

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

**SİİRT YÖRESİNDE BULUNAN TERMAL SULARDAKİ GROSS ALFA VE GROSS  
BETA AKTİVİTE DÜZEYLERİ VE ELEMENT KONSANTRASYONLARININ  
BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İdris YOLBAŞ**

**(12803002)**

**Kimya Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. İbrahim TEĞİN**

**Temmuz-2018  
SİİRT**

## TEZ KABUL VE ONAYI

İdris YOLBAŞ tarafından hazırlanan "Siirt Yöresinde Bulunan Termal Sulardaki Gross Alfa ve Gross Beta Aktivite Düzeyleri ve Element Konsantrasyonlarının Belirlenmesi" adlı tez çalışması 02/07/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

#### Başkan

Prof. Dr. Ömer YAVUZ

#### Danışman

Doç. Dr. İbrahim TEĞİN

#### Üye

Dr. Öğr. Üyesi Uyan YÜKSEL

### İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.



Doç. Dr. Fevzi HANSU  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tez çalışması Siirt Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Birimi tarafından 2014-SİÜFEB-YL1 nolu proje ile desteklenmiştir.

## TEZ BİLDİRİM SAYFASI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada yer alan bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu ve bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

İdris YOLBAŞ



## TEŞEKKÜR

Bu tez çalıőmamda beni yönlendiren ve büyük bir hoőgörü ve fedakrlıkla bana yardımcı olan değerli Hocam Doç. Dr. İbrahim TEĞİN'e, su analizleri konusunda Siirt Belediyesine ve Belediye alıőanı Fırat TEĞİN'e yüksek lisans arkadaőlarım Mehmet Şirin BATUR, Selma AKDENİZ, Betül SADIK ve diğer emeği geçen herkese teşekkür eder, saygılar sunarım.

İdris YOLBAŞ  
SİİRT-2018



## ÖN SÖZ

Ülkemizde çok sayıda bulunan kaplıcalar hem turizm, hem sağlık ve hem de enerji açısından çok önemlidirler. Turizm açısından termal kaplıcalara olan ilgi her geçen gün artmaktadır. Sağlıktaki doğal tedavi yöntemleri ülkemizde de yaygınlaşmakta olup, kaplıca sularının romatizmal ve cilt hastalığı başta olmak üzere çoğu hastalığa iyi geldiği bilinmektedir.

Bu çalışmada Siirt yöresinde bulunan 10 adet Billoris-Siirt, Bostancık (Şemsimira)-Siirt, Kuğa (Çırpılı)-Eruh, Kever (Çetinkol)-Eruh, Memira (Görendoruk)-Eruh ve Şırnak ili sınırlarında bulunan Hesta Süleyman-Güçlükonak, Hesta Belkısana-Güçlükonak kaplıcasının termal sularındaki gross alfa ve gross beta aktivite düzeyleri , MPC-9604 multi-detector  $\alpha/\beta$  counting system ile gross  $\alpha$  için  $0.03-5.648 \text{ Bq L}^{-1}$  ve gross  $\beta$   $0.04 - 2.76 \text{ Bq L}^{-1}$  bulunmuş olup element konsantrasyonları DWXRF aleti ile belirlenmiştir. Ayrıca coğrafi koordinatlar, yükseklik, pH ve sıcaklık gibi bazı fiziksel parametreler de belirlenmiştir.

Çalışma sonucunda incelenen kaplıcaların termal suları birbirleriyle hem fiziksel özellik hem de kimyasal özellikleri bakımından kıyaslanmış olup, bulunan ölçüm sonuçları dünya sağlık örgütlerinin limitleriyle karşılaştırılmıştır.

Yaptığımız çalışmada Siirt yöresinde bulunan kaplıcaların fiziksel ve kimyasal olarak birbirlerinden farklılık arz ettikleri ve ölçüm sonuçlarının dünya sağlık örgütlerinin belirledikleri limit aralıklarında oldukları görülmüştür.

İdris YOLBAŞ  
SİİRT-2018

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

<b>TEZ BİLDİRİM SAYFASI</b> .....	<b>i</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>ii</b>
<b>ÖN SÖZ</b> .....	<b>iii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iv</b>
<b>TABLolar LİSTESİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>KISALTMALAR VE SİMGELERLİSTESİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>x</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xi</b>
<b>1. GİRİŞ</b>	<b>1</b>
1.1. Genel bilgiler .....	1
1.1.1. Türkiye jeotermal enerji potansiyeli .....	1
1.1.2. Jeotermalin tarihçesi .....	2
1.2. Siirt yöresindeki kaplıcalar .....	5
1.2.1. Hesta-1 (Süleyman) kaplıcası .....	5
1.2.2. Hesta-2 (Balkısana) kaplıcası .....	7
1.2.3. Billoris-1 Kaplıcası .....	8
1.2.4. Billoris-2 karşı mağara içi kaplıcası .....	9
1.2.5. Billoris-3 karşı kaplıcası .....	10
1.2.6. Bostancık (Şemsemira) kaplıcası.....	12
1.2.7. Koğa (sağ) kaplıcası.....	13
1.2.8. Memira (Görendoruk) kaplıcası.....	14
1.2.9. Koğa (sol) kaplıcası .....	15
1.2.10. Çetinkol (Kever) kaplıcası .....	16
<b>2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI</b> .....	<b>17</b>
<b>3. MATERYAL VE METOT</b> .....	<b>22</b>
3.1. Kullanılan kimyasallar ve çözeltiler .....	22
3.2. Örneklerin toplanması ve hazırlanması .....	22
3.3. Kullanılan cihaz ve testler.....	24
3.4. Numunelerde gross $\alpha$ ve gross $\beta$ aktivite konsantrasyonlarının belirlenmesi .....	25
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA</b> .....	<b>27</b>
4.1. Termal sularda Gross $\alpha$ and $\beta$ aktivite konsantrasyonları .....	27

4.2. DWXRF sonucu bulunan değerler.....	31
4.2.1. Hesta-1 (Süleyman) kaplıcası .....	32
4.2.2. Hesta-2 (Belkısana) kaplıcası .....	34
4.2.3. Billoris-1 kaplıcası .....	34
4.2.4. Billoris-2 (karşı mağara içi) kaplıcası.....	35
4.2.5. Billoris-3 (karşı) kaplıcası .....	36
4.2.6. Bostancık (Şemsemira) kaplıcası .....	36
4.2.7. Koğa (sağ) kaplıcası.....	37
4.2.8. Koğa (sol) kaplıcası .....	38
4.2.9. Görendoruk (Memira) kaplıcası.....	38
4.2.10. Çetinkol (Kever) kaplıcası .....	38
4.3. Kaplıca sularına uygulanan diğer test sonuçları .....	39
4.4. Kaplıca örneklerinde bulunan element konsantrasyonları için korelasyon matrisi .....	46
4.5. Kaplıca örneklerinde bulunan element konsantrasyonları için temel bileşen analizi (principal component analysis) .....	47
4.6. Kaplıca örneklerinde bulunan element konsantrasyonları için kümeleme analizi (cluster analysis) .....	49
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>52</b>
<b>6. KAYNAKLAR .....</b>	<b>54</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>57</b>

## TABLULAR LİSTESİ

### Sayfa

Tablo 3.1. Örneklerin toplanma yerleri ve su örneklerin bazı parametreleri.....	23
Tablo 4.1. $\alpha/\beta$ sayım sisteminden elde edilen değerler.....	27
Tablo 4.2. Kaplıca sularında bulunan gross $\alpha$ ve gross $\beta$ aktivite konsantrasyonlarının kaynak sularından elde edilen daha önceki bazı çalışmalarla karşılaştırılması .....	28
Tablo 4.3. Yeraltı sularında belirlenen madde konsantrasyonları ve diğer parametreler (mg L-1).....	33
Tablo 4.4. Kaplıca sularının laboratuvar ortamında bulunan sıcaklık, pH, nitrit, nitrat,KOI, BOI, amonyum, toplam fosfat ve toplam azot değerleri.....	40
Tablo 4.5. Kaplıca örneklerinde bulunan element konsantrasyonları için korelasyon matrisi.....	46
Tablo 4.6. Döndürülmüş İlk üç ana ögenin yüklemesi ve skorları.....	47



## ŞEKİLLER LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1. Türkiye volkanik faaliyetler ve jeotermel kaynaklar haritası .....	1
Şekil 1.2.1. Hesta-1 (Süleyman ) Kaplıcasının uydudan görünümü .....	6
Şekil 1.2.2. Hesta-1 (Süleyman ) Kaplıcasının fotoğrafı .....	6
Şekil 1.2.3. Hesta-2 (Balkısana) Kaplıcasının uydudan görünümü .....	7
Şekil 1.2.4. Hesta-2 (Balkısana) Kaplıcasının fotoğrafı .....	7
Şekil 1.2.5. Billoris-1 (Havuzlu) Kaplıcasının uydudan görünümü .....	8
Şekil 1.2.6. Billoris-1 (Havuzlu) Kaplıcasının fotoğrafı .....	9
Şekil 1.2.7. Billoris 2 Karşı Mağara İçi Kaplıcasının uydudan görünümü .....	9
Şekil 1.2.8. Billoris 2 Karşı Mağara İçi Kaplıcasının fotoğrafları .....	10
Şekil 1.2.9. Billoris-3 Karşı Kaplıcasının uydudan görünümü .....	11
Şekil 1.2.10. Billoris-3 Karşı Kaplıcasının fotoğrafı .....	11
Şekil 1.2.11. Bostancık (Şemsemira) Kaplıcasının uydudan görünümü .....	12
Şekil 1.2.12. Bostancık (Şemsemira) Kaplıcasının fotoğrafı .....	12
Şekil 1.2.13. Koğa (sağ) (Çırpılı Mezrası) Kaplıcasının uydudan görünümü .....	13
Şekil 1.2.14. Koğa (sağ) (Çırpılı Mezrası) Kaplıcasının fotoğrafı .....	13
Şekil 1.2.15. Memira (Görendoruk) Kaplıcasının uydudan görünümü.....	14
Şekil 1.2.16. Memira (Görendoruk) Kaplıcasının fotoğrafı.....	14
Şekil 1.2.17. Koğa (sol) Kaplıcasının uydudan görünümü.....	15
Şekil 1.2.18. Koğa (sol) Kaplıcasının fotoğrafı .....	15
Şekil 1.2.19. Kever (Çetinkol) Kaplıcasının uydudan görünümü .....	16
Şekil 1.2.20. Kever (Çetinkol) Kaplıcasının fotoğrafı .....	16
Şekil 3.1. Örneklerin alındığı harita .....	22
Şekil 4.1. Kaplıcasularının MDS (ProteanInstrument Corporation, USA) MPC- 9604 ile gross $\alpha$ aktivite analizi sonucu bulunan (%) değerler .....	29
Şekil 4.2. Kaplıcasularının MDS (ProteanInstrument Corporation, USA) MPC- 9604 ile Gross $\beta$ aktivite analizi sonucu bulunan (%) değerler .....	29

Şekil 4.3. Hesta 1(Süleyman ) Kaplıcası suyunun kalıntısının DWXRF analizi sonucu bulunan değerler .....	32
Şekil 4.4. Hesta-2 (Belkısana) Kaplıcası suyunun kalıntısının DWXRF analizi sonucu bulunan değerler .....	34
Şekil 4.5. Billoris-1 Kaplıcası suyunun kalıntısının DWXRF analizi sonucu bulunan değerler .....	35
Şekil 4.6. Billoris-1 Kaplıca kalıntısının DWXRF analizi sonucu bulunan değerler....	35
Şekil 4.7. Billoris-3 (Karşı) Kaplıcası suyunun kalıntısının DWXRF analizi sonucu bulunan değerler .....	36
Şekil 4.8. Bostancık (Şemsemira) Kaplıcası suyunun kalıntısının DWXRF analizi sonucu bulunan değerler.....	37
Şekil 4.9. Koğa (sağ) Kaplıcası suyunun kalıntısının DWXRF analizi sonucu bulunan değerler .....	37
Şekil 4.10. Koğa (sol) Kaplıcası suyunun kalıntısının DWXRF analizi sonucu bulunan değerler.....	38
Şekil 4.11. Görendoruk (Memira) Kaplıcası suyunun kalıntısının DWXRF analizi sonucu bulunan değerler.....	39
Şekil 4.12. Çetinkol (Kever) Kaplıcası suyunun kalıntısının DWXRF analizi sonucu bulunan değerler .....	39
Şekil 4.13. Kaplıca sularının ölçülen pH değerler .....	40
Şekil 4.14. Kaplıca sularının ölçülen KOI değerleri .....	41
Şekil 4.15. Kaplıca sularının ölçülen BOI değerleri .....	42
Şekil 4.16. Kaplıca sularının ölçülen nitrit değerleri .....	43
Şekil 4.17. Kaplıca sularının ölçülen nitrat değerler .....	43
Şekil 4.18. Kaplıca sularının ölçülen amonyum değerleri .....	44
Şekil 4.19. Kaplıca sularının ölçülen toplam fosfat değerleri .....	45
Şekil 4.20. Kaplıca sularının ölçülen toplam azot değerleri .....	45
Şekil 4.21. Skor ve yükleme grafikleri .....	48
Şekil 4.22. Uzayda üç boyutlu PCA sonuçları: ilk üç PCA bileşenin yüklemesinin çizimi .....	49
Şekil 4.23. Kaplıcalar Örnekleri için Kümeleme Analizinin Dendrogramı .....	50
Şekil 4.24. Dendrogram of cluster analysis for metal concentrations.....	51

## KISALTMALAR VE SİMGELERLİSTESİ

<b><u>Kısaltma</u></b>	<b><u>Açıklama</u></b>
<b>AIC</b>	: Akaike Information Criteria
<b>ANN</b>	: Artificial Neural Network
<b>App</b>	: Appendix
<b>BP</b>	: Backpropagation
<b>CGI</b>	: Common Gateway Interface
<b>ESS</b>	: Error sum-of-squares
<b>GARCH</b>	: Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity
<b>GIS</b>	: Geographic Information Systems
<b>HCA</b>	: Hierarchical Cluster Analysis
<b>Mbps</b>	: Megabits per second
<b>St</b>	: Station
<b>SWAT</b>	: Soil and Water Assessment Tool
<b>UMN</b>	: University of Minnesota

<b><u>Simge</u></b>	<b><u>Açıklama</u></b>
<b><math>\Psi</math></b>	: Dalgacık fonksiyonu
<b><math>\lambda</math></b>	: Langrange çarpanı
<b><math>\mathfrak{R}^d</math></b>	: d-boyutlu bir özellik vektörü

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

# SIİRT YÖRESİNDE BULUNAN TERMAL SULARDAKİ GROSS ALFA VE GROSS BETA AKTİVİTE DÜZEYLERİ VE ELEMENT KONSANTRASYONLARININ BELİRLENMESİ

İdris YOLBAŞ

Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Kimya Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. İbrahim TEĞİN

2018, 70 Sayfa

Bu çalışmada Siirt ve çevresinde bulunan kaplıca sularının gross alfa ve gross beta aktivite değerleri ve element içerikleri araştırılmıştır. Siirt ilinde bulunan Billoris-Siirt, Bostancık (Şemsimira)-Siirt, Kuğa (Çırpılı)-Eruh, Keve (Çetinkol)-Eruh, Memira (Görendoruk)-Eruh ve Şırnak ili sınırlarında bulunan Hesta Süleyman-Güçlükonak, Hesta Belkısana-Güçlükonak kaplıcalarının gross alfa ve gross beta aktivite değerleri, MPC-9604 multi-detector  $\alpha/\beta$  counting system ile *gross a* için  $0.03-5.648 \text{ Bq L}^{-1}$  ve *gross  $\beta$*   $0.04 - 2.76 \text{ Bq L}^{-1}$  bulunmuştur. Dünya Sağlık Örgütü verileriyle kıyaslanmıştır. Kaplıca sularında bulunan Na, Mg, Al, Si, S, K, Ca, Mn, Fe, Rb, Sr, Cl, Br, P, Cr, Ni, Cu, Zn ve U gibi metal değerleri DWXRF ile belirlenmiştir.

Kaplıca sınıflandırması çalışmaları için çoklu bileşen analizi (PCA) ve kümeleme analizi (CA) gibi kemometrik teknikler kullanılmıştır. Verilerden toplam varyansın %90.97'sini üç bileşenin temsil ettiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Aktivite, *gross a* and *gross  $\beta$* , metal, kaplıca, termal su

## ABSTRACT

## MS THESIS

# THE DETERMINATION OF GROSS ALPHA AND GROSS BETA ACTIVITY LEVELS AND ELEMENT CONCENTRATIONS IN THERMAL WATERS IN THE SIIRT

**İdris YOLBAŞ**

**Siirt University Institute of Science  
The Degree of Master of Science  
In Chemistry**

**Supervisor : Doç. Dr. İbrahim TEĞİN**

**2018, 70 Pages**

Determination of metal levels and the gross  $\alpha$  and  $\beta$  activity concentrations in the thermal waters of Billoris-Siirt, Bostancık (şemsimira)–Siirt, Kuğa (Çırpılı)-Eruh, Keve (Çetinkol)–Eruh, Memira (Görendoruk)-Eruh spas in Siirt province and Hesta Süleyman-Güçlükonak, Hesta Belkısana-Güçlükonak sapa in Şırnak were measured by MPC-9604 multi-detector  $\alpha$  /  $\beta$  counting system. Ranges of activity concentrations found were from 0.03 to 5.648 Bq L<sup>-1</sup> for gross  $\alpha$  and from 0.04 to 2.76 Bq L<sup>-1</sup> for gross  $\beta$ . The ranges of minimum detectable concentrations for gross  $\alpha$  (0.03-0.05 Bq L<sup>-1</sup>) and for gross  $\beta$  (0.04-0.15 BqL<sup>-1</sup>) were obtained. Gross  $\alpha$  and  $\beta$  activity concentrations found in samples were compared with the recommended guidelines of the World Health Organization and the Turkish Standards, and literature values. Na, Mg, Al, Si, S, K, Ca, Mn, Fe, Rb, Sr, Cl, Br, P, Cr, Ni, Cu, Zn and U metal levels in these thermal ground waters were also determined by using wavelength dispersive X-ray fluorescence spectrometry.

The chemometric techniques of principal component analysis (PCA) and cluster analysis (CA) were used for the classification studies of spas. It was found that tree principal components account for 90.97% of the total variance in the data.

**Keywords:** Activity, gross  $\alpha$  and gross  $\beta$ , metal, spa, thermal waters

# 1. GİRİŞ

## 1.1. Genel bilgiler

Ülkemizde çok sayıda bulunan kaplıcalar turizm, sağlık ve enerji açısından çok önem arz etmektedir.

### 1.1.1. Türkiye jeotermal enerji potansiyeli

Ülkemiz jeolojik yapı olarak Alp-Himalaya dağ oluşum kuşağında bulunmaktadır. Ülkemiz hem geçirmiş olduğu volkanik faaliyetlerden dolayı hem de ilk tektonik dönemde kazanmış olduğu çok kırıklı yapıdan dolayı (Şekil 1.1.) jeotermal kaynaklar bakımından zengin konumda yer almaktadır.



Şekil 1.1. Türkiye volkanik faaliyetler ve jeotermal kaynaklar haritası

Ülkemizde yaklaşık olarak bin civarında hem doğal çıkışlı sıcak su hem de doğal mineralli su kaynağı bulunmaktadır. Ülkemizin jeotermal ısı potansiyeli yüksek olup yaklaşık 31.500 MW termal enerji potansiyeline sahiptir. Ülkemizde yaklaşık kırk beş yıl önce jeotermal enerji çalışmalarına Maden Teknik Arama Genel Müdürlüğü tarafından başlatılmış olup, günümüze kadar yapılan çalışmalarla yüz doksan adet jeotermal kaynak keşfedilmiştir. Yapılan çalışmalarda bu alanların %79'u Batı Anadolu bölgesinde, %8,5'i Orta Anadolu bölgesinde, %7,5'i Marmara Bölgesinde, %4,5'i Doğu Anadolu bölgesinde ve %0,5'i kalan diğer bölgelerde bulunmaktadır. Ülkemizde bulunan jeotermal kaynaklarımızın %94'ünün sıcaklıkları az olup, doğrudan uygulamalar için uygun olup, %6'sı ise elektrik enerjisi gibi doğrudan olmayan

uygulamalar için uygundur. Ülkemizde yapılan sondajlı aramalar sonucunda ısı potansiyelinin %12,3'üne denk gelen 3881 MWt termal ısı enerjisi açığa çıkarılmıştır. Termal kaynaklardan elde edilen bu ısı enerjisinin yaklaşık %30'u (İzmir, Gönen, Simav, Kırşehir, Kızılcahamam, Afyon merkez, Sandıklı, Kozaklı, Diyadin, Salihli, Edremit, Sarayköy, Bigadiç gibi yerleşim yerlerimizde tesisi ve hane ısıtma (yaklaşık yüz bin konut eşdeğeri) amaçlı, sera üretimi (yaklaşık bin dekar), sağlık amaçlı ve termal turizm (215 adet tesis) gibi amaçlarla kullanılmaktadır (Anonim, 2015).

### **1.1.2. Jeotermalin tarihçesi**

Termal kaynaklardan elde edilen Jeotermal enerjinin banyo yapma, elbise yıkama, yemek pişirme amaçlı olarak kullanımı Prehistorik zamanlara kadar gitmektedir. Eski zamanlardan beri birçok uygarlık sıcak sudan yararlanmıştır. Örneğin Japonlar bedeni temizlemede termal suları kullanmışlardır. Romanlar daha çok eğlence amaçlı olarak kullanmışlardır. Eskiden beri Türkler ve Araplar geleneksel kullanımı olan banyo kültürü, şimdilerde Türk hamamı olarak bilinen, termal hamamları kullanmış ve bu şekilde yaygınlaştırmışlardır (Barbier, 2002).

Dünya'da ve ülkemizde jeotermal enerjinin tarihi süreçleri şöyle sıralanabilir (Anonim, 2015).

Milattan önce on binli yıllarda Jeotermal çamurdan Akdeniz Bölgesi'nde çanak, çömlek, cam, tekstil, krem gibi üretim alanlarında kullanıldı.

