



**KÖPRÜKÖY (ERZURUM) TERMAL ÇAMUR VE
SUYUNUN VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE
TERMAL ÇAMURDA OLUŞAN YOSUNUN
GİDERİLMESİNİN ARAŞTIRILMASI**

Sara KILIÇ

**Yüksek Lisans Tezi
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Jeokimya ve Maden Yatakları Bilim Dalı
Prof. Dr. Ekrem KALKAN**

2018

Her Hakkı Saklıdır

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KÖPRÜKÖY (ERZURUM) TERMAL ÇAMUR VE SUYUNUN
JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE TERMAL ÇAMURDA
OLUŞAN YOSUNUN GİDERİLMESİNİN ARAŞTIRILMASI**

Sara KILIÇ

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
Jeokimya ve Maden Yatakları Bilim Dalı

ERZURUM
2018

Her Hakkı Saklıdır



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



TEZ ONAY FORMU

**KÖPRÜKÖY (ERZURUM) TERMAL ÇAMUR VE SUYUNUN JEOKİMYASAL
ÖZELLİKLERİ VE TERMAL ÇAMURDA OLUŞAN YOSUNUN
GİDERİLMESİNİN ARAŞTIRILMASI**

Prof. Dr. Ekrem KALKAN danışmanlığında, Sara KILIÇ tarafından hazırlanan bu çalışma 02/03/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı – Jeokimya ve Maden Yatakları Bilim Dalı'nda Yüksek lisans tezi olarak **oybirliği/oy çokluğu (.../...) ile kabul edilmiştir.**

Başkan : Prof. Dr. Ekrem KALKAN

İmza :

Üye : Doç. Dr. Hakan ERSOY

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Özgür BİLİCİ

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu 15.03.2018 tarih ve 11.21 nolu kararı ile onaylanmıştır.

**Prof. Dr. Cavit KAZAZ
Enstitü Müdürü**

Bu çalışma ATABAP projeleri kapsamında desteklenmiştir.
Proje No: PRJ2015/1

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan alıntılar, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KÖPRÜKÖY (ERZURUM) TERMAL ÇAMUR VE SUYUNUN JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE TERMAL ÇAMURDA OLUŞAN YOSUNUN GİDERİLMESİNİN ARAŞTIRILMASI

Sara KILIÇ

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Jeokimya ve Maden Yatakları Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ekrem KALKAN

Çalışma alanı, Erzurum ilinin doğusunda yer alan Köprüköy-Deliçermik jeotermal bölgesidir. Bu çalışmada Köprüköy (Erzurum) termal çamur ve suyunun jeokimyasal özelliklerinin ortaya konulması, termal çamurda oluşan yosunlaşma sorununun çözülmesi ve önceki çalışmalardaki sonuçlarla karşılaştırılması amaçlanmıştır. Arazi çalışmaları kapsamında Köprüköy (Erzurum) termal sahasından su, çamur ve yosun örnekleri alınmıştır. Ayrıca jeotermal kaynağa ait sıcaklık, debi, pH, Eh değerleri ölçülmüştür. Termal su örneklerinin anyon, katyon ve izotop analizleri yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen veriler grafik ve diyagramlar kullanılarak açıklanmıştır. Ayrıca, özet jeoloji bilgileri verilerek çalışma alanının jeoloji haritası ve genelleştirilmiş jeolojik dikme kesiti önceki çalışmalardan yararlanılarak hazırlanmıştır.

Köprüköy termal kaynak suyu 26°C sıcaklıkta, yaklaşık 3,1 lt/sn debide ve gazlı çıkışlar şeklindedir. Termal su Horasan Formasyonuna ait Pliyosen yaşlı killi seviyelerin bulunduğu alandan çıkmaktadır. Killi birimlerle birleşen termal su termal çamur şeklini almakta ve çamur banyosu amaçlı kullanılmaktadır. Termal sahadaki killi birimler ile sıcak suyun birleşimi yosun oluşumuna sebep olmakta ve termal çamur olarak kullanımında ciddi bir görüntü kirliliği oluşturmaktadır. Bu problemi gidermek amacıyla bazı kimyasallar ve bakteriler kullanılarak deneysel çalışma yapılmış ve yosun oluşumu büyük ölçüde giderilmiştir.

2017, 83 sayfa

Anahtar Kelimeler: Termal su, yosun, Köprüköy, jeotermal

ABSTRACT

Master Thesis

INVESTIGATION ON THE GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF KÖPRÜKÖY (ERZURUM) THERMAL SLUDGE AND WATER AND THE RESULT OF DEFLECTION IN THE THERMAL SLUDGE

Sara KILIÇ

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geological Engineering
Department of Geochemistry and Ore Deposits

Supervisor: Prof. Dr. Ekrem KALKAN

The study area is Köprüköy-Deliçermik geothermal region, located at east of Erzurum province. In this study, it is aimed to reveal the geochemical characteristics of Köprüköy (Erzurum) thermal water and mud, to solve the problem of algae formation in thermal mud, and to compare it with the results of previous studies. The water, mud and algae samples were taken from the thermal area of Köprüköy (Erzurum). In the field studies, temperature, flow, pH and Eh values of geothermal source were also measured. Anion, cation and isotope analyzes of the samples of thermal water were carried out. The data obtained from this work was explained using some graphs and diagrams. Also in this study, geological information, generalized geological map and stratigraphic section of study area were prepared from previous studies.

Köprüköy thermal water has a temperature of 26°C, approximately flow of 3.1 lt/sn and in the form of gaseous effluents. Thermal water exits from Pliocene clayey levels belonging to Horasan Formation. The confluent thermal water and clayey geological material are taken the form of thermal mud and it use as the mud bath. This work aims to solve the algal problem of thermal water surface and to increase the possibility of using existing thermal sources. The combination of clayey levels with hot water in the thermal field causes moss algae formation and serious image pollution in the use as thermal mud. In order to solve this problem, experimental study was carried out using some chemical materials bacteria and moss formation has been largely eliminated.

2018, 83 pages

Keywords: Thermal water, moss, Köprüköy, geothermal

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren ve kıymetli vakitlerini ayıran değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ekrem KALKAN'a saygılarımı sunarım.

Her konuda benden desteklerini ve samimiyetlerini esirgemeyen, çalışma azmi veren ve ayrıca sağladığı laboratuvar imkânlarından dolayı Sayın Prof. Dr. Hayrunnisa NADAROĞLU' na tüm samimiyetimle teşekkür ederim.

Tezimi sonuçlandırmamda çok emeği olan, verdiği manevi destek ile devam edip, ışığı görmemi sağlayan ve yaşadığı tüm zorluklara rağmen samimiyetini esirgemeyen ve bunu içtenlikle yapan hayat arkadaşım Murat KILIÇ'a canı gönülden teşekkür ederim.

PRJ2015/1 No'lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Atatürk Üniversitesi Rektörlüğü ve Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (ATABAP)'ne teşekkür ederim.

Ayrıca tez çalışmam sırasında çeşitli desteklerini benden esirgemeyen Atatürk Üniversitesi, Erzurum Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü Araştırma Laboratuvar ekibine teşekkür ederim.

Hayatım boyunca desteklerini ve dualarını sürekli hissettiğim, 5,5 yaşımdan beri eğitimimi destekleyen o iki insana; sevgili anne ve babama, yanımda olduklarını bilmekten güç aldığım sevgili kardeşlerime, sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Sara KILIÇ

Ocak, 2018

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı	1
1.2. Coğrafi Özellikler.....	1
1.3. Meteorolojik Veriler	4
1.4. Jeotermal Enerji'nin Tanımı ve Kullanım Alanları.....	6
1.5. Türkiye'nin Jeotermal Kaynak Potansiyeli	8
1.6. Termal Çamurların Özellikleri	11
1.7. Çevre Kirliliği.....	15
1.7.1. Yosun kirliliği ve kontrolü	16
2. KAYNAK ÖZETLERİ	18
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	27
3.1. Materyal.....	27
3.1.1. Kullanılan kimyasallar	27
3.1.1.a. Demir (III) klorür.....	28
3.1.1.b. Kalsiyum oksit.....	28
3.1.1.c. Alüminyum sülfat	29
3.1.1.d. Sodyum karbonat.....	29
3.1.1.e. Sodyum hidroksit.....	30
3.1.1.f. Hidroklorik asit	30
3.1.2. Kullanılan cihazlar	31
3.1.2.a. Sıcaklık, Eh, pH, EC ve oksijen ölçüm cihazı.....	32
3.1.2.b. Analizde kullanılan yüksek teknolojiye sahip cihazlar	32
3.2. Yöntem	33

