinde bulunan su kaynaklarında ortalama nitrat düzeyleri sırasıyla;  $35.927 \pm 5.706$  ppm ve  $24.752 \pm 9.262$  ppm (kuyu),  $5.158 \pm 0.931$  ppm ve  $4.990 \pm 0.665$  ppm (dere),  $19.065 \pm 3.770$  ppm ve  $14.610 \pm 2.523$  ppm (kaynak/çeşme),  $9.609 \pm 3.021$  ppm ve  $14.114 \pm 2.503$  ppm (musluk),  $6.325 \pm 2.850$  ppm ve  $7.390 \pm 1.582$  ppm (depo) olarak saptanmıştır. Nitrit düzeyi ise; Van Merkez ve İlçelerinden alınan içme suyu örneklerinde genelde standartlara uygun bulunmuş ve  $0.1$  ppm 'in altında tespit edilmiştir. Fakat Van Merkezdeki bir kuyuya ait su örneği (%2) standart değerlerin üzerinde çıkmıştır. Nitrit düzeyi gerek Van Merkez gerekse İlçelerdeki dere sularının tamamında  $0.691$  ppm ile  $0.060$  ppm arasında belirlenmiştir.

Hudak (2000), Teksas yeraltı sularında nitrat içeriğinin araştırıldığı çalışmada yapılan analizler sonucunda nitrat değerlerinin ( $\text{NO}_3^-$ )  $0.44$ - $59.9$  mg/L arasında değiştiği tespit edilmiştir. Nitrat konsantrasyonundaki yüksek değerlerin nedeninin Teksas'da bulunan geniş tarım arazilerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Tarım alanlarındaki nitratın potansiyel kaynağı; suni gübrelerdeki, hayvan atıklarındaki ve topraktaki azotun mineralizasyonudur. Bunun dışındaki nitrat potansiyel kaynakları ise; septik sistemler, çayır gübreleri ve şehirselleşmiş sızıntıdır.

Rahman ve ark., (2014) içme suyu içindeki demir miktarının renk ve bulanıklık parametrelerine etkisini incelemiştir. Klor dozlanan içme suyundaki demir miktarının renk, bulanıklık ve organik madde üzerine etkisini spektrofotometrik yöntem ile incelemiştir. Su kalite parametrelerinden pH, bakiye klor, fosfat bazlı korozyon önleyicilerin ve demir parçacıklarının boyutlarının renk ve bulanıklıkta etkin olduğu sonucuna varmışlardır.

Yılmaz (2004), Bodrum İlçesi Mumcular kasabasında yer alan Mumcular Barajının fiziko-kimyasal özelliklerinin araştırıldığı çalışmada her ay alınan su örneklerine ait yıllık ortalama değerler (minimum, maksimum ve ortalama) saptanmıştır. Sıcaklık ( $11.5$ - $30.6$ - $20.7^\circ\text{C}$ ), pH ( $7.6$ - $9.0$ - $8.3$ ), amonyum ( $2.7$ - $0.6$  mg/L), kalsiyum ( $49.3$ - $157.8$ - $79.4$  mg/L), magnezyum ( $29.5$ - $94.6$ - $47.6$  mg/L), sülfat ( $180$ - $66.2$  mg/L), çözünmüş oksijen ( $3.1$ - $10.2$ - $7.3$  mg/L), toplam alkanite ( $98$ - $260$ - $136.3$  mg/L), asit bağlama yeteneği ( $1.9$ - $8.2$ - $3.4$ ), toplam sertlik ( $6.9$ - $22.1$ - $11.1$  mg/L), fosfat ( $1.5$ - $0.2$  mg/L). Bu çalışmada ılıman iklimin görüldüğü bir coğrafyada yer alan tatlı su gölünün iyi olarak değerlendirilebilecek bir su

kalitesine sahip olduğu, kirlilik problemi taşımadığı ancak mineral tuzları açısından yetersiz ve su kıtlığı problemlerinin olduğu değerlendirilmiştir.

Amanjot ve ark., (2015), Hindistan'ın Patiala Punjab kentinde yapılan çalışmada musluk suyu ve filtre edilmiş musluk suyunun fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik parametreleri incelenmiştir. Rastgele 10 evden alınan numuneler üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda filtre edilmiş suyun diğer içme suyuna göre daha kaliteli olduğu alına mikrobiyolojik numunelerin %28'inin yetersiz olduğu filtre edilmiş musluk suyunda ise bu oranın %4 olduğu belirlenmiştir.

Karaoğlu (2001), Kavaklıdere- Bozdoğan bölgesindeki kaynak ve yer altı sularının bazı su kalite parametreleri bakımından değerlendirildiği çalışmada bu suları kirleten etmenlerin neler olduğu araştırılmıştır. Bu amaçla 12 ayrı noktadan Temmuz 2000 döneminde alınan su örneklerinde amonyum, nitrit, nitrat, kalsiyum, magnezyum, toplam sertlik, fosfat, sülfat pH, sıcaklık, demir ve iletkenlik analizleri yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre ana kirleticilerin; zirai ve çiftlik gübreleri olduğu gözlemlenmiştir.

Bilgin (2003), Niğde İl Merkezi içme sularının fiziksel kimyasal ve mikrobiyolojik yönden incelendiği çalışmada Nisan, Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında 11 ayrı noktadan alınan 44 adet su numunesinin incelendiği çalışmada su kaynaklarının genel itibari ile Türk Standartları Enstitüsü TS-266'ya uygun oldukları belirlenmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

Tunceli İli ve 7 İlçesinde bulunan 8 farklı içme suyu kaynağından 7 hafta boyunca toplamda alınan 56 farklı su numunesi araştırma materyalini oluşturdu. Su numunesi alımında içme ve kullanma suları hakkındaki yönetmelikte belirtilen kurallar uygulanmış olup kahverengi cam şişeler kullanılmıştır. Numuneler 2014 yılı Şubat, Mart ve Nisan aylarında (22.02.2014 ile 06.04.2014) haftada bir şekilde periyodik olarak toplanmıştır.



Şekil 2.1. Hozat ilçesi ahmetpaşa çeşmesi su numunesi alma

#### 2.1.1. Çalışma Yerinin Tanımı

Doğu Anadolu Bölgesinin Yukarı Fırat bölümünde yer alan Tunceli İli, kuzeyde ve batıda Munzur Dağları ile karasu ırmağı, doğuda Bingöl dağları ve Peri suyu, güneyde Keban Baraj gölü ile çevrilidir.

Çalışma alanımızda Tunceli İli sınırları içerisinde, İl Merkezi ile Ovacık, Pertek, Hozat, Pülümür, Çemişgezek, Nazımiye ve Mazgirt İlçelerinde bulunan doğal su

kaynaklarının yer aldığı alandır. Su kaynakları çevresinde değişen mesafelerde yerleşim yerleri mevcuttur.

#### **2.1.1.1. Taht Çeşmesi Kaynak Suyu (1 no'lu İstasyon)**

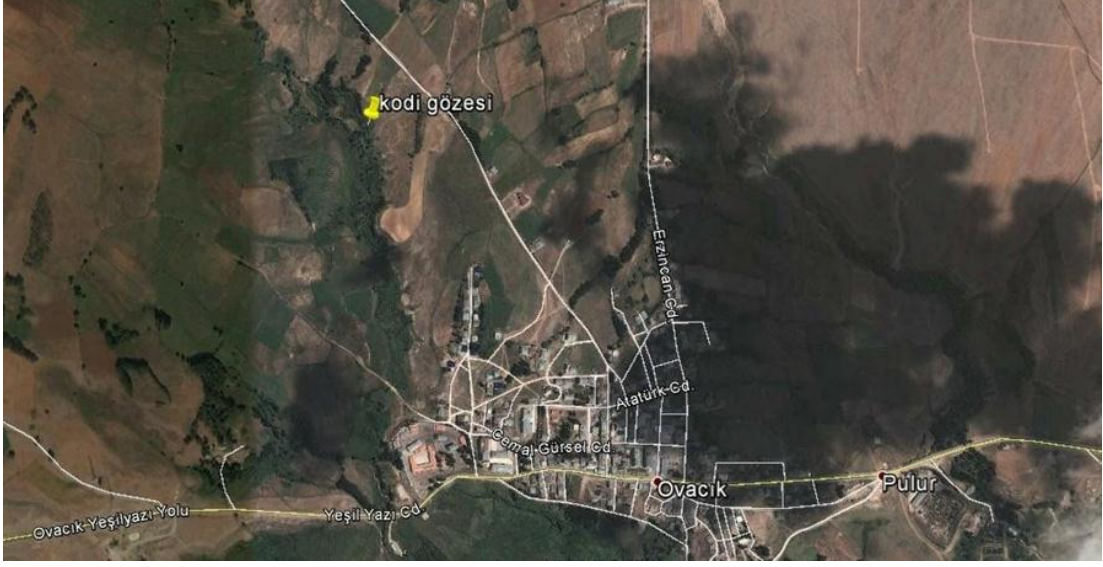
Tunceli İl Merkezine 7 km uzaklıkta olup Tunceli Ovacık karayolu üzerinde Anafatma ziyareti yakınında yer almaktadır. Bu güzergâhta yolculuk yapanların ve yöre halkının kullanmış olduğu taht çeşmesine kaynaklık etmektedir.



Şekil 2.2. Taht çeşmesi su kaynağı google earth konum görüntüsü

#### **2.1.1.2. Kodi Çeşmesi Kaynak Suyu (2 no'lu İstasyon)**

Ovacık İlçe Merkezine 1 km uzaklıkta olup yöre sakinlerinin piknik ve dinlenme amaçlı kullandıkları alan içerisinde yer alır. Yöre halkının sıklıkla kullandığı bir su kaynağıdır.



Şekil 2.3. Kodi çeşmesi su kaynağı google earth konum görüntüsü

### 2.1.1.3. Kartallı Çeşme Kaynak Suyu (3 no'lu İstasyon)

Pertek İlçesine 10 km uzaklıkta olup Tunceli-Pertek-Elazığ karayolu üzerinde Mercimek köyü yakınlarında bulunur. Bu güzergâhta yolculuk yapanların ve yöre halkının kullandığı yol üstü bir çeşmeye kaynaklık etmektedir.



Şekil 2.4. Kartallı çeşme su kaynağı google earth konum görüntüsü

#### 2.1.1.4. Kırmızıtaş Çeşmesi Kaynak Suyu (4 no'lu İstasyon)

Pülümür İlçesine 18 km uzaklıkta olup Tunceli-Pülümür-Erzincan karayolu üzerinde Kırmızıköprü mevkiinde yer almaktadır. Bu güzergâhta yolculuk yapanların ve yöre halkının kullanmış olduğu aynı adlı çeşmeye kaynaklık etmektedir.



Şekil 2.5. Kırmızıtaş çeşmesi su kaynağı google earth konum görüntüsü

#### 2.1.1.5. Tekya Gözesi Kaynak Suyu (5 no'lu İstasyon)

Çemişgezek İlçe Merkezine 600 metre uzaklıkta olup ilçede bulunan Tekya dinlenme parkının içinde yer almaktadır. Yöre halkının sıklıkla kullandığı bir su kaynağıdır.



Şekil 2.6. Tekya gözesi su kaynağı google earth görüntüsü

#### 2.1.1.6. Dızık Çeşmesi Kaynak Suyu (6 no'lu İstasyon)

Nazımiye İlçe Merkezine 22 km uzaklıkta olup Tunceli-Pülümür-Erzincan karayolu üzerinde yer almaktadır. Bu güzergâhta yolculuk yapanların ve yöre halkının kullandığı aynı adlı çeşmeye kaynaklık etmektedir.



Şekil 2.7. Dızık çeşmesi su kaynağı google earth konum görüntüsü

### 2.1.1.7. Ahmetpaşa Çeşmesi Kaynak Suyu (7 no'lu İstasyon)

Hozat İlçe Merkezine 6 km uzaklıkta olup yöre sakinlerinin piknik ve dinlenme amaçlıda kullandıkları alan içerisinde yer alır. Yöre halkının sıklıkla kullandığı bir su kaynağıdır.



Şekil 2.8. Ahmetpaşa çeşmesi su kaynağı google earth konum görüntüsü

### 2.1.1.8. Zahban Gözesi Kaynak Suyu (8 no'lu İstasyon)

Mazgirt İlçe Merkezine 1 km uzaklıkta olup, yöre halkının sıklıkla kullandığı bir su kaynağıdır.



Şekil 2.9. Zahban gözesi su kaynağı google earth konum görüntüsü

### 2.1.2. Tunceli İlinin Jeolojik ve Madeni Özellikleri

Doğu Anadolu Bölgesinin Yukarı Fırat bölümünde bulunan Tunceli sahasında değişik yaş aralığında kayaçlara rastlanılmaktadır. Bölgenin en yaşlı birimi paleozoyik yaşlı Malatya-Keban metamorfiteridir. Bunlarla tektonik dokanaklı olarak üst triyas-üst kretase yaşlı Munzur kireçtaşları yer alır. Bu nokta üzerine tektonik olarak serpantinleşmiş ultra bazik kayaçlar ve spilit, diyabaz, andezik tuf ve aglomeradan oluşan bazik volkanitler gelir. Bu birim üzerine transgressif olarak fliş gelir. Bu alanları kesen Elazığ mağmatitleri üst kretase sonunda meydana çıkmıştır. Bu kısımlar üzerinde uyumsuz olarak eosen fliş ve kireçtaşı çökelleri bulunmaktadır. Bunların üzerine oligo-miyosen flişleri ve miyosen kireçtaşları gelir. Bölgede kendisinden yaşlı tüm birimleri kesen andezit ve dasitler yer almaktadır.

Tunceli ili gerek metalik gerek endüstriyel hammaddeler bakımından çok zengin potansiyele sahip değildir. Bakır-kurşun-çinko ile ilgili yapılan çalışmalarda Ovacık-Kakbil zuhurunda %4.52 Cu tenörü saptanmış olup, küçük boyutlu bir cevherleşmedir. Kromla ilgili yapılan çalışmalarda Pülümür- Bağderesi sahasında %43 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörlü 16.000 ton muhtemel rezerv bulunmuştur. Yatak geçmiş yıllarda işletilmiştir. Ovacık İlçesindeki Çolaklar, Harmıkızılçayır ve Berke sahalarında %42-54 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörlü 2.500 ton görünür, 4.800 ton muhtemel rezerv tespit edilmiştir. Yataklardan geçmiş yıllarda 6.750 ton cevher üretilmiştir.

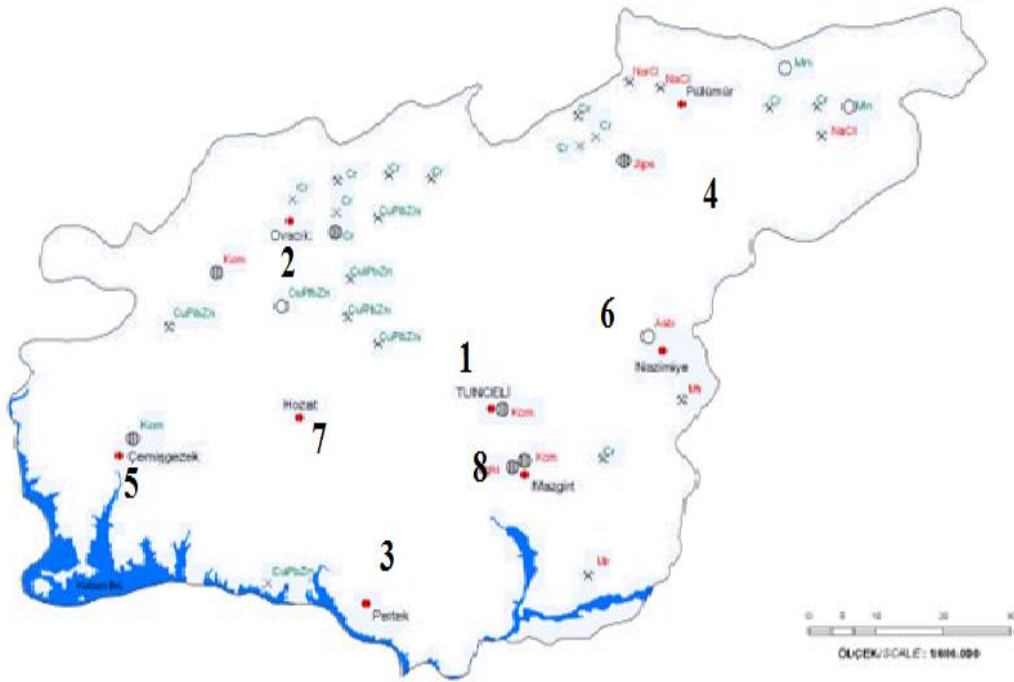
Bölgede özel sektör tarafından yapılan araştırmalar (bakır vb.) sürdürülmektedir. Genel müdürlüğümüzün İl ve yakın çevresinde endüstriyel hammadelere yönelik yaptığı çalışmalar sonucunda İlde jips, kum-çakıl ve tuğla-kiremit oluşumları tespit edilmiştir. Kum-çakıl sahaları İlde çeşitli bölgelerde gözlenmektedir. Merkez, Çemişgezek ve Mazgirt İlçelerinde elenerek kullanılabilir nitelikte toplam 140.000 m<sup>3</sup>, Ovacık ve Pertek İlçelerinde de inşaat agregası olarak kullanılmaya elverişli toplam 65.000m<sup>3</sup> muhtemel kum-çakıl rezervi tespit edilmiştir. Pülümür- Pardı köyü jips zuhurlarında ise toplam 1 milyon ton muhtemel jips rezervi belirlenmiştir. Mazgirt- Akpazar sahasında ise iyi kalite 24 milyon ton tuğla-kiremit rezervi bulunmaktadır (Maden Teknik ve Arama Genel Müdürlüğü, 2010).

## TUNCELİ İLİ MADEN HARİTASI / MINERAL MAP OF TUNCELİ



ENERJİ, DOĞAL GAZ VE İKLİM BAKANLIĞI  
REPUBLIC OF TURKEY  
MINISTRY OF ENERGY, NATURAL GAS AND CLIMATE CHANGE  
ANKARA, TÜRKİYE

Genel Maden Harita Çizimci: Mithat ÖZER  
Bazı Verilerin Kaynağı: Dr. Serdar ÖZTÜRK



### AÇIKLAMALAR / EXPLANATIONS

- ZUHURU / EXPOSURE
- ◻ YATAKLI ÖRE / DEPOSIT
- × İŞLETME / MINE
- × ESKİ İŞLETME / OLD MINE
- Yerleşim merkezi / Urban center
- METALLİK MADENLER / METALLIC MINERALS
- ENDÜSTRİYEL HAMMADDELER / INDUSTRIAL RAW MATERIALS

- Asb Asbest / Asbestos
- Cr Krom / Chromite
- CuPbZn Bakır-Kurşun-Çinko / Copper-Lead-Zinc
- Jps Jips / Gypsum
- Kom Kum-Çakıl / Sand-Gravel
- Mn Manganez / Manganese
- M Marmer / Marble
- NaCl Tuz / Salt
- Tgk Tuğla-Kiremit / Brick-Tile Building Stone

### Su Numunesi Alın Noktaları

- 1- Taht Çeşmesi
- 2- Koda Çeşmesi
- 3- Kartal Çeşmesi
- 4- Kırmızıtaş Çeşmesi
- 5- Tekya Çeşmesi
- 6- Dizik Çeşmesi
- 7- Ahmetpaşa Çeşmesi
- 8- Zahban Çeşmesi

Şekil 2.10. Tunceli ili maden haritası ( Maden Teknik ve Arama Genel Müdürlüğü, 2010).