Romalılar ve Çinliler doğal jeotermal kaynakları banyo, ısınma ve pişirme amaçlı olarak kullandı.

Altı yüz otuzlu yıllarda Japon İmparatorluğu'nda kaplıca geleneği yaygınlaştı.

Bin ikiyüzlü yıllarda evlerin termal sularla ısıtılabilceğini Avrupalılar tarafından keşfedildi.

Bin üç yüzlü yıllarda Fransızlar termal sularla evlerini ısıtmaya başladı.

Bin sekiz yüzlü yıllarda Fransa'da yerleşim birimlerinin jeotermal enerji ile ısıtılması yaygınlaştı.

Bin sekiz yüzlü yıllarda Amerika Birleşik Devletleri'nde kaplıca kültürü hızla yaygınlaşmaya başladı.

F. Larderel ilk defa jeotermal buhar kullanarak Borik Asit elde etti.

Bin sekiz yüz otuzlu yıllarda İtalya'daki Larderello Bölgesi'nin altındaki jeotermal rezervuarın yayılımı P. Savi tarafından araştırıldı.

Bin sekiz yüz kırklı yıllarda İtalya'da yeni teknikler kullanılarak termal su kaynakları açılmaya başlandı.

Bin sekiz yüz altmışlı yıllarda Amerika Birleşik Devletleri'nin California eyaletinde "The Geysers" tesisleri açıldı.

Bin sekiz yüz yetmişli yıllarda Amerika Birleşik Devletleri'nde termal kaplıcalara ilgi arttı.

Bin dokuz yüzlü yıllarda ABD'nin California eyaletinin Calistoga bölgesinde otuzun üzerinde termal kaplıca açıldı.

Bin dokuz yüzlü yılların başında İtalya'nın Larderello bölgesinde, jeotermal buhardan ilk elektrik üretimi gerçekleştirildi.

Bin dokuz yüz yirmilerde ABD'nin California Eyaletinin Th Geysers bölgesinde ilk jeotermal kuyular kullanıma açıldı.

Bin dokuz yüzlü yılların ortalarına doğru Klamath Falls'da konutlar jeotermal enerji ile ısıtıldı.

Bin dokuz yüz otuzlu yıllarda İzlanda'da büyük çaplı merkezi ısıtma projeleri için çalışmalara başlandı.

Bin dokuz yüz otuzlu yıllarda Amerika Birleşik Devletleri, Japonya, İzlanda ve Rusya'da jeotermal akışkanın kullanımı yaygın hale geldi.

Bin dokuz yüz kırklı yıllarda İtalya'nın Larderello bölgesinde jeotermal kaynaklardan elde edilen elektrik üretimi 132 MWe kapasiteye ulaştı.

Bin dokuz yüz kırklı yıllarda Süt pastörizasyon işlemlerinde ilk kez jeotermal akışkan kullanıldı.

Bin dokuz yüz kırklı yıllarda Amerika Birleşik Devletleri'nde buzlanmayı önleme amaçlı ve sera amaçlı termal su kullanıldı.

Bin dokuz yüz ellili yıllarda "Flash Metodu" ile Yeni Zelanda'da termal sulardan jeotermal elektrik üretimine başlandı.

Bin dokuz yüz altmışlı yıllarda ABD'nin California (The Geysers) eyaletinde ticari amaçlı elektrik üretiminde kuru buhar kullanıldı.

Bin dokuz yüz altmışlı yıllarda İzmir Balçova'da Türkiye'nin ilk termal kuyusu açıldı.

Bin dokuz yüz altmışlı yıllarda Japonya'da termal sulardan elektrik üretim amaçlı ilk jeotermal elektrik santrali kuruldu.



Bin dokuz yüz altmışlı yılların sonuna doğru Türkiye'nin Denizli İlinin Kızıldere bölgesinde elektrik üretme amaçlı ilk jeotermal kuyu açıldı.

Bin dokuz yüz altmışlı yılların sonuna doğru Fransa'da termal sular kullanılarak ısıtma amaçlı çok sayıda büyük projeye başlandı.

Bin dokuz yüz yetmişli yıllarda Çin'de ilk kez jeotermal akışkan kullanılarak elektrik üretimine başlandı.

Bin dokuz yüz altmışlı yılların ortalarında California'nın "The Geysers" jeotermal bölgesinde elektrik üretimi 500 MWe'lık kapasiteye ulaştı.

Bin dokuz yüz altmışlı yılların sonunda ABD'de de jeotermal enerji kullanan ilk gıda kurutma tesisi kuruldu.

Bin dokuz yüz altmışlı yılların sonunda Meksika'nın New Mexico şehrinde kızgın kuru kayada jeotermal rezervuar oluşturulup test edilmeye başlandı.

Bin dokuz yüz altmışlı yılların sonunda Endonezya'da jeotermal elektrik üretimi başlandı.

Bin dokuz yüz yetmişli yıllarda Amerika'nın batısında jeotermal elektrik santralleri kurulumuna başlandı.

Bin dokuz yüz yetmişli yıllarda Hawaii'de turizm amaçlı kurulan jeotermal tesisler faaliyete girdi.

Bin dokuz yüz seksenli yıllarda Türkiye'de Aydın (Germencik) jeotermal sahası bulundu.

Bin dokuz yüz seksenli yıllarda Türkiye İzmir Balçova'da kuyu içi eşanjörlü jeotermal ısıtma sistemi ilk defa kullanıldı.

Bin dokuz yüz seksenli yılların ortalarında Denizli Kızıldere'de Türkiye'nin ilk ve Avrupa'nın ikinci jeotermal enerji santrali faaliyete başladı.

Bin dokuz yüz seksenli yılların ortalarında Amerika Birleşik Devletleri (Oregon)'de jeotermal enerjiyle mantar yetiştiriciliğine başlandı.

Bin dokuz yüz seksenli yılların ortalarında Jeotermal elektrik üretim kapasitesi 2.000 MW oldu.

Bin dokuz yüz seksenli yılların sonlarında Amerika Birleşik Devletleri (Nevada)'nde altın üretiminde jeotermal akışkan kullanımına başlandı.

Bin dokuz yüz seksenli yılların sonlarında Türkiye'nin ilk jeotermal merkezi ısıtma sistemi Balıkesir Gönen'de kullanıma açıldı.

Bin dokuz yüz doksanlı yıllarda Amerika Birleşik Devletleri'nde jeotermal kaynaklı elektrik üretimi 3.000 MWe oldu.

Bin dokuz yüz doksanlı yıllarda yirmi bir ülkede jeotermal elektrik üretimine başlandı.

Bin dokuz yüz doksanlı yılların sonunda Türkiye’de İzmir (Balçova) jeotermal merkezi ısıtma sistemi on beş bin konut ısıtma kapasitesiyle faaliyete başladı.

İki binli yıllarda Dünya’da jeotermal elektrik kapasitesi yaklaşık 8000 MWe jeotermal doğrudan kullanım kapasitesi yaklaşık 17.000 MWt oldu

İki binli yıllarda jeotermal kurulu ısıtma kapasitesi 493 MWt’e kadar yükselen Türkiye bu alanda Dünya'nın beşinci büyük ülkesi haline geldi.

## **1.2. Siirt yöresindeki kaplıcalar**

### **1.2.1. Hesta-1 (Süleyman) kaplıcası**

İlin en önemli tarihi değerleri arasında yer Hesta Kaplıcası Eruh ilçesinin Fındık beldesine bağlı Düğün yurdu köyü sınırları içinde bulunmaktaydı. Daha sonra Şırnak il sınırlarına alınmıştır. İl merkezine uzaklığı 70 kilometredir.

Hısta Kaplıcasının farklı üç kaynağının kaptajı yapılmıştır. Bu üç kaynaktan gelen su birleşerek, kadın ve erkekler için ayrı ayrı oluşturulmuş hamamlara dağıtılmaktadır. Siirt'in Tillo İlçesinde Türbesi bulunan İbrahim Hakkı Hazretleri'nin el yazması eseri Marifetname’de, Hısta Kaplıcalarıyla ilgili tarihi ve ilginç notlar bulunmaktadır. Marifetname’de, bu kaplıcanın, Hz. Süleyman tarafından Seba melikesi Belkıs’a hediye edilen bir güzellik kaplıcası olduğuna dikkat çekilmekte, ayrıca havuzun kenarında bulunan ayak izinin Hz. Süleyman’a ait olduğu söylenmektedir. Hem sağlık nedeniyle hem de bu mitolojik efsane ve inanç nedeniyle Hesta tarih boyunca halk tarafından büyük rağbet olmuştur.

İl Özel İdaresi tarafından işletilen Billoris Kaplıcası’na daha çok yaz aylarında büyük rağbet olmaktadır (Anonim, 2015).



Şekil 1.2.1. Hesta-1 (Süleyman) Kaplıcasının uydudan görünümü



Şekil 1.2.2. Hesta-1 (Süleyman) Kaplıcasının görünümü

### 1.2.2. Hesta-2 (Balkısana) kaplıcası

Bu kaplıcada Hesta-1 (Süleyman) kaplıcasının yanında Botan Suyunun karşı tarafında bulunmaktadır.



Şekil 1.2.3. Hesta-2 (Balkısana) Kaplıcasının uydudan görünümü



Şekil 1.2.4. Hesta-2 (Balkısana) Kaplıcasının görünümü

### 1.2.3. Billoris-1 Kaplıcası

İlin yaklaşık on beş kilometre kadar güneyinde bulunan ve bölge için hem tarihi hem de turizm açısından büyük önemi bulunan ‘Billoris Kaplıcası’ Botan Çayı kenarında ismini de aldığı Sağlarca (Billoris) köyünde bulunmaktadır. Dünyada az görülen güzellikte Botan Çayı kenarında mağarasal yapısı ve doğal manzarasıyla Billoris Kaplıcası, eski tarihi bir mağaranın içinde, tavanı yüksek bir camii kubbesini andıran ve havuzun civarında anfi tiyatro şeklinde soyunma ve dinlenme yerlerinin bulunduğu tarihi ve mistik doğal bir yapıya sahiptir. Kaplıcanın girişi bölgeye has kesme alçı taşlarıyla örülmüş ve üstü de ışığı alacak şekilde mermer sütunlarla kaplanmıştır. Hem akar şekilde bulunan hem de dipten kabarcıklar şeklinde çıkan şifalı kaynak sularıyla beslenen Billoris Kaplıcası mağaranın içinde büyük bir havuza sahiptir. Botan Çayı’nın hemen kenarında bulunan kaplıca, hem iç, hem de dış görünümüyle Siirt ilinde bulunan doğa harikası yerlerden biri olma özelliğini kazanmıştır (Anonim, 2016).



Şekil 1.2.5. Billoris-1 (Havuzlu) Kaplıcasının uydudan görünümü



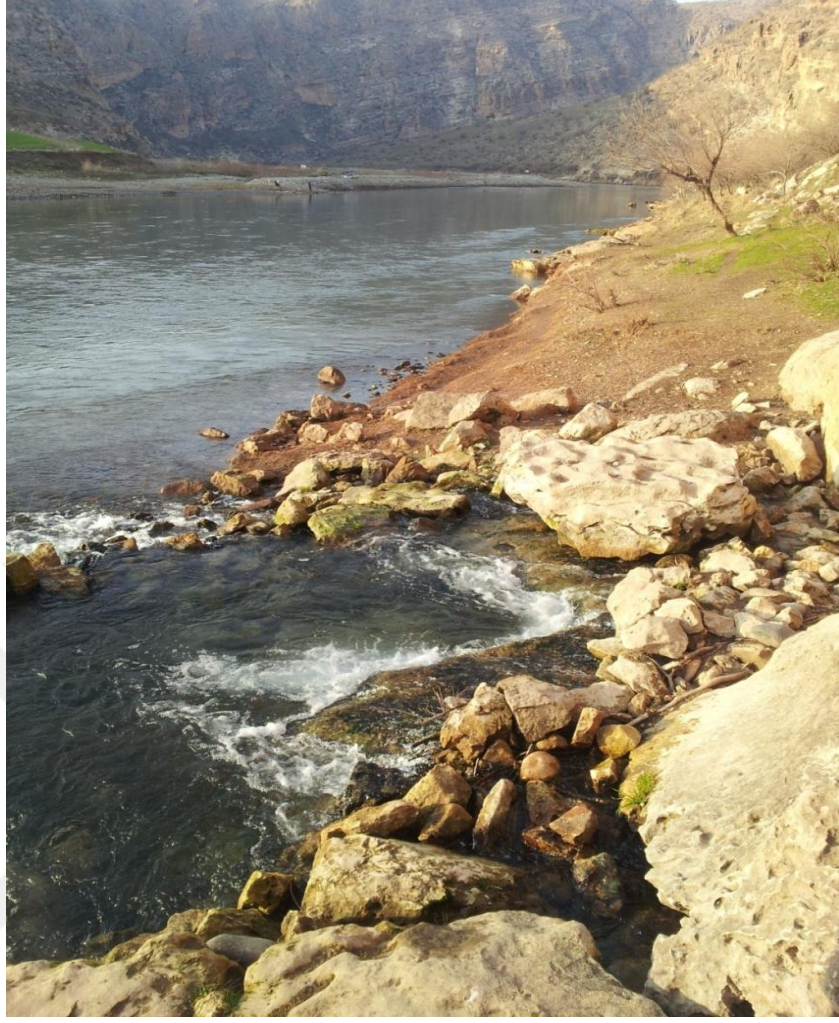
Şekil 1.2.6. Billoris-1 (Havuzlu) Kaplıcasının görünümü

#### 1.2.4. Billoris-2 karşı mağara içi kaplıcası

Billoris Kaplıcasının karşısında bulunan doğal mağarada halk arasında Ekşi Sulu Mağara adıyla anılan Botan Çayı kıyısında bir mağara bulunmaktadır. Bu mağara Botan Çayı suyunun hemen üstünde bulunmaktadır. Küçük bir girişi bulunan mağara girişten sonra giderek büyüyen mağaranın hemen girişinin dip kısmında bir soğuk su kaynağı bulunmaktadır. Mağaranın iç kısmında kayaların arasında oluşan havuzlarda kükürtlü sıcak su bulunmaktadır. Bu su koku, renk vb. özellikleriyle Billoris Kaplıcasının suyuna benzemektedir. Sarkıt şeklinde bulunan mağaranın tavından limonlu sodayı andıran ekşi su damlamaktadır. Bu suyun, mide hastalıklarına ve böbrek taşlarına iyi geldiği söylenmektedir (Anonim, 2016).



Şekil 1.2.7. Billoris 2 Karşı Mağara İçi Kaplıcasının uydudan görünümü



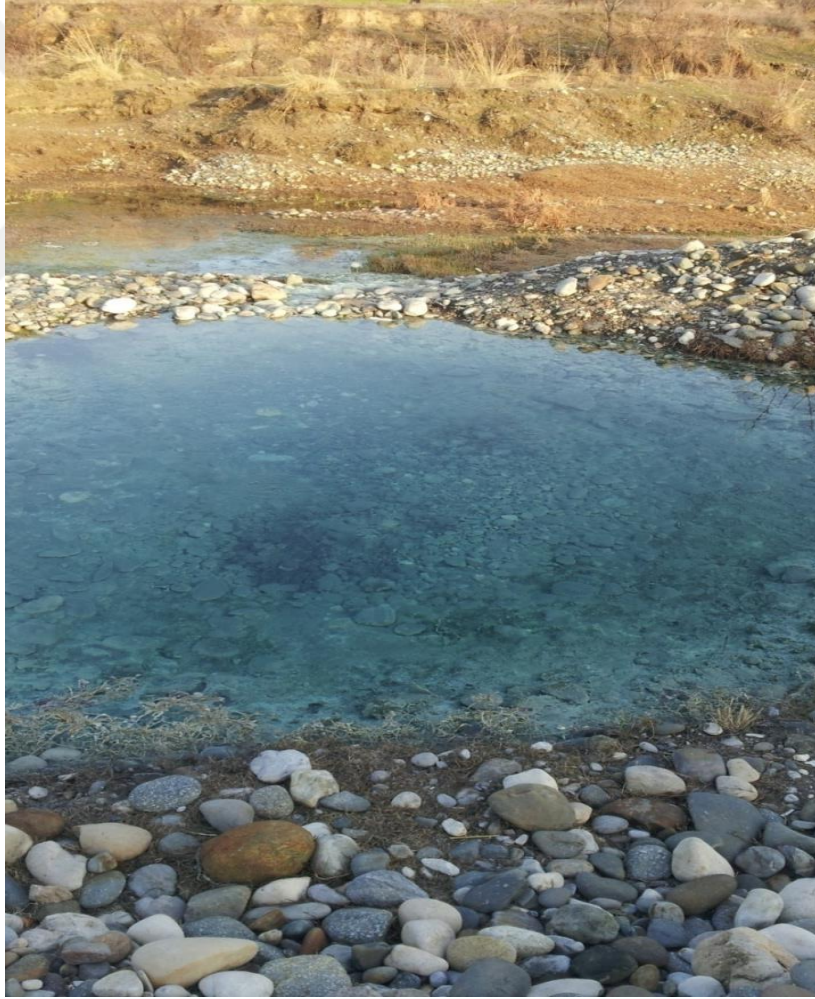
Şekil 1.2.8. Billoris 2 Karşı Mağara İçi Kaplıcasının görünümü

### 1.2.5. Billoris-3 karşı kaplıcası

Arapça Garnavıt Lizğayre küçük sıcak su anlamına gelen bu kaplıcanın suyu büyük kaplıcaya oranla daha bulanık bir yapıya sahiptir. Dibinde bolca çamur bulunan ve suyunun bulanıklaşmasına da sebep olan bu çamurun cilt hastalıklarına iyi geldiği söylenmektedir. Bu kaplıcanın havuzu nispetten küçük olup daha çok sağlık amaçlı kullanılmakta, eğlence amaçlı kullanılmamaktadır. Bu kaplıcanın girişi hariç havalandırma ve ışıklandırma sistemi dâhil tamamen doğal bir yapıya sahiptir (Anonim, 2015).



Şekil 1.2.9. Billoris-3 Karşı Kaplıcasının uydudan görünümü



Şekil 1.2.10. Billoris-3 Karşı Kaplıcasının görünümü



### 1.2.6. Bostancık (Şemsemira) kaplıcası

İlin en önemli şifa kaynaklarından biri arasında bulunan Bostancık (Şemsemira) Kaplıcası, Siirt'in yaklaşık yirmi kilometre güneyinde, Botan Çayı ile Kezer Çayı'nın kesişme noktası olan Bostancık köyünde geniş bir vadiye nazır bir tepede bulunmaktadır.



Şekil 1.2.11. Bostancık (Şemsemira) Kaplıcasının uydudan görünümü



Şekil 1.2.12. Bostancık (Şemsemira) Kaplıcasının görünümü

### 1.2.7. Koğa (sağ) kaplıcası

Bu kaplıca, Siirt- Eruh arasında bulunan ırpılı Karakolundan yaklaşık 4 km uzaklıkta bulunan ırpılı Köyü Koğa Mezrasında bulunmaktadır.



Şekil 1.2.13. Koğa (sağ) (ırpılı Mezrası) Kaplıcasının uydudan görünümü



Şekil 1.2.14. Koğa (sağ) (ırpılı Mezrası) Kaplıcasının görünümü

### 1.2.8. Memira (Görendoruk) kaplıcası

Siirt'in Eruh ilçesi ile Şırnak arasında 7. Km de Görendoruk lokantasında bulunan kaplıca halk arasında Memira Kaplıcası olarak bilinmektedir.



Şekil 1.2.15. Memira (Görendoruk) Kaplıcasının uydudan görünümü



Şekil 1.2.16. Memira (Görendoruk) Kaplıcasının görünümü

### 1.2.9. Koğa (sol) kaplıcası

Bu kaplıca, Siirt- Eruh arasında bulunan ırpılı Karakolundan yaklaşık 4 km uzaklıkta bulunan ırpılı Köyü Kuğa Mezrasında bulunmaktadır. Dere içerisinde karşı karşıya iki farklı taraftan sular çıkmaktadır.



Şekil 1.2.17. Koğa (sol) Kaplıcasının uydudan görünümü



Şekil 1.2.18. Koğa (sol) Kaplıcasının görünümü

### 1.2.10. Çetinkol (Kever) kaplıcası

Siirt'in Eruh ilçesinden yaklaşık 5 km uzaklıkta Çetinkol Köyü (Kever) girişinde dağın eşiğinde bulunmakta ve Kever Kaplıcası olarak bilinmektedir.



Şekil 1.2.19. Kever (Çetinkol) Kaplıcasının uydudan görünümü



Şekil 1.20. Kever (Çetinkol) Kaplıcasının görünümü

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Dokur (2011), tarafından yapılan çalışmada, Dumlupınar Üniversitesi Kampüsü Ilıcınar mevkiinde açılan Geven-1 kuyusunda bulunan kaplıca suyuyla ilgili analizler yapılmıştır. Analizlerin sonucuna göre kaplıca suyunun birçok hastalığa şifalı olması beklenmiştir. Bu çalışmada Kütahya çevresindeki birçok kaplıca incelenmiştir. Bu incelenen kaplıcalarla, Dumlupınar Üniversitesi kaplıcası fiziksel ve kimyasal özellikleri yönünden karşılaştırılmıştır (Dokur, 2011).

Aydınöz (2005), tarafından yapılan çalışmada, Afyonkarahisar'da bulunan jeotermal enerji potansiyeli vurgulanmış ve buradaki kaplıcaların mevsimlere göre analizleri yapılmış olup, bulunan sıcaklık değerleri, çevrede bulunan termal kaplıcalardaki ortalama verilere göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bunun yanında, 1A, 2A ve 3A grubu elementlerinin kışın ölçülen değerlerinin genel olarak diğer mevsimlere göre daha düşük olduğu görülmüştür. Termal sulardaki nitrat ve nitrit değerlerinin TSE-266 ve WHO standartlarına uygun olduğu görülmüştür. Bunun yanında kaplıca sularında ölçülen ağır metal düzeylerinin halk sağlığını tehdit edecek sınırların altında olduğu görülmüştür (Aydınöz, 2005).