3.2.1. Çalışmada kullanılan ortamın ve malzemenin temizliği ve sterilizasyonu	33
3.2.2. Deneysel tasarım	33
3.2.2.a. Kimyasal ve bakteri kültürü kullanarak yosun giderme	33
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	39
4.1. Çalışma Alanının Jeolojisi.....	39
4.1.1. Stratigrafi.....	40
4.1.1.a. Bazalt ve piroklastikler.....	41
4.1.1.b. Siyah andezit	44
4.1.1.c. Siyah ignimbrit	45
4.1.1.d. Ardıçlıdağ volkanitleri	46
4.1.1.e. Horasan formasyonu.....	47
4.1.1.f. Kavak bazaltı.....	47
4.1.1.g. Eski alüvyon	48
4.1.1.h. Yeni alüvyon	48
4.2. Yapısal Jeoloji	48
4.2.1. Faylar.....	49
4.2.1.a. Sağ yönlü doğrultu atımlı faylar	49
4.2.1.b. Sol yönlü doğrultu atımlı faylar	50
4.2.1.c. Normal fay	51
4.3. Hidrojeoloji	51
4.4. Termal Suyun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	53
4.4.1. Termal Suyun Sıcaklığı	53
4.4.2. Termal suyun berraklığı ve iletkenliğinin belirlenmesi	53
4.4.3. Termal suyun pH değeri	53
4.4.4. Termal suyun anyon ve katyon değerleri	54
4.5. Su kimyası ve jeotermal açıdan değerlendirme.....	55
4.6. İzotop jeokimyası	58
4.7. XRD Analizi Sonuçları	62
4.8. Yosun Giderme Yöntemlerinin Değerlendirilmesi	63
4.8.1. Sıcaklığın etkisi	64
4.8.2. pH'nın etkisi	64
4.8.3. Zamanın etkisi	65

4.8.4. Ticari bakterinin etkisi.....	69
4.8.5. <i>Lactobacillus paracasei</i> bakterisinin etkisi.....	69
4.8.6. <i>Anoxybacillus thermarum</i> bakterisinin etkisi.....	70
5. TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER	72
5.1. Tartışma.....	72
5.2. Sonuçlar ve Öneriler.....	76
KAYNAKLAR	80
ÖZGEÇMİŞ	84



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

°C	Santigrat derece
¹⁸ O	Oksijen-18
³ H	Trityum
Al ₂ SO ₃	Alüminyum sülfat
Ar	Arsenik
B	Bor
CO ₂	Karbondioksit
Ca ⁺²	Kalsiyum
CaO	Kalsiyum oksit
Cl ⁻	Klorür
CO ₃	Karbonat
D	Döteryum
Fe ₃ O ₄	Manyetit
FeCl ₃	Demir 3 klorür
HCO ₃ ⁻	Bikarbonat
K ⁺	Potasyum
Mg ⁺²	Magnezyum
N	Azot
NO ₂ ⁻	Nitrit
Na ⁺	Sodyum
Na ₂ CO ₃	Sodyum karbonat
NH ₃	Amonyak
NH ₄ ⁺	Amonyum
NO ₃ ⁻	Nitrat
Si	Silisyum
T	Sıcaklık
μS/cm	Mikrosimens/Santimetre

Kısaltmalar

DAYTAM	Doğu Anadolu Yüksek Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi
DSİ	Devlet su işleri
EC	Elektriksel İletkenlik
Etp	Potansiyel Buharlaşma-Terleme (mm)
Etr	Gerçek Buharlaşma-Terleme (mm)
Fr	Fransız Sertliği
g	Gram
GPS	Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi)
Kg	Kilogram
mg	Miligram
mL	Mililitre
mm	Milimetre
meq	Bir ekilvan ağırlığının binde biri
mg/L	Miligram/Litre
pH	Hidrojen İyonu Konsantrasyonu
SAR	Sodyum Adsorpsiyon Oranı
SI	Doygunluk İndeksi
TDS	Toplam Çözünmüş Madde
TKS	Toplam Katı Madde
TU	Trityum Birimi
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
YAS	Yeraltı suyu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.....	2
Şekil 1.2. Köprüköy ilçesinde 2014-2017 dönemi düzeltilmiş Etp ve yağış'ın aylık değişim grafiği.....	6
Şekil 1.3. İdeal bir jeotermal sistemin şematik gösterimi.....	8
Şekil 1.4. Jeotermal kaynakların dağılımı.....	11
Şekil 3.1. Anyon ve katyon analizleri için alınan örnekler.....	36
Şekil 3.2. Kaplıca girişi.....	37
Şekil 3.3. Çalışma alanı'nın ocak ayındaki görünümü	37
Şekil 3.4. Kaplıca havuzu görünümü (Mayıs 2017)	38
Şekil 3.5. Kaplıca havuzu görünümü (Temmuz 2017).....	38
Şekil 4.1. İnceleme alanı ve çevresinin genelleştirilmiş jeoloji haritası	42
Şekil 4.2. İnceleme alanı ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti.....	43
Şekil 4.3. Çalışma alanının drenaj ağı haritası.....	52
Şekil 4.4. Suların üçgen diyagram üzerinde anyon-katyon dağılımı	56
Şekil 4.5. Çalışma alanındaki suların yarı logaritmik scholler diyagramı	57
Şekil 4.6. İnceleme alanındaki suların $\delta^{18}\text{O}$ – $\delta^2\text{H}$ diyagramındaki görünümü	60
Şekil 4.7. İnceleme alanındaki suların $\delta^{18}\text{O}$ – $\delta^2\text{H}$ ilişkisi.....	61
Şekil 4.8. İnceleme alanındaki suların $\delta^{18}\text{O}$ – ^3H diyagramındaki görünümü.....	62
Şekil 4.9. Termal çamurun XRD desenleri.....	63
Şekil 4.10. Yosunların giderilme süreci;.....	66
Şekil 4.11. Yosun gideriminde kimyasal izleme üzerine sıcaklık ve zamanın etkisi, (pH 5.0)	67
Şekil 4.12. Yosun gideriminde kimyasal izleme üzerine sıcaklık ve zamanın etkisi, (pH 6.0)	67
Şekil 4.13. Yosun gideriminde kimyasal izleme üzerine sıcaklık ve zamanın etkisi, (pH 7.0)	68
Şekil 4.14. Yosun gideriminde kimyasal izleme üzerine sıcaklık ve zamanın etkisi, (pH 8.0)	68
Şekil 4.15. Bakteri ile yosun giderimi üzerine pH ve zamanın etkisi.....	69

Şekil 4.16. Bakteri ile yosun giderimi üzerine pH ve zamanın etkisi.....	70
Şekil 4.17. Bakteri ile yosun giderimi üzerine pH ve zamanın etkisi.....	70
Şekil 4.18. <i>Lactobacillus paracasei</i> bakterisi ilavesi ile yosunlarda meydana gelen azalma.....	71
Şekil 5.1. Ticari bakteri ilavesi ile yosunlarda meydana gelen azalma	72



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Su bilançosu tablosu	5
Çizelge 1.2. Sıcaklığa göre jeotermal enerjinin kullanım alanları.....	7
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan kimyasallar ve bakteriler.....	27
Çizelge 3.2. Demir klorür'ün fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	28
Çizelge 3.3. Kalsiyum oksit'in fiziksel ve kimyasal özellikleri	28
Çizelge 3.4. Alüminyum sülfat'ın fiziksel ve kimyasal özellikleri	29
Çizelge 3.5. Sodyum karbonat'ın fiziksel ve kimyasal özellikleri	29
Çizelge 3.6. Sodyum hidroksit'in fiziksel ve kimyasal özellikleri	30
Çizelge 3.7. Hidroklorik asidin fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	31
Çizelge 3.8. Deneysel çalışmada kullanılan cihazlar.....	31
Çizelge 3.9. In-situ cihazları ve özellikleri	32
Çizelge 4.1. Deliçermik termal havzasının fiziksel analizleri	54
Çizelge 4.2. Köprüköy-Deli çermik termal havzasının kimyasal analizleri	55
Çizelge 4.3. İzotop analiz sonuçları.....	59

1. GİRİŞ

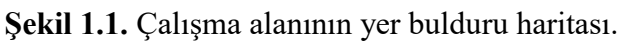
1.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışma, Atatürk Üniversitesi, Oltu Yer Bilimleri Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümünde Yüksek Lisans Tezi olarak yapılmıştır. Çalışma alanı, Erzurum ili doğusunda yer alan Köprüköy İlçe sınırları içerisinde bulunan Deliçermik Jeotermal Sahası'nı kapsamaktadır. 39° 56' kuzey, 41° 46' doğu koordinatlı çalışma alanı, Kuzeydoğu Anadolu Fay Kuşağı üzerinde ve Erzurum-Kars Volkanik Platosu içerisinde yer almaktadır.