## 2.2. Metot

Analizi yapılacak su örneklerinin sıcaklık, pH ve iletkenlik ölçümleri su örneği alınması esnasında kaynak yerinde yapılmıştır. Sıcaklık ve pH ölçümleri kalibrasyonu yapılmış Crison marka pH 25 model ölçüm cihazı ile iletkenlik ölçümleri ise Crison marka CM 35 model ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Kalsiyum, magnezyum, toplam sertlik ve klorür analizleri titrimetrik yöntem ile hesaplanmıştır.

Çalışma kapsamında kullanılan tüm su örnekleri süspanse katı maddelerden ileri gelebilecek hataların engellenmesi için filtrelenmiştir.

Spektrofotometrik ölçümlerin tamamında Munzur Üniversitesi Gıda Mühendisliği Araştırma Laboratuvarında bulunan Shimadzu marka UV-1800 model spektrofotometre kullanılmıştır.

Demir analizinde Munzur Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü Araştırma Laboratuvarında bulunan Perkin Elmer Marka AAnalyst-800 model AAS cihazı kullanılmıştır.

Mikrobiyolojik analizler ise Dicle Üniversitesi Veteriner Fakültesi Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Ana Bilim Dalı Laboratuvarında yapılmıştır.



Şekil 2.11. Tez çalışmasında kullanılan spektrofotometre

## **2.2.1. Fiziksel Analizler**

### **2.2.1.1. pH Ölçümü**

Su örneğinin alındığı yerde örnek alınma zamanında kalibrasyonu yapılmış Crison marka pH 25 model ölçüm cihazı ile ölçülmüştür.

### **2.2.1.2. Sıcaklık Ölçümü**

Su örneğinin alındığı yerde örnek alınma zamanında kalibrasyonu yapılmış Crison marka pH 25 model ölçüm cihazı ile ölçülmüştür.

### **2.2.1.3. İletkenlik Ölçümü**

Su örneğinin alındığı yerde örnek alınma zamanında kalibrasyonu yapılmış Crison marka CM 35 model ölçüm cihazı ile ölçülmüştür.

## **2.2.2. Kimyasal Analizler**

### **2.2.2.1. Toplam Sertlik Tayini**

Su örneklerinin toplam sertlik tayinleri, EDTA-titrimetrik metot kullanılarak belirlenmiştir. pH derecesi  $10.0 \pm 0.1$  olan ve içerisinde Ca ve Mg iyonları ihtiva eden bir çözeltiye Eriochrome Black T ilave edilirse çözelti şarap kırmızısı bir renk alır. Eğer bu şarap kırmızısı renkli çözeltiye, titrasyon bileşiği olarak EDTA ilave edilirse Ca ve Mg bu madde tarafından kompleks olarak bağlanmaya başlar ve tüm Ca ve Mg'ü bağlamaya yeter miktarda EDTA ilave edilince, çözelti şarap kırmızısı renginden mavi renge döner. Bu renk dönüşümü titrasyonun son noktasıdır. Harcanan EDTA sarfiyatı kullanılarak su örneklerinin toplam sertlik miktarı litrede miligram olarak hesaplanıp Fransız sertlik dercesine çevrilmiştir (Cemeroğlu, 2010).

### 2.2.2.2. Kalsiyum Tayini

Su örneklerinin kalsiyum tayinleri titrimetrik metot kullanılarak belirlenmiştir. 25 mL alınan su örneklerinin pH düzeyi 12-13 oluncaya kadar seyreltik NaOH çözeltisi ilave edildi. pH seviyesi ayarlanan su örneklerine 0.2 gram müreksit indikatörü ilave edilerek, renk pembeden mora dönünceye kadar EDTA (Etilen di amin tetra asetik asit) çözeltisi ile titre edildi. Titrasyon sonunda harcanan EDTA çözeltisi sarfiyatı kullanılarak örneklerin kalsiyum değerleri litrede miligram (mg/L) olarak hesaplanmıştır (Egemen, 1996).



Şekil 2.12. Titrimetrik yöntem ile kalsiyum tayini

### 2.2.2.3. Magnezyum Tayini

Su örneklerinin magnezyum tayinleri titrimetrik metot kullanılarak belirlenmiştir. 25 ml alınan su örneklerine 5 mL tampon çözelti ile 0.2 gram Eriochrome Black T ilave edilerek iyice karıştırıldı. Sonrasında renk pembeden maviye dönene kadar EDTA (Etilen di amin tetra asetik asit) çözeltisi ile titre edildi. Titrasyon sonunda harcanan EDTA çözeltisi sarfiyatı kullanılarak örneklerin magnezyum değerleri litrede miligram (mg/L) olarak hesaplanmıştır (Egemen, 1996).

#### **2.2.2.4. Amonyum Tayini**

Su örneklerine amonyum tayinleri fenat metodu kullanılarak spektrofotometrik olarak yapılmıştır. 25 mL hacminde alınan su örneklerinin her birine fenol, sodyum nitropurid ve oksitleyici çözültiden belirli miktarlarda eklenerek sodyum nitropurid katalizöründe amonyum, hipoklorit ve fenol bileşiklerinin reaksiyon vermesi sağlanmıştır. Reaksiyon sonrası oluşan mavi indofenol bileşiklerinin renk yoğunluğu 640 nm dalga boyunda spektrofotometrik ölçüm yapılarak tespit edilmiştir. Ayarlı çözültülerin spektrofotometrik ölçümleri sonucunda oluşturulan konsantrasyon-absorbsiyon eğrisinden hareketle örneklerin amonyum azotu değerleri litrede miligram (mg/L) olarak hesaplanmıştır (APHA (2005), 4500-NH<sub>3</sub>F).

#### **2.2.2.5. Nitrit Tayini**

Su örneklerinin nitrit tayinleri kolorimetrik metot kullanılarak yapılmıştır. Her bir su örneğine belirli miktarda renk reaktifi ilave edilerek 10 dakika ile 2 saat arasında renk oluşumu için beklenmiştir. Yeterli bekleme süresinin ardından ortaya çıkan kırmızımsı eflatun renk yoğunluğu 543 nm dalga boyunda spektrofotometrik ölçüm yapılarak tespit edilmiştir. Ayarlı çözültülerin spektrofotometrik ölçümleri sonucunda oluşturulan konsantrasyon-absorbsiyon eğrisinden hareketle örneklerin nitrit değerleri litrede miligram (mg/L) olarak hesaplanmıştır (APHA (2005), 4500-NO<sub>2</sub>-B).

#### **2.2.2.6. Nitrat Tayini**

Örneklerin nitrat Tayinleri, spektrofotometrik ölçüm yöntemi ile belirlenmiştir. Nitrat iyonları 220 nm dalga boyunda absorbsiyon verseler de çözülmüş organik maddelerin iyi derecede absorbsiyon verdikleri 275 nm'de absorbsiyon vermemektedir. Bu durumdan yararlanarak 220 ve 275 nm dalga boyunda spektrofotometrik ölçüm yapılarak çözülmüş organik maddelerden kaynaklanan artı hataların elemine edilmesi sağlanmıştır. Ayrıca hidroksit ve karbonat iyonlarından ileri gelebilecek girişimlerin önlenmesi içinde örnekler hidroklorik asit (HCl) ile artırılmıştır. Bir seri standart nitrat çözültüsünün absorbsiyon okumaları neticesinde oluşturulan konsantrasyon-absorbsiyon eğrisinden yararlanılarak

örneklerin içerdiği nitrat konsantrasyonları litrede miligram (mg/L) olarak hesaplanmıştır (APHA (2005), 4500-NO<sub>3</sub>-D).

#### **2.2.2.7. Fosfat Tayini**

Fosfat tayininde içme sularındaki ortofosfat düzeyine bakılmıştır. Bunun için, vanadomolibdofosforik asit yöntemi kullanılmıştır. Asidik ortamda, amonyum molibdatın seyreltik bir ortofosfat çözeltisiyle molibdofosforik asit oluşturmak için reaksiyon vermesi prensibiyle hareket edilmiştir. Vanadyum mevcudiyetinde sarı renkli vanadomolibdofosforik asit meydana gelmektedir. Oluşan sarı rengin şiddeti fosfat konsantrasyonu ile orantılı olup örneklerin fosfat içeriği 470 nm dalga boyunda spektrofotometrik ölçüm yapılarak tespit edilmiştir. Ayarlı çözeltilerin spektrofotometrik ölçümleri sonucunda hazırlanan konsantrasyon-absorbsiyon eğrisinden hareketle örneklerin ortofosfat değerleri litrede miligram (mg/L) olarak hesaplanmıştır (APHA (2005), 4500-P C).

#### **2.2.2.8. Demir Tayini**

Su örneklerinin demir içeriğinin belirlenmesi amacıyla yapılan analizlerde atomik absorpsiyon spektrofotometre (AAS) cihazı kullanılmıştır. Aletsel analizde su örnekleri asitlendirilerek cihaza enjekte edilmiş ve toplam demir miktarı belirlenmiştir (APHA (1989), 3500 B).

#### **2.2.2.9. Klorür Tayini**

Klorür tayini, arjantometrik yöntemden yararlanılarak yapılmıştır. Analizlerde kullanılacak 100 mL'lik su örneklerinin pH değeri seyreltik NaOH çözeltisi kullanılarak 8 düzeyinde tutulmaya çalışılmıştır. pH ayarlaması yapılan su örnekleri standart gümüş nitrat (AgNO<sub>3</sub>) çözeltisi ile titre edildikten sonra klorürün tüketildiği anda renk dönüşümüyle miktar tespitinin yapılması için potasyum kromat (K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>) indikatörü eklenmiştir. Renk sarıdan kırmızı-kahverengi tonlarına döndüğü anda sarfıyatlardan yararlanılarak klorür miktarı litrede miligram (mg/L) olarak hesaplanmıştır (APHA (2005), 4500-Cl-B).

### **2.2.2.10. Sülfat Tayini**

Sülfat tayini, türbidimetrik yöntem esas alınarak yapılmıştır. Su örneklerinin içerisinde yer alan sülfat iyonları kontrollü koşullar altında baryum sülfat süspansiyonuna dönüştürülmüş ve süspansiyonun oluşturduğu bulanıklık derecesi 420 nm dalga boyunda spektrofotometrik yöntem ile ölçülmüştür. Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan ve baryum klorür ilave edilmiş standart sülfat çözeltisinden bir seri standart okuma gerçekleştirilmiştir. Bu okumalar ile oluşturulan konsantrasyon-absorbsiyon eğrisinden hareketle örneklerin sülfat değerleri litrede miligram (mg/L) olarak hesaplanmıştır (APHA (2005), 4500-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>E).

### **2.2.3. Mikrobiyolojik Analizler**

#### **2.2.3.1. Toplam Mezofilik Aerop Bakteri Tayini**

Toplam bakteri analizleri için 1 mL su örneği alınarak steril Petri içerisine konuldu. Bunun üzerine 45-50 dereceye kadar soğutulmuş Plate count agardan (PCA, Merck 1.05463) 15 mL kadar döküldü. Besi yeri katılaşmadan sağa sola döndürülerek örnekle besi yerinin homojen karışması sağlandı. Katılaştıran besi yeri 37 °C'ta 48 saat inkübasyona bırakıldı. İnkübasyon sonrası besi yerinde gelişen tüm koloniler sayıldı (BAM, 2001).

#### **2.2.3.2. Koliform Bakteri Tayini**

Koliform bakteri analizi için 1mL su örneği steril Petri içerisine konuldu ve üzerine 40-45 dereceye soğutulmuş Violet red bile agar (VRBA, Oxoid CM107) besi yerinden 15 mL kadar döküldü. 37 °C'ta 24 saatlik inkübasyon sonucu 2-3 mm çapında, kırmızı viyole rengindeki tüm koloniler koliform bakteri olarak sayıldı (Harrigan, 1998).

#### 2.2.4. İstatistiksel Analiz

Araştırma sonucunda elde edilen verilerin istatistiki açıdan değerlendirilmesinde SPSS 18.00 paket programından yararlanılmıştır. İstatistiki analiz metodu olarak Tek Yönlü Manova Testi ve çoklu karşılaştırmalarda homojenlik göstermeyen gruplar Kruskal Wallis analiz Testi kullanılmıştır. Tek Yönlü Manova, tek bir bağımsız değişkene göre oluşturulacak gruplar arasında birden çok bağımlı değişkene ait ortalama değerler bakımından farklılık olup olmadığını analiz etmektedir. Tek Yönlü Manova analizinde görülen istatistiksel farklılıkların hangi gruplar arasında görüldüğünü bulmak amacıyla “Post Hoc” çoklu karşılaştırma testlerinden olan Duncan testinden yararlanılmıştır. (Çimen, 2015).

Tüm su numuneleri aynı miktarda ve analiz limitinin altında demir ihtiva ettiğinden demir analiz sonuçlarının istatistiki açıdan değerlendirilmesine gerek görülmemiştir.

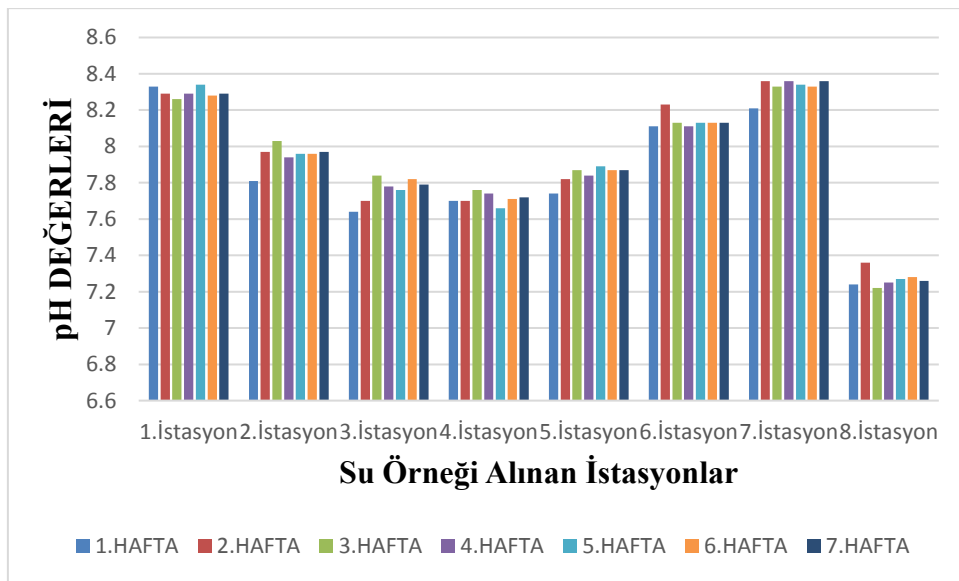
### 3. BULGULAR

#### 3.1. pH Değerleri

Tablo 3.1. Su kaynaklarının pH değerleri

SU KAYNAKLARI	HAFTALIK pH DEĞERLERİ						
	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta	5. Hafta	6. Hafta	7. Hafta
1. İstasyon	8.33	8.29	8.26	8.29	8.34	8.28	8.29
2. İstasyon	7.81	7.97	8.03	7.94	7.96	7.96	7.97
3. İstasyon	7.64	7.7	7.84	7.78	7.76	7.82	7.79
4. İstasyon	7.7	7.7	7.76	7.74	7.66	7.71	7.72
5. İstasyon	7.74	7.82	7.87	7.84	7.89	7.87	7.87
6. İstasyon	8.11	8.23	8.13	8.11	8.13	8.13	8.13
7. İstasyon	8.21	8.36	8.33	8.36	8.34	8.33	8.36
8. İstasyon	7.24	7.36	7.22	7.25	7.27	7.28	7.26

Araştırmamızda 8 farklı istasyondaki su kaynaklarının pH değerleri, 7.22 ile 8.36 arasında değişmektedir. En düşük pH değeri 8. İstasyon olan Zahban çeşmesi su kaynağının 3. Haftadaki ölçümünde, en yüksek pH değeri ise 7. İstasyon olan Ahmetpaşa çeşmesi su kaynağının 2, 4 ve 7. Haftalardaki ölçümlerinde belirlenmiştir.



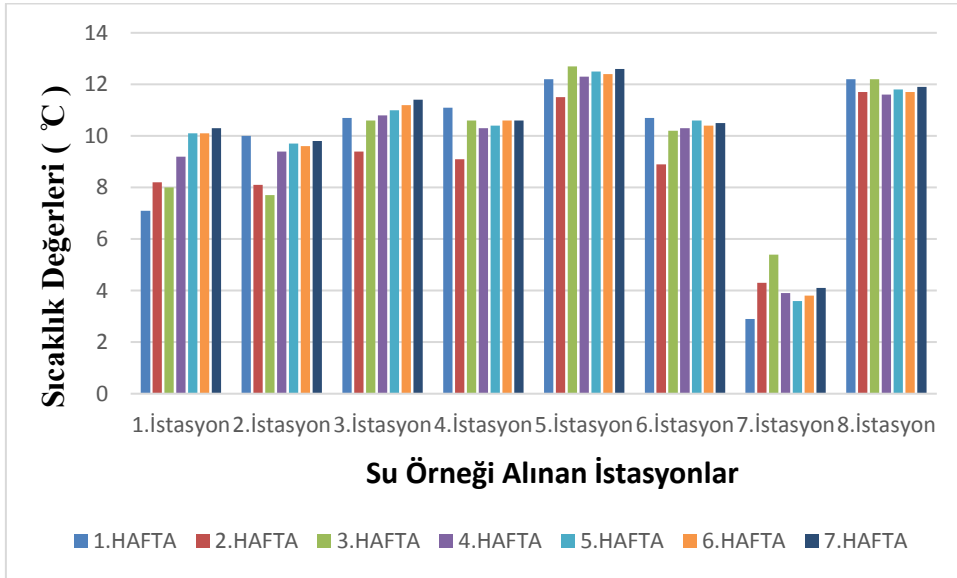
Şekil 3.1. pH değerlerinin haftalık değişim grafiği

### 3.2. Sıcaklık Değerleri

Tablo 3.2. Su kaynaklarının sıcaklık değerleri

SU KAYNAKLARI	HAFTALIK SICAKLIK (°C ) DEĞERLERİ						
	İstasyonlar	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta	5. Hafta	6. Hafta
1. İstasyon	7.1	8.2	8	9.2	10.1	10.1	10.3
2. İstasyon	10	8.1	7.7	9.4	9.7	9.6	9.8
3. İstasyon	10.7	9.4	10.6	10.8	11	11.2	11.4
4. İstasyon	11.1	9.1	10.6	10.3	10.4	10.6	10.6
5. İstasyon	12.2	11.5	12.7	12.3	12.5	12.4	12.6
6. İstasyon	10.7	8.9	10.2	10.3	10.6	10.4	10.5
7. İstasyon	2.9	4.3	5.4	3.9	3.6	3.8	4.1
8. İstasyon	12.2	11.7	12.2	11.6	11.8	11.7	11.9

Araştırmamızda 8 farklı istasyondaki su kaynaklarının sıcaklık değerleri, 2.9 ile 12.7 °C arasında değişmektedir. En düşük sıcaklık değeri 7. İstasyon olan Ahmetpaşa çeşmesi su kaynağının 1. Haftadaki ölçümünde, en yüksek sıcaklık değeri ise 5. İstasyon olan Tekya çeşmesi su kaynağının 3. Haftadaki ölçümünde belirlenmiştir.