Akar (2010), tarafından yapılan çalışmada Türkiye'nin kuzeybatısında yer alan Bursa ilinin sıcak su çıkışı bakımından zengin Çekirge bölgesinden toplanmış termal su örneklerinde radon konsantrasyonunun belirlenmesi ve risk yönünden değerlendirilmiştir. Su örnekleri, Genitron Instruments tarafından üretilen Alpha GUARD PQ 2000 PRO radon dedektörü ile analiz edilmiştir ve bu çalışmada bulunan sonuçlar uluslararası geçerli olan değerlerle kıyaslanmıştır (Akar, 2010).

Eroğlu ve Aksoy (2003) tarafından hazırlanan bu çalışmada, jeotermal suların sınıflaması, su kimyası, rezervuar sıcaklığının belirlenmesinde kullanılacak çeşitli jeotermometreler ile önemi vurgulanan kimyasal analiz metotları hakkında bazı bilgiler derlenmiştir. (Eroğlu ve Aksoy, 2003)

Singh ve ark. (2003)'nın Hindistan'da yapılan çalışmada topraklardaki doğal radyoaktivite ölçmek için NaI (TI) dedektörü kullanılarak topraklardaki doğal radyoaktivite seviyesi ölçülmüş ve bu çalışmanın sonucunda K-40 aktivite

konsantrasyonu 143,7-228,9 Bq/kg; Th-232 aktivite konsantrasyonu 35,2-122,8 Bq/kg ve Ra-226 aktivite konsantrasyonu 25,1-75,7 Bq/kg olarak tesbit edilmişlerdir. Bu araştırmada ölçümler her örnekten 250 g tartılarak alınmıştır. Ayrıca bu çalışmada Radyumun eşdeğer aktivitesi 90,88-275,33 Bq/kg olarak bulunmuştur. (Singh ve ark., 2003).

Yıldırım ve ark. (2008)'nin yaptığı bu çalışmada Türkiye'nin Elazığ ili Sivrice ilçesinde yerleşim ve yerleşim alanlarına uzak bölgelerinden alınan dip sedimentlerdeki fosfatın ardışık ekstraksiyonu ile fosfor türlerinin kantitatif değerlerini tespit etmek amacıyla yapılmıştır. Araştırmada toplam fosfor, toplam inorganik fosfor ve fosforun inorganik formları (zayıf adsorbe olmuş fosfor, alüminyum bağlı fosfor, demir bağlı fosfor ve kalsiyum bağlı fosfor) ve organik fosfor miktarları belirlenmiştir. (Yıldırım ve ark., 2008).

Dündar ve Altundağ (2007) yaptıkları çalışmada Talyumun çevresel olarak önemli bir element olmasının sebebi zehirli etkilerinden dolayıdır. Talyum yüksek oranda zehire sahip olduğu için çok düşük oranda bulaşması bile sinir hastalıkları, saç kaybı, büyüme gecikmesi, görme zayıflığı, gibi ciddi olaylara neden olunabileceği tesbit etmişlerdir. Günümüzde talyum kirliliğinin ana kaynakları çimento üretimi ve fosil yakıtların yanması olduğunu, Talyum, Tl (I) ve Tl (III) olmak üzere iki farklı yükseltgenme basamağında kullanılabileceğini, Tl (I) sulu çözeltilerde daha kararlı olmasına rağmen, Tl (III) daha kararlı kompleksler oluşturduğu, bu sebeple çevresel örneklerde kimyasal türlerin belirlenmesinin önemi son yıllarda hızla arttığı ifade edilmiştir (Dündar ve Altundağ, 2007).

Erişen ve Öngür (1974) "Bursa Kenti Sıcak Su Kaynakları Hidrojeoloji Etüdü" adlı çalışmalarında Bursa şehrine ait sıcak su kaynaklarının yanı sıra bölgenin jeoloji ve tektonik özelliklerini incelemişlerdir. Kentteki sıcak suları Batı Çekirge grubu ve Doğu Kaynarca grubu olarak ikiye ayırmışlardır. Bu suların mineral içeriği fakir (akroterm) nitelikli ve Çekirge grubunun 40 – 50 °C, Kaynarca grubunun 60 – 85 °C sıcaklıklarını belirtmişlerdir. Bu sıcak suların aynı orijinli olduklarını, ancak temasta oldukları litolojilerin ve buldukları katmanların farklılığı nedeniyle farklı fiziksel ve kimyasal özellikler sunduklarını belirtmişlerdir. Sıcak suların koruma alanları, tesisleri, şifa özellikleri ve yararlanma olanaklarından bahsetmişlerdir (Erişen ve Öngür, 1976).

Pehlivan ve Yılmaz (1995) Marmara Bölgesi termomineralli kaynakların içilebilirliği ve insan sağlığına etkisi üzerine yaptıkları çalışmalarında Marmara Bölgesindeki kaynakların kimyasal analiz sonuçları karşılaştırılmış, içilebilirlikleri; Schoeller içilebilirlik ve Çevre Kanunu Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre kalite sınıfları diyagramlarına göre belirtilmiştir. Termomineralli kaynakların iyonlar için müsaade edilen sınır değerleri WHO ve TSE standartlarına göre karşılaştırmaları yapılarak halk sağlığına olumlu/olumsuz yönde olabilecek etkileri değerlendirilmiştir (Pehlivan ve Yılmaz, 1995).

Imbach (1997), Bursa'da derin yeraltı suyu çevrimi üzerine yaptığı çalışmada, bölgede farklı fiziksel ve kimyasal özellikte iki farklı çevrim sistemi olduğunu, bunların 82 °C (1207 mg/l TDS) ve 46 °C (504 mg/l) sıcaklıklı olarak gözlendiği bilgisini vermektedir. Su sıcaklıklarının derinlerde yaklaşık 100 °C ve 50 °C olduğunu belirten araştırmacı, kalsit çözülmesi ve silikat hidrolizinin su-kaya ilişkilerinde baskın olduğunu vurgulamaktadır (Imbach, 1997)

Przylibski (1999), yaptığı çalışmasında Polonyada' ki iki mağarada sezonsal ve mekansal olarak havadaki radon konsantrasyonu 1995- 1997 yılları arasında ölçmüştür. Bu araştırmadaki en önemli etken atmosferik sıcaklık değişikliklerinin yol açtığı havalandırma (ventilation) olayıdır. Araştırma konusu olan iki mağarada ölçülen en yüksek radon konsantrasyonu Mayıs- Ağustos arasındaki dönemde ölçülmüştür. Bu da ortalama hava sıcaklığının, mağaradaki ortalama hava sıcaklığını aştığında gerçekleşmektedir. Düşük radon konsantrasyonu Aralık-Ocak döneminde ölçülmüştür. Radon konsantrasyonunu 4 değişim aralığı birkaç kBq/m<sup>3</sup> aralığında değişmektedir. En düşük radon konsantrasyonu Radochowska mağarasında 1996 yılının aralık ayında 0,06 kBq/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüş, en yüksek radon konsantrasyonu 1996 yılının ağustos ayında 1,37 kBq/m<sup>3</sup> olarak elde edilmiştir. Niedzwiedzia mağarasında ise en düşük radon konsantrasyonu 1997 ocak ayında 0,10 kBq/m<sup>3</sup> en yüksek ise 4,18 kBq/m<sup>3</sup> olarak 1997 martında ölçülmüştür (Przylibski, 1999).

Desideri ve ark. (2007)'nin yaptığı çalışmada, İtalya'nın İç Bölgesinden toplanan içme suyu örneklerindeki toplam alfa ve beta aktivitesi ve 238U, 234U, 226Ra, 222Rn ve 3H radyonüklitlerinin aktivite derişimleri ölçülmüştür. Çalışma sonucunda elde edilen veriler, içme suyu örneklerinde ölçülen aktivite derişim değerlerinin,



ilgili yönetmeliklerdeki değerlerden daha düşük olduğunu göstermiştir. (Desideri, ve ark., 2007).

Farai ve Sanni (1992) Nijeryada bir yıl süreyle, 20 farklı kuyudan aldıkları örnekleri haftada üçer kez incelenmişlerdir. Bir yıllık çalışma süresi sonunda en fazla örnek alınan kuyunun %20'lik hata ile 15 Bq/L oranında 222 Rn konsantrasyonuna sahip olduğu bulunmuştur (Farai ve Sanni, 1992).

Armani ve ark. (2000)'nin Cezayir'de yeraltı sularında radon konsantrasyonlarını ölçmüşler ve radon konsantrasyonlarının 0,5 Bq/L ile 19,37 Bq/L arasında değişim gösterdiğini tespit etmişlerdir (Amrani ve ark., 2000).

Tut Haklıdır (2007), doktora tezi kapsamında yapılan çalışmada Bursa İli ve çevresinde kitermal, maden ve yer altı sularının jeokimyasal özellikleri incelenmiştir. Sıcak sularda yapılan duraylı izotop çalışmaları sonucu bileşimlerinin soğuk sularınkine benzerlik göstermekte olduğunu, bu benzerliğin sıcak suların Uludağ'ın yüksek kesimlerinden beslendiğini, Bursa Ovasının binlerce metre derinliklerine kadar jeotermal gradyan etkisiyle ısınarak yükselerek, kırık sistemlerinin etkisiyle yüzeye çıktığı sonuca varmıştır. Su çevrimin hızlı gerçekleşmesi ve soğuk su karışımları nedeniyle sıcak sularda belirgin su-kaya etkileşimi gözlenmediği daha çok su-su karışım etkisi gözlendiğini belirtmiştir. Buna karşın maden sularında ise granit ve gnays konglomeralarının su ile etkileşimiyle belirgin bir su-kaya etkileşimi gözlendiği sonucuna varılmıştır (Tut Haklıdır, 2007).

Ülker (1988), Marmara Bölgesi'nde faaliyette bulunan 10 termomineral suyun tüm kimyasal analiz raporları ile balneolojik olarak değerlendirmiştir. Araştırmasında, sağlık turizminin gelişmesi için önemi her geçen yıl artan kürlerle ilgili bilginin yanısıra bir de klavuz verilmiştir. Bölgede, günümüzde faaliyette bulunan, tek veya birkaç tanesi bir arada olan farklı lokasyonlardaki 36 adet su kaynağın 10'unun içme ve 26'sının da kaplıca özelliğinde olduğunu belirtmiştir (Ülker, 1988)

Hakam ve ark. (2001)'nin Fas'ta yaptıkları çalışmada uranyum ve toryum izotopları alfa spektrometresi ile, radyum izotopları ise gama spektrometresi ile ölçülerek su sonuçlar elde edilmiştir; U238'inaktivitesi kuyu suyunda 4.5-309 mBq/l,

termal sularda 0.6-8.5 mBq/l, nehirlerde 9.7-28 mBq/l, musluk sularında 2.5-16 mBq/l, göllerde 6-24 mBq/l bulunmus, Ra226'nın ölçülen degerleri kuyu suyunda 1-25 mBq/l, mineral sularda 9.1-3696 mBq/l, nehir suyunda 0.8-5.3 mBq/l, musluk sularında 0.46-46 mBq/l, göllerde 0.81-23 mBq/l bulunmus, Ra228'in ölçülen degerleri kuyu suyunda 0.6-17.3 mBq/l, mineral sularda 2.4-620 mBq/l, nehir suyunda 0.78-2.9 mBq/l, musluk sularında 0.4<-7.7 mBq/l, göllerde 0.61-11 mBq/l olarak ölçülmüştür (Hakam ve ark., 2001).



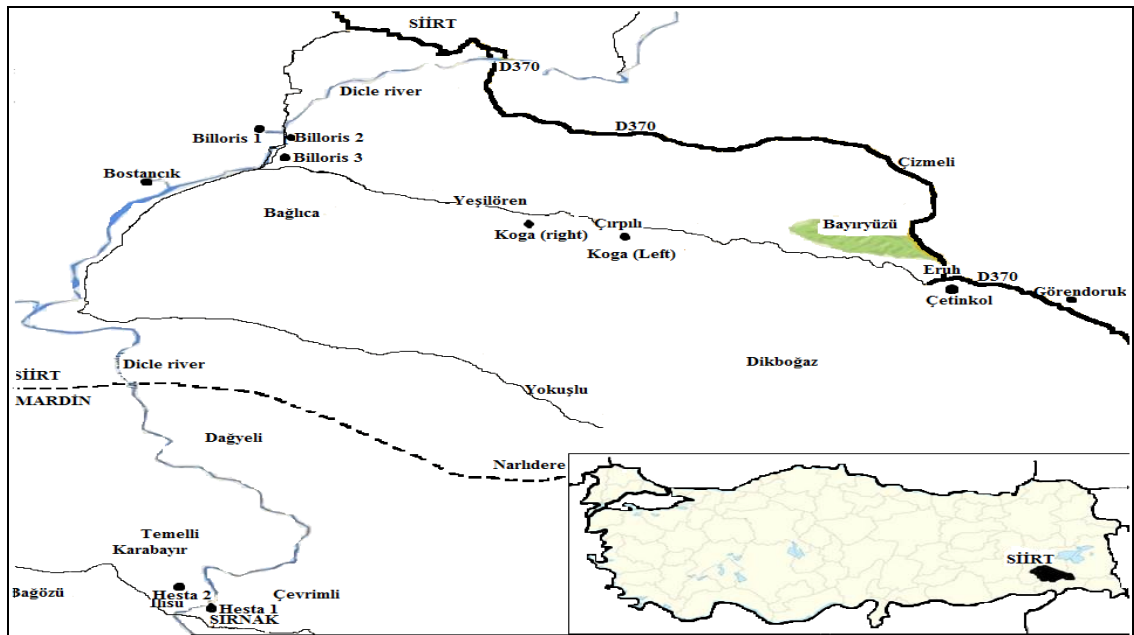
### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Kullanılan kimyasallar ve çözeltiler

Kaplıca sularının gross alfa ve gross beta aktiviteleri için derişik nitric asit ( $\text{HNO}_3$  63% m/m, analitik sağlıkta, Merck, Darmstadt, Germany)'in 1% (v/v) çözeltileri kullanılmıştır. Kaplıca sedimentlerinin çözümlenmesi için de derişik HCl ve  $\text{HNO}_3$  kullanılmıştır.

#### 3.2. Örneklerin toplanması ve hazırlanması

Termal sulardaki gross alfa ve gross beta aktivitelerini ölçmek ve termal sulardaki element analizlerini yapmak için Billoris- Siirt, Bostancık (şemsimira) –Siirt, Kuğa (Çırpılı)- Eruh, Kever (Çetinkol) –Eruh, Memira (Görendoruk)-Eruh ve Hesta Süleyman-Güçlükonak, Hesta Belkısana-Güçlükonak kaplıcalarından örnekler toplandı. Örneklerin toplanma yerleri Şekil 3.1. ve Tablo 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Örneklerin alındığı harita

Tablo 3.1. Örneklerin toplanma yerleri ve su örneklerin bazı parametreleri

Örnek toplanan yerler	Coğrafiik Koordinatlar	Yükseklik (m)	pH	Sıcaklık (°C)	Örnek Hacmi (mL)
Hesta 1 (Süleyman)	37°31'13,23" N; 41°50'35,48" E	431	7.0	61	30 ± 0.04
Hesta 2 (Belkısana)	37°31'28,09" N; 41°50'42,84" E	422	6.7	59	30 ± 0.04
Billoris 1	37°50'24,60" N; 41°53'54,87" E	697	7.3	31	30 ± 0.04
Billoris 2 (Karşı mağara içi)	37°50'17,57" N; 41°52'55,85" E	495	7.7	19	100 ± 0.06
Billoris 3 (karşı)	37°50'16,47" N; 41°52'55,39" E	486	7.3	32	25 ± 0.02
Bostancık (Şemsemira)	37°48'50,64" N; 41°50'21,75" E	499	7.4	18	20 ± 0.02
Koğa (sağ)	37°46'13,89" N; 42°01'05,60" E	683	7.0	21	50 ± 0.04
Görendoruk	37°41'31,5" N; 42°18'09,65" E	1607	7.4	12	100 ± 0.06
Koğa (sol)	37°46'10,65" N; 42°01'07,32" E	681	7.2	21	50 ± 0.04
Çetinkol (Kever)	37°44'20,69" N; 42°09'36,21" E	1418	7.6	12	50 ± 0.04

Numunelerin her birinde bir termometre ve bir alan pH-metre kullanılarak ölçülen sıcaklıklar ve pH değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1'de görüldüğü gibi ölçülen tüm numuneler için sıcaklık aralığı 12 ° C ile 61 ° C arasında ve pH değerleri aralıkları 6,7 ile 7,7 arasında bulunmaktadır. Ardından, her bir şişede toplanan numune, 2.5 litre numune başına yaklaşık 5 mL konsantre nitrik asit ilave edilerek asitlendirilmiştir. Organik materyallerin toplanmasını, iyonların şişelerin duvarlarına çökmesini ve adsorpsiyonunu önlemek için numunelerin pH değerleri yerinde yaklaşık olarak 1,5'e düşürülmüştür (Damlave ark., 2009), (Atsor ve ark., 2005), (Korkmaz ve ark., 2011), (Zorer ve ark., 2009), (Damla ve ark., 2006), (Kpeglo ve ark., 2015), Laboratuvara alındıktan sonra, numuneler (20-100 mL kısımlar) yaklaşık 65 ° C'de IR lambası altında yavaşça yaklaşık 5 mL hacme kadar buharlaştırıldı. Ardından, her numune solüsyonu tamamen paslanmaz çelik bir planchette'ye aktarılmış ve katı daldırma oluşana kadar kızılötesi lamba altında kurutulup ve desikatöre alınmıştır. Doğru tartıldıktan sonra, gross  $\alpha$  ve gross  $\beta$  aktivite seviyelerinin ölçümü için (Jobbagy ve ark., 2011) doğrudan bir MPC 9604 çok dedektörlü  $\alpha$  /  $\beta$  sayım sistemi ile analiz yaptırılmıştır.

Termal sular 400 mL'lik beherlere konularak yaklaşık 65 ° C'de IR lambaları altında yavaşça buharlaştırıldı ve tüm numuneler tamamen çöktürüldü. Çöktürülen

numuneler preslenip ve doğru bir şekilde tartılıp doğrudan WD-X-Ray Flouresans spektrometresi ile element analizi yaptırılmıştır.

### 3.3. Kullanılan cihaz ve testler

Tüm kaplıca örneklerinin pH değerleri Hach Lange Sension 1 marka pH metre ile yapılmıştır.

Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ -N) için Hach Lange United For Water Quality Lck 341 Küvet Testi Uygulanmış ve Hach Lange Dr 2800 Spektrofotometre analizi yapılmıştır.

Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ -N) için için Hach Lange United For Water Quality Lck 339 Küvet Testi Uygulanmış ve Hach Lange Dr 2800 Spektrofotometre analizi yapılmıştır.

Amonyum ( $\text{NH}_4^+$ -N) için Hach Lange United For Water Quality Lck 303 Küvet Testi Uygulanmış ve Hach Lange Dr 2800 Spektrofotometre analizi yapılmıştır.

Toplam Azot, TNb için Hach Lange United For Water Quality Lck 238 Küvet Testi Uygulanmış ve Hach Lange Dr 2800 Spektrofotometre analizi yapılmıştır.

Toplam fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ -P) için Hach Lange United For Water Quality Lck 348 Küvet Testi Uygulanmış ve Hach Lange Dr 2800 Spektrofotometre analizi yapılmıştır.

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOD) için, Termoraktör Titrasyon Ekipmanları kullanılarak kapalı reflüks metodu titrasyon ile belirlenmiştir.

Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOD), hach bodtrakinkübatör( boı şişeleri) ile respirometrik metod kullanılarak tespit edilmiştir.

Kaplıca sedimentlerinin çözünürleştirilmesinde Berghof Speed wave marka mikrodalga kullanılmıştır.

Tüm su numunelerinde gross  $\alpha$  ve gross  $\beta$  aktivite seviyelerinin ölçülmesi, bir veya daha fazla MPC-9604 ünitesinden oluşan çok dedektörlü  $\alpha$  /  $\beta$  sayım sistemi (MDS) (Protean Instrument Corporation (PIC), ABD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her bir PIC-MPC-9604 ünitesi, dört tamamen bağımsız numune dedektörü, koruma dedektörleri ve harici radyasyonu hafifletmek için kullanılan kurşun kalkan içermektedir. Örnek detektörler ultra ince camla donatılmış gaz akışlı ultra ince pencere tipi sayaçlara sahiptir (Zore ve ark., 2009; Acar ve ark., 2013).

Sayım için, %10 metan ve %90 argondan oluşan bir gaz karışımı, 5 cm çaplı örnek çökeltisini içeren paslanmaz çelik kap ve boş bir kap kullanılmıştır. Dedektör üzerindeki çalışma voltajı 1515 V olarak seçilmiştir.

Elementlerin belirlenmesi için, 4 kW güç çıkışı ve 160 mA maksimum emisyon akımı olan bir SST-mAX X-Işın tüpü ile donatılmış bir PANalytical Advanced Axios Dalgaboyu Dağılımlı X-Işını Floresans (WDXRF) Spektrometresi kullanılmıştır (Acar ve ark., 2013).

### 3.4. Numunelerde gross $\alpha$ ve gross $\beta$ aktivite konsantrasyonlarının belirlenmesi

A /  $\beta$  sayma sistemi ile  $\alpha$  ve  $\beta$  enerjilerinin kalibrasyonları sırasıyla  $^{241}\text{Am}$  (913 Bq) ve  $^{90}\text{Sr}$  (931 Bq)'nin eşit konsantrasyonlarda standart numuneler kullanılarak sayımlar gerçekleştirilmiştir.

Her numunenin çökelmesinin sayma süresi, su numunelerinde doğal radyoaktivite seviyeleri düşük olduğundan dolayı gross  $\alpha$  ve gross  $\beta$  aktivite konsantrasyonlarının saptanması için 900 dakika olarak seçilmiştir.