Çalışmanın amacı, Köprüköy Jeotermal Alanındaki termal su ve termal çamurun jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesidir. Ayrıca bu çalışmada, termal çamur havuzunda çamurlu suyun yüzeyinde oluşan yosunlaşma problemine çözüm getirmeye yönelik araştırma yapılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, arazi çalışmaları yapılarak kaynakların koordinatları da GPS yardımı ile ölçülerek jeotermal kaynağa ait sıcaklık, debi, pH, Eh değerleri tespit edilmiştir. Aynı zamanda laboratuvar çalışmalarında kullanmak amacıyla kimyasal analizler için termal su, termal çamur ve yosun örnekleri alınarak uygun kaplarla laboratuvara aktarılmıştır.

1.2. Coğrafi Özellikler

Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan çalışma alanı Erzurum-Kars karayolu üzerinde bulunan Köprüköy ilçesinin 3 km kuzey batısında yer almakta olup, Köprüköy-Deliçermik Jeotermal Sahası olarak bilinmektedir (Şekil 1.1). Erzurum 1/25.000 ölçekli H-47 C₄ ile İ-47 B₁ paftaları içerisinde kalan Köprüköy-Deliçermik Jeotermal Sahası'nın kuzeyinde Savatlı Köyü ve Aşağı Çakmak Köyü, doğusunda Yukarı Söğütlü Köyü, güneyinde Köprüköy Kasabası ve batısında Eğilmez Köyü yer almaktadır. Erzurum iline bağlı olan ve adını hemen yanı başındaki Çobandede Köprüsü'nden alan Köprüköy, Erzurum'a 57 km uzaklıktadır (Doğanay ve Soylu 1999).



Deliçermik Jeotermal Sahası'nın güneyinde Horasan-Pasinler Ovası ve kuzeyinde ise DB uzanımlı volkanik dağlar bulunmaktadır. Bölgede yer alan başlıca akarsular

Hasankale Nehri ve Aras Nehri'dir. Kızılçermik Deresi, Deliçermik Deresi ve Harabe Dere sulu derler olup, Hasankale Nehri ile birleşmektedirler.

Köprüköy ilçesi, ekonomik yapısı itibarı ile tarım ve hayvancılık yaygın durumdadır. Genellikle büyükbaş ve küçükbaş hayvancılığı faaliyetinin yaygın olduğu ilçede hayvancılığa dayalı tarımsal ürünler dışında, tahıl ürünleri ve şeker pancarı üretimi yapılmaktadır.

Köprüköy ilçesine 3 km mesafede yer alan Köprüköy-Deliçermik Jeotermal Sahası'nın çevre ile ulaşım bağlantısı son derece iyi durumdadır. Erzurum-Kars, Erzurum-Ağrı ve Erzurum-Ardahan ana kara yolu Köprüköy ilçesi yakınından geçmektedir. İlçenin büyük yerleşim yerleri ile arasında asfalt yollar, küçük yerleşim yerleri ile arasında stabilize yollar bulunmaktadır.

1670 m rakımlı Köprüköy-Deliçermik Jeotermal Bölgesi, sert karasal iklim özelliğine sahip olan Doğu Anadolu Bölgesi'nin etkisi altındadır. Bölgede; kış mevsimi uzun, yağışlı ve soğuk, yaz mevsimi ise kurak ve sıcak geçmektedir. Beş ay gibi uzun bir süre kar altında kalan alanda kar yüksekliği zaman zaman 1 m'ye ulaşmaktadır.

Köprüköy-Deliçermik Jeotermal Sahasında eskiden beri kaplıca işletmeciliği yapılmakta olup, kaplıcanın kullanıma açılış tarihi kesin olarak bilinmemektedir. Daha önceleri doğal bir havuz halindeyken 1951 yılında yeni bir kaplıca havuzu yapılmıştır. Genel görünüşüyle kaplıca, küçük bir tepenin güney yamacında yer almakta olup, bu tepe kendisine zincirlenen diğer küçük tepelerle kuzeye doğru uzayıp gitmektedir. Köprüköy-Deliçermik Kaplıcası, termal suyun toprakla karıştığı termal çamur havuzu ve termal suyun suyunun toplandığı açık hava havuzu ünitelerinden meydana gelmektedir. Ayrıca sahada, işletmeciliği Köprüköy Belediyesi tarafından yapılan ve ziyaretçilerin hizmetine sunulmuş pansiyon tipi evler bulunmaktadır.

1.3. Meteorolojik Veriler

Erzurum Meteoroloji Müdürlüğü'nden alınan 2014-2017 verilerine göre; yıllık sıcaklık ortalaması, 7,5°C olup en yüksek sıcaklık Temmuz ayında ortalama (21,7°C) olarak en düşük sıcaklık Ocak ayında ortalama (-6,7°C) olarak ölçülmüştür. Yıllık toplam yağış 329,03 mm olup, en yağışlı dönemin Mayıs ayında (63,5 mm), en az yağışlı dönemin ise Şubat (14,5 mm) ayında kaydedilmiştir.

İlçede 2013 yılından sonra istasyon kurulduğundan dolayı 2014-2017 dönemine ait Thornthwaite (1948) formülü kullanılarak iklimsel su bilançosu hazırlanmıştır (Çizelge 1.1).

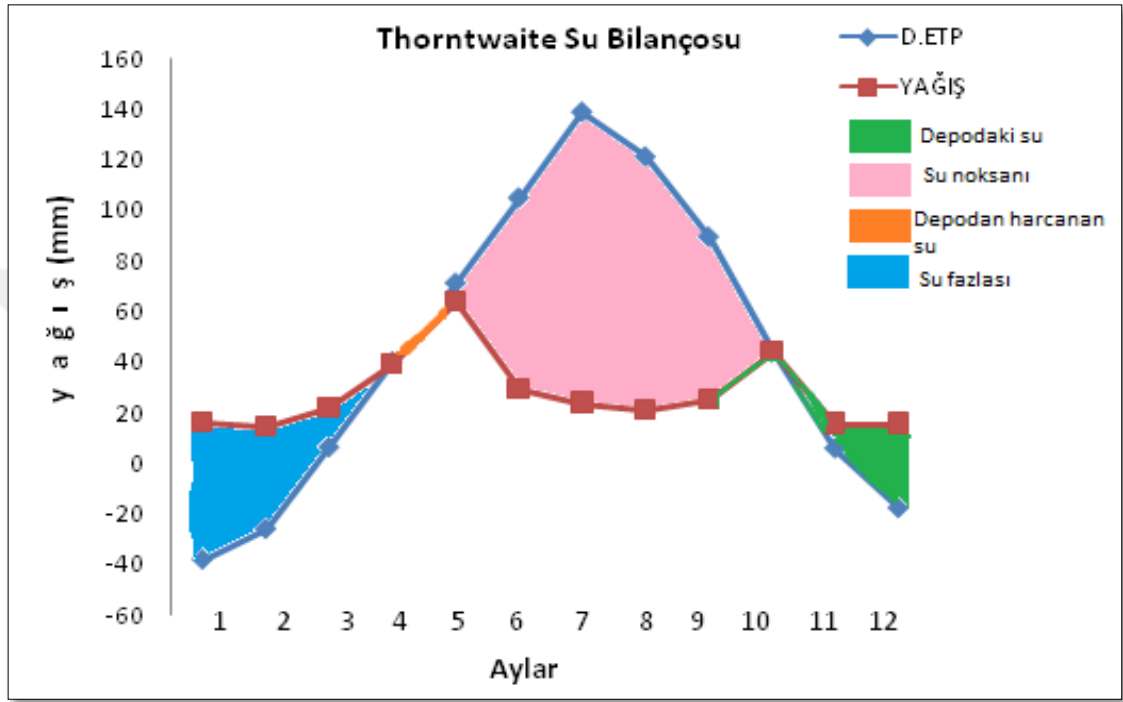
İklimsel su miktarına bakıldığında, yıllık düzeltilmiş Etp'nin (potansiyel buharlaşma-terleme) 538,85 mm, yıllık Etr'nin ise (gerçek buharlaşma-terleme) 185,4 mm olduğu görülmektedir. Mart, Kasım, Aralık döneminde Etp yağıştan azdır. Bu nedenle Etr'nin Etp'ye eşit olduğu görülmektedir. Nisan ayından itibaren yağış değerleri potansiyel evapotranspirasyon değerlerinden düşük olduğu için, düşen yağış miktarı buharlaşma ile kaybolan yağış miktarını karşılayamamakta ve toprakta biriken su, bu aydan itibaren tüketilmeye başlanmaktadır. Bu durum biriken suyun sifıra ulaştığı Temmuz ayına kadar devam etmektedir. Nisan ayı başlarından Haziran ayı sonlarına kadar Etp için gerekli su zemin rezervinden karşılanmıştır. Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs aylarında su rezervinin dolu olduğu görülmektedir. Diğer aylarda ise yedekten su kullanılmaktadır. Temmuz, Ağustos ve Eylül dönemi süresince yeraltı suyunun olmadığı ve tarımsal su açığının olduğunu gözlenmektedir. Bu sonuçlar doğrultusunda Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs dönemi 'Yağışlı dönem', diğer aylar ise 'Kurak dönem' diye adlandırılmıştır. Yağışın ortalama miktarı ve düzeltilmiş Etp'nin dönemsel farklılıkları Şekil 1.2'de verilmiştir.