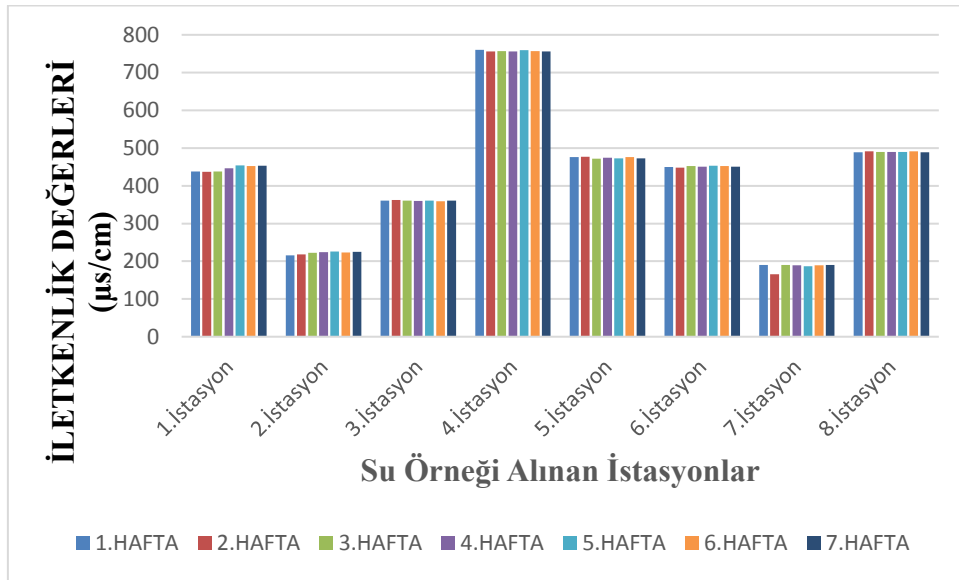
Şekil 3.2. Sıcaklık değerlerinin haftalık değişim grafiği

### 3.3. İletkenlik Değerleri

Tablo 3.3. Su kaynaklarının iletkenlik değerleri

SU KAYNAKLARI	HAFTALIK İLETKENLİK ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) DEĞERLERİ						
	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta	5. Hafta	6. Hafta	7. Hafta
1. İstasyon	438	437	438	446	454	452	453
2. İstasyon	216	218	222	224	226	223	225
3. İstasyon	361	362	361	360	361	359	361
4. İstasyon	760	756	757	756	759	757	756
5. İstasyon	476	477	472	474	473	476	473
6. İstasyon	450	448	452	451	453	452	451
7. İstasyon	190.5	165.8	190.5	189	187	189	190
8. İstasyon	489	491	490	490	490	491	489

Araştırmamızda 8 farklı istasyondaki su kaynaklarının iletkenlik değerleri, 165.8 ile 760  $\mu\text{S}/\text{cm}$  arasında değişmektedir. En düşük iletkenlik değeri 7. İstasyon olan Ahmetpaşa çeşmesi su kaynağının 2. Haftadaki ölçümünde, en yüksek iletkenlik değeri ise 4. İstasyon olan Kırmızıtaş çeşmesi su kaynağının 1. Haftadaki ölçümünde belirlenmiştir.



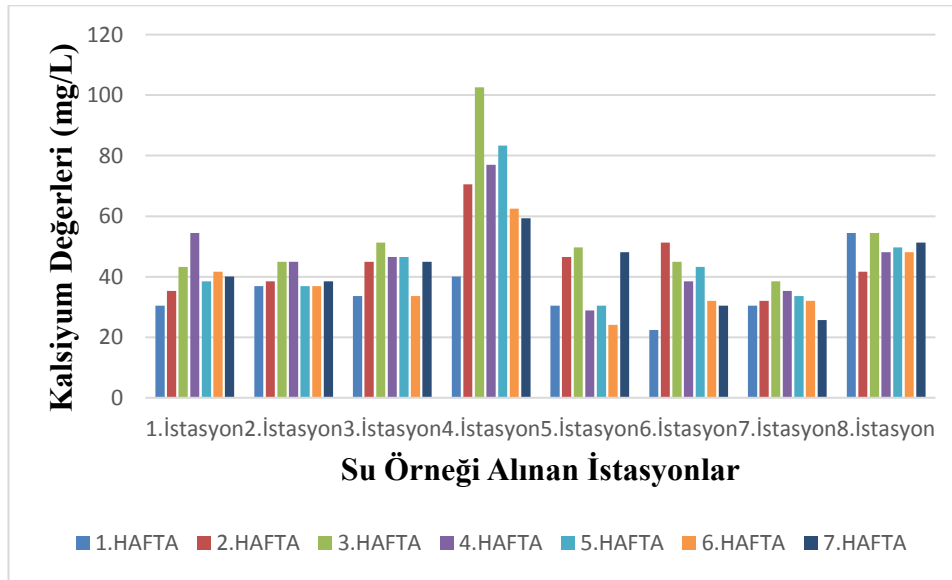
Şekil 3.3. İletkenlik değerlerinin haftalık değişim grafiği

### 3.4. Kalsiyum Değerleri

Tablo 3.4. Su kaynaklarının kalsiyum değerleri

SU KAYNAKLARI	HAFTALIK KALSİYUM (mg/L) DEĞERLERİ						
	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta	5. Hafta	6. Hafta	7. Hafta
1. İstasyon	30.46	35.27	43.28	54.5	38.47	41.68	40.08
2. İstasyon	36.87	38.47	44.88	44.88	36.87	36.87	38.47
3. İstasyon	33.66	44.88	51.3	46.49	46.49	33.66	44.88
4. İstasyon	40.08	70.54	102.6	76.95	83.36	62.52	59.31
5. İstasyon	30.46	46.49	49.69	28.85	30.46	24.04	48.09
6. İstasyon	22.44	51.3	44.88	38.47	43.28	32.06	30.46
7. İstasyon	30.46	32.06	38.47	35.27	33.66	32.06	25.65
8. İstasyon	54.5	41.68	54.5	48.9	49.69	48.09	51.3

Araştırmamızda 8 farklı istasyondaki su kaynaklarının kalsiyum değerleri, 22.44 ile 102.6 mg/L arasında değişmektedir. En düşük kalsiyum değeri 6. İstasyon olan Dizik çeşmesi su kaynağının 1. Haftadaki ölçümünde, en yüksek kalsiyum değeri ise 4. İstasyon olan Kırmızıtaş çeşmesi su kaynağının 3. Haftadaki ölçümünde belirlenmiştir.



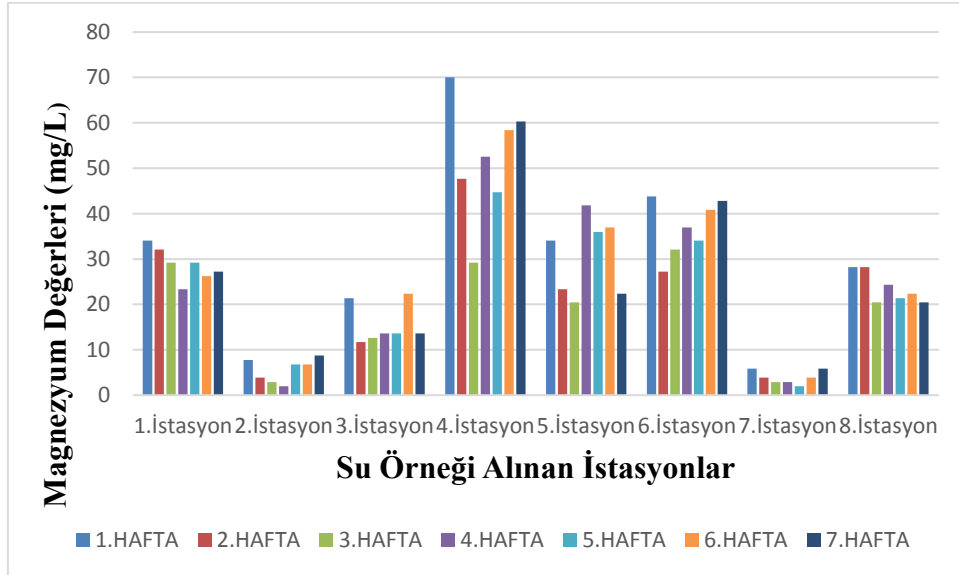
Şekil 3.4. Kalsiyum değerlerinin haftalık değişim grafiği

### 3.5. Magnezyum Değerleri

Tablo 3.5. Su kaynaklarının magnezyum değerleri

SU KAYNAKLARI	HAFTALIK MAGNEZYUM (mg/L) DEĞERLERİ						
	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta	5. Hafta	6. Hafta	7. Hafta
1. İstasyon	34.04	32.1	29.18	23.34	29.18	26.26	27.23
2. İstasyon	7.78	3.89	2.91	1.94	6.8	6.8	8.75
3. İstasyon	21.4	11.67	12.64	13.61	13.61	22.37	13.61
4. İstasyon	70.04	47.66	29.18	52.53	44.74	58.36	60.31
5. İstasyon	34.04	23.34	20.42	41.83	35.99	36.96	22.37
6. İstasyon	43.77	27.23	32.1	36.96	34.04	40.85	42.8
7. İstasyon	5.83	3.89	2.91	2.91	1.94	3.89	5.83
8. İstasyon	28.21	28.21	20.42	24.32	21.4	22.37	20.42

Araştırmamızda 8 farklı istasyondaki su kaynaklarının magnezyum değerleri, 1.94 ile 70.04 mg/L arasında değişmektedir. En düşük magnezyum değeri 2. İstasyon olan Kоди çeşmesi su kaynağının 4. Haftadaki ölçümü ile 7. İstasyon olan Ahmetpaşa çeşmesi su kaynağının 5. Haftadaki ölçümünde, en yüksek magnezyum değeri ise 4. İstasyon olan Kırmızıtaş çeşmesi su kaynağının 1. Haftadaki ölçümünde belirlenmiştir.



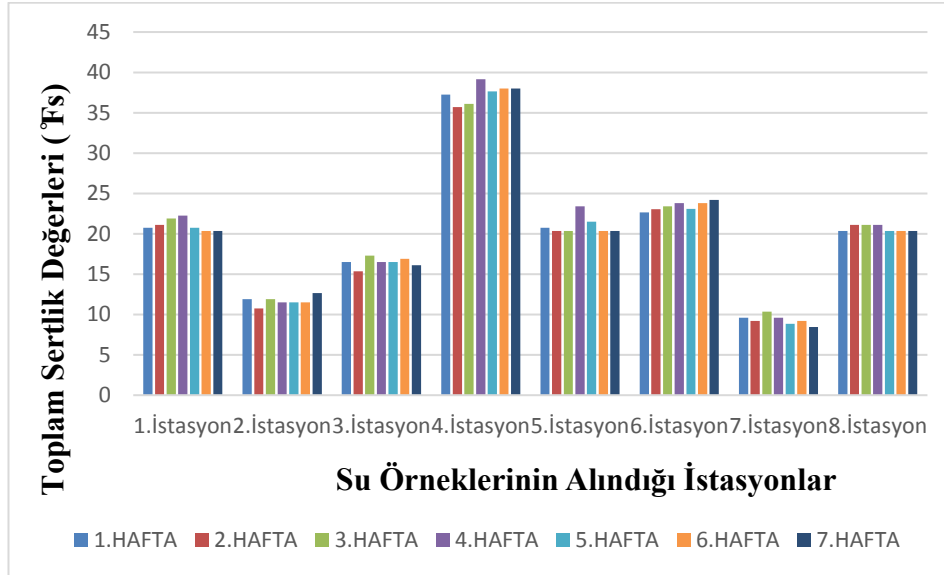
Şekil 3.5. Magnezyum değerlerinin haftalık değişim grafiği

### 3.6. Toplam Sertlik Değerleri

Tablo 3.6. Su kaynaklarının toplam sertlik değerleri

SU KAYNAKLARI İstasyonlar	HAFTALIK TOPLAM SERTLİK (°Fs) DEğERLERİ						
	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta	5. Hafta	6. Hafta	7. Hafta
1. İstasyon	20.73	21.12	21.88	22.27	20.73	20.35	20.35
2. İstasyon	11.9	10.75	11.9	11.52	11.52	11.52	12.67
3. İstasyon	16.51	15.36	17.28	16.51	16.51	16.89	16.12
4. İstasyon	37.24	35.71	36.09	39.16	37.63	38.01	38.01
5. İstasyon	20.73	20.35	20.35	23.42	21.5	20.35	20.35
6. İstasyon	22.65	23.04	23.42	23.8	23.08	23.8	24.19
7. İstasyon	9.6	9.21	10.36	9.6	8.83	9.21	8.44
8. İstasyon	20.35	21.12	21.12	21.12	20.35	20.35	20.35

Araştırmamızda 8 farklı istasyondaki su kaynaklarının toplam sertlik değerleri, 8.44 ile 39.16 °Fs arasında değişmektedir. En düşük toplam sertlik değeri 7. İstasyon olan Ahmetpaşa çeşmesi su kaynağının 7. Haftadaki ölçümünde, en yüksek toplam sertlik değeri ise 4. İstasyon olan Kırmızıtaş çeşmesi su kaynağının 4. Haftadaki ölçümünde belirlenmiştir.



Şekil 3.6. Toplam sertlik değerlerinin haftalık değişim grafiği

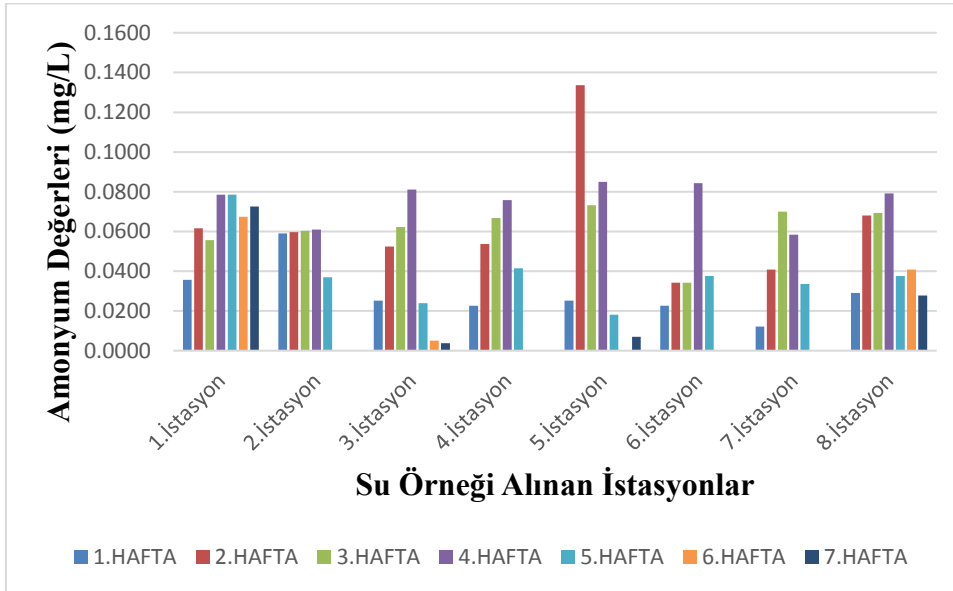
### 3.7. Amonyum Değerleri

Tablo 3.7. Su kaynaklarının amonyum değerleri

SU KAYNAKLARI	HAFTALIK AMONYUM (mg/L) DEĞERLERİ						
	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta	5. Hafta	6. Hafta	7. Hafta
1. İstasyon	0.0356	0.0616	0.0557	0.0784	0.0784	0.0674	0.0726
2. İstasyon	0.0590	0.0596	0.0603	0.0609	0.0369	ALA	ALA
3. İstasyon	0.0252	0.0525	0.0622	0.0810	0.0239	0.0051	0.0038
4. İstasyon	0.0226	0.0538	0.0668	0.0758	0.0414	ALA	ALA
5. İstasyon	0.0252	0.1336	0.0732	0.0849	0.0181	ALA	0.0070
6. İstasyon	0.0226	0.0343	0.0343	0.0843	0.0375	ALA	ALA
7. İstasyon	0.0122	0.0408	0.0700	0.0583	0.0336	ALA	ALA
8. İstasyon	0.0291	0.0681	0.0694	0.0791	0.0375	0.0408	0.0278

\*ALA: Analiz Limitinin Altında

Araştırmamızda 8 farklı istasyondaki su kaynaklarının amonyum değerleri, <0.001 ile 0.1336 mg/L arasında değişmektedir. En düşük amonyum değeri analiz limit değerinin altında kaldığından 2, 4, 5, 6 ve 7. İstasyonlarda, en yüksek amonyum değeri ise 5. İstasyon olan Tekya çeşmesi su kaynağının 2. Haftadaki ölçümünde belirlenmiştir.