Çürüme faktörü 1,00 olarak alınmıştır. Üç numune hazırlanmış ve her örnekleme bölgesi için sayılmıştır. Numune ve dedektör için backgroundun belirlenmesi için temiz ve boş bir planchette kullanıldı. Numuneler için background sayma süreleri 1900 ila 14600 dakika arasında seçilmiş ve sonuçlar Tablo 3.2'de verilmiştir.

Gross  $\alpha$  and  $\beta$  için, örneklerin gross  $\alpha$  ve  $\beta$  aktivite konsantrasyonları ( $A$  ( $\text{Bq L}^{-1}$ )), algılama alt sınırı (dakika başına parçalanma için LLD, dpm), minimum saptanabilir konsantrasyonlar (MDC)'ı aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır.

$$A (\text{Bq L}^{-1}) = \frac{NetA}{AD \cdot \varepsilon\% \cdot AF \cdot V \cdot 60} \quad (1)$$

$$LLD (\text{DPM}) = \frac{\frac{3}{T_S} + 3.29 \cdot \sqrt{\frac{R_B}{T_S} + \frac{R_B}{T_B}}}{AD \cdot \varepsilon\% \cdot AF} \quad (\text{Brodsky method}) \quad (2)$$

$$MDC (\text{Bq L}^{-1}) = \frac{LLD}{V \cdot 60} \quad (\text{Brodsky method}) \quad (3)$$

Burada,

$NetA$ : Örnek ve background arasındaki etkinlik farkı (sayım  $\text{dk}^{-1}$ )

*AD*: gross  $\alpha$  veya gross  $\beta$  için dedektörün sayım verimi ( $\epsilon\% = \%$  aktivite bölen)

*AF*: kalibrasyon zayıflama eğrilerinden çıkarılan örnekler için  $\alpha$  veya  $\beta$  veya  $\alpha'$ 'dan  $\beta'$ 'ya olan verim zayıflatma faktörü (Zayıflatma faktörü, analiz edilen numunenin kütlesi için kalibre edilmiş zayıflatma eğrisinden çıkarılan mutlak zayıflatma faktörünün ve verimlilik hesaplamasında kullanılan kaynak kütlesi için mutlak zayıflatma faktörünün bir oranıdır).

*V*: Örnek hacmi (L)

*T<sub>s</sub>* ve *T<sub>B</sub>*: Örnek ve background sayma süreleri (dk)

*R<sub>B</sub>*: Gross  $\alpha$  veya gross  $\beta$  için background sayma oranını ( $\text{dk}^{-1}$ ) (Acar ve ark., 2013)



## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Termal sularda Gross $\alpha$ and $\beta$ aktivite konsantrasyonları

AD,  $\epsilon\%$ , AF, LLD ve MDC,  $\alpha / \beta$  sayım sisteminden elde edilmiştir. Gross  $\alpha$  veya gross  $\beta$  için AD 1.00 alınmıştır. AD,  $\epsilon\%$ , AF, LLD ve MDC için bulunan değerler Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1.  $\alpha/\beta$  sayım sisteminden elde edilen değerler.

Numunenin alındığı bölgeler	Background Süre (dk)	$\alpha / \beta$	Verim ( $\epsilon\%$ )	AF	LLD (dpm)	MDC ( $Bq L^{-1}$ )
Hesta 1(Süleyman)	14800	$\alpha$	$16,7 \pm 0,2$	0,797	0,25	0,14
		$\alpha$ to $\beta$	$25,8 \pm 0,6$	1,036		
		$\beta$	$40,7 \pm 0,7$	1,000	0,24	0,14
Hesta 2 (Belkısana)	2100	$\alpha$	$16,7 \pm 0,2$	0,737	0,28	0,16
		$\alpha$ to $\beta$	$26,0 \pm 0,6$	1,048		
		$\beta$	$40,5 \pm 0,7$	0,993	0,30	0,17
Billoris 1	1900	$\alpha$	$16,2 \pm 0,2$	0,744	0,29	0,16
		$\alpha$ to $\beta$	$27,4 \pm 0,6$	1,046		
		$\beta$	$40,4 \pm 0,7$	0,994	0,29	0,16
Billoris 2 (Karşı mağara içi)	8900	$\alpha$	$16,9 \pm 0,2$	0,621	0,24	0,04
		$\alpha$ to $\beta$	$26,2 \pm 0,6$	1,075		
		$\beta$	$40,4 \pm 0,7$	0,978	0,19	0,03
Billoris 3 (Karşı)	13900	$\alpha$	$16,8 \pm 0,2$	0,859	0,21	0,14
		$\alpha$ to $\beta$	$26,8 \pm 0,6$	1,024		
		$\beta$	$40,6 \pm 0,7$	1,007	0,23	0,15
Bostancık (Şemsemira)	13300	$\alpha$	$17,2 \pm 0,2$	1,120	0,16	0,14
		$\alpha$ to $\beta$	$24,8 \pm 0,6$	0,982		
		$\beta$	$41,5 \pm 0,7$	1,030	0,21	0,18
Koga (Sağ)	14600	$\alpha$	$16,7 \pm 0,2$	0,812	0,25	0,08
		$\alpha$ to $\beta$	$25,8 \pm 0,6$	1,033		
		$\beta$	$40,7 \pm 0,7$	1,002	0,24	0,08
Memira (Gömrendoruk)	4400	$\alpha$	$16,9 \pm 0,2$	0,930	0,24	0,04
		$\alpha$ to $\beta$	$26,9 \pm 0,6$	1,011		
		$\beta$	$42,3 \pm 0,7$	1,014	0,18	0,03
Koga (Solt)	14000	$\alpha$	$16,8 \pm 0,2$	0,803	0,23	0,08
		$\alpha$ to $\beta$	$26,8 \pm 0,6$	1,034		
		$\beta$	$40,6 \pm 0,7$	1,001	0,23	0,08
Keve (Çetinkol)	13500	$\alpha$	$17,2 \pm 0,2$	1,009	0,18	0,06
		$\alpha$ to $\beta$	$24,8 \pm 0,6$	0,999		
		$\beta$	$41,5 \pm 0,7$	1,021	0,22	0,07



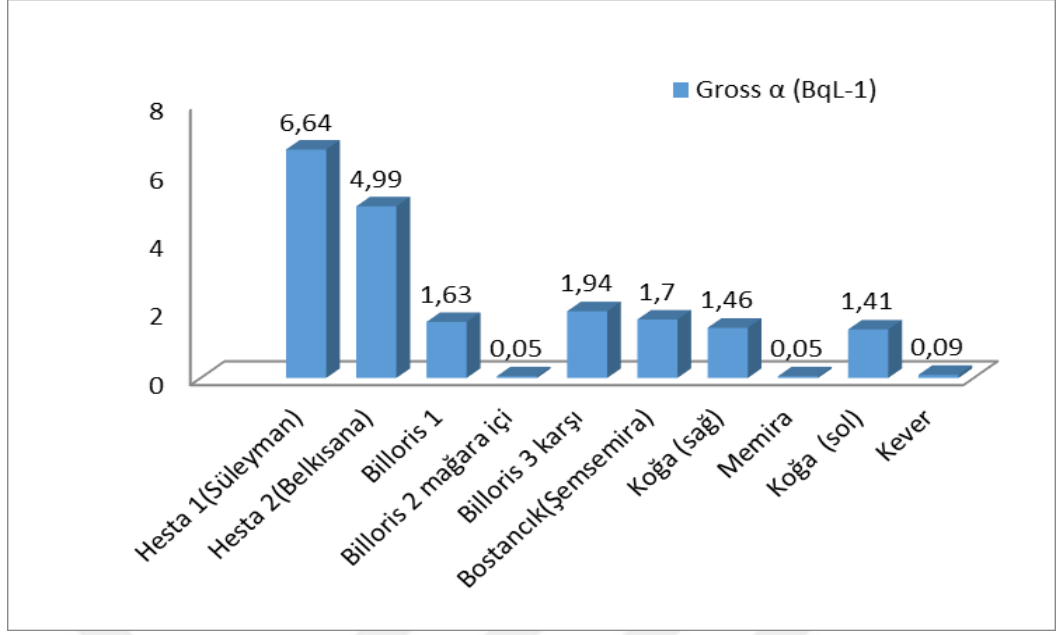
Aletsel parametrelerini (AD,  $\epsilon\%$ , AF ve background sayma zamanı, vb.) ve numune parametrelerini (numunenin hacmi veya artık kütle ve numune sayma zamanı) kullanarak, Siirt ve Şırnak bölgelerinden alınan kaplıcaların sularında bulunan gross  $\alpha$  ve gross  $\beta$  aktivite seviyeleri Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2. Kaplıca sularında bulunan gross  $\alpha$  ve gross  $\beta$  aktivite konsantrasyonlarının kaynak sularından elde edilen daha önceki bazı çalışmalarla karşılaştırılması

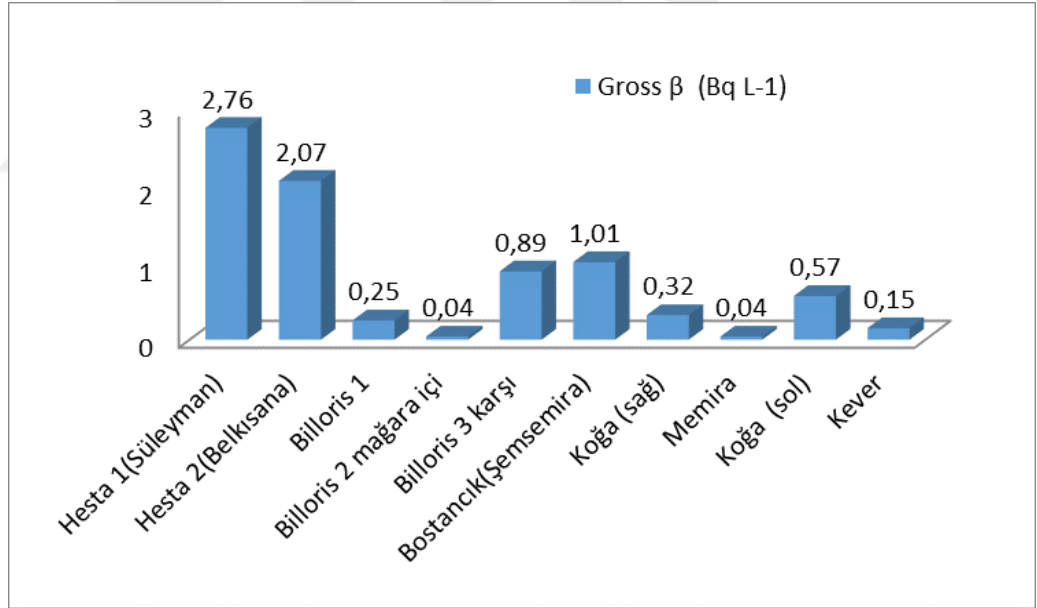
Location of sample	Gross $\alpha$ (BqL <sup>-1</sup> )	Gross $\beta$ (Bq L <sup>-1</sup> )	Reference No
Hesta 1(Süleyman)	5.64 $\pm$ 0.18	2.76 $\pm$ 0.09	Bu çalışma
Hesta 2(Belkısana)	4.99 $\pm$ 0.17	2.07 $\pm$ 0.08	Bu çalışma
Billoris 1	1.60 $\pm$ 0.10	0.86 $\pm$ 0.06	Bu çalışma
Billoris 2 (Karşı mağara içi)	0.05 $\pm$ 0.02	0.06 $\pm$ 0.01	Bu çalışma
Billoris 3 (karşı)	1.94 $\pm$ 0.11	0.89 $\pm$ 0.07	Bu çalışma
Bostancık(Şemsemira)	1.70 $\pm$ 0.10	1.01 $\pm$ 0.08	Bu çalışma
Koğa (sağ)	1.46 $\pm$ 0.07	0.32 $\pm$ 0.03	Bu çalışma
Memira (Gömrendoruk)	0.05 $\pm$ 0.01	0.06 $\pm$ 0.01	Bu çalışma
Koğa (sol)	1.41 $\pm$ 0.07	0.57 $\pm$ 0.03	Bu çalışma
Kever (Çetinkol)	0.09 $\pm$ 0.02	0.15 $\pm$ 0.02	Bu çalışma
Karakaya-Ayas	0.09 $\pm$ 0.02	0.25 $\pm$ 0.02	(Acar ve ark., 2013)
Imece-Ayas	2.28 $\pm$ 0.06	0.47 $\pm$ 0.02	(Acar ve ark., 2013)
Beypazarı	1.53 $\pm$ 0.11	1.43 $\pm$ 0.07	(Acar ve ark., 2013)
Haymana	2.58 $\pm$ 0.22	1.82 $\pm$ 0.12	(Acar ve ark., 2013)
Kizilcahamam	1.85 $\pm$ 0.13	2.61 $\pm$ 0.10	(Acar ve ark., 2013)
Thermal spring water, Batman	3.91	2.1	(Damla ve ark., 2009)
Spain	< 0.02 - 2.42	< 0.05 - 5.80	(Duenas ve ark., 1998)
Samsun	0.08	0.155	(Zorer ve ark., 2009)
Villela, Sao Paulo, Brazil	0.002-0.428	0.120-0.860	(Bonotto ve ark., 2009)
Saratoga, USA	< 0.04-31.0	0.11-18.9	(Kitto ve ark., 2005)
Emendre	0.37	0.390	(Topcuoglu ve ark., 2003)
Slovenia, spring and mineral waters	n.m.	0.033-4.758	(Jobbagy ve ark., 2011)
Balatonfüred	1.75 $\pm$ 0.11	2.02 $\pm$ 0.15	(Jobbagy ve ark., 2011)

<sup>a</sup> % 95 güven seviyesiyle (N=3),  $\bar{x} \pm \frac{ts}{\sqrt{N}}$ ; n.m.: Ölçülemedi.

Tablo 4.2'de verilen sonuçlar, her bir örnekleme alanından üç numunede bulunan gross  $\alpha$  ve gross  $\beta$  aktivite seviyelerinin sonuçlarıdır. Tablo 4.2'de incelendiğinde, gross  $\alpha$  aktivite düzeyi altı örnek için gross  $\beta$  aktivite seviyesinden daha yüksek olduğu görülmüştür.



Şekil 4.1. Kaplıcasularının MDS (ProteanInstrument Corporation, USA) MPC-9604 ile gross  $\alpha$  aktivite analizi sonucu bulunan (%) değerler



Şekil 4.2. Kaplıcasularının MDS (ProteanInstrument Corporation, USA) MPC-9604 ile Gross  $\beta$  aktivite analizi sonucu bulunan (%) değerler

Billoris 2 ve Görendoruk (Memira) bölgesinden alınan sulara en düşük gross  $\alpha$  ve gross  $\beta$  aktivite seviyeleri belirlenirken en yüksek gross  $\alpha$  ve gross  $\beta$  aktivite seviyeleri Hesta 1 bölgesinden elde edilmiştir.

Bu sularda bulunan gross  $\alpha$  ve gross  $\beta$  aktivite konsantrasyonları, Türk standartlarının (TS 266, 2005), UEPA'nın (USEPA, 2011) ve WHO'nun (WHO, 2011) içme suyu, kuyu ve nehirlerden içme suyu kalitesi için kılavuzlarının izin verilen maksimum değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 4.2 incelendiğinde, örnek çözeltilerindeki gross  $\alpha$  ve gross  $\beta$  aktivite seviyeleri sırasıyla gross  $\alpha$  için 0.05 ila 5.64 Bq L<sup>-1</sup> ve gross  $\beta$  için 0.06 ila 2.76 Bq L<sup>-1</sup> arasında olduğu görülmüştür.

Örneklere bulunan gross  $\alpha$  ve büyük miktarda gross  $\beta$  aktivite konsantrasyonlarının bazıları, WHO, EPA ve Türk standartlarına (TS 9130, Dogal mineralli su- Natural mineral water, Turkish Standard, Ankara, 2010.) göre izin verilen değerlerin altında bulunmaktadır.

Örneklere bulunan gross  $\alpha$  ve gross  $\beta$  aktivite seviyeleri, daha önceki çalışmalarda verilen sonuçlar ile karşılaştırılmış ve sonuçlar Tablo 4.2'de sunulmuştur.

Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Tablo 4.2 incelendiğinde, Hesta 1 (5,64 Bq L<sup>-1</sup>) ve Hesta 2 (4,99 Bq L<sup>-1</sup>) termal sularında bulunan gross  $\alpha$  konsantrasyonları, Icmece – Ayaş (Acar, vd 2013)., Haymana (Acar, vd 2013)., Batman (Damla, vd 2009) gibi önceki çalışmalara göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Hesta 1 (2.76 Bq L<sup>-1</sup>) termal suyunda bulunan gross  $\beta$  aktivite konsantrasyonu, Tablo 3'te verilen önceki çalışmalara göre daha yüksektir, ancak Hesta 2 (2.07 Bq L<sup>-1</sup>) termal suyunda bulunan gross  $\beta$  aktivite konsantrasyonu, Kızılcahamam (Acar ve ark., 2013), Batman (Damla ve ark., 2009) ve Balatonfüred (Jobbagy ve ark., 2011) suları ile örtüştüğü görülmüştür.

Tablo 4.2'de görüldüğü gibi, Billoris 1, Billoris 3, Bostancık, Koga (sağ) ve Koga (sol) örneklerinde bulunan gross  $\alpha$  aktivite konsantrasyonlarının (1,41-1,94 Bq L<sup>-1</sup>) aralığı, termal sular (Icmece-Ayas, Beypazarı, Haymana ve Kızılcahamam), (Acar ve ark., 2013)., Batman (Damla ve ark., 2009), İspanya (Duenas ve ark., 1998), Saragota USA (Kitto ve ark., 2005) ve Balatonfüred (Jobbagy ve ark., 2011) suları ile uyduğu görülmüştür. Billoris 2'de (0.05 Bq L<sup>-1</sup>) ve Memira'da (0.05 Bq L<sup>-1</sup>) bulunan gross  $\alpha$  aktivite konsantrasyonları, Tablo 4.2'de verilen önceki sonuçların çoğundan daha düşüktür ve WHO, EPA ve Türk standartları (TS 9130, 2010) tarafından izin verilen değerlerden daha düşük olduğu gözlenmiştir.

Billoris 1, Billoris 3, Bostancık, Koga (sağ), Koga (sol) ve Keve su örneklerinde bulunan gross  $\beta$  aktivite konsantrasyonları aralığı (0,15 - 1,01 Bq L<sup>-1</sup>), termal sularla

(Karakaya-Ayaş, İçmece Ayas, Beypazarı, Haymana ve Kızılcahamam) (Acar ve ark., 2007), Batman (Damla ve ark., 2009); Spain (Duenas ve ark., 1998); Samsun (Zorer ve ark., 2009) (Bonotto ve ark., 2009), Saratoga, USA (Kitto ve ark., 2005); Emendre (Topcuoglu ve ark., 2003); Balatonfüred (Jobbagy ve ark., 2011), içme sularıyla ve Slovenya'daki (Jobbagy ve ark., 2011) maden suları termal sularda verilen sonuçlarla ve WHO, EPA ve Türk standartları (TS 9130, 2010) tarafından izin verilen değerlerle uyumlu olduğu gözlemlenmiştir.

Billoris 2'de (0.06 Bq L<sup>-1</sup>) ve Memira'da (0.06 Bq L<sup>-1</sup>) bulunan gross  $\beta$  aktivite konsantrasyonları, Tablo 4.2'de verilen önceki sonuçların çoğundan ve WHO, EPA ve Türk standartları (TS 9130, 2010) tarafından izin verilen değerlerden daha düşüktür.

(2) ve (3) eşitliğinde verilen denklemler kullanılarak LLD ve MDC değerleri bulunmuş ve değerleri Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1 incelendiğinde, LLD ve MDC aralıkları sırasıyla gross  $\alpha$  için 0,16-0,28 dpm ve 0,18-0,30 dpm, gross  $\beta$  için 0,04-0,16 Bq L<sup>-1</sup> ve 0,03-0,18 Bq L<sup>-1</sup> bulunmuştur.

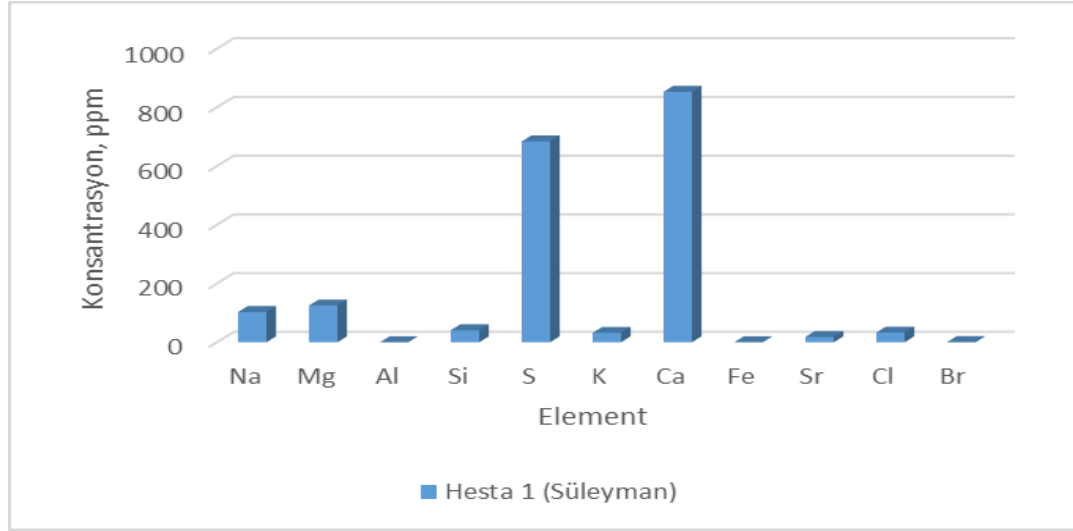
Numunelerde bulunan MDC değerleri içme sularında verilen sonuçlar (brüt  $\alpha$  için 0.03 Bq L<sup>-1</sup> ve brüt  $\beta$  için 0.04 Bq L<sup>-1</sup>) (Palomo ve ark.,2007) ile deniz suyunda bulunan sonuçlar (0.13 Bq L<sup>-1</sup> brüt  $\alpha$  ve 1.30 Bq için L<sup>-1</sup>for gros  $\beta$ ) ( Zapata ve ark., 2007) ile uyumlu olduğu görülmüştür.