2014-2017 Meteoroloji verileri doğrultusunda hesaplanan su miktarına bakıldığında yıllık 124,32 mm'lik suyun yeraltına süzüldüğü görülmektedir. Yıllık yağış miktarı 329,03 mm olarak alındığında yağışın %37,8'inin yeraltına süzüldüğü hesaplanmıştır.

Çizelge 1.1. Su bilançosu tablosu (Thornthwaite 1948)

Bilanço Elemanları		A Y L A R												YILLIK
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Sıcaklık	°C	-9,5	-6,7	1,4	7,6	11,8	16,9	21,7	22,7	17,3	9,5	1,6	-4,8	
Düzeltilmemiş PE	mm	-45,59	-31,48	5,99	3,6	57,36	83,91	109,36	102,71	86,02	45,58	6,90	-22,11	
Güneş.sür.göre PE tashih ems.		0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,96	0,83	0,81	
Düzeltilmiş PE	PET	-38,29	-26,14	6,18	39,96	71,12	104,89	138,88	121,20	89,46	43,76	5,73	-17,9	
Yağış	y	16,1	14,5	21,5	38,9	63,5	29,3	23,7	21,03	25,2	43,9	15,7	15,7	329,03
Depo Değişikliği	Dd	54,39	1,9	-	-1,06	-7,62	-75,59	-15,73	-	-	0,14	9,97	33,6	
Depolama	D	98,01	100,0	100,0	98,94	91,32	15,73	-	-	-	0,14	10,11	43,71	
Gerçek Evapotransprasyon	GET	-38,29	-26,14	6,18	39,96	55,88	46,29	23,7	21,03	25,2	43,76	5,73	-17,9	185,4
Su Noksanı	Sn	-	-	-	-	15,24	58,6	115,18	100,17	64,26	-	-	-	
Su Fazlası	Sf	43,96	40,64	15,32	-	-	-	-	-	-	0,14	9,97	33,6	143,63
Yüzeysel Akış	Yü	21,98	31,31	23,31	11,66	5,85	2,9	1,5	0,73	0,36	0,25	5,11	19,36	

Bölge yarı kurak-az nemli, tundra (çok düşük sıcaklıktaki iklimler), yağış düzenine göre su fazlası olmayan veya çok az olan tali iklime sahip olduğu gözlenmiştir (Çizelge 1.1, Şekil 1.2)



Şekil 1.2. Köprüköy ilçesinde 2014-2017 dönemi düzeltilmiş Etp ve yağış'ın aylık değişim grafiği (Thornthwaite 1948)

1.4. Jeotermal Enerji'nin Tanımı ve Kullanım Alanları

Yeryüzünde bulunan havzalardan beslenerek potansiyelini oluşturan ve yer kabuğunda farklı derinliklerde bulunan birikmiş ısıdan meydana gelen, sıcaklıkları bölgesel olarak değişen ve bünyesinde daha çok gazlar ve erimiş mineraller içeren buhardan ve sudan oluşan bir hidrotermal kütledir (Ürün ve Soylu 2016). Jeotermal kaynaklar sahip oldukları sıcaklığa göre farklı kullanım alanları mevcuttur. Söz konusu kullanım alanları Çizelge 1.2'de verilmiştir.

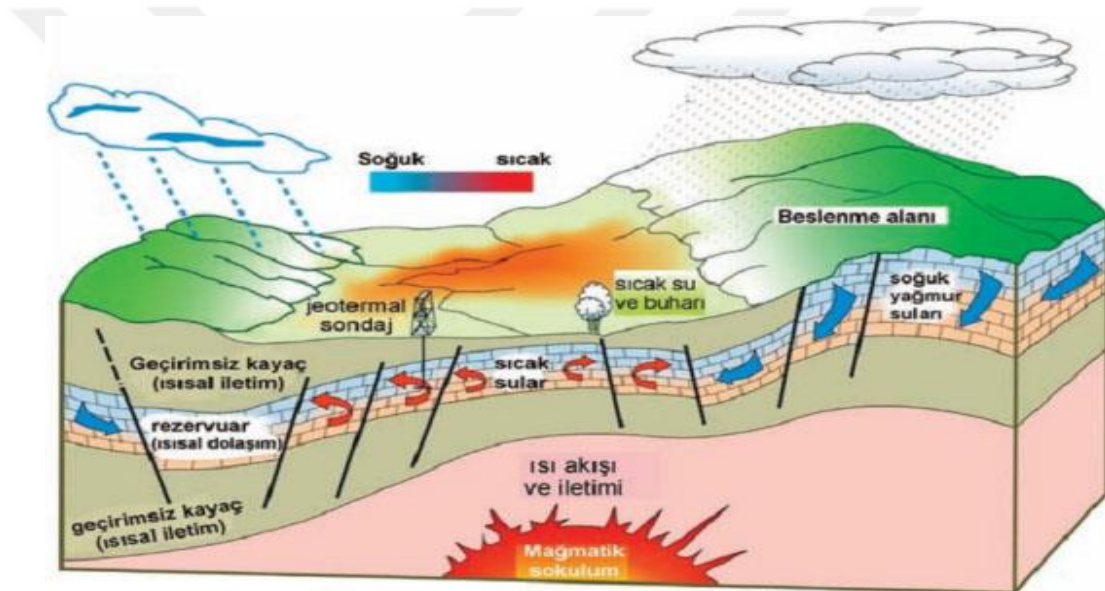
Çizelge 1.2. Sıcaklığa göre jeotermal enerjinin kullanım alanları (Lindal Diyagramı)

Sıcaklık (°C)	Kullanım Alanları
180	Amonyum absorpsiyonu ile soğutma, Elektrik üretimi, Yüksek konsantrasyonlu solüsyonların buharlaştırılması
170	Ağır su ve hidrojen sülfid elde edilmesi, Diatomitlerin kurutulması,
160	Balık kurutma, kereste kurutma
150	Bayer's metodu ile alüminyum elde edilmesi
140	Çiftlik ürünlerinin çabuk kurutulması, konservecilik
130	Tuz endüstrisi, şeker endüstrisi,
120	Distilasyonla temiz su elde edilmesi
110	Çimento kurutma
100	Organik maddeleri kurutma (deniz yosunu, çimen, sebze), yün yıkama ve kurutma
90	Balık kurutma (stok balık)
80	Yer ve sera ısıtma
70	Soğutma (alt sıcaklık limiti)
60	Kümes, ahır ve sera ısıtma
50	Balneolojik hamamlar, mantar yetiştirme,
40	Toprak ısıtma
30	Fermantasyonlar, yüzme havuzları ,damıtma
20	Balık çiftlikleri

Jeotermal kaynaklar dünyada birçok yerde vardır. Jeotermal sistemler ve jeotermal enerji çoğunlukla yerküredeki levha sınırlarıyla ilişkilendirilmektedir. Jeotermal enerji volkanik bölgelerde bulunmakla beraber, sedimanter formasyonlar içinde ılık yeraltı suları olarakta görülmektedir. Doğal çıkışı olan jeotermal sistemler olduğu gibi herhangi bir yeryüzü etkinliği göstermeyen sistemlerde vardır (Satman 2005).