Şekil 3.7. Amonyum değerlerinin haftalık değişim grafiği

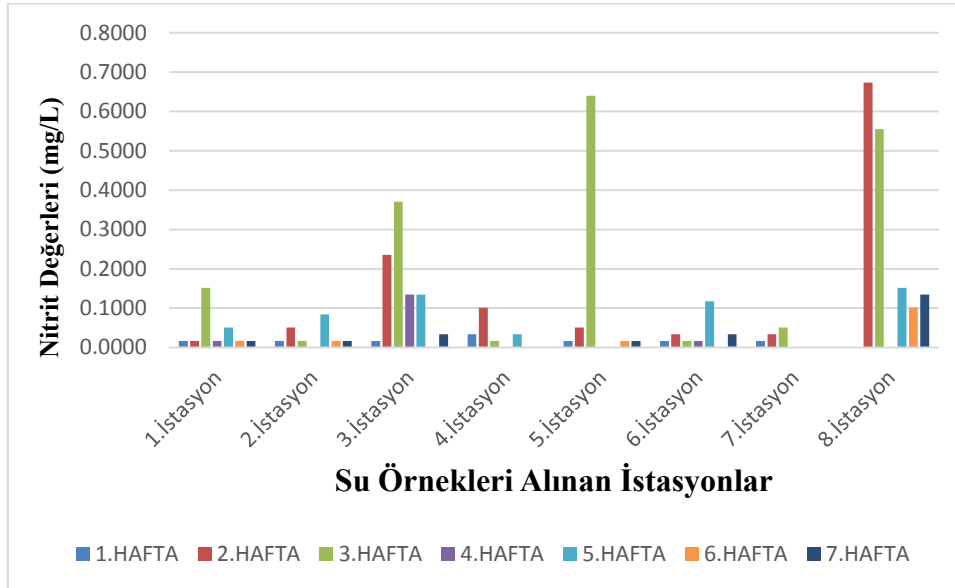
### 3.8. Nitrit Değerleri

Tablo 3.8. Su kaynaklarının nitrit değerleri

SU KAYNAKLARI İstasyonlar	HAFTALIK NİTRİT (mg/L) DEĞERLERİ						
	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta	5. Hafta	6. Hafta	7. Hafta
1. İstasyon	0.0168	0.0168	0.1515	0.0168	0.0505	0.0168	0.0168
2. İstasyon	0.0168	0.0505	0.0168	ALA	0.0842	0.0168	0.0168
3. İstasyon	0.0168	0.2357	0.3704	0.1347	0.1347	ALA	0.0337
4. İstasyon	0.0337	0.1010	0.0168	ALA	0.0337	ALA	ALA
5. İstasyon	0.0168	0.0505	0.6397	ALA	ALA	0.0168	0.0168
6. İstasyon	0.0168	0.0337	0.0168	0.0168	0.1178	ALA	0.0337
7. İstasyon	0.0168	0.0337	0.0505	ALA	ALA	ALA	ALA
8. İstasyon	ALA	0.6734	0.5556	ALA	0.1515	0.1010	0.1347

\*ALA: Analiz Limitinin Altında

Araştırmamızda 8 farklı istasyondaki su kaynaklarının nitrit değerleri, <0.001 ile 0.6734 mg/L arasında değişmektedir. En düşük nitrit değeri analiz limit değerinin altında kaldığından 1. İstasyon dışındaki tüm istasyonlarda, en yüksek nitrit değeri ise 8. İstasyon olan Zahban çeşmesi su kaynağının 2. Haftadaki ölçümünde belirlenmiştir.



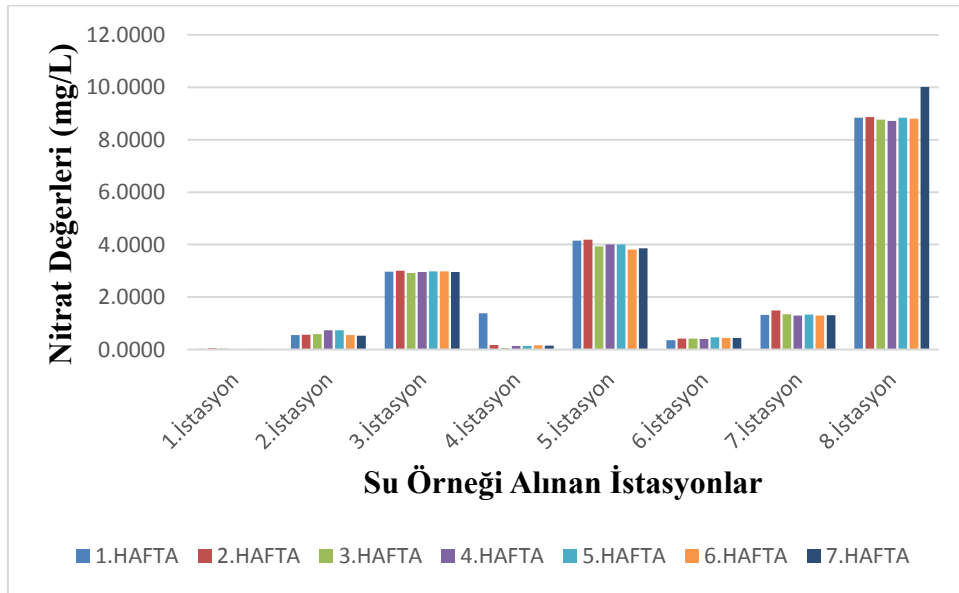
Şekil 3.8. Nitrit değerlerinin haftalık değişim grafiği

### 3.9. Nitrat Değerleri

Tablo 3.9. Su kaynaklarının nitrat değerleri

SU KAYNAKLARI	HAFTALIK NİTRAT (mg/L) DEĞERLERİ						
	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta	5. Hafta	6. Hafta	7. Hafta
1. İstasyon	0.0317	0.0510	0.0413	0.0162	0.0201	0.0259	0.0201
2. İstasyon	0.5548	0.5606	0.5915	0.7363	0.7382	0.5471	0.5297
3. İstasyon	2.9718	3.0085	2.9178	2.9564	2.9815	2.9776	2.9622
4. İstasyon	1.3830	0.1764	0.0490	0.1320	0.1320	0.1552	0.1475
5. İstasyon	4.1533	4.1919	3.9293	4.0085	4.0008	3.8135	3.8541
6. İstasyon	0.3598	0.4178	0.4197	0.4004	0.4660	0.4409	0.4448
7. İstasyon	1.3251	1.4950	1.3502	1.3000	1.3290	1.2961	1.3135
8. İstasyon	8.8444	8.8618	8.7614	8.7170	8.8347	8.8019	10.010

Araştırmamızda 8 farklı istasyondaki su kaynaklarının nitrat değerleri, 0.0162 ile 10.010 mg/L arasında değişmektedir. En düşük nitrat değeri 1. İstasyon olan Taht çeşmesi su kaynağının 4. Haftadaki ölçümünde, en yüksek nitrat değeri ise 8. İstasyon olan Zahban çeşmesi su kaynağının 7. Haftadaki ölçümünde belirlenmiştir.



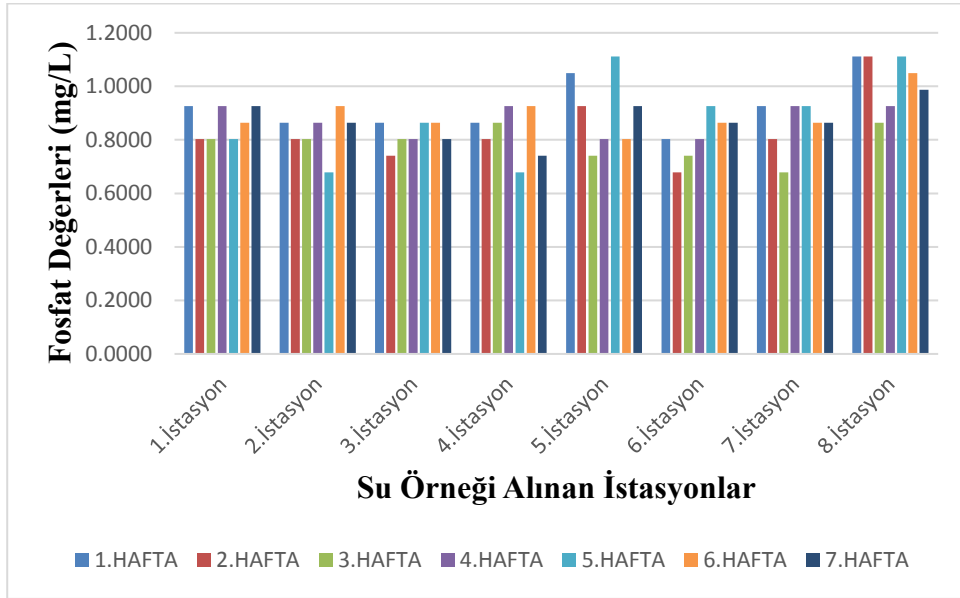
Şekil 3.9. Nitrat değerlerinin haftalık değişim grafiği

### 3.10. Fosfat Değerleri

Tablo 3.10. Su kaynaklarının fosfat değerleri

SU KAYNAKLARI	HAFTALIK FOSFAT (mg/L) DEĞERLERİ						
	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta	5. Hafta	6. Hafta	7. Hafta
1. İstasyon	0.9259	0.8025	0.8025	0.9259	0.8025	0.8642	0.9259
2. İstasyon	0.8642	0.8025	0.8025	0.8642	0.6790	0.9259	0.8642
3. İstasyon	0.8642	0.7407	0.8025	0.8025	0.8642	0.8642	0.8025
4. İstasyon	0.8642	0.8025	0.8642	0.9259	0.6790	0.9259	0.7407
5. İstasyon	1.0494	0.9259	0.7407	0.8025	1.1111	0.8025	0.9259
6. İstasyon	0.8025	0.6790	0.7407	0.8025	0.9259	0.8642	0.8642
7. İstasyon	0.9259	0.8025	0.6790	0.9259	0.9259	0.8642	0.8642
8. İstasyon	1.1111	1.1111	0.8642	0.9259	1.1111	1.0494	0.9877

Araştırmamızda 8 farklı istasyondaki su kaynaklarının fosfat değerleri, 0.679 ile 1.111 mg/L arasında değişmektedir. En düşük fosfat değeri 2, 4, 6 ve 7. İstasyonlardaki ölçümlerde, en yüksek fosfat değeri ise 5. İstasyon olan Tekya çeşmesi su kaynağı ile 8. İstasyon olan Zahban çeşmesi su kaynağının ölçümünde belirlenmiştir.



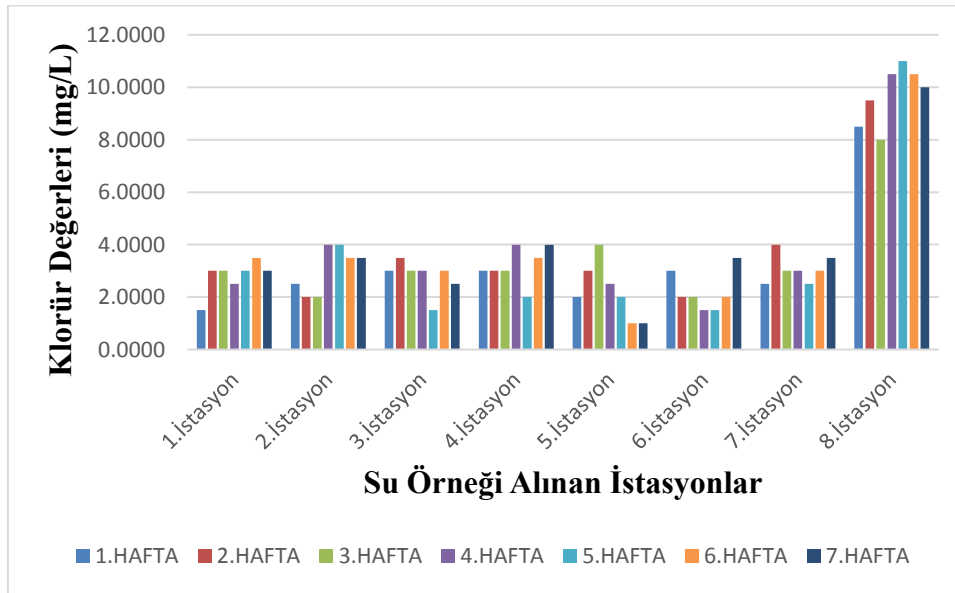
Şekil 3.10. Fosfat değerlerinin haftalık değişim grafiği

### 3.11. Klor Değerleri

Tablo 3.11. Su kaynaklarının klor değerleri

SU KAYNAKLARI	HAFTALIK KLOR (mg/L) DEĞERLERİ						
	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta	5. Hafta	6. Hafta	7. Hafta
1. İstasyon	1.4995	2.9991	2.9991	2.4992	2.9991	3.4989	2.9991
2. İstasyon	2.4992	1.9994	1.9994	3.9988	3.9988	3.4989	3.4989
3. İstasyon	2.9991	3.4989	2.9991	2.9991	1.4995	2.9991	2.4992
4. İstasyon	2.9991	2.9991	2.9991	3.9988	1.9994	3.4989	3.9988
5. İstasyon	1.9994	2.9991	3.9988	2.4992	1.9994	0.9997	0.9997
6. İstasyon	2.9991	1.9994	1.9994	1.4995	1.4995	1.9994	3.4989
7. İstasyon	2.4992	3.9988	2.9991	2.9991	2.4992	2.9991	3.4989
8. İstasyon	8.4974	9.4971	7.9975	10.496	10.966	10.496	9.9969

Araştırmamızda 8 farklı istasyondaki su kaynaklarının klor değerleri, 0.9997 ile 10.996 mg/L arasında değişmektedir. En düşük klor değeri 5. İstasyon olan Tekya çeşmesi su kaynağının 6 ve 7. Haftalardaki ölçümlerinde, en yüksek klor değeri ise 8. İstasyon olan Zahban çeşmesi su kaynağının 5. Haftadaki ölçümünde belirlenmiştir.



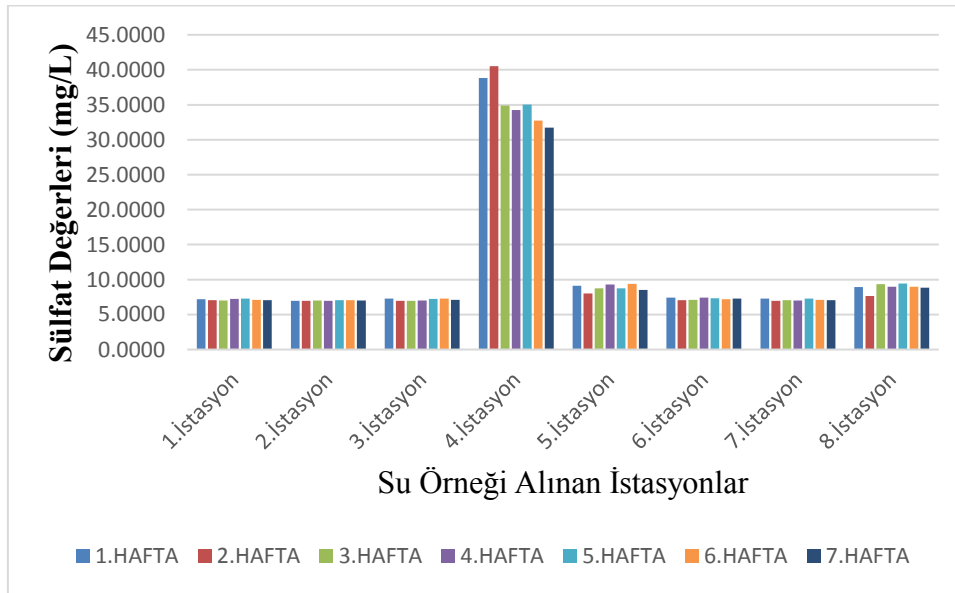
Şekil 3.11. Klor değerlerinin haftalık değişim grafiği

### 3.12. Sülfat Değerleri

Tablo 3.12. Su kaynaklarının sülfat değerleri

SU KAYNAKLARI	HAFTALIK SÜLFAT (mg/L) DEĞERLERİ						
	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta	5. Hafta	6. Hafta	7. Hafta
1. İstasyon	7.1818	7.0682	7.0114	7.2386	7.2955	7.1250	7.0682
2. İstasyon	6.9545	6.9545	7.0114	6.9545	7.0682	7.0682	7.0114
3. İstasyon	7.2955	6.9545	6.9545	7.0114	7.2386	7.2955	7.1250
4. İstasyon	38.829	40.534	34.909	34.227	35.022	32.750	31.727
5. İstasyon	9.1136	8.0341	8.7727	9.2841	8.7727	9.3977	8.5455
6. İstasyon	7.4091	7.0682	7.1250	7.4091	7.3523	7.1818	7.2955
7. İstasyon	7.2955	6.9545	7.0682	7.0114	7.2955	7.1250	7.0682
8. İstasyon	8.9432	7.6364	9.3409	9.000	9.4545	9.000	8.8295

Araştırmamızda 8 farklı istasyondaki su kaynaklarının sülfat değerleri, 6.9545 ile 40.534 mg/L arasında değişmektedir. En düşük sülfat değeri 2, 3 ve 7. İstasyonlardaki ölçümlerde, en yüksek sülfat değeri ise 4. İstasyon olan Kırmızıtaş çeşmesi su kaynağının 2. Haftadaki ölçümünde belirlenmiştir.



Şekil 3.12. Sülfat değerlerinin haftalık değişim grafiği

### 3.13. Demir Değerleri

Yapılan analizlerde su örneklerinin tamamında demir miktarı (mg/L) analiz limit değerinin altında kaldığından tespit edilememiştir.

### 3.14. Toplam Mezofilik Aerop Bakteri

Tablo 3.133. Su kaynaklarının TMAB değerleri

SU KAYNAKLARI	HAFTALIK TMAB (KOB/mL) DEĞERLERİ						
	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta	5. Hafta	6. Hafta	7. Hafta
1. İstasyon	$1.0 \times 10^2$	$1.3 \times 10^2$	$1.3 \times 10^2$	$2.9 \times 10^2$	$1.0 \times 10^2$	$1.2 \times 10^2$	$1.4 \times 10^2$
2. İstasyon	$1.6 \times 10^2$	$1.8 \times 10^2$	$2.3 \times 10^2$	$3.5 \times 10^2$	$1.0 \times 10^2$	$1.2 \times 10^2$	$4.4 \times 10^2$
3. İstasyon	$9.0 \times 10^1$	$4.0 \times 10^1$	$4.4 \times 10^2$	$1.8 \times 10^2$	$2.0 \times 10^2$	$1.3 \times 10^2$	$1.5 \times 10^2$
4. İstasyon	$1.9 \times 10^2$	$8.0 \times 10^1$	$1.7 \times 10^2$	$6.4 \times 10^2$	$1.8 \times 10^2$	$9.0 \times 10^1$	$2.2 \times 10^2$
5. İstasyon	$4.4 \times 10^2$	$2.6 \times 10^2$	$8.0 \times 10^1$	$8.0 \times 10^1$	$3.0 \times 10^1$	$3.7 \times 10^2$	$9.0 \times 10^1$
6. İstasyon	$4.8 \times 10^2$	$1.9 \times 10^2$	$1.6 \times 10^2$	$9.0 \times 10^1$	$2.4 \times 10^2$	$3.4 \times 10^2$	$2.7 \times 10^2$
7. İstasyon	$9.0 \times 10^1$	$1.0 \times 10^2$	$4.0 \times 10^2$	$3.0 \times 10^1$	$4.0 \times 10^2$	$3.0 \times 10^1$	$1.0 \times 10^2$
8. İstasyon	$2.8 \times 10^2$	$4.5 \times 10^2$	$1.4 \times 10^2$	$2.0 \times 10^2$	$1.4 \times 10^2$	$1.2 \times 10^2$	$1.5 \times 10^2$

\*TMAB: Toplam Mezofilik Aerop Bakteri

Araştırmamızda 8 farklı istasyondaki su kaynaklarının TMAB değerleri  $3 \times 10^1$  ile  $4.8 \times 10^2$  arasında değişmektedir. En düşük TMAB değeri 5. ve 7. İstasyonlardaki ölçümlerde, en yüksek TMAB değeri ise 6. İstasyon olan Dizik çeşmesi su kaynağının 1. Haftadaki ölçümünde belirlenmiştir.