#### **4.2. Dalga boyu dağılımı X-Ray Floresans (DWXRF) sonucu bulunan değerler**

Kaplıca suyundan 1500 mL alınıp °C'de buharlaştırdıktan sonra geriye kalan madde DWXRF analizine tabi tutulmuştur. Analiz sonucu elde edilen değerler Tablo 4,3'te verilmiştir.

#### 4.2.1. Hesta-1 (Süleyman) kaplıcası

Hesta-1 (Süleyman Kaplıcası) 1500 mL alınıp °C’de buharlaştırıldıktan sonra yaklaşık 5,143 g madde alınıp Dalga Boyu X-Ray Floresans analizine tabi tutulmuştur. Analiz sonucu % olarak Tablo 4,3’te ve Şekil 4.3’de verilmiştir.



Şekil 4.3. Hesta 1 (Süleyman) Kaplıcası suyunun kalıntısının Dalga boyu dağılımı X-Ray Floresans (DWXRF) analizi sonucu bulunan değerler

Tablo 4.3. Yeraltı sularında belirlenen madde konsantrasyonları ve diğer parametreler (mg L<sup>-1</sup>)<sup>a</sup>

Element	Hesta 1 (Süleyman)	Hesta 2 (Belkisana)	Billoris 1	Billoris 2 (Mağara içi)	Billoris 3 (Karşı)	Bostancık (Şemsemira)	Koğa (left)	Memira (Görendoruk)	Koğa (right)	Keve (Çetinkol)
Na	103 ± 4	142 ± 8	197 ± 12	19 ± 1	216 ± 11	203 ± 9	134 ± 7	1108 ± 42	63 ± 3	87 ± 4
Mg	125 ± 7	215 ± 11	183 ± 9	30 ± 2	200 ± 8	308 ± 13	100 ± 4	69 ± 4	99 ± 4	164 ± 7
Al	n,d,	n,d,	n,d,	n,d,	0,96 ± 0,04	0,92 ± 0,04	0,48 ± 0,02	n,d,	0,31 ± 0,02	n,d,
Si	41 ± 3	68 ± 6	30 ± 2	6,3 ± 0,3	33 ± 2	39 ± 2	34 ± 1	5,1 ± 0,2	18 ± 1	21 ± 1
S	684 ± 28	745 ± 30	567 ± 29	113 ± 8	569 ± 19	492 ± 20	224 ± 10	62 ± 2	292 ± 14	101 ± 5
K	32 ± 2	49 ± 4	40 ± 3	9,6 ± 0,5	39 ± 2	69 ± 3	20 ± 1	45 ± 3	21 ± 1	12 ± 1
Ca	853 ± 35	904 ± 46	983 ± 44	249 ± 16	979 ± 38	945 ± 36	374 ± 16	341 ± 14	437 ± 19	232 ± 10
Fe	0,41 ± 0,02	n,d,	0,51 ± 0,02	n,d,	0,36 ± 0,01	0,91 ± 0,04	0,20 ± 0,01	1,83 ± 0,06	0,39 ± 0,01	0,64 ± 0,02
Sr	18 ± 1	19 ± 1	21 ± 1	3,1 ± 0,2	19 ± 1	18 ± 0,9	7,3 ± 0,2	0,9 ± 0,1	8,2 ± 0,3	22 ± 1
Cl	33 ± 2	50 ± 4	135 ± 6	4,2 ± 0,3	142 ± 6	172 ± 7	44 ± 2	2218 ± 95	9,9 ± 0,4	26 ± 1
Br	0,55 ± 0,03	0,55 ± 0,03	1,05 ± 0,04	n,d,	1,33 ± 0,05	0,96 ± 0,03	0,58 ± 0,02	n,d,	0,28 ± 0,01	0,42 ± 0,02

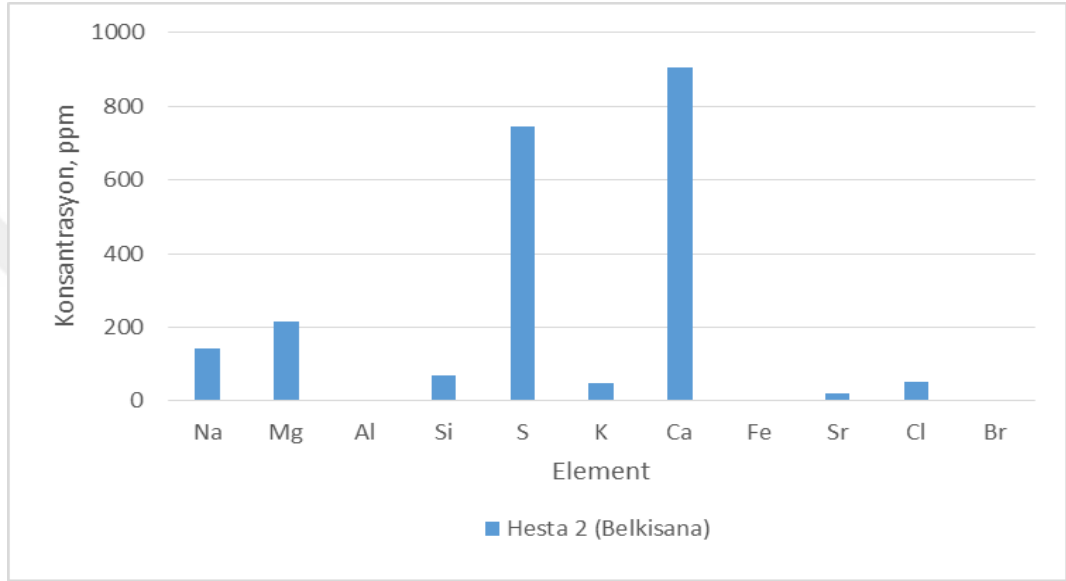
<sup>a</sup> % 95 güven seviyesiyle üç tekrarlama ölçümünün ortalaması,  $\bar{X} \pm \frac{t.s}{\sqrt{N}}$  n. d.: Tespit edilemedi. Billoris : 0,17 ppm Mn; Billoris 2: 0,14 ppm Cr, 0,03 ppm Ni., 0,05 ppm Cu, 0,04 ppm Zn ve 0,03 ppm U; Koğa (sol): 0,03 ppm Rb;

Koğa (Sağ): 0,05 ppm P; Görendoruk (Memira): 0,19 ppm Cr, 0,04 ppm Ni, 0,01 ppm Zn tespit edilmiştir.

.

#### 4.2.2. Hesta-2 (Belkısana) kaplıcası

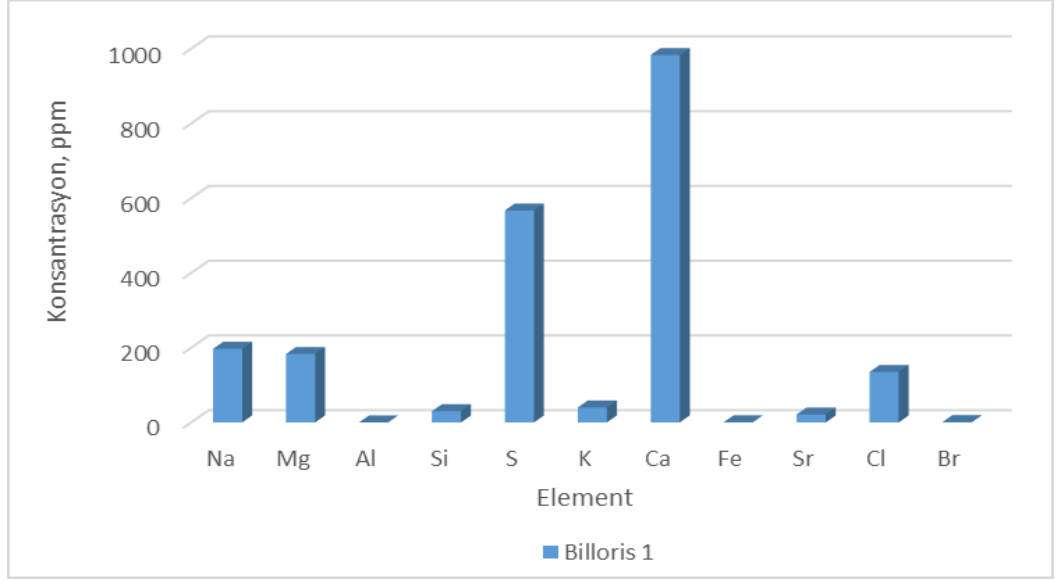
Hesta-2 (Belkısana) Kaplıcası 1500 mL alınıp °C’de buharlaştırdıktan sonra yaklaşık 5,924 g madde alınıp Dalga boyu dağılımı X-Ray Floresans (DWXRF) analizine tabi tutulmuştur. Analiz sonucu % olarak Tablo 4.3’te ve Şekil 4.4’te verilmiştir.



Şekil 4.4. Hesta-2 (Belkısana) Kaplıcası suyunun kalıntısının Dalga boyu dağılımı X-Ray Floresans (DWXRF) analizi sonucu bulunan değerler

#### 4.2.3. Billoris-1 kaplıcası

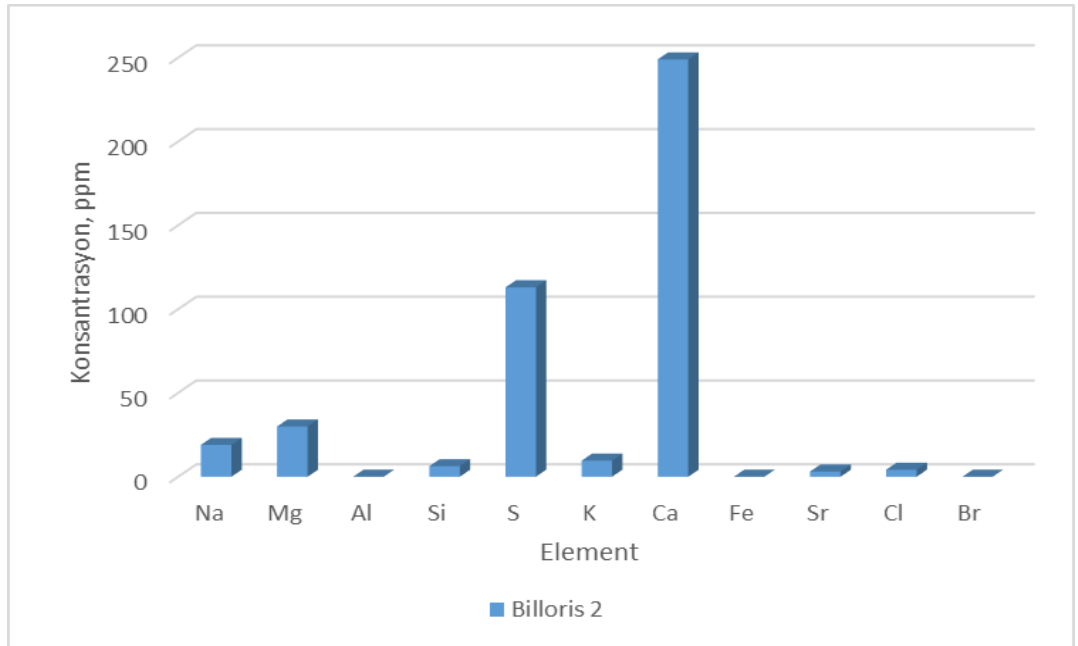
Billoris (Eruh Yolu üzerindeki) Kaplıcası 1500 mL alınıp °C’de buharlaştırdıktan sonra yaklaşık 5,454 g madde alınıp DWXRF analizine tabi tutulmuştur. Analiz sonucu % olarak Tablo 4.3’te ve Şekil 4.5’te verilmiştir.



Şekil 4.5. Billoris-1 Kaplıcası suyunun kalıntısının Dalga boyu dağılımı X-Ray Floresans (DWXRF) analizi sonucu bulunan değerler

#### 4.2.4. Billoris-2 (karşı mağara içi) kaplıcası

Billoris-2 (Karşı Mağara İçi) Kaplıcası 1500 mL alınıp 70 °C'de buharlaştırdıktan sonra yaklaşık 5,454 g madde alınıp DWXRF analizine tabi tutulmuştur. Analiz sonucu % olarak Tablo 4.3'te ve Şekil 4.6'da verilmiştir.

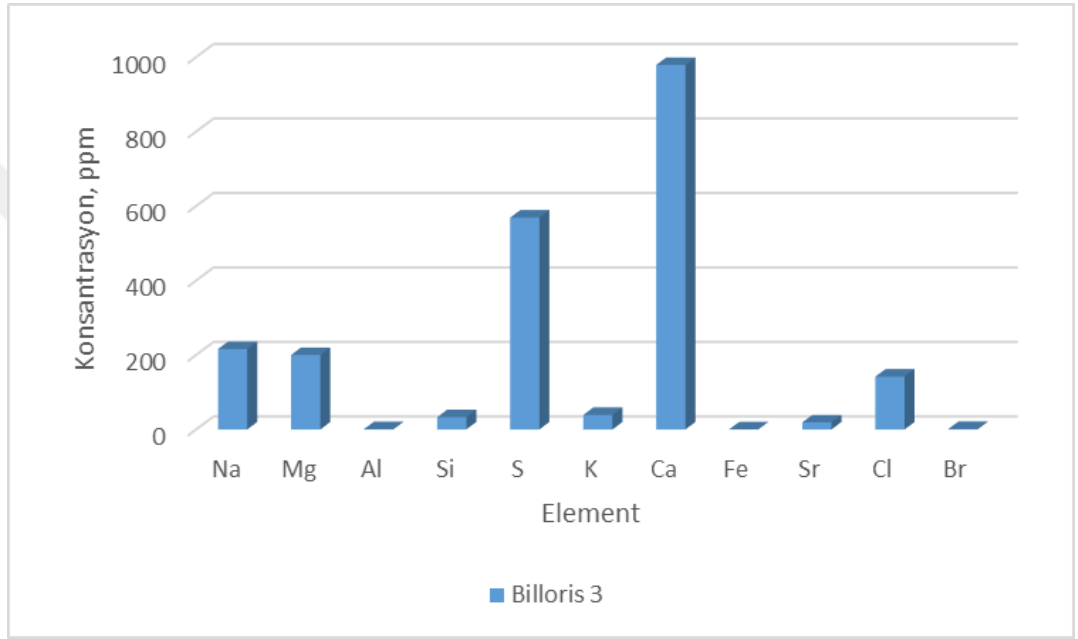


Şekil 4.6. Billoris-1 Kaplıcası suyunun kalıntısının Dalga boyu dağılımı X-Ray Floresans (DWXRF) analizi sonucu bulunan değerler



#### 4.2.5. Billoris-3 (karşı) kaplıcası

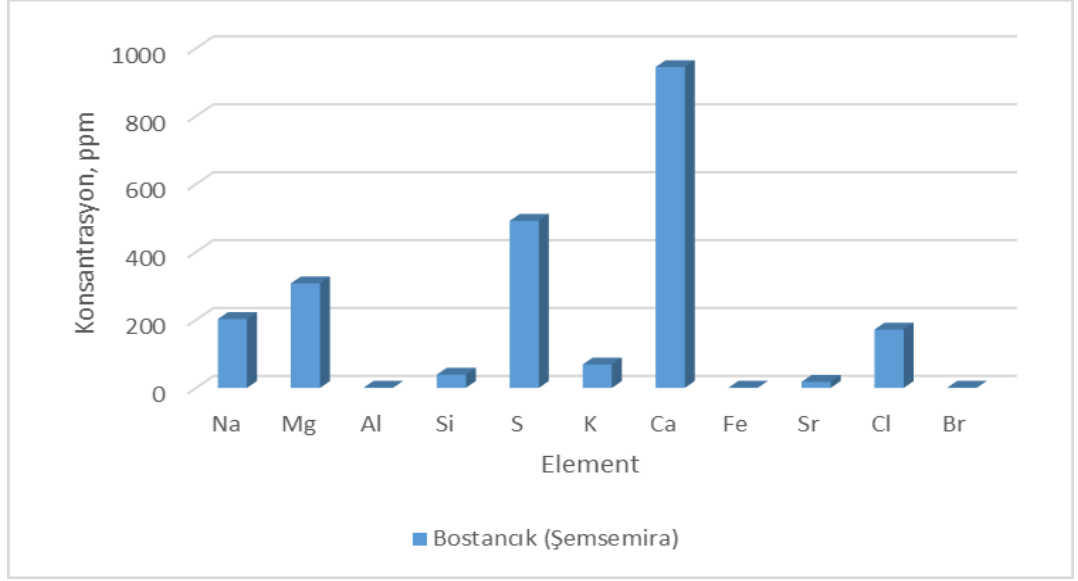
Billoris-3 (Karşı) Kaplıcası 1500 mL alınıp 70 °C’de buharlaştırdıktan sonra yaklaşık 5,5475 g madde alınıp Dalga boyu dağılımı X-Ray Floresans (DWXRF) analizine tabi tutulmuştur. Analiz sonucu % olarak Tablo 4.3’te ve Şekil 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.7. Billoris-3 (Karşı) Kaplıcası suyunun kalıntısının Dalga boyu dağılımı X-Ray Floresans (DWXRF) analizi sonucu bulunan değerler

#### 4.2.6. Bostancık (Şemsemira) kaplıcası

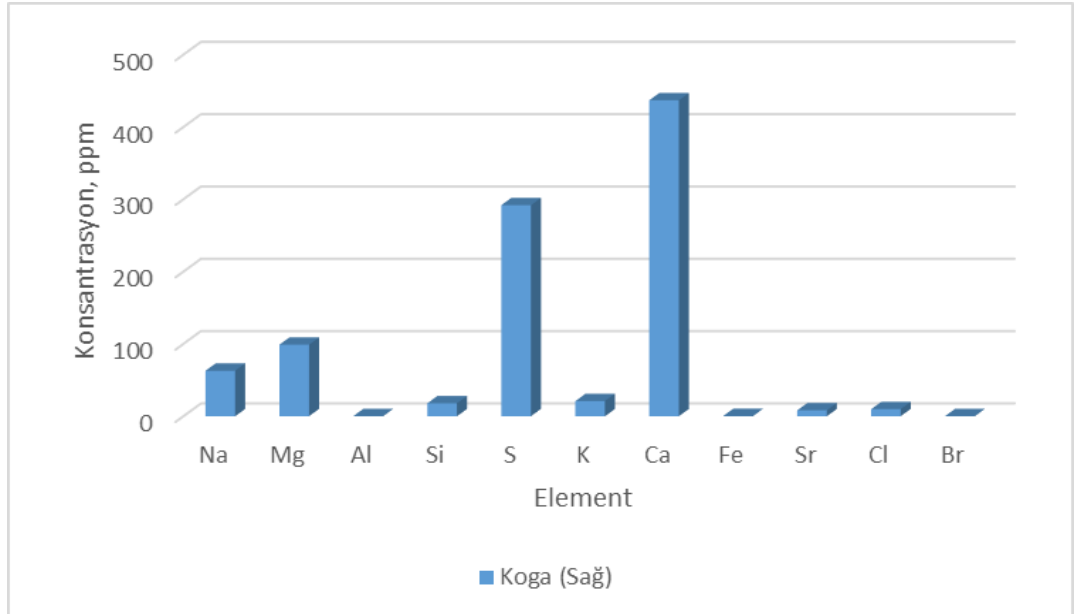
Bostancık (Şemsemira) Kaplıcası 1500 mL alınıp 70 °C’de buharlaştırdıktan sonra yaklaşık 5,5475 g madde alınıp Dalga boyu dağılımı X-Ray Floresans (DWXRF) analizine tabi tutulmuştur. Analiz sonucu % olarak Tablo 4.3’te ve Şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.8. Bostancık (Şemsemira) Kaplıcası suyunun kalıntısının Dalga boyu dağılımı X-Ray Floresans (DWXRF) analizi sonucu bulunan değerler

#### 4.2.7. Koğa (sağ) kaplıcası

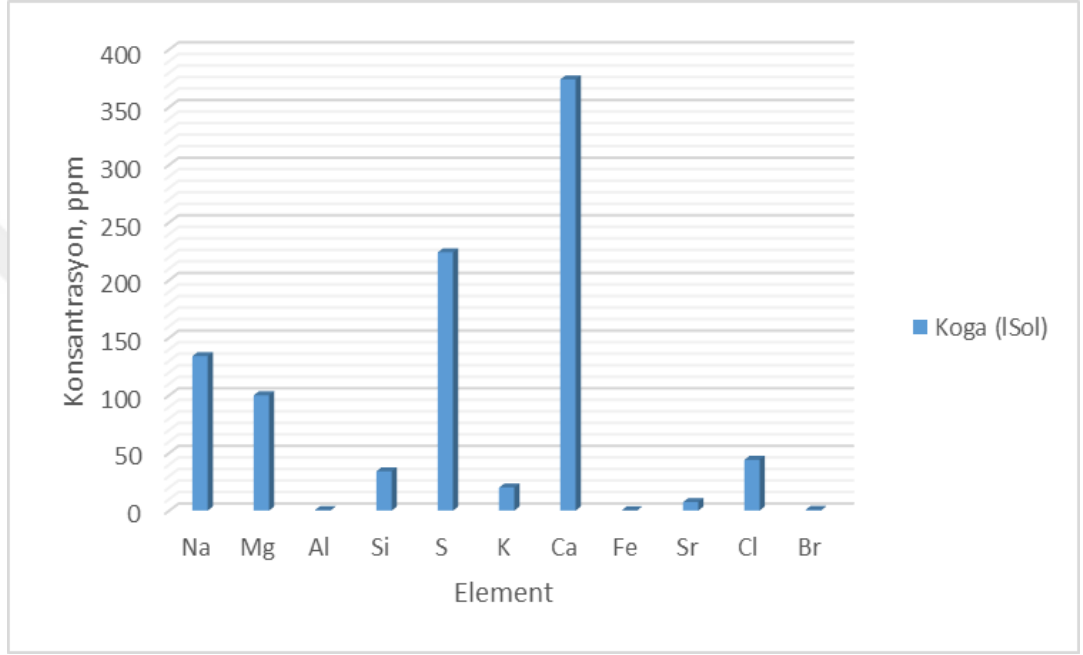
Çırpılı Kuğa Mezrası Koğa (sağ) Kaplıcası suyundan 1500 mL alınıp 70 °C'de buharlaştırdıktan sonra yaklaşık 2,3690 g madde alınıp Dalga boyu dağılımı X-Ray Floresans (DWXRF) analizine tabi tutulmuştur. Analiz sonucu % olarak Tablo 4.3'te ve Şekil 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.9. Koğa (sağ) Kaplıcası suyunun kalıntısının Dalga boyu dağılımı X-Ray Floresans (DWXRF) analizi sonucu bulunan değerler

#### 4.2.8. Koğa (sol) kaplıcası

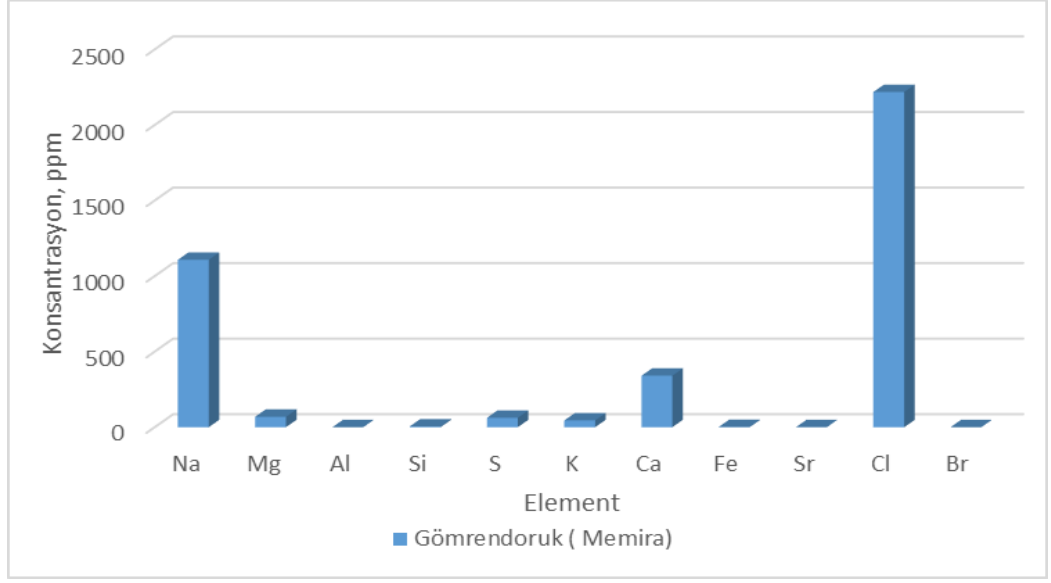
Koğa (sol) Kaplıcası 1500 mL alınıp 70 oC’de buharlaştırdıktan sonra yaklaşık 3,3190 g madde alınıp Dalga boyu dağılımı X-Ray Floresans (DWXRF) analizine tabi tutulmuştur. Analiz sonucu % olarak Tablo 4.3’te ve Şekil 4.10’da verilmiştir.