Jeotermal Sistem: Yeraltındaki hidrolik sistemi bütün parçalarıyla birlikte (beslenme zonu, yeryüzüne çıkış noktaları ve yeraltındaki kısımları gibi) tanımlamakta kullanılır. Jeotermal sistem üç ana unsurdan oluşmaktadır: Isı kaynağı, rezervuar ve ısıyı taşıyan akışkan (Şekil 1.3). Isı kaynağı yüksek sıcaklıklı (>600 °C) ve yüzeye yakın kısımlara

ulaşılabilen (5-10 km) magmatik sokulumlar olabileceği gibi, düşük sıcaklıklı sistemlerde de derinlikle birlikte artan normal sıcaklık (jeotermik gradyan-ortalama 2,5-3 °C/100 m) olabilir. Rezervuar ise ısıyı taşıyan sıvının devir-daim edebileceği çatlaklı kayalardır. Rezervuarların üzerinde genellikle geçirimsiz tabakalar bulunmaktadır. Jeotermal akışkan ise çoğu durumda meteorik sudur ve rezervuarda sıcaklık ve basınca bağlı olarak buhar veya sıvı haldedir. Bu su genellikle bazı kimyasal maddeler ve gazlar (CO₂, H₂S gibi) içerir. Şekil 1.3'te ideal bir jeotermal sistem gösterilmektedir (Satman 2005).



Şekil 1.3. İdeal bir jeotermal sistemin şematik gösterimi

1.5. Türkiye'nin Jeotermal Kaynak Potansiyeli

Ülkemizin volkanik akviteler açısından zengin oluşu ve Alp-Himalaya orojenik kuşağında bulunması sıcak su kaynaklarının bolca olmasını ve yurt geneline yayılması sonucunu doğurmuştur. Ülkemiz kaplıca uygulamaları açısından, Avrupa’da üçüncü sırada, potansiyel kaynaklar açısından ise birinci sırada yer almaktadır. Jeotermal kaynakları gerek sıcaklık ve debileri, gerekse çeşitli kimyasal ve fiziksel özellikleri ile Avrupa’daki jeotermal kaynaklardan daha üstün özelliklere sahiptirler. Ülkemiz, sıcaklıkları 20-110 °C derece arasında ve 2-500 lt/sn arasında değişebilen debileriye,

jeotermal kaynak potansiyeli açısından dünyada ilk yedi ülke arasında yer almaktadır (Oyuryüz Şenel ve Gürel 2012). Jeotermal kaynakların şifalı olması insanoğlunun her zaman ilgisini çekerek geçmişten bugüne kadar önemini korumuştur. Ortaçağ'da tıp yetersiz kalmış ve insanları alternatif tedavi kaynaklarına yönelmesini zorunlu kılmıştır (Usta 2002). İnsan sağlığına olan olumlu etkilerinden dolayı jeotermal kaynaklara ilgi günümüzde de giderek artmaktadır.

Yurdumuzda termal suların çok yaygın olarak çıktığı kaynaklar ılıca veya kaplıca olarak tanımlanmaktadır. Konaklama tesisleri ve kür yapma bölümleri bulunan jeotermal kaynaklar kaplıca, bünyesinde herhangi bir tesis bulunmayan jeotermal kaynaklar ise ılıca olarak isimlendirildiği bilinmektedir (Doğanay 2001).

Tıptaki bilimsel gelişmelere yönelik olarak, bilimsel gelişmelere dayalı termal kaynaklardan faydalanma son yıllarda daha fazla önem kazanmaya başlamıştır. Gelişmiş ülkelerde turizm kapsamında ele alınan jeotermal kaynaklar daha fazla öneme sahiptir. Turistik faaliyetlerin çeşitlenmesinde ve yeni turistik çekim alanları haline gelmesinde en büyük neden bu mekânlarda özellikle son yıllarda destekleyici ve önleyici sağlık tedavilerinin yapılabilir hale gelmesidir (Balcıoğulları 2013).

Jeotermal kaynak suları içerisinde bulunan minerallerin özelliklerine göre çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılması ve insan sağlığına olan faydası tıbben kabul edilmektedir (Şahin 2007).

Fosil yakıtların enerji kaynağı olarak kullanılması ve giderek tükenmeye başlaması yanında yakıldığı anda havaya yüksek oranda verdiği kirlilik nedeniyle, yeni enerji kaynaklarının araştırılmasını zorunlu hale getirmektedir. Gün geçtikçe artan enerji ihtiyacımızın büyük bölümünün yenilenebilir enerji kaynağı olan jeotermal kaynaklı enerji ile karşılanması hem hava kirliliğini düşürecek, hem de ülke ekonomisine ciddi katkı sağlayacaktır (Arslan vd 2001).

Jeotermal kaynak açısından zengin olan ülkemiz potansiyel olarak dünyanın 7. ülkesi konumundadır. Ülkemizde jeotermal alanlardan çıkarılan sıcak sular “düşük ve orta sıcaklıklı” alanlar grubuna girmektedir (Arslan vd 2001).

MTA tarafından 1962 yılından beri yürüttüğü jeotermal enerji kaynaklarına yönelik araştırmalarda 287,5°C sıcaklığa sıcaklığa ulaşan jeotermal enerji kaynak alanı tespit edilmiştir. 1990’lı yıllarda durma noktasına gelen jeotermal enerji arama çalışmalarına, 2005 yılında hız verilmiş ve sondajlı jeotermal enerji aramaları 2.000 metre seviyesinden 28.000 metre seviyesine çıkarılmıştır. 2002 yılında Elektrik Üretimi 15 MWe iken 2017 yılı Haziran sonu itibariyle sonunda 860 MWe çıkmış, %5.633 artış olmuştur. Ülke Görünür ısı kapasitesinde ise 2002 yılında 3.000 MWt den 2017 yılında 15.500 MWt e çıkmış %416 artış sağlamıştır (MTA 2017).

Şekil 1.3’teki taralı alan (TA) bölgesi içerisinde Bayburt, Erzincan ve Erzurum illerini kapsayan Doğu Anadolu ve Kuzey Anadolu fay hatlarının kesişim noktasında yer almaktadır. Bölge’nin bu hatların kesişim noktasında yer alması, jeotermal kaynaklar bakımından zengin bir potansiyele sahip olmasını sağlamaktadır. Ancak bölgenin bu potansiyelden çok az miktarda yararlanmasının sebebi yapılan sondajların ve mevcut tesislerin yetersiz olmasıdır (Anonim 2003).

Köprüköy-Deliçermik jeotermal sahasında sıcak su ile killi malzemenin karışımından oluşan termal çamurun zengin mineral içeriğinden dolayı daha çok termal çamur olarak kullanılmaktadır. Yapılan analizler, Köprüköy-Deliçermik jeotermal sahasında bulunan jeotermal suyun solunum yolu hastalıklarına, romatizmal hastalıklara, metabolizma bozukluklarına, göz hastalıklarına ve sindirim sistemi hastalıklarına iyi geldiği tespit edilmiştir. Kültür ve Turizm Bakanlığı standart verilerine göre bir günde 3.600 kişinin sıcak su ihtiyacını karşılayabilmekte olup, mevcut jeotermal akışkan potansiyeli 30 lt/sn civarındadır (Anonim 2003).



Şekil 1.4. Jeotermal kaynakların dağılımı

Jeotermal kaynakların aranması ve tespit edilmesi ve çıkartılması'nın önemli olduğu kadar, bu kaynaklardan faydalanmanın sürdürülebilirliğinde o kadar önemlidir. Eğer bu kaynaklar yeterince korunmazsa verimliliğin giderek düşeceği hatta yok olma tehlikesiyle bile karşı karşıya kalacağı unutulmamalıdır (Bulut ve Filiz 2005).

1.6. Termal Çamurların Özellikleri

Ülkemizde termal çamurun sağlık amaçlı kullanımı tarih öncesi devirlere kadar uzanmaktadır. Modern tıbbın gelişmesi ile çamurun kullanımında azalma olmuş, fakat son yıllarda insanların doğal tedavilere olan ilgisi ile birlikte bilim insanları çamurun tedavi edici özelliklerini araştırmaya başlamışlardır. Bunun sonucu olarakta termal çamurun tedavi amaçlı kullanımı yaygınlaşmaktadır.

Ülkemizde kil ve benzeri birçok termal çamur kaynağı mevcut olup, bu kaynaklar çok zengin bir mineral içeriğine sahiptir. Çok eskiden beri termal kaynak suları ve belirli özellikteki termal çamur kaynakları sağlık amaçlı olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Günümüzde ruhsatlı, sağlığa uygunluğu ve içeriği belirlenerek test edilmiş ürünlerin dışında ampirik şekilde halkın kullandığı termal çamurlarda

bulunmaktadır. Bütün termal çamurların mineral içeriğinin aynı olmadığı göz önünde alınarak, kullanılacak çamurun özelliklerine göre tedavi planlanması çok önemlidir. Ruhsatlı olan termal çamur kaynakları piyasaya sunulmadan önce gerekli analizleri analizleri yapılarak sağlık bakanlığınca onaylandıktan sonra kullanıma sunulmaktadır (Özay ve Karagülle 2013).