### 3.15. Koliform Bakteri Değerleri

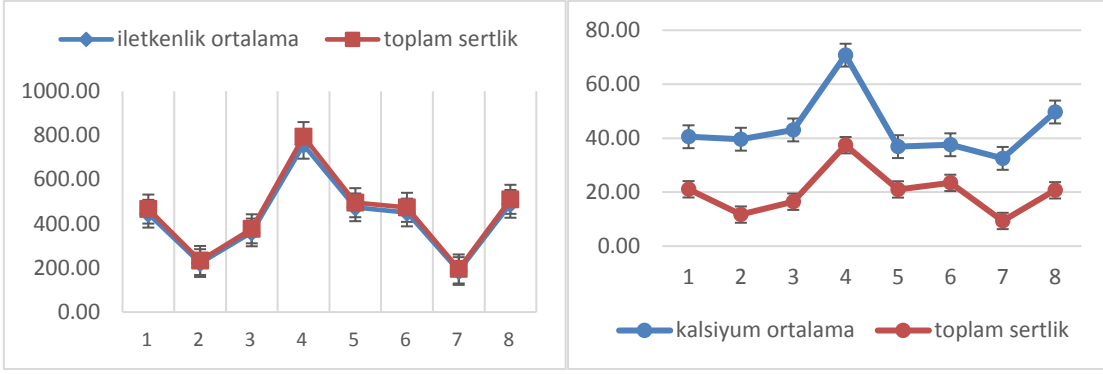
Tablo 3.144. Su kaynaklarının koliform bakteri değerleri

SU KAYNAKLARI	HAFTALIK KOLİFORM BAKTERİ (KOB/mL) DEĞERLERİ						
İstasyonlar	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta	5. Hafta	6. Hafta	7. Hafta
1. İstasyon	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2. İstasyon	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2.4×10 <sup>2</sup>
3. İstasyon	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
4. İstasyon	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
5. İstasyon	1.1×10 <sup>1</sup>	<1	<1	<1	<1	<1	<1
6. İstasyon	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
7. İstasyon	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
8. İstasyon	<1	<1	<1	<1	2.8×10 <sup>1</sup>	<1	<1

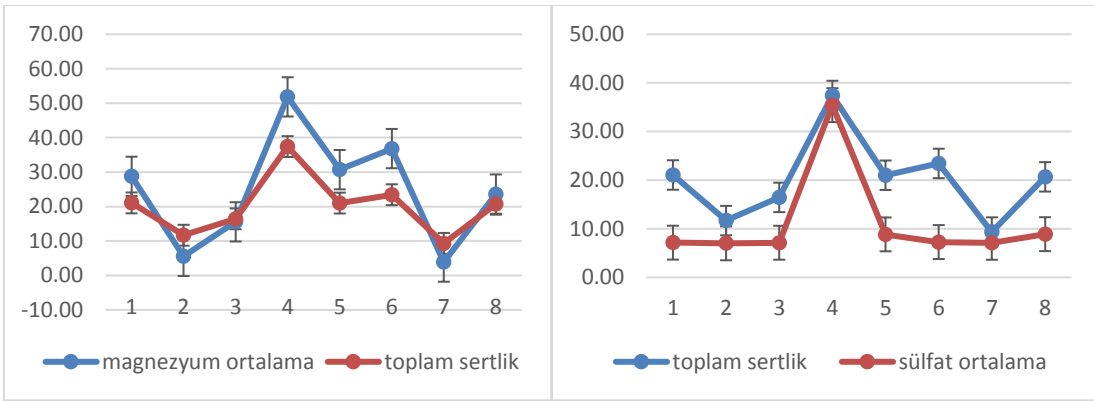
Araştırmamızda 8 farklı istasyondaki su kaynaklarının Koliform bakteri değerleri incelendiğinde tüm örneklerin %94.65'inde koliform bakteri tespit edilememiştir. Sadece 3 örnekte koliform bakteriye rastlanılmıştır.

### 3.16. Bazı Değişkenlerin İlişki Analizleri

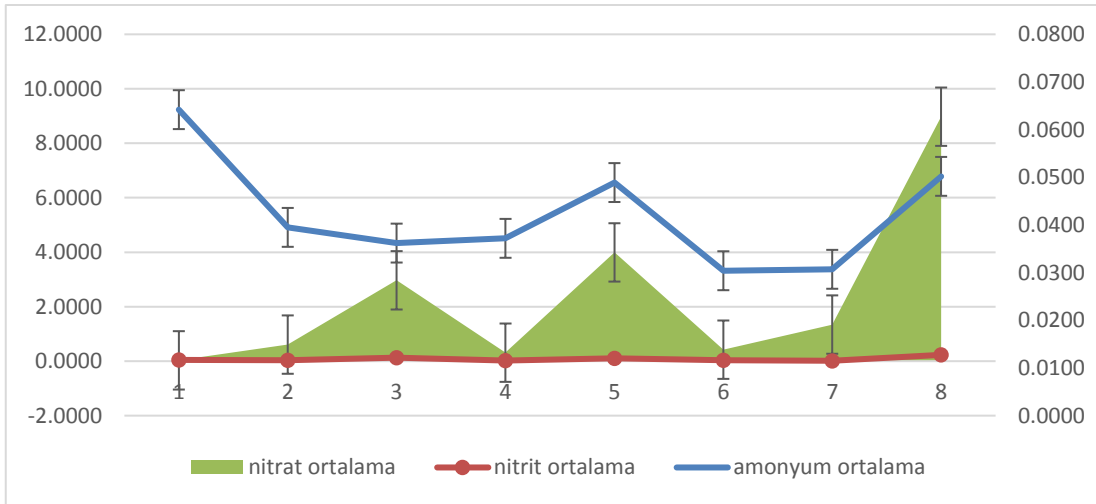
Yapılan çalışmalar ve literatür bilgilerinde suların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasında doğrudan bağlantı olduğu belirlenmiştir. Çalışmamızda bu değerler arasındaki ilişki incelenmiş olup aşağıda grafikler ile gösterilmiştir. Toplam sertliğin ile iletkenlik, kalsiyum, magnezyum ve sülfat değerleri arasında doğru orantılı bir değişim olduğu görülmektedir. Ayrıca amonyum-nitrit ve nitrat değerlerinin ilişkisi de indirgenme ilişkilerine açıklık getirmektedir.



Şekil 3.13. Toplam sertlik değerlerinin iletkenlik ve kalsiyum değerleri ilişkisi



Şekil 3.14. Toplam sertlik değerlerinin magnezyum ve sülfat değerleri ilişkisi



Şekil 3.15. Amonyum-nitrit-nitrat değerleri ilişkisi

### 3.17. Tek Yönlü Manova Testi İstatistiksel Sonuçları

**Tablo 3.155.** Su kaynaklarının istasyonlar arasındaki istatistiki değişimi (Tek Yönlü Manova Testi)

İçme Suyu Parametreleri	1. İstasyon	2. İstasyon	3. İstasyon	4. İstasyon	5. İstasyon	6. İstasyon	7. İstasyon	8. İstasyon
pH	8.30±0.01 f	7.95±0.03 d	7.76±0.03 b	7.71±0.01 b	7.84±0.02 c	8.14±0.02 e	8.33±0.02 f	7.27±0.02 a
Sıcaklık (°C)	9.00±0.47 b	9.19±0.34 b	10.73±0.25 c	10.39±0.23 c	12.31±0.15 d	10.23±0.23 c	4.00±0.29 a	11.87±0.09 d
İletkenlik (µS/cm)	445.43±2.91d	222.00±1.4 b	360.71±0.36 c	757.29±0.61 h	474.43±0.72 f	451.00±0.62 e	185.97±3.39 a	490.00±0.31 g
Kalsiyum (mg/L)	40.53±2.84 a-b	39.62±1.39 a-b	43.05±2.56 a-b	70.77±7.48 c	36.87±4.06 a	37.56±3.73 a	32.52±1.51 a	49.69±1.68 b
Magnezyum (mg/L)	28.76±1.36 c	5.55±0.99 a	15.56±1.66 b	51.83±4.95 e	30.71±3.21 c-d	36.82±2.3 d	3.89±0.56 a	23.62±1.29 c
T.Sertlik (°Fs)	21.06±0.28 d	11.68±0.22 b	16.45±0.23 c	37.41±0.45 f	21.01±0.43 d	23.43±0.2 e	9.32±0.23 a	20.68±0.16 d
Amonyum (mg/L)	0.06±0.01 a	0.04±0.01 a	0.04±0.01 a	0.04±0.01 a	0.05±0.02 a	0.03±0.01 a	0.05±0.01 a	0.04±0.01 a
Nitrit (mg/L)	0.04±0.02 a	0.03±0.01 a	0.13±0.05 a-b	0.03±0.01 a	0.11±0.09 a-b	0.03±0.01 a	0.01±0.01 a	0.23±0.1 b
Nitrat (mg/L)	0.03±0.004 a	0.61±0.03 c	2.97±0.01 e	0.31±0.18 b	3.99±0.05 f	0.42±0.01 c-b	1.34±0.03 d	8.98±0.17 g
Fosfat (mg/L)	0.86±0.02 a	0.83±0.03 a	0.82±0.02 a	0.83±0.04 a	0.91±0.05 a	0.81±0.03 a	0.86±0.03 a	1.02±0.04 b
Klor (mg/L)	2.78±0.24 a	3.07±0.33 a	2.78±0.24 a	3.21±0.26 a	2.21±0.41 a	2.21±0.29 a	3.07±0.2 a	9.71±0.42 b
Sülfat (mg/L)	7.14±0.04 a	7.00±0.02 a	7.13±0.06 a	35.43±1.2 c	8.86±0.18 b	7.26±0.05 a	7.12±0.05 a	8.87±0.22 b

\*Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (p<0.05).

**Tablo 3.166.** Su kaynaklarının haftalar arasındaki istatistiki değişimi (Tek Yönlü Manova Testi)

İçme Suyu Parametreleri	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta	5. Hafta	6. Hafta	7. Hafta
pH	7.85±0.12 a	7.93±0.12 a	7.93±0.12 a	7.91±0.12 a	7.92±0.13 a	7.92±0.12 a	7.92±0.12 a
Sıcaklık (°C)	9.61± 1.11 a	8.90±0.81 a	9.67±0.87 a	9.72±0.91 a	9.96±0.96 a	9.97±0.93 a	10.15±0.92 a
Kalsiyum (mg/L)	34.87±3.36 a	45.08±4.25 a-b	53.70±7.21 b	46.69±5.17 a-b	45.28±5.90 a-b	38.87±4.22 a-b	42.28±3.89 a-b
Magnezyum (mg/L)	30.63±7.29 a	22.25±5.33 a	18.72±4.10 a	24.68±6.46 a	23.46±5.34 a	27.23±6.35 a	25.16±6.49 a
T.Sertlik (°Fs)	19.96±2.96 b	19.58±2.93 a	20.30±2.80 b-c	20.92±3.23 c	20.02±3.08 b	20.06±3.10 a	20.06±3.12 a-b
Amonyum (mg/L)	0.03±0.004 a-b	0.06±0.010 c	0.06±0.004 c	0.07±0.004 c	0.04±0.006 b	0.01±0.009 a	0.01±0.009 a
Nitrit (mg/L)	0.02±0.003 a	0.15±0.079 a-b	0.23±0.091 b	0.02±0.016 a	0.07±0.021 a	0.02±0.012 a	0.03±0.015 a
Nitrat (mg/L)	2.45±1.04 a	2.34±1.07 a	2.26±1.05 a	2.28±1.05 a	2.31±1.06 a	2.26±1.05 a	2.41±1.19 a
Fosfat (mg/L)	0.92±0.04 a	0.83±0.05 a-b	0.79±0.02 b	0.87±0.02 a-b	0.89±0.06 a-b	0.89±0.03 a-b	0.87±0.03 a-b
Klor (mg/L)	3.25±0.77 a	3.75±0.85 a	3.50±0.68 a	3.87±0.99 a	3.44±1.12 a	3.75±1.01 a	3.87±0.93 a
Sülfat (mg/L)	11.63±3.90 a	11.40±4.16 a	11.02±3.43 b	11.02±3.33 b	11.19±3.42 a	10.86±3.14 a	10.58±3.03 a

\* Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (p<0.05).

### 3.18. Kruskal Wallis Testi İstatistiksel Sonuçları

**Tablo 3.177.** Su kaynaklarının istasyonlar arasındaki istatistiki değişimi (Kruskal Wallis Testi)

İçme Suyu Parametreleri	1. İstasyon	2. İstasyon	3. İstasyon	4. İstasyon	5. İstasyon	6. İstasyon	7. İstasyon	8. İstasyon
TMAB (sayı/mL)	144	226	176	224	193	253	164	211
Mean Rank	23.57	33.79	27.14	30.64	24.86	37.43	17.43	33.14
Koliform (sayı/mL)	0	34	0	0	2	0	0	4
Mean Rank	27	31	27	27	30,86	27	27	31,14

- Analiz sonucunda Asymp. Sig. değerleri sırasıyla (0.35, 0.63)'tür. Bu nedenle ölçüm değerlerine ait ortalamalar arasındaki fark önemsizdir ( $p < 0.05$ ).

**Tablo 3.188.** Su kaynaklarının haftalar arasındaki istatistiki değişimi (Kruskal Wallis Testi)

İçme Suyu Parametreleri	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta	5. Hafta	6. Hafta	7. Hafta
İletkenlik ( $\mu\text{S/cm}$ )	422.56	419.35	422.81	423.75	425.37	424.87	424.85
Mean Rank	27.94	27.56	28.13	27.63	30.19	29.25	28.81
TMAB (sayı/mL)	229	167	219	232	174	165	195
Mean Rank	31.69	24.94	32	29.94	27.50	23.38	30.06
Koliform (sayı/mL)	1.25	0	0	0	3.5	0	29
Mean Rank	30.38	27	27	27	30.5	27	30.63

- Analiz sonucunda Asymp. Sig. değerleri sırasıyla (1.0, 0.91, 0.65)'tir. Bu nedenle ölçüm değerlerine ait ortalamalar arasındaki fark önemsizdir ( $p < 0.05$ ).

## 4. TARTIŞMA

Bu çalışmada Tunceli İli ve 7 İlçesindeki doğal su kaynaklarının fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik açıdan analizlerinin gerçekleştirilerek içme suyu standartlarına uygunlukları ile bölgede yağışın en yoğun yaşandığı dönemlerden biri olan Şubat ve Nisan ayları arasındaki 7 haftalık değişimlerinde istatistiki açıdan önem olup olmadığı araştırıldı.

### 4.1. pH

Suların asitlik ve alkalilik derecesinin bir ölçüsü olan pH, suda kalsiyum bikarbonat ve alkali tuzlar bulunursa alkali, fazla karbondioksit varsa asit reaksiyon gösterir. Suyun fazla alkali olması kokuşmanın varlığını gösterir. Asiditesi karbondioksitten başka asitlerden oluşan sularında korozif özellikleri vardır. Suyun pH'sı nötr veya hafif alkali olmalıdır (Demirer, 1995).

İçme sularında pH seviyesi TSE TS-266'ya ve Avrupa standartlarına göre 6.5 ile 9.5 arasında, Dünya Sağlık Örgütüne göre ise 6.5 ile 8.5 arasında olması istenmektedir. Araştırmada değerlendirilen tüm istasyonlar bu standartlara uygundur. Çalışmamızdaki 8 farklı istasyondaki pH değerleri 7.22 ile 8.36 arasında değişmektedir.

Doğal suların pH değerleri genellikle 4 ile 9 arasında olup, büyük bir kısmı karbonat ve bikarbonatlar nedeniyle hafif bazik niteliktedir (Şengül ve Türkman, 1991). Kaynak sularında pH değerleri genel olarak bölgenin jeolojik yapısından etkilenmektedir. Özellikle kireçtaşlarından geçen suların pH seviyesi 7'nin üzerinde olup hafif alkali özellik göstermektedir. Çalışma bölgesinin jeolojik yapısı incelendiğinde genel olarak görülen kireçtaşı anakaya varlığı ölçümü yapılan suların pH sonuçlarının hafif alkali çıkmasını doğrulamaktadır. Bunun yanı sıra pH değerlerindeki haftalık değişimlerin yok denecek kadar az oluşu bu kaynak sularına asidik veya bazik herhangi bir girdi veya karışımın olmadığını ispatlar yönündedir.

Karaoğlu (2001), Kavaklıdere-Bozdoğan bölgesindeki kaynak ve yer altı sularını kimyasal yönden incelediği çalışmada pH değerleri 6.34 ile 7.33 arasında tespit etmiş iken, Ağaoğlu (1999), Van ve yöresi kaynak sularının kalite parametrelerinin incelendiği çalışmada pH değerleri 6.95 ile 8.16 arasında tespit edilmiştir. Bu çalışmaların pH değerleri araştırma sonuçlarımızla genel olarak benzerlik gösterse de çalışmamızda tespit

edilen pH değerlerinin 7'nin altında olmaması kaynak sularının kalite yönünden standartlara daha yakın olduğunu göstermektedir.

Araştırmamızda incelediğimiz 8 farklı su kaynağının istasyonlar arası pH değerleri açısından istatistiki bakımdan  $p < 0.05$  önem düzeyinde fark olduğu görülmüştür. 1. ve 7. İstasyonlardaki pH değeri benzer ve en yüksek seviyededir. 8. İstasyonda pH değeri en düşük seviyede olup diğer istasyonlarla benzerlik göstermemektedir. Ayrıca 3. ve 4. İstasyonların pH değerleri benzerlik gösterirken 2, 5 ve 6. İstasyonların pH değerleri birbirlerinden ve diğer istasyonlardan farklılık göstermektedir. Bunun yanı sıra araştırmamızda incelenen pH değerlerinin 7 haftalık değişimi istatistiksel açıdan  $p < 0.05$  önemsizdir.