Şekil 4.10. Koğa (sol) Kaplıcası suyunun kalıntısının Dalga boyu dağılımı X-Ray Floresans (DWXRF) analizi sonucu bulunan değerler

#### 4.2.9. Görendoruk (Memira) kaplıcası

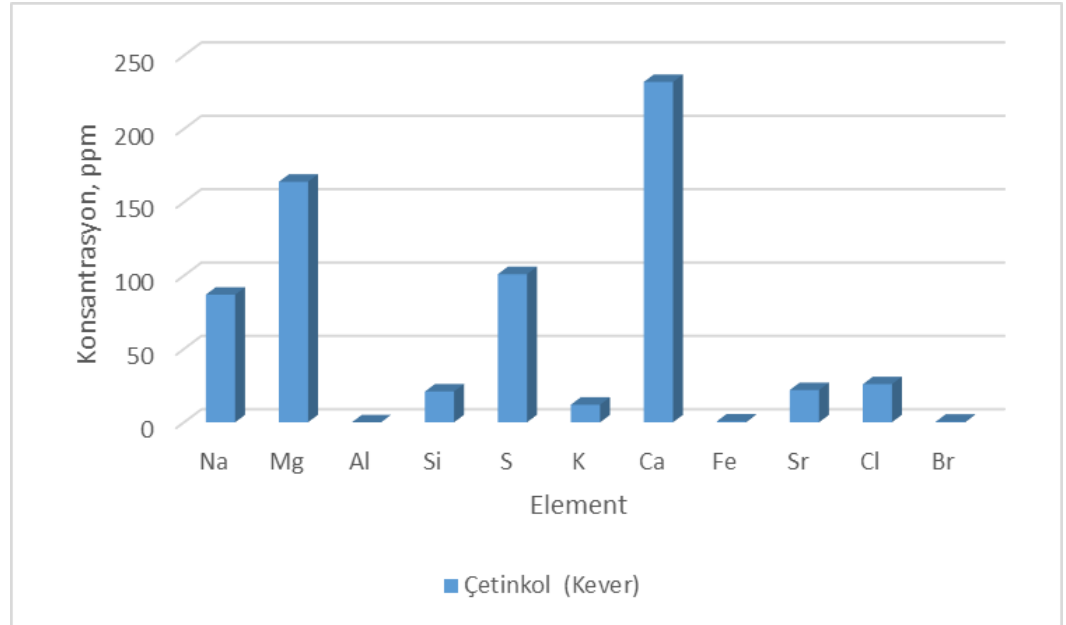
Görendoruk (Memira) Kaplıcası 1500 mL alınıp 70 °C’de buharlaştırdıktan sonra yaklaşık 6,1442 g madde alınıp Dalga boyu dağılımı X-Ray Floresans (DWXRF) analizine tabi tutulmuştur. Analiz sonucu % olarak Tablo 4.3’te ve Şekil 4.11’de verilmiştir.



Şekil 4.11. Gömrendoruk (Memira) Kaplıcası suyunun kalıntısının Dalga boyu dağılımı X-Ray Floresans (DWXRF) analizi sonucu bulunan değerler

#### 4.2.10. Çetinkol (Kever) kaplıcası

Çetinkol (Kever) Kaplıcası 1500 mL alınıp 70 oC’de buharlaştırdıktan sonra yaklaşık 1,4710 g madde alınıp Dalga boyu dağılımı X-Ray Floresans (DWXRF) analizine tabi tutulmuştur. Analiz sonucu % olarak Tablo 4.3’te ve Şekil 4.12’de verilmiştir.



Şekil 4.12. Çetinkol (Kever) Kaplıcası suyunun kalıntısının Dalga boyu dağılımı X-Ray Floresans (DWXRF) analizi sonucu bulunan değerler

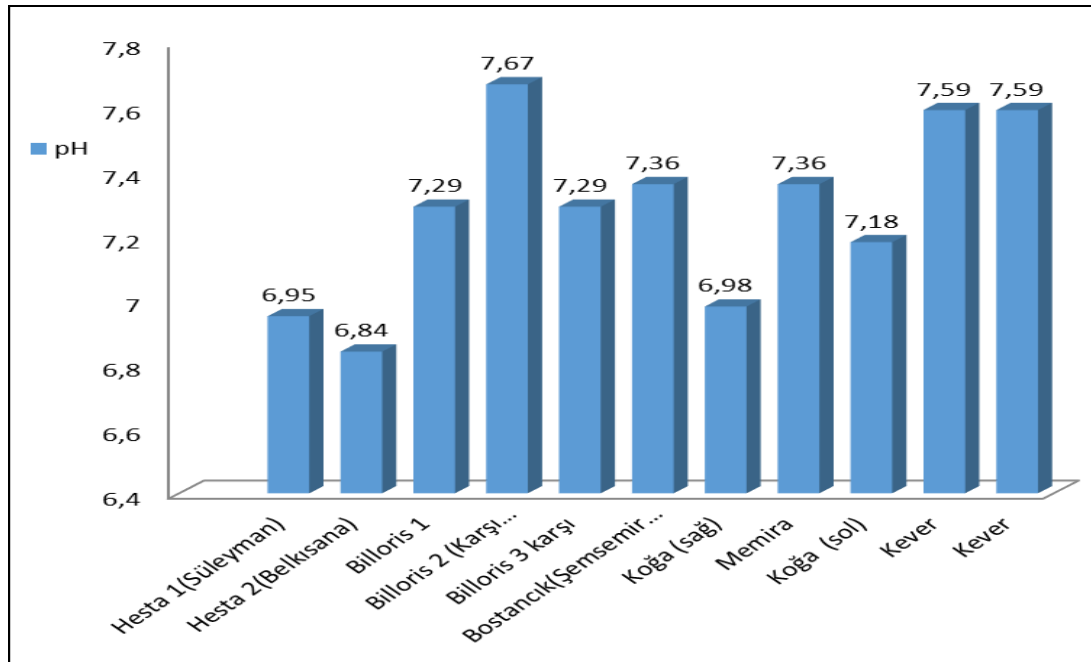
### 4.3. Kaplıca sularına uygulanan diğer test sonuçları

Kaplıca suları laboratuvar getirildikten sonra laboratuvarında sıcaklık, pH, nitrit, nitrat, KOI, BOI, amonyum, toplam fosfat ve toplam azot değerleri değişik testler uygulanmıştır. Elde edilen değerler Tablo 4.4'te verilmiştir.

**Tablo 4.4.** Kaplıca sularının laboratuvar ortamında bulunan sıcaklık, pH, nitrit, nitrat, KOI, BOI, amonyum, toplam fosfat ve toplam azot değerleri

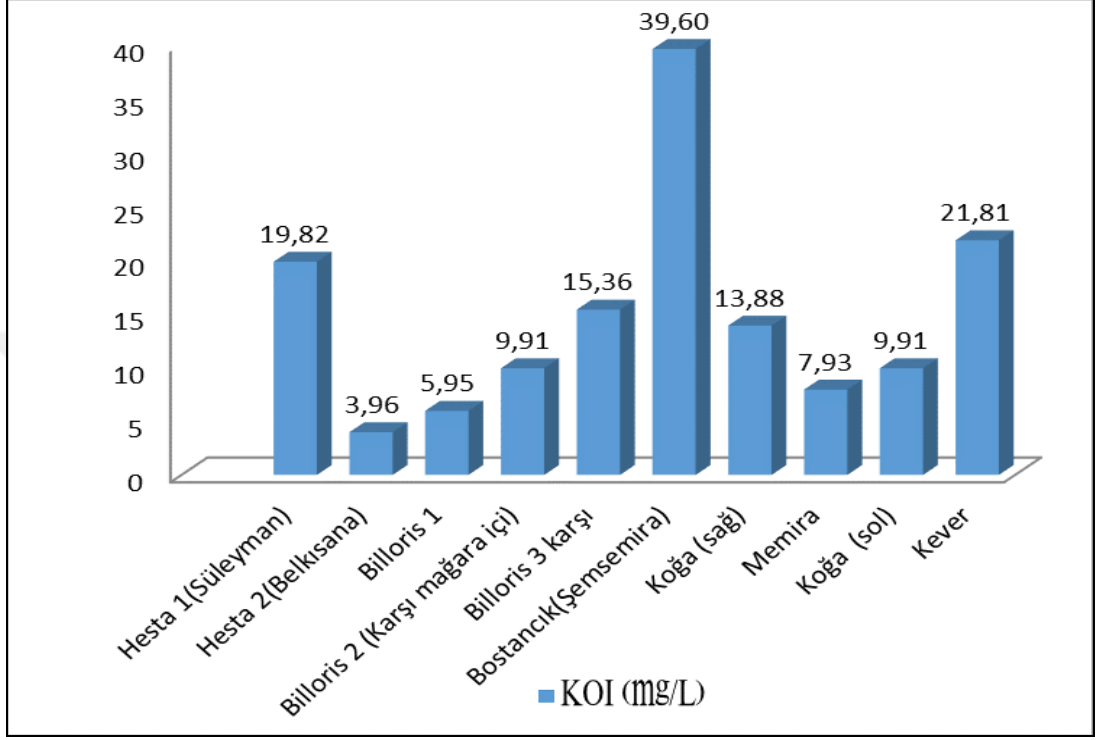
Parametreler	Hesta 1 (Süleyman)	Hesta2 (Belkısana)	Billoris 1	Billoris 2 Karşı mağara içi	Billoris 3 karşı	Bostancık (Şemsemira)	Koğa (sağ)	Memira	Koğa (sol)	Kever (Çetinkol)
pH	6,95	6,84	7,29	7,67	7,29	7,36	6,98	7,36	7,18	7,59
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
KOI	19,82	3,96	5,95	9,91	15,36	39,60	13,88	7,93	9,91	21,81
BOI	8,70	1,20	1,60	3,30	7,10	18,90	4,50	3,10	3,80	9,60
Nitrit	0,01	0,04	0,01	0,01	1,11	0,04	0,01	0,21	0,05	0,01
Nitrat	1,65	1,32	2,09	3,76	0,44	0,44	0,02	3,29	0,03	0,08
Amonyum	0,45	0,08	0,11	0,18	0,57	13,26	0,56	0,14	0,68	0,18
Toplam Fosfat	0,13	0,18	0,13	0,21	0,18	0,22	0,10	0,14	0,37	0,13
Toplam Azot(TNb)	2,48	2,78	2,48	3,52	3,63	11,60	3,50	2,29	2,48	1,84

Tüm kaplıca örneklerinin pH değerleri Hach Lange Sension 1 marka pH metre ile yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.4 ve Şekil 4.13'te verilmiştir.



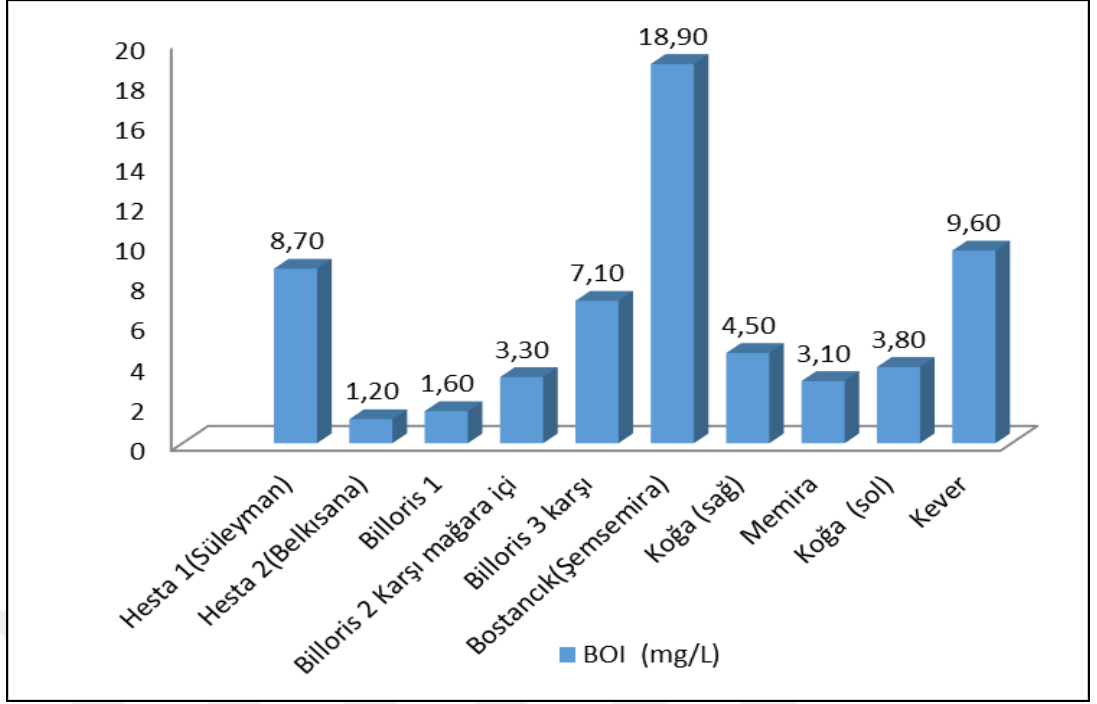
**Şekil 4.13.** Kaplıca sularının ölçülen pH değerleri

Kimyasal oksijen ihtiyacı (COD) için, termoraktör titrasyon ekipmanları kullanılarak kapalı reflüks metodu titrasyon ile belirlenmiştir. Elde edilen değerler Tablo 4.4 ve Şekil 4.14'te verilmiştir.



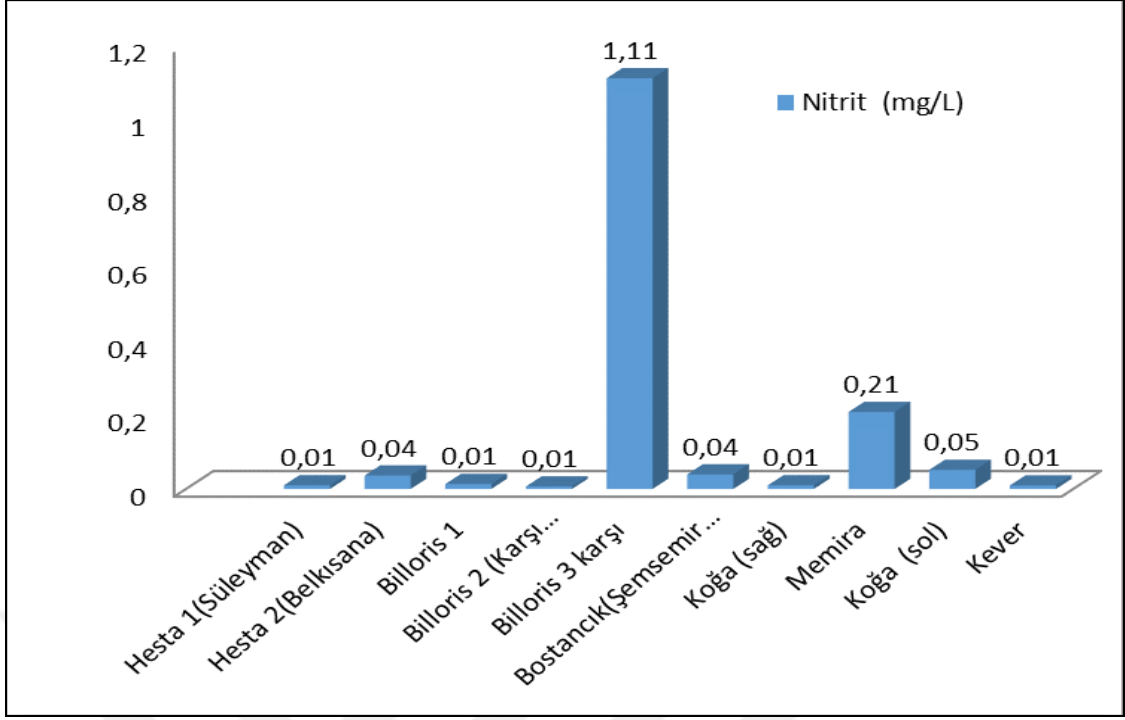
Şekil 4.14. Kaplıca sularının ölçülen Kimyasal oksijen ihtiyacı (COD) değerleri

Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOD), hach bodtrakinkübatör (BOD şişeleri) ile respirometrik metod kullanılarak tespit edilmiştir. Elde edilen değerler Tablo 4.4 ve Şekil 4.15'te verilmiştir.