Bilimsel çalışmalar, bazı jeotermal kaynakların kimyasal bileşiminde bulunan minerallerin insan bünyesinde bulunan bazı hastalıkları tedavi edici özelliğe sahip olduğunu göstermiştir. Günümüzde sağlık bakanlığından onay almış bir çok jeotermal kaynakta cilt bakımı dahil olmak üzere çeşitli hastalıkların tedavisinde termal çamur yaygın olarak kullanılmaktadır (Karakaya 2009).

Köprüköy-Deliçermik jeotermal sahasında bulunan termal çamurun romatizmal hastalıklara iyi gelmesi yanında, termal suyun içme olarak iç tedavi uygulamasında ve banyo olarak dıştan tedavi uygulamasında başarıyla kullanıldığı bilinmektedir. Yapılan çalışmalar, banyo olarak kullanıldığında; anemi, hipertansiyon, romatizma, deri hastalıkları, kadın hastalıkları, metabolizma bozuklukları, sinir ağrıları, sinir iltihabı, beslenme bozukluklarına iyi geldiği, içme olarak kullanıldığında ise hazmı kolaylaştırma, mide rahatsızlığında tedavi edici etkiye sahip olduğunu göstermiştir (Doğanay ve Soylu 1999).

Turbaca zengin özel termal çamur kaynakları Eski Yunan ve Çin’de yüzyıllar boyunca hastalıkların tedavisinde kullanılmıştır. Yine Romalılar termal suyla oluşan çamurlardan yararlandıkları bazı kaynaklarda yer almaktadır. Termal çamur ülkemizde eskilerden beri kullanılmakta olup, vücuda uygulandığında fulvik ve humik asit aracılığı ile derinin altına etki ederek kan ve lenf hücrel aktiviteyi hızlandırma, gevşeme, dolaşım sistemini uyarma, bağışıklık sistemini geliştirme, vücudu stresten koruma gibi birçok iyileştirici etki göstermektedir (Erdurur 2009).

Ülkemizde tedavi amaçlı termal çamur uygulamalarına sıklıkla rastlanmakta olup, bu tür doğal çamur uygulamaları giderek yaygınlaşmaktadır. Tedavi amaçlı uygulanmak istenen termal çamur, mutlaka bir uzmandan yardım alarak onun kontrolünde vücuda

genel olarak veya bölgesel olarak uygulanmalıdır. İlk uygulamadan sonra etkisini göstermeye başlayan çamur banyosu günlük 40-45 derece sıcaklıkta ve 15-20 dakika uygulandığında etkili sonucu vermektedir. En az birkaç kez tekrarlanarak kullanılması tedaviyi daha olumlu hale getirmektedir (Oyuryüz Şenel vd 2012).

Çamurun (peloid) özelliği: Termal çamur, bulunduğu bölgeye bağlı olarak biyolojik ve mineral içeriğine göre farklılık göstermekte ve yüksek oranda selenyum, tuz, çinko, mangan ve bakır içermektedir. Genel olarak çamurun içeriği; volkanik kül, yosun ve kilden oluşan kaynak ve toprak suyundan oluşmaktadır. Hastalığın çeşidine göre termal çamurun değişik kombinasyonları kullanılmaktadır. En faydalı termal çamur olan Lut Gölü termal çamuru zengin tuz ve mineral içeriği ile önem kazanmıştır (Oyuryüz Şenel vd 2012).

Çamurun (peloid) faydaları: Fiziksel ve zihinsel açıdan birçok faydası bulunan termal çamur uygulaması; kadın hastalıkları, romatizmal hastalıklar, ortopedik ameliyatlar sonrasında ya da kırılma sonucu zarar gören eklemlerin onarılması, eklem ve kemikte kireçleme ile siyatik için oldukça faydalı olmaktadır. Sinir sistemini ve bağışıklığı güçlendirmekte olup, cilt için sayısız faydaları mevcuttur. Antioksidan kaynağı olması sebebiyle siyah noktaları gidermekte, akneleri temizlemekte, güneşten kaynaklanan ya da hamilelikte oluşan lekeleri yok etmekte, ölü deriyi temizleyip canlandırmakta ve cildi yumuşatarak cildin pürüzsüzleşmesini sağlamaktadır. Selülit, sedef hastalığı, egzama, hastalıklarına yararı bulunmaktadır. Vücudu dinlendirerek yorgunluğu almakta, iltihapları gidermekte, yaşlanmayı geciktirmektedir (Oyuryüz Şenel vd 2012).

Çamur (peloid) uygulamaları: Termal çamur uygulamaları; oturma, yarım ve tam banyolar ya da daha çok paketler şeklinde uygulanmaktadır. Bu tarz uygulamalarda en sık uygulanan yöntem paleoterapi yöntemidir. Çamur banyosu uygulamalarında termal suyla karıştırılmış şifalı topraklar, delta balçıkları ve mineralli bataklık malzemesi kullanılmaktadır. Sıcaklıkları 50°C'ye kadar olabilen termal çamurlar vücudun belli bölgelerine uygulanmakta olup, uygulama süresi genellikle 30-40 dakika civarındadır. Uygulama sıklığı da iki veya üç günde bir yapılmakta ve bir kürde ortalama 15-18

uygulama yapılmaktadır. Banyo süresi 15-20 dakika olan ve suyun sıcaklığı 39-40°C arasında tam termal çamur banyosu yapılmaktadır. Bir kürde 8-10 defa ve haftada 2-3 kez olmak üzere uygulanalar yapılmaktadır. Suyun sıcaklığı 38-42°C arasında, 10-25 dakika arasında yarım banyo uygulaması yapılmaktadır ve bu tür banyolar bir kürde 10-12 defa, haftada 2-3 kez yapılmaktadır. Suyun sıcaklığı 39-44°C ve banyo süresinin 15-30 dakika arasında tutulmasıyla oturma banyosu yapılmaktadır. Bir kürde 12-16 defa ve haftada 3-4 kez olmak üzere uygulanmaktadır. Sürenin sonunda vücut ılık bir duş ile temizlenerek uygulama tamamlanmaktadır (Oyuryüz Şenel vd 2012).

Kaynak suyunun çıktığı yerden doğal olarak veya toprağın termal su ile karıştırılması ile suni olarak termal çamur uygulanabilmektedir. Suni çamur uygulamasında ise kaynağın etrafında oluşan çamur istenilen sıcaklığa ve duruma getirilerek insan vücuduna uygulanmaktadır. Termal çamur banyosu uygulamaları değişik şekillerde uygulanmaktadır. Bunlar;

Çamur banyosu: İçerisinde çamur bulunan küvette uygulamakta olup, banyo süresi en fazla 20 dakika ve çamur yaklaşık 350 ml kadardır, çamur sıcaklığı 38-42°C dereceye kadar olmaktadır. Tedavi görecekt kişi gerek vücudunun tamamını gerekse bir kısmını termal çamur küvetlerine sokularak kür gerçekleştirilmektedir (Oyuryüz Şenel vd 2012).

Sıvama çamur uygulaması: Yaklaşık 15-20 kg ağırlığında hazırlanan çamur, sıvama masası üzerinde 42-45°C sıcaklığında ve yaklaşık 20 dakika boyunca insan vücuduna uygulanmaktadır (Oyuryüz Şenel vd 2012).

Beleme çamur uygulaması: Bu uygulama diğer uygulamalardan farklı olarak insan vücuduna kuru olarak çamurun tatbik edilmesiyle yapılmaktadır. 54-56°C sıcaklıklı çamur 20 dakika süreyle uygulanmaktadır (Oyuryüz Şenel vd 2012).

Fango-parafango: Amacı sinirleri rahatlatmak olan bu çamur uygulamasında mumun ana maddesi olan parafin karıştırılarak beyaz renkli karışım elde edilmektedir. Bu uygulamadan zayıflamak isteyenler, selülit problemi olanlar ve varis sıkıntısı olanlar faydalanabilmektedir (Oyuryüz Şenel vd 2012).