## 4.2. Sıcaklık

Sıcaklık organizmaların sudaki dağılışını etkilemektedir. Çünkü sıcaklık sucul organizmaların tüm hayati faaliyetlerini etkileyerek fizyolojilerinin değişmesine neden olur (Cirik S. ; Cirik Ş., 1995). Diğer taraftan sıcaklığın organizmaların sindirim, besin tüketimi, solunum, özümleme ve davranışları üzerine önemli etkileri vardır ( Egemen ve Sunlu, 1996).

İçme sularında sıcaklık doğrudan damak tadına hitap eder. En uygun sıcaklık 10-12 °C düzeyindeki sudur. 20 °C üzeri sular bulantı verici ve lezzetsiz olabilir. Sıcaklık seviyesi TSE TS-266'ya, Dünya Sağlık Örgütü ve Avrupa standartlarına göre 12 °C ile 25 °C arasında olması istenmektedir. Araştırmada değerlendirilen tüm istasyonlar bu standartlara uygunluk göstermemektedir. Çalışmamızda 8 farklı istasyondaki su kaynaklarının sıcaklık değerleri 2.9 ile 12.7 °C arasında değişmektedir. Su sıcaklık seviyesinin düşük olması durumuna mevsimsel olarak çalışmanın yapıldığı dönemin kış-erken ilkbahar dönemi olması neden olabilir. İncelenen su kaynaklarının sıcaklık değerlerinin düşük olması tüketimleri noktasında bazen tercih sebebi olabilmekte ve bu durum herhangi bir sakınca doğurmamaktadır.

Çil (2002), şebeke suyu olarak değerlendirilen bazı kaynak sularının su kalite parametrelerini incelediği araştırmada Niğde ili su kaynaklarının sıcaklık değerlerini 8 ile 18 °C arasında tespit etmiştir. Tepe ve Mutlu (2004), ise Hatay Harbiye kaynak suyunu inceledikleri çalışmada nisan ve ağustos aylarında yaptıkları ölçümlerde sıcaklık değerlerini 14.7 ile 17.2 °C arasında ölçmüşlerdir. Sıcaklık değerlerinin ölçüm zamanıyla

değişkenlik gösterdiği düşünüldüğünde araştırmamızda incelediğimiz su kaynaklarının sıcaklık seviyesinin düşüklüğünün sebebi olabilir.

Araştırmamızda incelediğimiz 8 farklı su kaynağının istasyonlar arası sıcaklık değerleri açısından istatistiki bakımdan  $p < 0.05$  önem düzeyinde fark olduğu görülmüştür. 5. ve 8. İstasyonlardaki sıcaklık değerleri en yüksek seviyede olup, birbiri ile benzerlik göstermektedir. 7. İstasyondaki sıcaklık değeri en düşük seviyede olup diğer istasyonlar ile benzerlik göstermemektedir. Ayrıca 1. ve 2. İstasyonların sıcaklık değerleri birbirleri ile 3, 4 ve 6. İstasyonların sıcaklık değerleri de birbirleri ile benzerlik göstermektedir. Bunun yanı sıra araştırmamızda incelenen sıcaklık değerlerinin 7 haftalık değişimi istatistiksel açıdan  $p < 0.05$  önemsizdir.

### **4.3. İletkenlik**

Suyun elektrik iletme kapasitesini ifade eden iletkenlik, suda mevcut olan toplam çözünmüş madde düzeyini gösteren genel bir parametre olarak kabul edilmektedir. Toplam çözünmüş katılar; başlıca inorganik tuzlar (başta kalsiyum ve magnezyum olmak üzere bikarbonatlar, potasyum, klorür, sodyum ve sülfatlar) ve suda az miktarda çözünmüş organik maddelerden oluşmaktadır. Sulardaki toplam çözünmüş madde doğal kaynaklı olabileceği gibi genellikle yağmur suyu, kanalizasyon, endüstriyel atık su ve su arıtımında kullanılan kimyasallardan ya da şebeke sisteminde kullanılan boruların kalitesi ve yapısından kaynaklanabilmektedir.

Çözünmeye karşı dayanıklı zemin ve tabakalarından geçen suların iletkenlik değerleri düşüktür. Suların yüzeye çıktıkları ana kadar yer altında buldukları yerin jeolojik yapısı suyun çözücü özelliğiyle birlikte içerdiği mineral ve bu minerallerin yapısındaki iyon varlığı iletkenliğe etki eder. Suyun iletkenliği içerdiği iyonlara bağlıdır. İçinde iyon olmayan suların iletkenliği düşüktür. İletkenlik değerleri suyun içeriğini tahmin etmekte kullanılabilir.

Çalışmamızda magnezyum ve kalsiyum iyonlarının kalsiyum karbonat türünden toplam konsantrasyonlarını gösteren sertlik değerleri, iletkenlik değerleri ile paralellik göstermektedir. Toplam sertlik değerlerinin yüksek olduğu su kaynaklarında iletkenlik değerlerinin de diğer su kaynaklarına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Çalışmamızda en yüksek toplam sertlik değerleri 4. İstasyon olan Pülümür Kırmızıtaş çeşmesinde tespit edilmiş buna paralel olarak en yüksek iletkenlik değerleri de aynı

istasyonda belirlenmiştir. Yine en düşük toplam sertlik değerleri 7. İstasyon olan Hozat Ahmetpaşa çeşmesinde tespit edilmiş ve buna paralel olarak en düşük iletkenlik değerleri de bu istasyonda belirlenmiştir.

İçme sularında iletkenlik seviyesi TSE TS-266'ya, Dünya Sağlık Örgütüne ve Avrupa standartlarına göre maksimum 2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  olması istenmektedir. Araştırmamızda değerlendirilen tüm istasyonlar bu standartlara uygundur. Araştırmamızda 8 farklı istasyondaki su kaynaklarının iletkenlik değerleri, 165.8 ile 760  $\mu\text{S}/\text{cm}$  arasında değişmektedir.

Bilgin (2003), içme sularını fiziko-kimyasal ve mikrobiyel açıdan araştırdığı çalışmada Niğde İli sularında, iletkenlik değerlerini 210 ile 299  $\mu\text{S}/\text{cm}$  arasında tespit etmiştir. Karaoğlu (2001), Kavaklıdere-Bozdoğan bölgesindeki kaynak ve yer altı sularını kimyasal yönden incelediği araştırmada iletkenlik değerlerini 42 ile 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  arasında tespit etmiştir. Çalışmamız sonucunda belirlenen iletkenlik değerleri yapılan çalışmalarla benzerlik göstermektedir.

Araştırmamızda incelediğimiz 8 farklı su kaynağının istasyonlar arası iletkenlik değerleri açısından istatistiki bakımdan  $p < 0.05$  önem düzeyinde fark olduğu görülmüştür. İletkenlik değeri en yüksek 4. İstasyonda en düşük ise 7. İstasyonda görülmüştür. Tüm istasyonların iletkenlik değerleri birbirinden farklılık göstermektedir. Bunun yanı sıra araştırmamızda incelenen iletkenlik değerlerinin 7 haftalık değişimi istatistiksel açıdan  $p < 0.05$  önemsizdir.

#### **4.4. Kalsiyum**

Su kaynaklarında kalsiyum varlığı su kaynağının bulunduğu yerin jeolojisine göre değişkenlik göstermektedir. Kalsiyum yer altı sularına kalsit, aragonit, jips, anhidrit gibi silikatlı olmayan minerallerin ve anortit, piroksen ve amfibol gibi silikatlı minerallerdeki kalsiyumun erimesi sonucu karışır (Erguvanlı, 1987).

İçme sularında kalsiyum seviyesi TSE TS-266'ya göre en fazla 200 mg/L'e, Avrupa standartlarına göre 100 mg/L olması istenmektedir. Araştırmada incelenen tüm istasyonlar TSE TS-266 standartlarına standartlara uygundur. Çalışmamızda 8 farklı istasyondaki su kaynaklarının kalsiyum konsantrasyonları 22.4 ile 102.6 mg/L arasında değişmektedir.

Ağaoğlu (1999), Van ve yöresi kaynak sularının kalite parametrelerinin incelendiği araştırmada kalsiyum değerleri 33.6 ile 78.4 mg/L arasında belirlenmiştir. Karaoğlu (2001), Kavaklıdere-Bozdoğan bölgesindeki kaynak ve yer altı sularını kimyasal yönden incelediği araştırmada kalsiyum değerleri 3.3 ile 154 mg/L arasında belirlenmiştir. Çalışmamızda belirlenen kalsiyum değerleri yapılan çalışmalar ve içme suyu standartlarıyla benzerlik göstermektedir.

Araştırmamızda incelediğimiz 8 farklı su kaynağının istasyonlar arası kalsiyum değerleri açısından istatistiki bakımdan  $p < 0.05$  önem düzeyinde fark olduğu görülmüştür. 4. İstasyonda kalsiyum değeri en yüksek seviyede olup diğer istasyonlar ile benzerlik göstermemektedir. 1, 2, 3, 5, 6 ve 7. İstasyonlardaki kalsiyum değerleri benzerlik göstermektedir. Ayrıca 8. İstasyondaki kalsiyum değeri 1,2 ve 3. İstasyonlardaki kalsiyum değerleri ile benzerlik göstermektedir. 4. İstasyon olan Pülümür Kırmızıtaş çeşmesi su kaynağının kalsiyum seviyesinin yüksekliği su kaynağının bulunduğu alanın jeolojik yapısından kaynaklandığı söylenebilir. Bunun yanı sıra araştırmamızda incelenen kalsiyum değerlerinin 7 haftalık değişimi istatistiksel açıdan  $p < 0.05$  önem düzeyinde farklı olduğu anlaşılmıştır. 3. Haftadaki kalsiyum değeri en yüksek, 1. Haftadaki kalsiyum değeri ise en düşük seviyededir. Diğer tüm haftalardaki kalsiyum değerleri ise 1 ve 3. Haftalarla benzerlik göstermektedir.

#### **4.5. Magnezyum**

İçme sularında magnezyum seviyesi TSE TS-266'ya göre maksimum 150 mg/L, Avrupa standartlarına göre ise 50 mg/L olması istenmektedir. Araştırmada değerlendirilen tüm istasyonlar TSE TS-266 standartlarına uygundur. Araştırmamızda 8 farklı istasyondaki su kaynaklarının magnezyum konsantrasyonları 1.94 ile 70.04 mg/L arasında değişmektedir.

Ağaoğlu (1999), Van ve yöresi kaynak sularının kalite parametrelerinin incelendiği araştırmada magnezyum değerleri 0.48 ile 17.28 mg/L arasında belirlenmiştir. Karaoğlu (2001), Kavaklıdere-Bozdoğan bölgesindeki kaynak ve yer altı sularını kimyasal yönden incelediği araştırmada magnezyum değerleri 0.19 ile 4.46 mg/L arasında belirlenmiştir. Çalışmamız sonucunda belirlenen magnezyum değerleri yapılan çalışmalarla genel olarak benzerlik göstermemektedir.

Magnezyum yer altı sularına genellikle magnezyumlu kalker, dolomit ve serpantizasyon sonrası ortaya çıkan magnezyum karbonatın erimesiyle karışır (Erguvanlı, 1987).

Sertlik değeri yüksek olan sular mermer ve kireçtaşı tabakasından geçerken etkileşebilmektedir. Bu sebeple bu tabakalardan geçen suların içerdikleri magnezyum miktarı yüksektir (Hamill, 1986). Çalışmamızda en yüksek magnezyum seviyesine sahip olan Pülümür Kırmızıtaş çeşmesi kaynak suyunun bulunduğu bölgenin jeolojik yapısının bu duruma etken olduğu söylenebilir.

Araştırmamızda incelediğimiz 8 farklı su kaynağının istasyonlar arası magnezyum değerleri noktasında istatistiki bakımdan  $p < 0.05$  önem düzeyinde fark olduğu görülmüştür. 4. İstasyonda magnezyum değerleri en yüksek seviyede olup diğer istasyonlarla benzerlik göstermemektedir. 2 ve 7. İstasyonlardaki magnezyum değerleri en düşük seviyede olup birbirleri ile benzerlik göstermektedir. Ayrıca 3. İstasyonun magnezyum değeri diğer tüm istasyonlardan farklılık gösterirken, 1, 5 ve 8. İstasyonlardaki magnezyum değerleri ile 5 ve 6. İstasyonlardaki magnezyum değerleri benzerlik göstermektedir. Bunun yanı sıra araştırmamızda incelenen magnezyum değerlerinin 7 haftalık değişimi istatistiksel açıdan  $p < 0.05$  önemsizdir.

#### **4.6. Toplam Sertlik**

Sularda sertlik toprak ve kayalardaki toprak alkalisi minerallerin parçalanması ya da doğrudan bulaşması nedeniyle ortaya çıkar. (Oruç, 1972). Bremond ve Vuichard zengin üretken suların 7.5 ile 17.5 °Fs sertlikte olduğunu bildirmişlerdir.

Sularda bulunan kalsiyum ve magnezyum tuzları suların sertlik derecesinin belirlemektedir. pH derecesi düşük olan sular bu tuzların büyük çoğunluğunu çözer. Sulardaki sertlik büyük ölçüde toprak ve kaya oluşumları ile temas sonucunda meydana gelir. Toprak tabakası kalın ve kireçli arazilerde bulunan suların sertlik derecesi yüksek, toprak tabakası ince ve kireç oranı düşük olan arazilerde bulunan suların sertlik derecesi düşük seviyede olur. Çalışmamızda en yüksek sertlik değerini taşıyan Pülümür Kırmızıtaş çeşmesi kalsiyum ve magnezyum değerleri açısından da en yüksek seviyede iken en düşük sertlik değerine sahip olan Hozat Ahmetpaşa çeşmesi kalsiyum ve magnezyum içeriği noktasında da en düşük değerleri taşımaktadır. Sertlik derecelerindeki farklılıkta su kaynaklarının bulunduğu bölgelerin jeolojik yapısının etkisi olduğu söylenebilir.

İçme sularında toplam sertlik seviyesi Fransız sertlik derecesine göre 0-7 derece aralığında bulunanlar çok yumuşak su, 7-14 derece aralığında yumuşak su, 14-22 derece aralığında hafif sert su, 22-32 derece aralığında sert su, 32-54 derece aralığında çok sert su ve 54 dereceden daha fazla ise aşırı sert su diye tanımlanmaktadır. Araştırmamızda değerlendirilen su kaynaklarından 1. İstasyon olan taht çeşmesine ait su hafif sert su, 2. İstasyon olan kodi çeşmesi suyu yumuşak su, 3. İstasyon olan kartallı çeşme suyu hafif sert su, 4. İstasyon olan Kırmızıtaş çeşmesine ait su çok sert su, 5. İstasyon olan tekya çeşmesine ait su hafif sert su, 6. İstasyon olan dizik çeşmesine ait su sert su, 7. İstasyon olan ahmetpaşa çeşmesine ait su yumuşak su ve 8. İstasyon olan zahban çeşmesine ait su hafif sert su standartlarındadır.

Ağaoğlu (1999), Van ve yöresi kaynak sularının kalite parametrelerinin incelendiği araştırmada toplam sertlik değerleri 11 ile 21 °Fs arasında belirlenmiştir. Bilgin (2003), içme sularını fizikokimyasal ve mikrobiyel yönden incelediği çalışmada Niğde İli sularında toplam sertlik değerlerini 12.3 ile 16.8 °Fs arasında tespit etmiştir. Araştırma sonuçlarımız genel olarak yapılan çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Çalışmamız sonucunda belirlenen toplam sertlik değerleri yapılan çalışmalarla benzerlik göstermektedir.

Araştırmamızda incelediğimiz 8 farklı su kaynağının istasyonlar arası toplam sertlik değerleri noktasında istatistiki bakımdan  $p < 0.05$  önem düzeyinde fark olduğu görülmüştür. 4. İstasyondaki toplam sertlik değeri en yüksek seviyede olup diğer istasyonlarla benzerlik göstermemektedir. 7. İstasyondaki toplam sertlik değeri en düşük seviyede olup diğer istasyonlar ile benzerlik göstermemektedir. Ayrıca 1, 5 ve 8. İstasyonlardaki toplam sertlik değerleri benzer olup 2,3 ve 6. İstasyonlardaki toplam sertlik değerleri hiçbir istasyonla benzerlik göstermemektedir. Bunun yanı sıra araştırmamızda incelenen toplam sertlik değerlerinin 7 haftalık değişimi istatistiksel açıdan  $p < 0.05$  önemsizdir.

#### **4.7. Amonyum**

Doğal sularda çoğunlukla amonyum biçiminde yer alan amonyağa genel olarak serbest ya da tuz şeklindeki amonyak adı verilir. Amonyak Suda, fiziksel ve kimyasal ya da mikroorganizmaların faaliyetleri neticesinde ortaya çıkar. Fiziksel ve kimyasal faaliyetler sebebiyle ortaya çıkan amonyağın sağlığa zararlı bir etkisi olmamasına karşın mikroorganizma faaliyetleri neticesinde ortaya çıkan amonyak organik madde kaynaklı

olma ihtimali açısından tehlike arz eder. 0.5 ppm'den daha fazla miktarda amonyak içermesi suların kirlenme göstergesi kabul edilebilir.

Amonyak konsantrasyonunun aşırı olması durumunda pH sucul yaşamda toksik etkiye neden olarak su ekolojisindeki dengeyi değiştirerek bozar. Kirlenmemiş sular az miktarda amonyum ihtiva edebilirler (Polat, 1998).

Melayib Bilgin Niğde İli içme sularını fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik yönden incelediği çalışmada amonyum tespit edilmemiştir. Karaoğlu (2001), Kavaklıdere-Bozdoğan bölgesindeki kaynak ve yer altı sularını kimyasal yönden incelediği araştırmada amonyum değerlerinin bazı istasyonlarda yüksek seviyede olduğunu belirlemiştir.

İçme sularında amonyum seviyesine TSE TS-266'ya ve Avrupa standartlarına göre 0.5 mg/L'ye kadar müsaade edilebilir. Araştırmada değerlendirilen tüm istasyonlar bu standartlara uygundur. Azda olsa amonyum varlığı su kaynaklarının bulunduğu bölgede yapılan hayvancılık ve tarım faaliyetlerinden kaynaklanabilir.