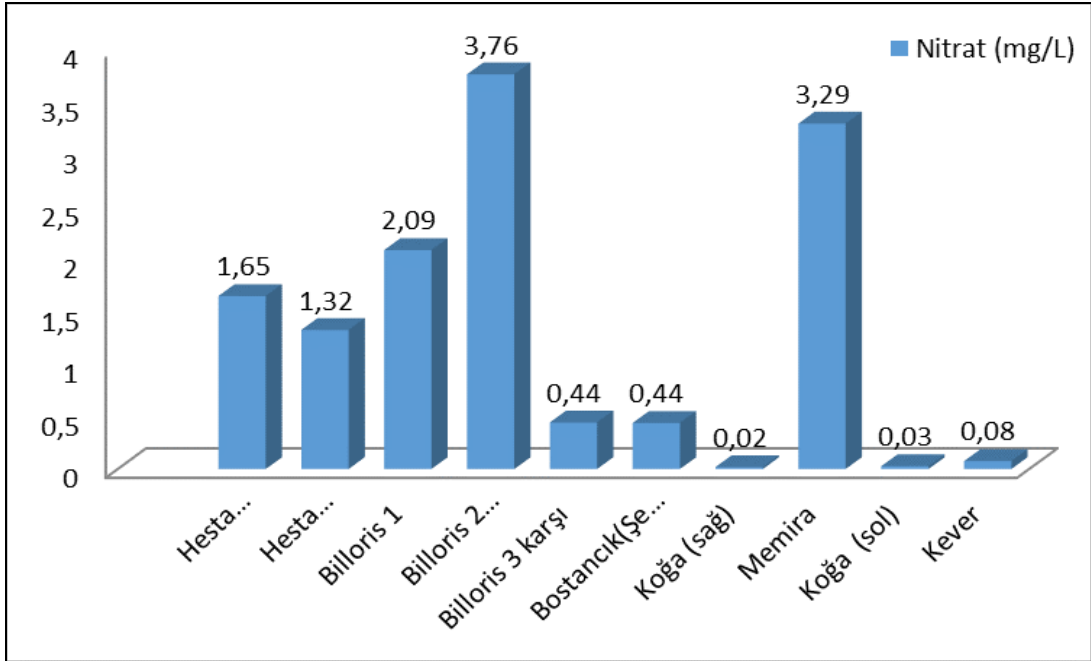
Şekil 4.15. Kaplıca sularının ölçülen Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOD)değerleri

Nitrit ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) için Hach Lange United For Water Quality Lck 341 Kuvvet testi uygulanmış ve Hach Lange Dr 2800 Spektrofotometre analizi yapılmıştır. Elde edilen değerler Tablo 4.4 ve Şekil 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.16. Kaplıca sularının ölçülen nitrit değerleri

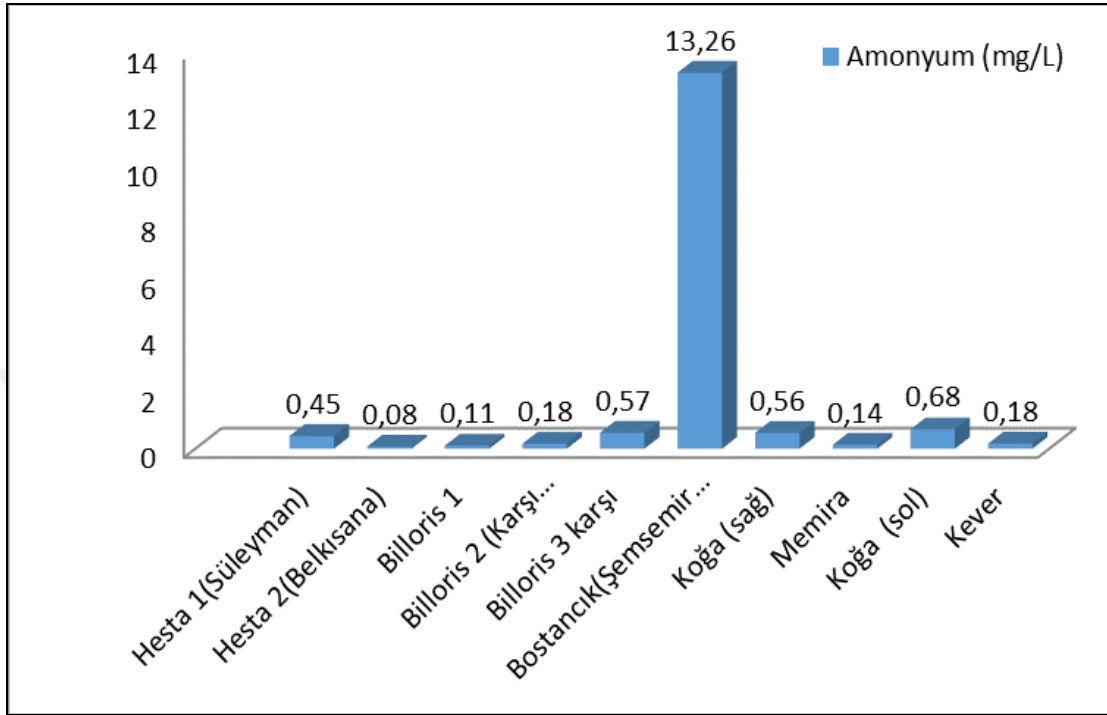
Nitrat ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) için için Hach Lange United For Water Quality Lck 339 Küvet Testi Uygulanmış ve Hach Lange Dr 2800 Spektrofotometre analizi yapılmıştır. Elde edilen değerler Tablo 4.4 ve Şekil 4.17’de verilmiştir.



Şekil 4.17. Kaplıca sularının ölçülen nitrat değerleri

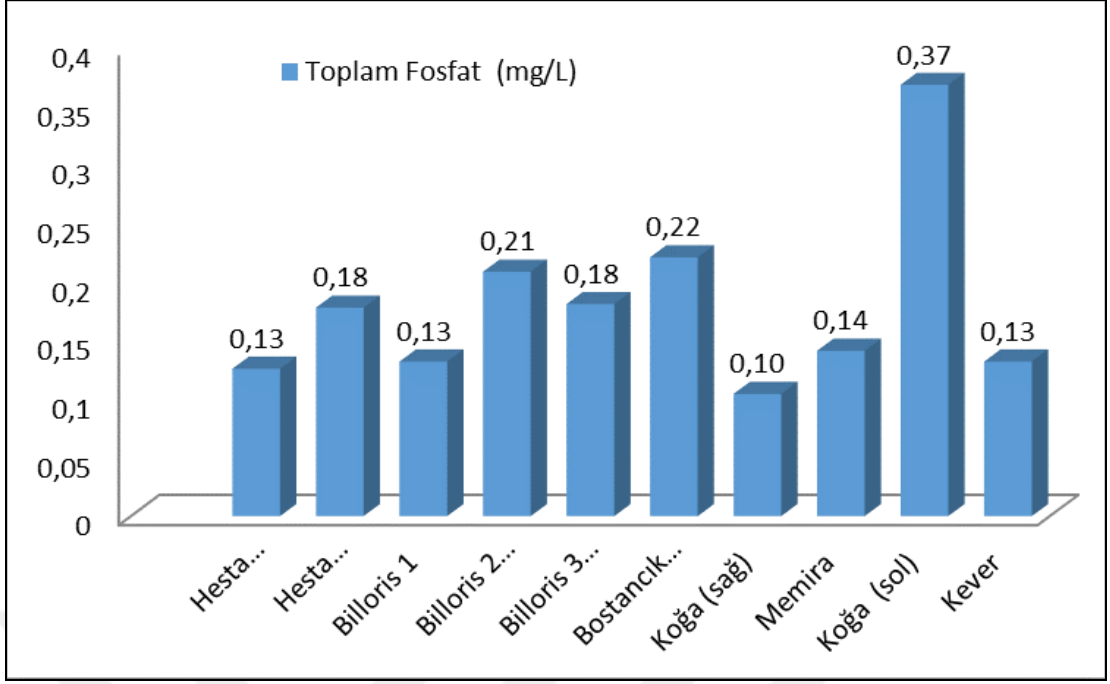


Amonyum ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) için Hach Lange United For Water Quality Lck 303 Küvet Testi Uygulanmış ve Hach Lange Dr 2800 Spektrofotometre analizi yapılmıştır. Elde edilen değerler Tablo 4.4 ve Şekil 4.18’de verilmiştir.



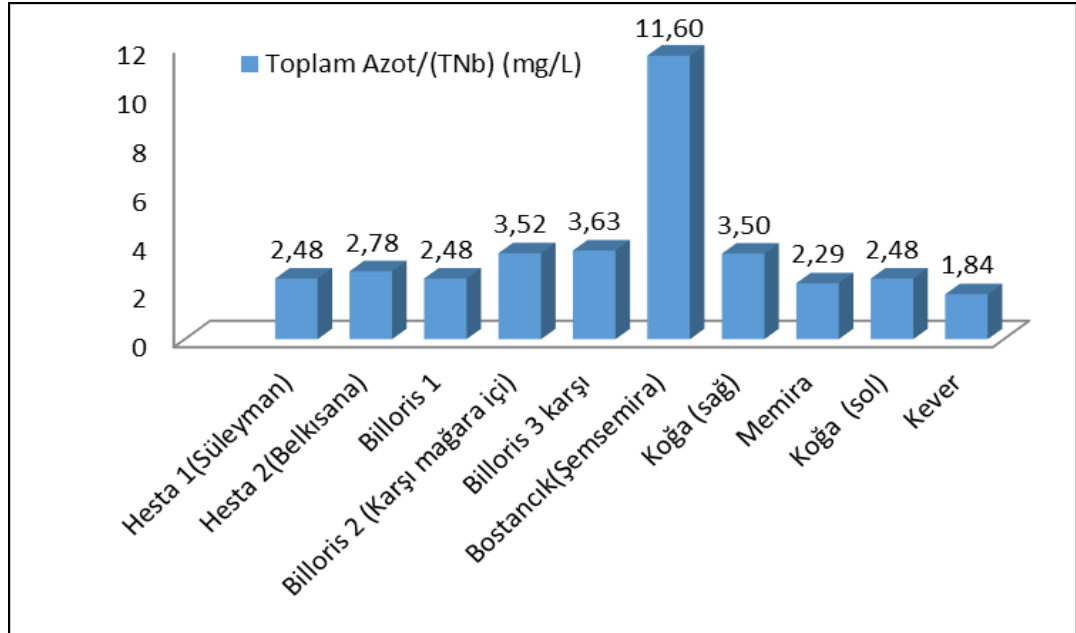
Şekil 4.18. Kaplıca sularının ölçülen amonyum değerleri

Toplam fosfat ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) için Hach Lange United For Water Quality Lck 348 Küvet Testi Uygulanmış ve Hach Lange Dr 2800 Spektrofotometre analizi yapılmıştır. Elde edilen değerler Tablo 4.4 ve Şekil 4.19’da verilmiştir.



Şekil 4.19. Kaplıca sularının ölçülen toplam fosfat değerleri

Toplam Azot, TNb için Hach Lange United For Water Quality Lck 238 Küvet Testi Uygulanmış ve Hach Lange Dr 2800 Spektrofotometre analizi yapılmıştır. Elde edilen değerler Tablo 4.4 ve Şekil 4.20’de verilmiştir.



Şekil 4.20. Kaplıca sularının ölçülen toplam azot değerleri

#### 4.4. Kaplıca örneklerinde bulunan element konsantrasyonları için korelasyon matrisi

Tablo 4.5'te görüldüğü gibi, korelasyonlar, elementler arasındaki ilişkilerin karmaşık olduğunu ve ayrı ayrı açıklanmasının zor olduğunu göstermektedir. Elementlerin birbirlerine karşı olan korelasyon verileri doğrusal korelasyon katsayısı değerleri bakımından %95 ve %99 güven düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Na-Fe (0,885), Na-Cl (0,992), Sr-Mg (0,778), Si-S (0,841), Ca-S (0,925), Ca-Br (0,812) ve Fe-Cl (0,879) %99 güven düzeyinde yüksek ve anlamlı korelasyonlar göstermiştir. Yüksek korelasyonlar, elementlerin benzer kaplıca suyundan olabileceği varsayımını desteklemektedir. Mg-Si (0,654), Mg-K (0,747), Ca-Mg (0,742), Mg-Br (0,754), Sr-S (0,652), Sr-Br (0,733), Br-S (0,658) ve Ca-K (0,732) aralarındaki korelasyonlarını %95 güven düzeyinde olduğunu göstermiştir. K, %95 güven seviyesinde Na (0,364), Br (0,482), S (0,553), Fe (0,401) ve Si (0,480) ile orta düzeyde korelasyon gösterirken, Si-Br (0,513), Si-Sr (0,622) ve Cu-Zn (0,373) zayıf korelasyonlar göstermiştir.

Tablo 4.5. Kaplıca örneklerinde bulunan element konsantrasyonları için korelasyon matrisi.

		Korelasyonlar								
	Na	Mg	Si	S	K	Ca	Fe	Sr	Cl	Br
Na	1,000									
Mg	-0,185	1,000								
Si	-0,362	0,654*	1,000							
S	-0,324	0,617	0,841**	1,000						
K	0,364	0,747*	0,480	0,553	1,000					
Ca	-0,148	0,742*	0,693*	0,925**	0,732*	1,000				
Fe	0,885**	0,009	-0,441	-0,374	,0401	-0,143	1,000			
Sr	-0,451	0,778**	0,622	0,652*	0,302	0,651*	-0,253	1,000		
Cl	0,992**	-0,277	-0,440	-0,404	0,282	-0,246	0,879**	-0,527	1,000	
Br	-0,277	0,754*	0,513	0,658*	0,482	0,812**	-0,188	0,733*	-0,388	1,000

\*\* . %99 seviyesinde korelasyon.

\* . %95 seviyesinde korelasyon.

Elementler ve kaplıcalar arasındaki daha fazla yorumu, çoklu bileşen (PCA, Principal component analysis) gibi daha güçlü kemometrik teknikler kullanılarak elde edilebilir.

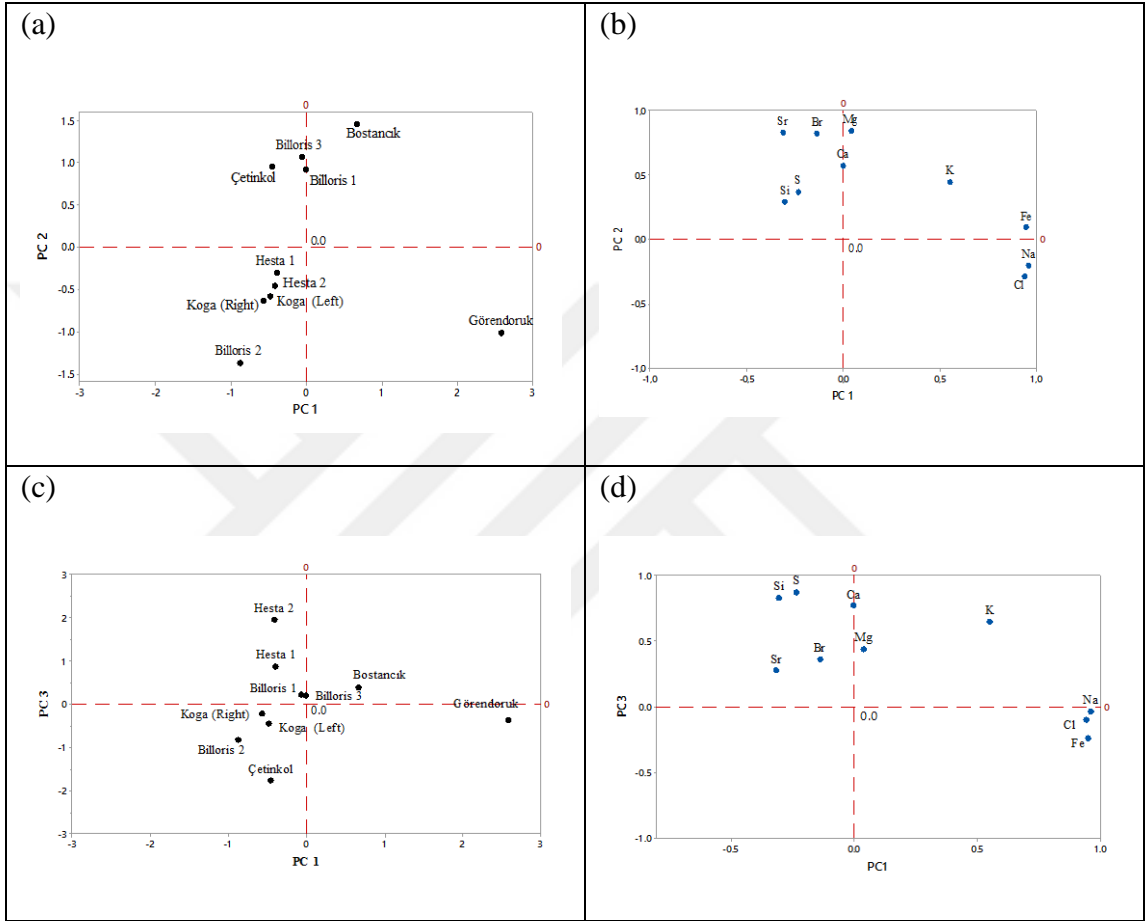
#### 4.5. Kaplıca örneklerinde bulunan element konsantrasyonları için temel bileşen analizi (principal component analysis)

Temel bileşen analizi (principal component analysis), IBM SPSS istatistik V22 paketi ve Minitab 17'nin PCA alt programı kullanılarak korelasyon matrisi üzerinde gerçekleştirilmiştir. PCA, kaplıca örneklerinin toplam metal konsantrasyonlarının (10 element  $\times$  10 örnek) veri matrisine uygulanmıştır. Sonuçlar, Birden büyük iki özdeğerin toplam varyansın yaklaşık %83,70'ini, üçüncü özdeğerin varyansın yaklaşık %7,27'sini açıkladığını göstermiştir. Kaplıca örnekleri için temel bileşen yüklemesi, her bir faktör katkısıyla sırasıyla %54,50, %29,20 ve %7,27 olarak toplam varyansın yaklaşık % 90,97'sini açıklayan üç bileşen elde edilmiştir. Bu nedenle, daha sonraki analiz için ilk üç özdeğer seçilmiştir. Varimax rotasyonu sonrası çıkarılan üç faktör yükü Tablo 2'de verilmiştir. Birinci faktör, Na, Fe ve Cl için yüksek yüklemelere sahiptir ve toplam varyansın yaklaşık 54.50'ini açıklamaktadır. Faktör 2, Mg, Sr ve Br ile yüklenmiş ve toplam varyansın %29.20'ini açıklamıştır. Faktör 3 ise, S, Si, Ca ve K tarafından yüklenir ve toplam varyansın %7.27'sini açıklamıştır. PCA yüklemelerinin 3 boyutlu bir grafiği Şekil 1'de gösterilmiştir ve elemanlar arasındaki ilişkiler kolayca görülmektedir.

Tablo 4.6. Döndürülmüş İlk üç ana öğenin yüklemesi ve skorları

<u>The loading</u>				<u>The socere</u>			
Element	PC1	PC2	PC 3	Kaplıca adı	PC1	PC2	PC3
Na	<b>0,958</b>	-0,206	-0,037	Hesta 1(Süleyman)	-0,397	-0,302	0,869
Fe	<b>0,947</b>	0,092	-0,237	Hesta 2(Belkısana)	-0,414	-0,465	1,958
Cl	<b>0,939</b>	-0,29	-0,103	Billoris 1	-0,002	0,918	0,189
Mg	0,039	<b>0,838</b>	0,438	Billoris 2 (Karşı mağara içi)	-0,874	-1,374	-0,817
Sr	-0,316	<b>0,826</b>	0,273	Billoris 3 karşı	-0,061	1,062	0,210
Br	-0,138	<b>0,818</b>	0,36	Bostancık(Şemsemira)	0,669	1,457	0,389
S	-0,234	0,369	<b>0,866</b>	Koğa (sağ)	-0,566	-0,646	-0,210
Si	-0,304	0,291	<b>0,823</b>	Görendoruk (Memira)	2,587	-1,018	-0,369
Ca	-0,002	0,57	<b>0,767</b>	Koğa (sol)	-0,483	-0,587	-0,452
K	<b>0,55</b>	<b>0,445</b>	<b>0,645</b>	Çetinkol (Kever)	-0,458	0,954	-1,769
Eigenvalue	5,45	2,92	0,727				
Variance (%)	54,5	29,2	7,272				
Cumulative (%)	54,5	83,7	90,968				

Şekil 4.21, iki yönlü yüklemeleri ve değerlerini göstermektedir. Her ana bileşen PC1'e karşı, toplam varyansın yüksek yüzdesini göstermek üzere çizilmiştir (54.50-29.20).



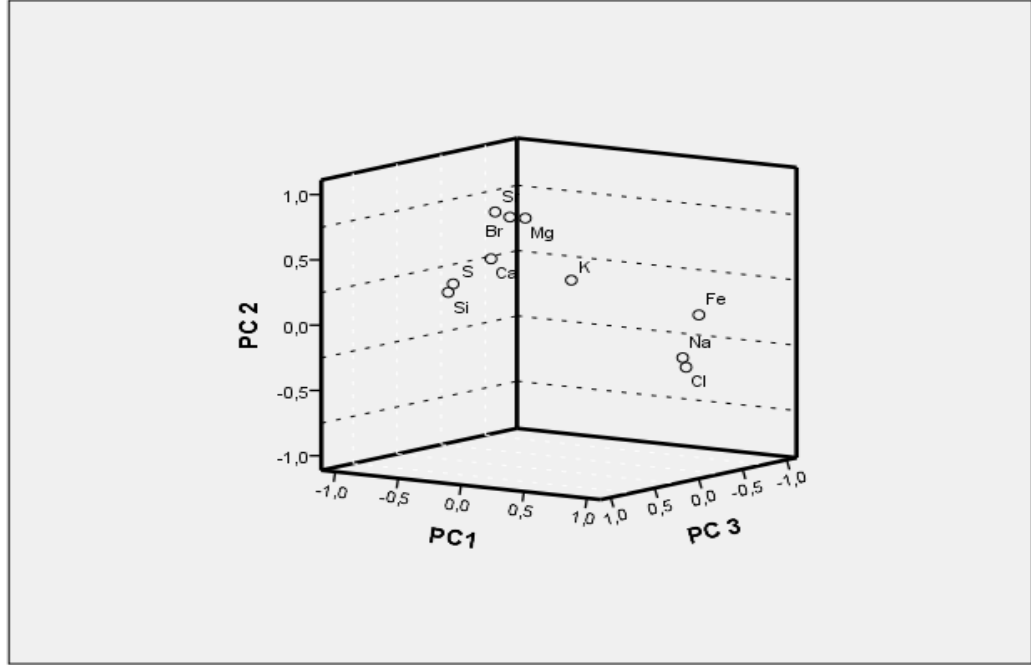
Şekil 4.21. Skor ve yükleme grafikleri (a ve c puan grafikleridir ve b ve d yük grafikleridir)

Metal içeriği yönünden bakıldığında, kaplıca sınıflandırılması üç yönlü PC skoru grafikler kullanılarak yapılabilir. PC1-3 skoru grafiği toplam varyansın yaklaşık %61,77'sini gösterirken, toplam varyansın en yüksek yüzdesi PC1-2 ile yaklaşık 83,70 göstermektedir. PC 1-2, PC 1-3 grafiklerinden (Şekil 4.21) ve Tablo 4.6'da kaplıcalar üç gruba ayrılabilceği görülmüştür. Bu gruplar aşağıdaki gibi gösterilebilir:

Grup 1: Hesta 1 (Süleyman), Hesta 2 (Belkısana), Koga (Sol), Koga (Sağ) and Billoris 2

Grup 2: Billoris 1, Billoris 3, Bostancık (Şemsimira) and Çetinkol (Kever)

Grup 3: Görendoruk (Memira)



Şekil 4.22. Uzayda üç boyutlu PCA sonuçları: ilk üç PCA bileşenin yüklemesinin görünümü

#### 4.6. Kaplıca örneklerinde bulunan element konsantrasyonları için kümeleme analizi (cluster analysis)

Bu teknik, kümelenme yapılacak nesnelere arasındaki benzerliğin ölçülmesini içeren denetimsiz bir sınıflandırma işlemidir. Nesnelere yakınlık veya benzerlik açısından kümelenmeler halinde gruplandırılmaktadır. Benzerliğin ölçümü, diğerlerinin yanında kare Öklid uzaklığına dayanmaktadır. Kümeleme yöntemi olarak Ward'ın yöntemi kullanılmıştır. Küme analizi, Minitab 17 (Licensing: 17.1.0.0, 2013) ve Statistica (IBM SPSS Statistics 22) paket programlarından yararlanılmıştır. Kümeleme analizinde elde edilen sonuçlar, Şekil 4.23'te bir dendrogram olarak verilmiştir. Şekil 4.24 ağırlıklı olarak üç kümeyi göstermektedir. Bu kümeler, kaplıca örnekleri için metallerin kökenindeki benzerliği temsil eder. PCA uygulanmasından sonra kümeleme analizinde de benzer sonuçlar elde edilmiştir.