1.7. Çevre Kirliliği

Çevrenin doğal düzenini bozan ve canlı varlıkları etkileyen dış etmenler çevre kirliliği olarak tanımlanmaktadır. Çevre kirliliğine sebep olan en önemli kaynaklar endüstriyel, kentsel ve tarımsal faaliyetlerden oluşmaktadır. Çevrede, fiziki ve biyolojik unsurlarla olan canlıların ilişkileri onların sağlıklı gelişmesi yönünde imkân veriyorsa doğal denge mümkün olduğu kadar korunmakta bunun sağlanmadığı durumlarda ise çevrenin doğal dengesi bozulmaktadır (Çınar 2008).

Sanayileşmeye paralel olarak artan ekonomik faaliyetler, gelişen teknoloji, nüfus artışı ve hızlı kentleşme üretim ve tüketim sırasında doğadaki biyolojik ve ekolojik dengenin bozulmasına ve önemli derecede çevre kirliliğine neden olmaktadır. Çevre kirliliğinin en önemli nedenleri ülkelerin gelişmelerinin temel unsurlarını oluşturan sanayi, tarım, ulaşım, turizm ve enerji sektörlerindeki faaliyetlerdir. Bu sektörlerde kalkınma sağlanırken, yapılacak yatırımların çevre ile uyumlu olması ve çevrenin korunması için tedbirlerin alınması çevre kirliliğini kontrol altına alacaktır (Çınar 2008).

Çevre kirliliği, daha çok çevrenin doğal dengesinin antropojik etkenlerden dolayı bozulması ile oluşmaktadır. Aslında bu dengenin bozulması, yıllar boyunca devam etmesine rağmen yukarıda bahsedilen kalkınmaya dayalı gelişmeler nedeniyle hızlanmaktadır. Bu değişimler sonucu, doğal çevrede su, toprak ve hava kirliliği, küresel ısınma ve doğal kaynakların tahribi gibi sorunların yanı sıra sağlıksız kent mekânları (betonlaşmış yapılar, açık kanalizasyonlar, çöp ve sanayi atıkları vb.) gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Yaşadığımız çevrede, iyi kullanılmadığı ve kullanım özellikleri iyi değerlendirilemediği için oluşan sorunlar gün geçtikçe artmaya devam etmektedir. Söz konusu problemlerin çözümü ise doğal dengeyi bozan faktörlere karşı ciddi ve acil önlemler alınması ile mümkün olmaktadır (Çınar 2008).

Çevreye zarar veren bir diğer unsur ise, jeotermal enerji kaynak uygulanması sonucu oluşan bozukluklardır. Bu uygulamalar sonucu; yeraltı suyu, hava, yüzey suyu ve gürültü kirliliği meydana gelmektedir. Jeotermal enerji kaynakları, diğer doğal

kaynaklara göre çevreye olumsuz etkisi daha azdır, fakat gerekli önlemler alınmazsa çevreye negatif yönde etki yapması kaçınılmazdır. Termal atıksular sıcaklığı yüksek ve bor (B), arsenik (As), silis (Si) elementleri bakımından zengindir. Atıksuların nehir, göl ve akarsulara bırakılması sonucu suyun kimyasını değiştirerek doğrudan kirliliğe neden olmaktadır. Dolaylı olarak ise yüzeye bırakılan atıksu yeraltı suyu kirliliğine neden olmaktadır. Isıtma veya elektrik enerjisi olarak kullanılan termal suların havaya saldırdığı gazlar da kirlilik oluşturmaktadır. Bu olumsuzlukları önlemek büyük önem taşımaktadır. Jeotermal arama çalışmalarında gerekli kontroller ve ölçümler yapılarak jeoloji, jeofizik ve kimyasal özellikler araştırılarak değerlendirme yapılmalıdır. Kaynakların sürdürülebilir olması için ek beslenme kaynakları oluşturulmalı, kullanılan su tekrar rezervuara gönderilmeli ve atıksular için uygun bir arıtma yapılarak ortamlara bırakılmalıdır. Bu durumda çevre üzerindeki zararlı etki önlenilmekte ve çevre dostu enerji kaynağı haline gelmektedir (Badruk 2003).

1.7.1. Yosun kirliliği ve kontrolü

Öncelikle, su kirliliğinden bahsedecek olursak; suyun biyolojik ve fiziko-kimyasal özelliklerinde insan faaliyetlerinden dolayı meydana gelen olumsuz değişim şeklinde tanımlanmaktadır. Kanalizasyon ve katı atıklar, endüstri ve ticari faaliyetler sonucu oluşan atıklar, toksik maddeler ve hayvansal atıklar su kirliliğine neden olan temel kirletici olarak bilinmektedir. Bu kirleticilerden bazıları çok zararlı olmamalarına rağmen su ile karıştıktan sonra oluşan biyokimyasal reaksiyonlar sonucu çok zararlı hale gelebilmektedirler.

Organik atıkların mikroorganizmalar tarafından parçalanmaları sırasında mikroorganizmalar sudaki oksijeni tüketmektedir. Eğer organik atıklardaki besin maddeleri mikroorganizmaların tüketim kapasitesinden fazla ise alg patlaması meydana gelmekte ve bu olay ötrofikasyon olarak adlandırılmaktadır. Mikroorganizmalar ve algler sudaki oksijeni tüketmeleri sonucu suda oksijen açığı oluşmaktadır. Aerobik mikroorganizmanın aleyhine, anaerobik koşullarda yaşayan mikroorganizmalar gittikçe çoğalmaktadır. Mikroorganizmalar suda yaşayan canlılar için zararı olan metan ve

hidrojen sülfid gibi zehirli gazlar oluşturarak balıklar ve diğer suda yaşayan canlıların ölümüne yol açmakta, sudaki biyolojik çeşitlilik azaltmakta ve ekolojik dengeyi bozmaktadır (Çınar 2008).

Algler genellikle yarı sucul ve sucul habitatlarda (nehirler, okyanus, çaylar, tatlı su gölleri, dereler, kutup gölleri, su birikintileri vb.) yaşayan ototrof, basit yapılı selülöz çeperi bulunan ve fotosentez yapabilen ökaryotik canlılardır. Ancak alglerin bazıları fotosentez yapamazlar. Boyutları mikroskobik boyuttan birkaç metreye kadar olabilirler (Anonim 2017).

Algler karalarda, kara bitkilerinin yüzeylerinde ve nemli topraklarda yaşarlar. Diğer pigmentlerle birlikte klorofil a içerirler. Bu pigmentler sınıflandırılmalarında önemli rol oynarlar. Doğal sularda bulunan algler çoğunlukla mikroskobik boyutta olurlar. 25 metre derinliğe kadar okyanuslarda bulunurlar. Fotosentezle %70 kadar oksijeni atmosfere bırakırlarken algler tek tip deniz hayvanları için birincil besin kaynağıdır (Anonim 2017).

Yosunlar eğer termal su yüzeyinde oluşuyorsa görüntü kirliliği meydana getirir ve kontrolsüz büyümeleri sonucu suyun estetiğini bozmaktadırlar. İçme sularında ise sorunlara ancak çoğaldıkları zaman neden olurlar. İçme sularının rezervuar kaynaklarında yosun oluşması ciddi tehlikelere yol açmaktadır. Su haznesindeki yosunlar kötü tat ve kokulara neden olmakta ve su filtrelerinin döngüsünü kısaltıp, filtreye yapışarak filtreden su besleme borusunun ağzına nüfus ederek boru şebekesinin su kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir.

Algler genellikle; mavi-yeşiller, yeşiller, diyatomlar ve kamuflejlar olmak üzere dört grup altında sınıflandırılmaktadır. Bunlardan en tehlikeli olanı mavi- yeşil alglerdir. Bazıları balıklar için tehlikeli iken, insanlarda ise cilt tahrişlerine neden olmaktadır. Bakır sülfat, kimyasal ön oksidasyon-pıhtılaşma, flotasyon işlemi yaygın kullanılan kontrol yöntemleridir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Çalışma alanı ve çevresinde genel jeoloji, petrol, volkanizma ve jeotermal amaçlı jeolojik ve jeokimyasal amaçlı çok sayıda çalışma yapılmıştır. Yerel ve bölgesel ölçekli bu çalışmaların bir kısmı aşağıda verilmiştir.

Dağıstan (2001), Erzurum-Köprüköy-Deliçermik kaplıca alanının jeolojisi ve jeotermal enerji olanakları projesi adlı çalışmasında Köprüköy-Deliçermik Ilıcası ve civarının sıcak su kaynaklarını inceleyerek bölgenin jeolojik ve jeotermal yönden etüdünü yapmıştır. Kuzeydoğu Anadolu Fay Kuşağı üzerinde ve Erzurum-Kars Volkanik Platosu içerisinde yer alan Köprüköy-Deliçermik Jeotermal Alanı ele alınmış ve bölgede yer alan volkanik kayalar eski çalışmalar dikkate alınarak oluşum evrelerine ayrılmış ve ayrıntılı haritalamasını yapmıştır. Deliçermik kaynaklarından çıkan su, çamur banyosu amaçlı kullanılmaktadır.