Araştırmamızda incelediğimiz 8 farklı su kaynağının istasyonlar arası amonyum değerleri açısından istatistiki bakımdan  $p < 0.05$  önem düzeyinde farklılıklara rastlanılmamıştır. Bunun yanı sıra araştırmamızda incelenen amonyum değerlerinin 7 haftalık değişimi istatistiksel açıdan  $p < 0.05$  önem düzeyinde farklı olduğu anlaşılmıştır. 4. Haftadaki amonyum değeri en yüksek, 7. Haftadaki amonyum değeri ise en düşük seviyededir. 2 ve 3. Haftalar 4. Haftayla benzerlik göstermekte iken 1 ve 6. Haftalar 7. Hafta ile benzerlik gösterir. Ayrıca 5. Hafta sadece 1. Hafta ile benzerlik gösterir.

#### **4.8. Nitrit**

Kemo-ototrofik aerobik bakterilerce amonyağın gram negative iki aşamalı oksidasyonu sonucu gerçekleşen nitrifikasyon olayının orta ürünü olan nitrit, ana ürün olması dolayısıyla ortamda birikmeyerek kısa sürede nitrata dönüşür (Boyd ve Tucker, 1998). İçme sularında kesinlikle istenmeyen nitritin nitrata dönüşümünde, bazı bakteriler ve Güneş ışığı rol oynamaktadır.

Karaoğlu (2001), Kavaklıdere-Bozdoğan bölgesindeki kaynak ve yer altı sularını kimyasal yönden incelediği araştırmada nitrit değerleri 0.003 ile 0.073 mg/L arasında belirlenmiştir. Koçak (2007), Erzurum İl merkezindeki içme ve kullanma sularının fiziko-kimyasal ve mikrobiyel kalitesini araştırdığı çalışmada kuyu ve depo sularının nitrit değerlerini kıyaslamış ve kuyu sularında nitrit değerlerinin daha yüksek olduğunu

belirlemiştir. Kuyu sularında ortalama nitrit değerleri 0.07 mg/L olarak belirlenirken depo sularında bu değer 0.02 mg/L olarak tespit edilmiştir. Çalışmamız sonucunda belirlenen nitrit değerleri yapılan çalışmalarla benzerlik göstermektedir.

İçme sularında nitrit seviyesine TSE TS-266'ya ve Avrupa standartlarına göre 0.5 mg/L'ye Dünya Sağlık Örgütüne ise 3 mg/L'ye kadar izin verilebilir. Araştırmamızda değerlendirilen su kaynaklarının tamamı Dünya sağlık örgütünün standartlarına uygun olmakla beraber TSE standartlarına ise %95'i uygunluk göstermektedir. 5. İstasyon olan Tekya su kaynağının 3. Hafta ölçümü ile 8. İstasyon olan Zahban su kaynağının 2. Ve 3. Haftalardaki ölçümlerinin nitrit seviyesinin yüksek olması tesadüfi çevre faktörlerinin etkisinden (piknik atıkları veya hayvancılık faaliyetleri) kaynaklandığı düşünülebilir.

Araştırmamızda incelediğimiz 8 farklı su kaynağının istasyonlar arası nitrit değerleri noktasında istatistiki bakımdan  $p < 0.05$  önem düzeyinde fark olduğu görülmüştür. 3, 5 ve 8. İstasyonlardaki nitrit değerleri en yüksek seviyede ve birbirleri ile benzerlik göstermektedir. Ayrıca 1,2,3,4,5,6 ve 7. İstasyonların nitrit değerleri benzerlik göstermektedir. Bunun yanı sıra araştırmamızda incelenen nitrit değerlerinin 7 haftalık değişimi istatistiksel açıdan  $p < 0.05$  önem düzeyinde farklı olduğu anlaşılmıştır. 3. Haftadaki nitrit değeri en yüksek, 1. Haftadaki nitrit değeri ise en düşük seviyededir. 2. Haftadaki nitrit değeri 3. Hafta ile benzerlik gösterirken, 2. Haftayla beraber diğer tüm haftalardaki nitrit değerleri ise 1. Haftayla benzerlik göstermektedir.

#### **4.9. Nitrat**

Nitrat azotlu organik bileşiklerin son yükseltgenme ürünüdür. Nitrat, Kuyu sularında genel olarak daha aşırı miktarda yer alır. Toprak kaynaklı suya karışan nitrat önem arz etmese de, nitrit ve amonyak sebebiyle yer almaktaysa önlem alınmalıdır. Çünkü nitrit varlığı suda kirlenmenin olduğunu gösterir. Nitrit aşırı oranda organik madde ile birlikte varsa daha büyük bir kirlenme olduğu anlaşılır. Kimi bakteri çeşitlerinin artmasına sebep olan amonyak ise sulara kötü kokuya sebep olurlar. Yer altı suyuna doğal kökenli olmakla birlikte daha çok antropojen kaynaklı olarak (suni gübreler ve katı atıklar) karışan nitratın, içme sularında izin verilen miktarı maksimum 50 mg/L'dir. Bebeklerde mavi ebek hastalığına sebep olduğu düşünülen aşırı nitratlı suların son senelerde gerçekleşen araştırmalar neticesinde bebeklerde methemoglobinemi hastalığına sebep olması arasında doğrudan bir ilişki kurulmasının hatalı olacağı, nitratın bu hastalık oluşmasında etkili

olabilecek birçok sebepten yalnızca biri olabileceği sonucuna varılmıştır (Smedley ve ark., 2001).

Karaoğlu (2001), Kavaklıdere-Bozdoğan bölgesindeki kaynak ve yer altı sularını kimyasal yönden incelediği araştırmada nitrat değerleri 0.035 ile 1.88 mg/L arasında belirlenmiştir. Koçak (2007), içme ve kullanma sularının fiziko-kimyasal ve mikrobiyel kalitesini araştırdığı çalışmada Erzurum İl merkezindeki suların nitrat değerlerini 4.08 ile 128.39 mg/L arasında tespit etmiştir.

İçme sularında nitrat seviyesine TSE TS-266'ya, Avrupa standartlarına ve Dünya Sağlık Örgütüne göre 50 mg/L'ye kadar izin verilebilir. Araştırmamızda değerlendirilen tüm istasyonlar bu standartlara uygundur.

Araştırmamızda incelediğimiz 8 farklı su kaynağının istasyonlar arası nitrat değerleri açısından istatistiki açıdan  $p < 0.05$  önem seviyesinde fark olduğu görülmüştür. 8. İstasyondaki nitrat değeri en yüksek seviyede olup diğer istasyonlar ile benzerlik göstermemektedir. 1. İstasyondaki nitrat değeri en düşük seviyede olup benzerlik göstermemektedir. Ayrıca 2 ve 6. İstasyon ile 4 ve 6. İstasyonlar nitrat değerleri açısından benzer olup, 3, 5 ve 7. İstasyonlar hiçbir istasyon ile benzerlik göstermemektedir. Bunun yanı sıra araştırmamızda incelenen nitrat değerlerinin 7 haftalık değişimi istatistiksel açıdan  $p < 0.05$  önemsizdir.

#### **4.10. Fosfat**

Fosfat doğal sular ve atık sularda fosfat iyonu şeklinde bulunmaktadır. Bunlar orto fosfat, poli fosfat, meta fosfat ve organik fosfatlardır. Çözünmüş fosfatın büyük bir kısmı orto fosfat halindedir (Mutluay, 1996). Sularda fosfat çeşitli fosfat türleri halinde bulunur ve doğal ortamda gerçekleşen pek çok kimyasal reaksiyonda yer alır. Yüzey ve yer altı sularında mevcut olan fosforun en önemli kaynaklarından biri fosfatlı gübre kullanımıdır. Hayvansal gübrenin kullanılmadan gelişi güzel bertaraf edilmesi de su kaynaklarında fosfat miktarını önemli ölçüde arttırır.

Bilgin (2003), içme sularını fizikokimyasal ve mikrobiyel yönden incelediği çalışmada Niğde İli fosfat değerlerini 0.23 ile 11.15 mg/L arasında tespit etmiştir.

İçme sularında fosfat değeri TSE TS-266'ya göre maksimum 1.5 mg/L standartlarında olması istenmektedir. Araştırmamızda incelenen sular bu standartlara uymakla beraber yapılan çalışmalarla benzerlik göstermektedirler.

Araştırmamızda incelediğimiz 8 farklı su kaynağının istasyonlar arası fosfat değerleri bakımından istatistiki açıdan  $p<0.05$  önem düzeyinde fark olduğu görülmüştür. 8. İstasyondaki fosfat değeri en yüksek seviyede olup diğer istasyonlar ile benzerlik göstermemektedir. Diğer tüm istasyonlardaki fosfat değerleri birbirleri ile benzerlik göstermektedir. Bunun yanı sıra araştırmamızda incelenen fosfat değerlerinin 7 haftalık değişimi istatistiksel açıdan  $p<0.05$  önem düzeyinde farklı olduğu anlaşılmıştır. 1. Haftadaki fosfat değeri en yüksek, 3. Haftadaki fosfat değeri ise en düşük seviyededir. Diğer tüm haftalardaki fosfat değerleri ise 1 ve 3. Haftalarla benzerlik göstermektedir.

#### **4.11. Klor**

Suyun lezzet, koku ve aşındırıcı özelliğinde etkili olan serbest kloru fazla oranda içeren sular klor kokarlar içimleri zordur (Demirer, 1995).

İçme sularında klor seviyesine TSE TS-266'ya ve Avrupa standartlarına göre 250 mg/L'ye kadar izin verilirken, Dünya Sağlık Örgütü içme suyu standartlarında değer belirtmemiştir. Araştırmamızda incelenen tüm su kaynakları bu standartlara uygundur.

Ağaoğlu (1999), Van ve yöresi kaynak sularının kalite parametrelerinin incelendiği araştırmada klor değerleri 22 ile 102 mg/L arasında belirlenmiştir. Kahraman (2009), içme sularının bazı fiziksel kimyasal ve mikrobiyolojik niteliklerini araştırdığı çalışmasında Bitlis İlindeki içme sularında, klor değerlerini 2.14 ile 12.21 mg/L arasında tespit etmiştir. Araştırmamızda bulunan klor değerleri yapılan çalışmalarla benzerlik göstermektedir.

Araştırmamızda incelediğimiz 8 farklı su kaynağının istasyonlar arası klor değerleri noktasında istatistiki bakımdan  $p<0.05$  önem düzeyinde farklılık bulunduğu anlaşılmıştır. 8. İstasyondaki klor değeri en yüksek seviyede olup diğer istasyonlar ile benzerlik göstermemektedir. Diğer tüm istasyonlardaki klor değerleri birbirleri ile benzerlik göstermektedir. Bunun yanı sıra araştırmamızda incelenen klor değerlerinin 7 haftalık değişimi istatistiksel açıdan  $p<0.05$  önemsizdir.

#### **4.12. Sülfat**

Sularda tat, koku, sertlik ve korozyon problemlerine neden olan sülfat seviyesini, zirai ilaç ve suni gübreler, kükürt içeren bileşikler ve yine Kükürt ihtiva eden organik

atıkların oksidasyonu, suyun içeriğindeki SO<sub>4</sub> seviyesini etkilemektedir (Tuncay, 1994; Balkaya ve Açıkgöz, 2004). Doğal sularda sıkça rastlanan ve konsantrasyonu litrede birkaç miligramdan birkaç bin miligrama kadar değişen Sülfat iyonunun yer altı sularındaki temel kaynağı anhidrit ve jipstir. Bununla birlikte piritin oksidasyonu ile de sülfat ortaya çıkabilmektedir. Jips suda çok çözünen bir maddedir. Soğuk suda 200 mg/L'ye kadar çözünebilir. Bu nedenle sulardaki sülfatın en temel kaynağı jipstir.

Tepe ve Mutlu (2004), Hatay harbiye kaynak sularının incelenmesi çalışmasında sülfat değerlerini yıl boyunca 6.5 ile 131 mg/L arasında tespit etmişlerdir. Karaoğlu (2001), Kavaklıdere-Bozdoğan bölgesindeki kaynak ve yer altı sularını kimyasal yönden incelediği araştırmada sülfat değerleri 0.070 ile 74.60 mg/L arasında belirlenmiştir. Ağaoğlu (1999), Van ve yöresi kaynak sularının kalite parametrelerinin incelendiği araştırmada sülfat değerleri 6.5 ile 146.42 mg/L arasında belirlenmiştir.

İçme sularında sülfat seviyesine TSE TS-266'ya ve Avrupa standartlarına göre 250 mg/L'ye kadar izin verilirken, Dünya Sağlık Örgütü içme suyu standartlarında değer belirtmemiştir. Araştırmamızda incelenen suların sülfat değerleri bu standartlara uygun olmakla birlikte yapılan çalışmalarla benzerlik göstermektedir.

Araştırmamızda incelediğimiz 8 farklı su kaynağının istasyonlar arası sülfat değerleri arasında  $p < 0.05$  önem seviyesinde istatistiki farkın bulunduğu görülmüştür. 4. İstasyondaki sülfat değeri en yüksek seviyede olup diğer istasyonlar ile benzerlik göstermemektedir. 1, 2, 3 ve 6. İstasyonların sülfat değerleri en düşük seviyede olup birbirleri ile benzerlik gösterirken, 5 ve 8. İstasyonlardaki sülfat değerleri birbiri ile benzerlik göstermektedir. Bunun yanı sıra araştırmamızda incelenen sülfat değerlerinin 7 haftalık değişimi istatistiksel açıdan  $p < 0.05$  önemsizdir.

#### **4.13. Demir**

Sudaki demir konsantrasyonu ve yapısı pH, redoks potansiyeli, bikarbonat konsantrasyonu ve diğer iyonlara bağlıdır. Demir konsantrasyonunun yüksekliği suya kahverengimsi bir renk verir (Hamill, 1986).

Karaoğlu (2001), Kavaklıdere-Bozdoğan bölgesindeki kaynak ve yer altı sularını kimyasal yönden incelediği araştırmada demir değerleri 0.003 ile 0.095 mg/L arasında belirlenmiştir.

İçme sularında demir seviyesine TSE TS-266'ya ve Avrupa standartlarına göre 0.2 mg/L'ye kadar izin verilirken, Dünya Sağlık Örgütü içme suyu standartlarında değer belirtmemiştir. Araştırmamızda incelenen suların demir değerleri bu standartlara uygunluk göstermektedir. Ayrıca araştırmamızda incelediğimiz su kaynaklarının demir değerleri açısından istatistiki fark bulunmamaktadır.

#### **4.14. Toplam Mezofilik Aerop Bakteri**

Su analizlerinde genel anlamda hijyen indeksi olarak Toplam aerop bakteri sayısı, kullanılmaktadır. Suyun hijyenik kalitesiyle birlikte patojenlerin bulunma olasılığını da değerlendirmede bu bakterilerin varlığına bakılmaktadır (Demirer, 1992).

İçme suyu hiçbir patojen mikroorganizma ve parazit içermemelidir. İçme suyunun 250 mL'sinde koliform bakteri bulunmamalı, 1mL'sindeki toplam bakteri sayısı kaynak sularında 50, içme ve kullanma sularında 500'den fazla olmamalıdır (Özçelik ve Keven 1988).

Kemiksiz (1999), Bursa İli içme suyu şebekesinde aerobik heterotrofik bakteri sayısını  $0.8 \times 10^1$  ile  $0.3 \times 10^3$  arasında tespit etmiştir. Araştırmacı incelediği numunelerin %12.4'ünün aerobik heterotrofik bakteri sayısı bakımından Gıda Maddeleri Tüzüğüne uymadığını belirtmiştir.

Yalçın ve ark (1989), Konya İli merkezindeki içme ve kullanma sularında genel canlı mikroorganizma sayısını ortalama 667 KOB/mL olarak saptamışlardır.

Can (2000), içme suyu olarak değerlendirilen kuyu ve çeşme sularının mikrobiyel kalitesini araştırdığı çalışmada, Balıkesir yöresinde tüketilen kuyu sularının ortalama toplam canlı bakteri sayısını  $8.5 \times 10^5$  ile  $1.4 \times 10^5$ , çeşme sularında ise  $4.0 \times 10^1$  ile  $1.1 \times 10^5$  arasında tespit etmiş ve çeşme suları ile kuyu suları arasında toplam canlı bakteri sayısı bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıkların bulunduğunu bildirmiştir. Araştırmacı incelen su numunelerinin toplam canlı bakteri sayısı bakımından TSE standardına ve Sağlık Bakanlığı tarafından çıkarılan doğal kaynak ve içme suları yönetmeliğine uygun olduğunu bildirmiştir.

Altınkum (1996), incelediği 90 istasyon suyu örneğinde toplam bakteri sayısının 3/mL-7.200/mL arasında değiştiğini mililitrede 500'ün altında sonuç veren örnek sayısını 70 (%78) olarak, 90 pet şişe örneğinde toplam bakteri sayısını 0/mL-990/mL arasında değiştiğini mililitrede 500'ün altında sonuç veren örnek sayısını 87 (%96.7) olarak

bildirmiştir. Galon suyu örneklerinde 0/mL-6.280/mL arasında, cam şişelerde ise 0/mL-6.280/mL arasında toplam bakteri ürediğini galonların % 85'inde cam şişelerin %60'ında 500/mL'den daha az bakteri ürediğini belirlemiştir.

Toplam mezofilik aerop bakteri seviyesi açısından TSE, Avrupa standartları ve Dünya sağlık örgütü standartlarında değer bildirilmemiştir. Araştırmamızda incelediğimiz 8 farklı istasyonun TMAB değerleri arasında istatistiki açıdan farklılıklara rastlanılmamıştır. Ayrıca yapılan çalışmalar dikkate alındığında sonuçların benzer ya da daha az seviyede olduğu anlaşılmıştır.

#### 4.15. Koliform Bakteri

Günümüzde gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin temel sağlık sorunlarından biri su ile bulaşması muhtemel hastalıklardır. Fizikokimyasal ya da mikrobiyolojik açıdan kirlenmiş sularla alakalı sağlık sorunlarının büyük bir kısmını bakteriyel bulaşmalar oluşturmaktadır (Anonymous, 2007). Suların bakteriyel kalitesi indikatör yada hijyen indeksi mikroorganizmalarca belirlenmektedir. Bu sebeple suların içeriğinde başta koliform, fekal koliform, *E. coli* olmak üzere TAMB sayısı enterokok ve sülfid indirgeyen aeroplara aranmaktadır. Bu bakterilerin sudaki varlığı direkt veya endirekt yolla bir fekal bulaşmayla beraber patojenlerinde bulunma olasılığını ve hijyenik kalitenin yetersizliğini göstermektedir (Anonymous, 2006).

Can (2000), içme suyu olarak değerlendirilen kuyu sularını incelediği araştırmada Balıkesir yöresinde bulunan 45 adet çeşme suyu numunesinin yalnızca üç tanesinde koliform bakteri tespit ettiklerini, koliform bakteri sayısı bakımından incelenen su numunelerinin TSE standardına ve Sağlık Bakanlığı tarafından çıkarılan doğal kaynak ve içme suyu yönetmeliğine uygun olduğunu bildirmiştir.