### Kaplıca örnekleri için:

Grup 1: Hesta 1 (Süleyman), Hısta 2 (Belkısana), Billoris 1, Billoris 3 and Bostancık (Şemsimira)

Grup 2: Billoris 2, Kever (Çetinkol), Koğa (sol) and, Koğa (Sağ)

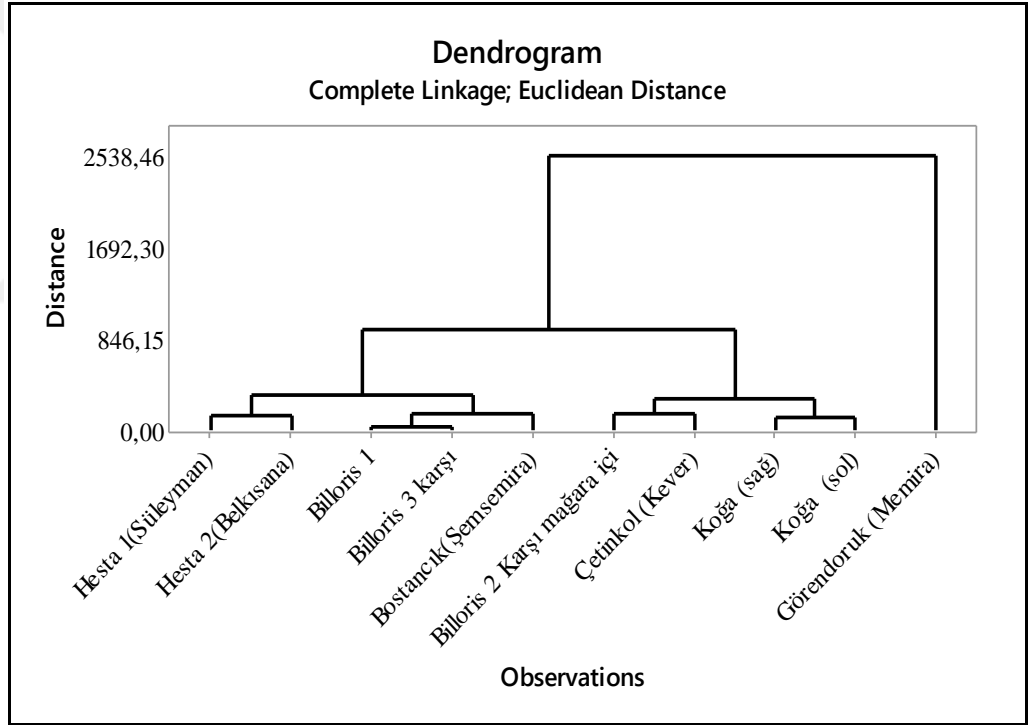
Grup 3: Memira (Görendoruk)

### Metaller için:

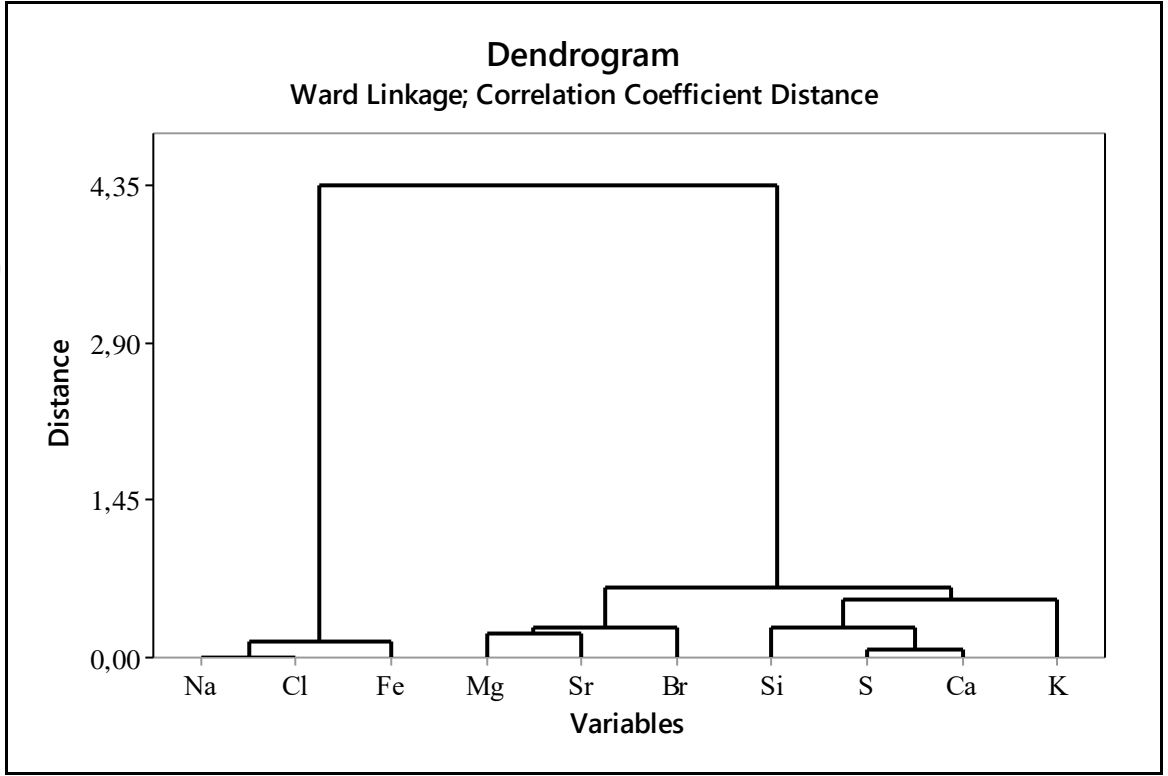
Grup 1: Na, Cl, Fe

Grup 2: Mg, Sr, Br

Grup 3: Si, S, Ca and K



Şekil 4.23. Kaplıcalar Örnekleri için Kümeleme Analizinin Dendrogramı



**Şekil 4.24.** Metal analizleri için Kümeleme Analizinin Dendrogramı

Belirlenen tüm grup üyeleri, orijinal gruplandırılmış olguların %100'ünün doğru sınıflandırıldığı öngörülen grupta yer aldığı ana bileşen analizi ve küme analizi ile belirlenmiştir.



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dalga boyu dağılımlı X-Ray Floresans (DWXRF) spektrometrik analiz sonuçlarının madde konsantrasyonlarına göre yeraltı sularında belirlenen Na'nun en yüksek değeri  $1108 \pm 42$  mg/L ile Memira (Görendoruk), en düşük değeri  $19 \pm 1$  mg/L ile Biloris-2(Mağara İçi) Kaplıcası, Mg'un en yüksek değeri,  $308 \pm 13$  mg/L ile Bostancık (Şemsemira), en düşük değeri  $30 \pm 2$  mg/L ile Biloris-2(Mağara İçi) Kaplıcası, Si'nin en yüksek değeri  $68 \pm 6$  mg/L ile Hesta-2 (Belkisana), en düşük değeri  $5.1 \pm 0.2$  mg/L ile Memira (Görendoruk) Kaplıcası, S'nin en yüksek değeri  $745 \pm 30$  mg/L ile Hesta-2 (Belkisana), en düşük değeri  $62 \pm 2$  mg/L ile Memira (Görendoruk) Kaplıcası, K'nın en yüksek değeri  $69 \pm 3$  mg/L ile bostancık (Şemsemira), en düşük değeri  $9.6 \pm 0.5$  mg/L ile Biloris-2(Mağara İçi) Kaplıcası, Ca'nın en yüksek değeri  $983 \pm 44$  mg/L ile Biloris-1, en düşük değeri  $232 \pm 10$  mg/L ile Kever(Çetinkol) Kaplıcası, Fe'nin en yüksek değeri  $1.83 \pm 0.06$  mg/L ile Memira (Görendoruk), en düşük değeri  $3.20 \pm 0.01$  mg/L ile Koğa (Left) Kaplıcası, Sr'nin en yüksek değeri  $22 \pm 1$  mg/L ile Kever (Çetinkol),  $0.9 \pm 0.1$  mg/L ile Memira (Görendoruk) Kaplıcası, Al'nin en yüksek değeri  $0.96 \pm 0.04$  mg/L Biloris (Karşı), en düşük değeri  $0.31 \pm 0.02$  mg/L ile Koğa (Right), Cl'nin en yüksek değeri  $2218 \pm 95$  mg/L ile Memira (Görendoruk), en düşük değeri  $4.2 \pm 0.3$  ile Biloris (Mağara İçi), Br'nin en yüksek değeri  $1.33 \pm 0.05$  mg/L ile Biloris-3 (Karşı), en düşük değeri  $0.28 \pm 0.01$  mg/L ile Koğa (Sağ) Kaplıcası olarak gözükmektedir. Ayrıca Biloris-1kaplıcasında  $0.17$  ppm Mn, Biloris-2(Karşı) kaplıcasında  $0.14$  ppm Cr,  $0.03$  ppm Ni,  $0.05$  ppm Cu,  $0.04$  ppm Zn ve  $0.03$  ppm U, Koğa (Sol) kaplıcasında  $0.03$  ppm Rb, Koğa (Sağ) kaplıcasında  $0.05$  ppm P, Görendoruk( Memira) kaplıcasında  $0.19$  ppm Ni,  $0.01$  ppm Zn tespit edilmiştir.

Fiziksel özelliklerine bakıldığında pH'ı en yüksek olan kaplıca  $7,59$  ile Kever Kaplıcası, en düşük olan kaplıca ise  $6,84$  ile Hesta 2 (Belkisana) Kaplıcası olarak tespit edilmiştir. Suyu en sıcak Kaplıca Hesta 1(Süleyman) Kaplıcası, en soğuk olan ise Memira Kaplıcası olarak tespit edilmiştir.

Kimyasal oksijen ihtiyacı (COD) bakımından bakıldığında  $21,81$  mg/L ile en yüksek değer Kever olurken en düşük COD  $3,96$  mg/L ile Hesta 2 kaplıcası tespit edilmiştir.

Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOD) incelendiğinde 18,90 mg/L ile Bostancık kaplıcası en yüksek değere sahip olurken, en düşük değer ise 1,20 mg/L ile Hesta 2 kaplıcasında bulunmuştur.

Kaplıca sularında Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) incelendiğinde en yüksek değer 1,11 mg/L Billoris 3 olurken, en düşük değer 0,01 mg/L ile Hısta 1, Billoris 1, Billoris 2, Koğa (Sağ) ve Kiver (Çetinkol) kaplıcalarında bulunmuştur.

Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) değerleri incelendiğinde en yüksek değer 3,76 mg/L ile Billoris 2 olurken en düşük değer 0,02 mg/L ile Koğa (Sağ) kaplıcasında tespit edilmiştir.

Amonyum ( $\text{NH}_4^+$ ) açısından 13,26 mg/L ile Bostancık (Şemsimira) olurken en düşük değer 0,08 mg/L ile Hısta 2 (Belkızana) kaplıcası olmaktadır.

Kaplıca sularında fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) incelendiğinde en yüksek değer 0,37 mg/L Koğa (Sol) olurken, en düşük değer 0,10 mg/L ile Koğa (Sağ) kaplıcalarında bulunmuştur.

Toplam Azot/(TNb) değerleri incelendiğinde en yüksek değer 11,60 mg/L ile Bostancık (Şemsimira) olurken en düşük değer 1,84 mg/L ile Kiver (Çetinkol) kaplıcasında tespit edilmiştir.

Radyoaktif analiz sonucu bulunan  $\alpha$  ve  $\beta$  değerleri için; en yüksek Gross  $\alpha$   $6.64 \pm 037$  (BqL-1) Hesta 1(Süleyman) Kaplıcasında, en düşük değer  $0.05 \pm 0.03$  (BqL<sup>-1</sup>) ile Memira ve Billoris 2 Karşı mağara içi kaplıcalarında ölçülmüştür. En yüksek Gross  $\beta$  ise  $2.76 \pm 019$  (Bq L<sup>-1</sup>) ile Hesta 1(Süleyman) Kaplıcasında, en düşük değer  $0.04 \pm 0.03$  (BqL-1) Memira ve Billoris 2 Karşı mağara içi kaplıcalarında ölçülmüştür.

## 6. KAYNAKLAR

- Akdemir, B., Güneş, S. and Genç, A., 2009. Artificial neural network training models in prediction of concrete compressive strength using euclidean normalization method, *3rd Int. Conf. on Complex Systems and Applications-ICCSA 2009*, Le Havre-France, 160-165.
- Acar, A., Kalfa, O. M., Yalcinkaya, O., Turker, A. R., 2013. Determination and evaluation of gross alpha and beta activity concentrations and metal levels in thermal waters from Ankara, Turkey, *Turkish Journal of Chemistry*, 37, 805-811
- Akar, Ü., 2010, Bursa-Çekirge Bölgesi Termal Sularında Radon Konsantrasyonunun Tayini, Bursa
- Anonim, <[http://www.mta.gov.tr/v2.0/dairebaskanliklari/enerji/index.php?id=jeoterma1\\_potansiyel/](http://www.mta.gov.tr/v2.0/dairebaskanliklari/enerji/index.php?id=jeoterma1_potansiyel/)>, [Ziyaret Tarihi: 10 Ocak 2015].
- Anonim, <<http://www.jeotermaldernegi.org.tr/>>, [Ziyaret Tarihi: 15 Ocak 2015].
- Anonim, <<http://termalrehber.com/siirt-ili-sifali-sulari-ve-kaplicalari/>>, [Ziyaret Tarihi: 20 Şubat 2016].
- Anonim, <<http://www.kaplicazamani.com/kaplicalar.asp?durum=dtHYPERLINK/>>, [Ziyaret Tarihi: 12 Kasım 2016].
- Anonim, <<http://www.siirtliler-board.net/siirt-fotograflari-ve-resimleri/42402-billoris-kaplicasi-germove-germove/>>, [Ziyaret Tarihi: 10 Ocak Kasım 2015].
- Amrani, D., Cherouati, D.E. ve Cherchali, M.E.H., 2000, “Groundwater radon measurements in Algeria”, *Journal of Environmental Radioactivity* 51, pp. 173-180.
- Atsori A.J., Akpa T.C., Akombor A.A., 2015. Determination of Gross Alpha and Beta Radioactivity in Underground Water at Gboko and its Environs, *Res. J. Physical Sci.*, Vol. 3(6), 1-9
- Aydınöz, M., 2005, Afyonkarahisar Bölgesinde Bulunan Kaplıca Sularının Mevsimsel Analizi, Afyonkarahisar
- Barbier, E., 2002, *Geothermal Energy Technology and Current Status: An Overview*, Italy.
- Bonotto, D. M.; Bueno, T. O.; Tessari, B. W.; Silva, A. *Radiat. Meas.* 2009, 44, 92-101
- Damla N., Cevik U., Karahan G., Koby A.I., 2006. Gross a and b activities in tap waters in Eastern Black Sea region of Turkey. *Chemosphere*, 62:957-960
- Damla, N., Cevik U., Karahan G., Koby A.I., Kocak M., Isik U., 2009. Determination of gross alpha and beta activities in water from Batman, Turkey. *Desalination*, 244: 208-214.
- Dokur, S., 2011, Dumlupınar Üniversitesi Termal Suyunun Analizi Ve Sonuçlarının Kütahya'daki Diğer Termal Sularla Karşılaştırılması, Kütahya

- Duenas, C; Fernandez, M. C; Enriquez, C; Carretero, J.; Liger, E. Water Res. 1998, 32, 2271-2278
- Duenas, C; Fernandez, M. C; Enriquez, C; Carretero, J.; Liger, E. Water Res. 1998, 32, 2271-2278
- Dünder, M.Ş., Altundağ, H., 2007, Talyumun Sağlığa Etkisi, Çevresel Kaygı Ve Talyum Türlenmesi, Sakarya
- Desideri D., Roselli C., Feduzi L., Meli M. A., 2007. Radiological characterization of drinking waters in Central Italy. *Microchemical Journal*, 87, 13-19.
- Erişen B., Öngür T., 1976. Bursa Kenti Sıcak Su Kaynakları Etüdü, *MTA Raporu, Bursa*,
- Eroğlu, A., Aksoy, N., Jeotermal Suların Kimyasal Analizi, Ankara, 2003
- Imbach T., 1997. Deep Groundwater Circulation in The Tectonically Active Area of Bursa Northwest Anatolia, Turkey. *Geothermics*, 26; 2;251–278.
- Hakam D. K., Choukri A., Reyss J. L., Lferde M., 2001. Determination and comparison of uranium and radium isotopes activities and activity ratios in samples from some natural water sources in Morocco. *Journal of Environmental Radioactivity, International Journal of Cancer Therapy and Oncology*, 57;175-189
- Farai, I.P. and Sanni A.O., 1992, “<sup>222</sup>Rn in ground water in Nigeria (a Survey)”, *Health Physics* 62, pp. 96-98.
- Jobbagy V., Kavasi N., Somlai J., Dombovari P., Gyongyosi C., Kovacs T., 2011. Gross alpha and beta activity concentrations in springwaters in Balaton Upland, Hungary, *Radiat. Measurement*, 46, 159-163.[WoS]
- Kitto, M. E.; Parekh, P. P.; Torres, M. A.; Schneider, D. J. *Environ. Radioactiv.* 2005, 80, 327-339
- Korkmaz M.E., Görür F., Keser R., Dizman S., Okumusoglu N.T., 2011. Annual effective dose and concentration levels of gross a and b in various waters from Samsun, Turkey. *Desalination* 279:135–139,
- Kpeglo D.O., Mantero J., Darko E.O., Emi-Reynolds G., Akaho E.H.K., Faanu A., Garcia-Tenorio R., 2015 Radiological exposure assessment from soil, underground and surface water in communities along the coast of a shallow water offshore oilfield in Ghana. *Radiat Prot Dosim*, 163:341–352)
- Palomo, M.; Penalver, A.; Borrell, F.; Aguilar, C. *Appl. Radiat. Isotopes* 2007, 65, 1165-1172
- Pehlivan R., Yılmaz O., 1995. Marmara Bölgesi Termomineral Kaynaklarının İçilebilirliği ve İnsan Sağlığına etkisi, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, s.21-27, Ankara.
- Przylibski T.A., 1999. Radon concentration changes in the air of two caves in Poland, *Journal of Environmental Radioactivity* 45, 81-94.

- Singh PP, Barjatiya MK, Dhing S, Bhatnagar R, Kothari S, Dhar V. 2001, Evidence Suggesting that High Intake of Fluoride Provokes Nephrolithiasis in Tribal Populations. *Urol Res.* 29(4):238–244.
- Tut Haklıdır, F. S., (2007). Bursa ili ve çevresindeki termal ve maden ve yeraltı sularının jeokimyasal incelenmesi, DEÜ. Fen Bilimleri Ens.,
- Topcuoğlu S., Karahan G., Gungor N., Kirbasoğlu C., 2003. Natural and artificial radioactivity in Emendere thermal spring area in Western Anatolia. Vol. 256, No.3, 395-398.
- TS 266., 2005. Sular - İnsani Tüketim Amaçlı Sular. *Turkish Standard, Ankara* 14.
- TS 9130, Doğal mineralli su- Natural mineral water, *Turkish Standard, Ankara*, 2010
- USEPA., 2011. National primary drinking water regulations. *United State Environmental Protection Agency Report.* EPA-570/ 9-76-03
- WHO., 2011 Guidelines for drinking-water quality. In: 4th edn Radiological quality of drinking water. *World Health Organization, Geneva*, pp 203–218
- Yıldırım, D., Ayan, S., Aydın, F., 2008. Hazar Gölü Suyu ve Sedimentinde Fosfor Kirlenmesi, Diyarbakır
- Zapata-Garcia, D.; Llaurodo, M.; Rauret, G. *Appl. Radiat. Isotopes* 2007, 67, 891-978
- Zorer Ö.S, Ceylan H., Doğru M., 2009. Gross alpha and beta radioactivity concentration in water, soil and sediment of the Bendimahı River and Van Lake (Turkey), *Environ Monit Assess*, 148:39–46)

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** İdris YOLBAŞ  
**Doğum Yeri ve Tarihi** 01.09.1979 - SİİRT  
**Telefon** 0 505 684 94 93  
**E-posta** idrisyolbas@gmail.com

### EĞİTİM

<b>Derece</b>	<b>Adı, İlçe, İl</b>	<b>Bitirme Yılı</b>
Lise	: Siirt Lisesi - SİİRT	1996
Üniversite	: Yüzüncü Yıl Üniversitesi - VAN	2000
Yüksek Lisans	: Siirt Üniversitesi - SİİRT	
Doktora	:	

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
18	MEB	Öğretmen

**UZMANLIK ALANI** Kimya Öğretmeni

**YABANCI DİLLER** İngilizce

### YAYINLAR

#### Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında basılan bildiriler

1. **İbrahim Tegin**, İdris YOLBAŞ, M. Şirin Batur ve Orhan ACAR, Siirt ve Çevresinde Bulunan Kaplıca Sularında Element Konsantrasyonları ve Gross Alfa ve Gross Beta Aktivitelerinin Belirlenmesi, XIV. Ulusal Spektroskopi Kongresi 29-31 Mayıs 2015, Elazığ, Poster bildiri, P 62. (Yüksek Lisans tezinden yapılmıştır)

#### Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler (SCI indeksine giren dergilerde yayımlanan makaleler)

1. **İbrahim Teğın**, İdris Yolbaş, Orhan Acar, Assessment of gross alpha and beta activity levels and element concentrations in spa waters from Siirt and Şırnak, Turkey, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Volume 311, Issue 1, January 2017, pp 109–119. (Yüksek Lisans tezinden yapılmıştır)