Altınkum (1996), incelediği 90 istasyon suyu örneklerinde koliform bakteri sayısının en muhtemel sayı olarak 0-1.100/100 mL arasında değiştiğini örneklerin % 27'sinde koliform bakteri tespit edildiğini bildirmiştir. Araştırmacı incelediği 90 pet şişe örneğinin hiçbirisinde koliform bakteri tespit etmezken, galon suyu örneklerinin %32.5'inde, cam şişelerin ise %22'sinde koliform bakteri tespit etmiştir.

Şimşekli (1988), Bursa İl merkezindeki incelediği 248 çeşme suyunun 39 tanesi (%15.7), 13 şebeke suyunun 1 tanesini (%7.6), 28 kuyu suyunun 8 tanesini (%28.6), Bursa yöresinden elde ettiği 128 çeşme suyunun 23 tanesini (%12.9), 5 şebeke suyunun 1 tanesini

(%20), 21 kuyu suyunun 6 tanesini (%3.4) koliform bakteri yönünden kirli olarak değerlendirmiştir.

Çalık (2005), içme suyu şebekelerinin su kalitesini araştırdığı çalışmada, Diyarbakır kent merkezindeki konutların depolarına girişteki şebeke suyundan ve depoların çıkışından numuneler alarak analiz etmiştir. Araştırmacı, incelenen numunelerin koliform bakteri sayısını depoların girişinde (şebeke suyu) bakiye klor miktarı 0.19 ppm'den düşük olan numunelerin %98.5'inde, 0.2-0.5 ppm arasında olan numunelerin %29.1'inde koliform bakterisi ürediğini bildirmiştir. Araştırmacı depo çıkış suyunda koliform bakteri üreyen numune oranını, kalıntı klor miktarı 0.19 ppm'den düşük olan depolarda %69.2, 0.2-5 ppm aralığında olan depolarda ise %20 olarak bildirmiştir.

İçme sularında koliform bakteri sayısı TSE TS-266'ya göre bulunmaması gerekmektedir. İncelenen suların %94.65'inde koliform bakteriye rastlanılmamıştır. Sadece 3 numunede tespit edilmiş olup bu durum tesadüfi çevre faktörlerinin etkisinden (piknik atıkları veya hayvancılık faaliyetleri) kaynaklandığı düşünülebilir, su kaynaklarının haftalar arası değerlerinde istatistiki fark bulunmamaktadır.

## 5. SONUÇ

Tunceli İli merkez ve İlçelerinde bulunan bazı doğal içme suyu kaynaklarının fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik açıdan incelenerek standartlara uygunluğunu araştırdığımız çalışmada ölçülen parametrelerin TSE standartları, WHO standartları ve EC standartlarına uygun olduğu ortaya çıkmıştır.

Çalışmamızda analizi yapılan parametrelere ait sonuçlar dikkate alındığında su örnekleri içerisinde 4. İstasyon olan Pülümür İlçesi Kırmızıtaş çeşmesi su kaynağının bazı parametrelerinin standartlara uygun olsa da diğer istasyonlara göre yüksek değer ihtiva ettiği belirlenmiştir. Örneğin sülfat miktarı diğer istasyonlara göre yüksektir. Tüm doğal sulara farklı miktarlarda bulunan sülfat, bir tuz bileşimidir. Doğadaki kaynakları jips kaynaklarıdır. Sanayi atık sularında yüksek konsantrasyonda bulunan sülfat, doğal sulara bulaşarak içerdikleri sülfat oranını yükseltmektedir. Sülfür bileşikleri, çeşitli tepkimeler sonucunda koku, tat, korozyon ve toksisite gibi sorunlar ile önemli kirletici sınıfındadırlar. Suda aşırı miktarda sülfat bulunmasının nedeni; sertlik, sodyum tuzu ve asiditenin yüksek olmasıdır. Araştırma sonuçlarına bakıldığında bu veriyi doğrulayan nitelikte 4. İstasyon olan Kırmızıtaş çeşmesi suyunun kalsiyum, magnezyum, toplam sertlik seviyesi de diğer istasyonlara göre çok daha yüksek seviyede ölçülmüştür. Suyun sertliğine etki eden kalsiyum ve magnezyum parametrelerinin seviyesine suyun geçtiği toprak ve kayaç yapısı etki etmektedir.

Sonuç olarak TSE, WHO ve EC standartlarına uygun olan ve içme suyu olarak kullanılan bu su kaynaklarının içme ve kullanma suyu amaçlı değerlendirilmesinde herhangi bir sakınca bulunmamaktadır.

## 6. ÖNERİLER

Su tüm insanlık için vazgeçilmez bir yaşam kaynağıdır. Dünyada hızla artan ve kentleşmenin beraberinde getirdiği sorunların başında yer alan çevre kirliliklerinden en başta doğal içme suyu kaynakları etkilenmektedir. Tüm bu sorunlara paralel olarak içme suyu kaynaklarının önemi artmakta ve ülkeler için stratejik rol oynamaktadır. Bu nedenlerle doğal içme suyu gözelerini besleyen yer altı suyu kaynaklarının gerekli tüm etütlerinin yapıp bu kaynakları besleyen membaların bulunduğu akifer ve ana sahalar belirlenerek kontrol altına tutulmalıdır. Bu sahaların hayvansal veya evsel atıkların yanı sıra fabrikasyonu sonucu her türlü kirliliği sağlayacak girişimlerden korunması sağlanmalıdır.

İlimiz özelinde akademik olarak ilk olma özelliği taşıyan araştırmamızın su kaynakları açısından zengin olan Tunceli İlinde Üniversitemiz bünyesinde yapılacak olan daha detaylı çalışmalara kaynaklık etmesi ve bu konuya ilgiyi arttıracığı düşünüldüğünde yapılan çalışmaların iz elementlerini de içerecek şekilde daha detaylı analizlerle geliştirilmesinde faydası olacaktır.

Ayrıca ilgili kurumlar tarafından tüm içme ve kullanma suyu kaynaklarının kontrol çalışmalarının titizlikle yapılması gerekmektedir.

Çalışmamızda incelenen tüm su kaynakları içme ve kullanma suyu standartlarına uygunluk göstermektedir.

## KAYNAKLAR

- Ağaoğlu, S.**, 1999. Van ve yöresi kaynak sularının mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal kaliteleri üzerine araştırmalar. *Van Tıp Dergisi*, 6(2):30-33.
- Ağaoğlu, S.**, 2007. Van bölgesi su kaynaklarının fiziko-kimyasal kalitesi. *Veteriner Bilimleri Dergisi*, 21,2:25-39.
- Akman, Y., Ketenoğlu, O., Evren, H., Kurt, L., Düzenli, S.**, 2000. Çevre Kirliliği (Çevre Biyolojisi). *Palme Yayıncılık*, Ankara.
- Alemdar, S.**, 2009. Çevre koruma ve araştırma vakfı yayını. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Van.
- Altinkum, M.S.**, 1996. İstanbul'da satılan içme sularının bakteriyolojik yönden incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, İ.Ü., Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Amanjot, K.S., Vikram, K.G., Bhuvan, S., Bhavna, S., Paramjeet, K., Geeta, W.**, 2015. Assessment of water quality in an urban city of Punjab, India, *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 4(4):514-518.
- Anonymous**, 2005. Sular- İnsani tüketim amaçlı sular. TS 266/Nisan 2005, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- APHA**, 1989. Standart methods for the examination of water and wastewater, *American public health association*, Washington DC.
- APHA**, 2005. Standart methods for the examination of water and wastewater, *American public health association*, Washington DC.
- APHA, AWWA, WPCF**, 1998. Standart methods for the examination of water and wastewater, 19th edition, *American public health association*, Washington DC.
- Atabey, E.**, 2005. Tıbbi jeoloji. *Jeoloji mühendisleri odası yayınları*, Ankara.
- Bacteriological Analytical Manuel.**, 2001. AOC Int, Gaithersburg.
- Balkaya, N., Açıkgöz, A.**, 2004. İçme suyu kalitesi ve Türk içme suyu standartları. *Standart dergisi*, Ocak, 29-37.
- Bilgin, M.**, 2003. Niğde ili içme sularının fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik olarak incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. N.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- Boyd, C.E., Tucker, C.S.**, 1998. Pound aquaculture walter quality management. *Kluwer academic publishers*. 700p.

- Bremond, R., Vuichard, R.,** 1973. Parameters de la qualite des eaux. Ministere de la Protection de la Nature et de Environnement Documentation, 179 p, Française, Paris.
- Can, M.,** 2000. Balıkesir Yöresinde içme suyu olarak kullanılan kuyu suları ve çeşme sularının fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik olarak incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Cemeroğlu, B.,** 2010. Gıda analizleri kitabı, *Nobel yayın dağıtım*, Ankara.
- Cici, M.,** 1995. Hazar gölü su kalitesi. *I. Hazar gölü ve çevresi sempozyumu bildiriler*, Sivrice kaymakamlığı yayınları, 2:23-26, Sivrice.
- Cirik, S., Cirik, Ş.,** 1995, Limnoloji Ders kitabı, E.Ü., *Su Ürünleri Fakültesi yayınları*, Yayın no:21, İzmir.
- Çalık, E., Menteş, Y., Karadağ, F., Dayıoğlu, H.,** 2004. İçme suyunun sağlık açısından değerlendirilmesi. D.Ü., *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Sayı: 6, Kütahya.
- Çalık, O.,** 2005. Diyarbakır kent merkezindeki içme suyu şebekesi ile konut su depolarının fiziki özelliklerinin bakteriyolojik kirlilik üzerine etkileri. Uzmanlık Tezi, D.Ü., Tıp Fakültesi, Diyarbakır.
- Çil, O.Ş., Alaş, A.,** 2002. Aksaray iline içme suyu sağlayan bazı kaynaklarda su kalite parametrelerinin incelenmesi. *Ekoloji Dergisi*, 11(42):40-44.
- Çimen, M.,** 2015. Fen ve sağlık bilimleri alanında SPSS uygulamalı veri analizi kitabı. *Palme Yayıncılık*, Tunceli.
- Demirer, A.,** 1995. Su hijyeni. Teksir, A.Ü., Veteriner Fakültesi, Ankara.
- Demirtaş, H.,** 2015. İnsani tüketim amaçlı sularda membran filtrasyon yöntemi ile mikrobiyolojik analizler *Sempozyumu*, Ankara.
- Dönderici, Z.S.,** 2010. Kaynak sularının fiziksel ve kimyasal kaliteleri üzerine bir araştırma. *Türk Hijyen ve deneysel biyoloji dergisi*, Adana Hıfzısıhha Müdürlüğü, Adana, 67(4):167-172.
- Egemen, Ö., Sunlu, U.,** 1996. Su kalitesi. Ege üniversitesi yayın evi, İzmir, 153s.
- Erguvanlı, K., Yüzer, E.,** 1987. Yer altı suları jeolojisi, 3.baskı, İTÜ, Maden Fakültesi, Yayın no:23, İstanbul.
- Erkan, M.E., Vural, A.,** 2006. Dicle nehrinin hijyenik kalitesi üzerine bir araştırma, *Dicle Tıp Dergisi*, 33(4), Diyarbakır.
- Eroğlu, V.,** 1995. Su tasfiyesi. İ.T.Ü., İnşaat Fakültesi matbaası, İstanbul, 312s.

- Finkelman, R.B., Skinner, H.C.W., Plumlee, G.S., Bunnell, J.E.,** 2001. *Medical geology*, Geotimes, Universty of Texas at Dallas, USA.
- Gemci, E.,** 2016. Kahramanmaraş iline içme suyu sağlayan Pınarbaşı, Karasu ve Ayvalı kaynaklarının içme suyu kalitesinin araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, K.S.İ.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Güler, Ç.,** 1997. Su kalitesi. *Çevre sağlığı temel kaynak dizisi*, Ankara.
- Gültekin, F., Dilek, R., Ersoy, A.F., Ersoy, H.,** 2005. Aşağı Değirmendere (Trabzon) havzasındaki suların kalitesi. *Jeoloji Mühendisleri dergisi*, K.T.Ü., 29(1):21-34, Trabzon.
- Hamill, L., Bell, F.G.,** 1986. Ground water resource development, Britain, London, 119-175s.
- Harrigan, W.F.,** 1998. Laboratory methods in food microbiology, *Academic press*, New York.
- Hudak, P.F.,** 2000. Regional trends in nitrate content of Texas groundwater, *Journal of hydrology*, USA.
- Kahraman, T., Alisharlı, M.,** 2009. Bitlis İli içme sularının bazı mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özellikleri. *Ekoloji Dergisi*, 73:28-38.
- Karaoğlu, M.H.,** 2001. Kavaklıdere-Bozdoğan bölgesindeki kaynak sularının kimyasal incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, M.Ü., Muğla.
- Kemiksiz, A.,** 1999. Bursa ili içme suyu şebekesinde mikrobiyolojik kalite ve *Yersinia enterocolitica*'nın araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, E.Ü., Fen Fakültesi Enstitüsü, İzmir.
- Keven, F.,** 2002. Elazığ içme sularının yedi yıllık periyottaki kimyasal ve mikrobiyolojik değişimi. *Gıda Dergisi*, 27(5):407-410.
- Koçak, Ö.,** 2007. Erzurum il merkezindeki içme ve kullanma sularının kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik kalitesi. *Yüksek Lisans Tezi*, S.Ü., Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Martin, M. T., Myaki, D.M., Pellizari, V.H., Adams, C., Bosselan, N.R.S.,** 1991. Comparison of the Presence-Absence (P-A) test and conventional methods for detection of bacteriological water quality indicators, *Water Research*, Sao Paulo, Brazil, 25:1279-1283.
- Muslu, Y.,** 1985. Su temini ve çevre sağlığı, *İstanbul Üniversitesi yayınları*, Cilt I ve II, , İstanbul, 500s.
- Mutluay, H., Demirak, A.,** 1996. Su kimyası. *Beta Basım Yayım*, Yayın no:624, İstanbul.

- Oğur, R.**, 2005. Hing nitrate intake impairs liver functions and morphology in rats; protective effects of alfa-tocopherol. *Environmental toxicology and pharmacology*.
- Oğur, R., Tekbaş, F.Ö.**, 2005. Temel su analizleri kitabı, Ankara.
- Oruç, N.**, 1972. Suda sertliğin önemi, giderilmesi ve tayini. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, A.Ü., 3(2):187-193, Erzurum.
- Özçelik, S., Keven, F.**, 1988. Elazığ ve Harput içme sularının mikrobiyolojik muayenesi ve kimyasal özelliklerinin araştırılması. *Fırat Havzası I. Sempozyumu*, Elazığ.
- Pavlov, D.**, 2004. Wet CME de, Grabow WOK. And Ehlers MM, Potentially pathogenic features of heterotrophic plate count bacteria isolated from treated and untreated drinking water. *International Journal of Food Microbiology*, 92:275-287.
- Rahman, M.S., Gagnon, G.A.**, 2004. Bench-Scale evaluation of drinking water treatment parameters on iron particles and water quality. *Water Research*, 48:137-147.
- T.C. Resmi Gazete**, İnsani tüketim amaçlı sular hakkında yönetmelik. (25730), Şubat 2005.
- Sawyer, C.N.**, 2010. Çevre mühendisliği ve bilimi için kimya, USA.
- Selinus, O., Alloway, B., Centeno, J.A., Finkelman, R.B., Fuge, R., Lindh, U., Smedley, P.**, 2005. Essentials of Medical Geology. Amsterdam, *Elsevier*, 263-296.
- Smedley, P.L., Kinniburgh, D.G., Huq, I., Luo, Z., Nicolli, H.B.**, 2001. International perspective on naturally occurring arsenic problems in groundwater. Amsterdam, *Elsevier*, 9-25.
- Şengül, F., Türkman, A.**, 1991. Su ve atık su analizleri, İzmir, 157s.
- Şimşekli, M.**, 1988. Bursa il merkezi içme sularında patojenik bakterilerin araştırılması. *Doktora Tezi*, U.Ü., Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Tepe, Y., Mutlu, E.**, 2004. Hatay harbiye kaynak suyunun fiziko kimyasal özellikleri. *D.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6:77-88, Kütahya.
- Tıncılıç, N., Korkmaz, H.**, 1987. Gölet ve içme suyunda kirlilik araştırması ve klorlu organik bileşiklerle TCE'nin gaz kromatografisi ile tayini tezi, O.M.Ü., Fen Bilimleri Üniversitesi, Samsun.
- Topbaş, M.T., Brohi, A.R., Karaman, M.R.**, 1998. Çevre kirliliği. *T.C. Çevre Bakanlığı Yayınları*.
- Tuncay, H.**, 1994. Su kalitesi. E.Ü., Ziraat Fakültesi, Ofset basımevi, İzmir.

**Uslu, O., Türkman, A.,** 1987. Su kirliliği ve kontrolü, *T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları Eğitim dizisi 1*, Ankara.

**Verep, B., Şahin, C., Turan, D.,** 2005. İyidere (Trabzon)'nin fizikokimyasal açıdan su kalitesinin belirlenmesi. R.T.E.Ü., Su Ürünleri Fakültesi, *Ekoloji*, 14(34):26-34,Rize.

**World Health Organization,** 1993. Guidelines for drinking water quality, Cilt:1, 2. baskı, Genova.

**World Health Organization,** 2006. Guidelines for drinking-water quality, 3. baskı.

**Yalçın, S., Tekinşen, O.C., Nizamlıoğlu, M.,** 1989. Konya İl merkezindeki içme ve kullanma sularının hijyenik kalitesi. S.Ü., *Veteriner Fakültesi Dergisi*, 4(1):83-89.

**Yaman, M.,** 2005. F.Ü., Fen Fakültesi Kimya Bölümü, Su kimyası ders notları, Elazığ.

**Yılmaz, F.,** 2004. Mumcular barajının fiziko kimyasal özellikleri. *Ekoloji Dergisi*, M.Ü., Fen Edebiyat Fakültesi, Yıl:13, 50:10-17.

**URL-1.,** [http:// www.mikrobiyoloji.org.tr](http://www.mikrobiyoloji.org.tr), 12 Nisan 2015.

**URL-2.,** [http:// www.mta.gov.tr](http://www.mta.gov.tr), 17 Mayıs 2017.

## ÖZGEÇMİŞ

1987 yılında Tunceli İli Ovacık İlçesinde doğdum. İlköğretim ve Lise eğitimimi Ovacık ilçesinde tamamladım. 2009 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ziraat Mühendisliği Bölümünden mezun oldum. 2010 yılından itibaren Tunceli Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğünde Ziraat Mühendisi olarak görev yapmaktayım.