Rather (1965), Pasinler-Horasan Sahası'na ait genel jeolojik çalışmasında, bölgede bulunan volkanik kayalar oluşum evrelerine ayırt edilerek bölgenin jeolojik haritası hazırlanmıştır. Bölgeden alınan arazi örneklerinden elde edilen analiz sonuçlarına göre volkanik kayalar andezit ve bazalt trakitten oluşmaktadır.

Kalkan vd (2012), Erzurum (Köprüköy) killi hammaddelerinin termal çamur özelliklerinin değerlendirilmesi adlı çalışmalarında, Erzurum Köprüköy killi jeolojik birimlerin sağlık amaçlı mineralojik ve fizikokimyasal özelliklerini incelemişlerdir. Köprüköy-Deliçermik (Erzurum) jeotermal alanında bulunan gölsel ortamda çökelmiş Pliyosen yaşlı jeolojik birimlerden hammadde örnekleri toplayarak mineralojik ve fizikokimyasal özellikleri incelenmiştir. Deney sonuçlarına göre ortamda hangi tür kil mineralleri olduğu belirlenerek mevcut killerin sağlık ve kozmetik alanında kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Karakaya ve Karakaya (2009), termal çamurların tedavi amaçlı kullanım uygunluğunu belirleyen parametreleri incelemişlerdir. Kil minerallerinin insan sağlığı açısından onemi ortaya konmuştur. Yapılan araştırmalarda, hamile bayanların kil yemesi kemiğin kalsiyum ihtiyaının büyük bir kısmını karşıladığı, fetusun sağlıklı olmasında ciddi katkısının olduğu belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmada Türkiye’de mevcut termal çamurların analizlerinin yapılması, sertifikalandırılması, standart kriterlerin belirlenmesi gerektiği vurgulanmıştır. Ayrıca termal çamurun sağlık alanında kullanımını artırmak amacıyla yeni rezervlerin araştırılması, hastalığın çeşidine göre bazı standartların oluşturulması ve amurlarının özelliklerinin belirlenmesi gerektiğini aksi takdirde yeterince araştırılmadan kullanımı istenmeyen sonuçlar doğurabileceği gerçeğini dile getirmiştir.

Koçyiğit (1985) alışmasında, 30 Ekim 1983 yılında meydana gelen Horasan-Narman depreminde oluşan kırıkları inceleyerek Muratbağı-Balabantaş arasında kalan kısmın jeolojik ve tektonik özellikleri araştırılmıştır. obandede fay kuşağı olarak isimlendirilen KD-GB sıkışmalarla sonuçlanan sol yanal doğrultu atımlı fay kuşağının bölgenin depremselliğinde onemli rol oynadığı açıklanmıştır. Az sayıda eşlenik olarak sağ yanal kırıkların olduğunu belirterek "Çobandede Fay Kuşağı" olarak isimlendirmiş ve bu fay sistemi içerisinde az da olsa sağ yönlü kırıklarında bulunduğu kaydetmiştir.

Ercan vd (1990), Güneydoğu ve Doğu Anadolu Neojen-Kuvaterner Volkanitlerine İlişkin Radyometrik, Yeni Jeokimyasal ve İzotopik Verilerin Yorumu adlı çalışmalarında, Neojen-Kuvaterner dönemi volkanitlerinin radyometri, jeokimya ve izotop analizlerini yapmışlardır. Analiz sonuçlarını daha önceleri elde edilmiş verilerle birlikte yorumlamışlardır. Erzurum Volkanitleri'nin esas olarak kalkalkalin, birkaç örnekten toleyitik ve alkalın nitelikte olduğuna, bileşim olarak ise bazalttan-riyolite değin geniş bir zaman aralığı sunduğunu yer yer de piroklastik ürünler içerdiklerini belirtmişlerdir.

Keskin (1998), Erzurum- Kars Platosunun arpışma kökenli volkanizmasının yeni yaş bulguları ışığında evrimi ve volkano-stratigrafisi isimli çalışmasında, Erzurum-Kars

Platosu'nun, Dumludağ-Kağızman arasında kalan belirli bir kesiminin yeni K/Ar radyometrik yaş verileri ışığında volkano-stratigrafisini ele alarak haritalamasını yapmıştır. Volkanik kaya birimlerinin minerolojik ve petrografik bileşimlerinin tanımlanmasında elektron mikro-prob analizleri kullanılmıştır. Çarpışma kökenli volkanik aktivitenin horasanın kuzey alanında bazik bileşimli lavlarla 11 My önce başladığını, 6-7 My önce doruğa ulaştığını, 2.7-3.5 My öncesine kadar devam ettiğini tespit etmiştir. Erzurum-Kars platosu volkanitlerinin Hawaii tipi çatlak püskürmeleriyle çıktığını ve KD-GB doğrultusunda bölgeyi keserek geçtiği ifade edilmiştir.

Papuççu ve Altuner (1993), Köprüköy- Deliçermik alg florası üzerinde bir araştırma yapmıştır. Bentik ve fitoplankton alglerinin kompozisyonu, alglerin yoğunluğu ve mevsimsel değişimlerini incelemiştir. Ayrıca termal suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerini ortaya koyarak bölgede etkili olan ekolojik faktörlerin alglerle ilişkisini ortaya koymuşlardır.

Soylu ve Doğanay (1999) yaptıkları çalışmada, Köprüköy-Deliçermik jeotermal sahasının turizm açısından önemi incelenmişlerdir. Termal kaplıcanın konumu, bölgenin jeolojik özellikleri, jeomorfolojik yapısı, hidrografik durumu ve termal suyun tedavi özellikleri hakkında bilgi vermişlerdir. Yapılabilecek bazı düzenlemeler ile kaplıcanın geliştirilmesi halinde önemli bir termal turizm merkezi olacağı yerli ve yabancı turistlerin daha fazla ilgisini çekeceği vurgulanmıştır.

Bastem ve Koşan (1997), Termal Turizm ve Erzurum'un Termal Turizm potansiyeli isimli çalışmalarında, turizmin önemi, tarihsel gelişimi, şekilleri ve çeşitlerinden bahsederek sağlık turizmi hakkında detaylı bilgi aktarmışlardır. Türkiye'de mevcut termal tesislerin niteliksel ve niceliksel durumları hakkında bilgi vererek kaplıca ve içmelerin sınıflandırılmasını yapmışlardır. Erzurum ilinin termal turizm potansiyeli hakkında bilgi verilerek mevcut tesisler hakkında aydınlatıcı bilgiler sunulmuştur. Türkiye'de termal suların olmasına rağmen termal turizmin ülkemizde yeterince gelişmediğinden ve termalizim alanında söz sahibi olan ülkelerle yarışabilmemiz için modern tesislere ihtiyaçtan bahsedilmişlerdir.

Kılıç ve Kurt (2006) tarafından yapılan bir çalışmada, Pasinler (Erzurum) kuzeyindeki volkanik kayaçların jeokimyasal ve petrografik incelemesini yaparak bölgedeki volkanik kayaçların ana, iz ve nadir toprak element analiz sonuçlarına göre kayaçların jeokimyasal adlandırmasını yapmışlardır. Birimlerin minerolojik ve petrografik analizleri yapılarak bileşimleri ortaya konmuştur.

Özay (2013) çalışmasında, Türkiye'nin peloid kaynakları açısından zengin olduğunu belirtilerek bu kaynakların kullanılmasına yönelik bazı peloid örnekleri üzerinde detaylı inceleme yapmıştır. Ayrıca kimyasal ve minerolojik içeriklerini belirleyerek sınıflandırmıştır. Çalışmadan elde ettiği sonuçların söz konusu kaynakların değerlendirilmesinde kullanılmasının faydalı olacağını vurgulamıştır.

Korkmaz Başel vd (2010) çalışmalarında, jeotermal enerji hakkında bilgi vererek ülkemizin jeotermal enerji potansiyelini bilimsel olarak ortaya konmuştur. Jeotermal potansiyelin belirlenmesinde çeşitli varsayımlar kullanılmıştır. Sonuçlar ülkemizin potansiyel kaynak bakımından zengin olduğunu göstermiştir.

Şafak ve Kaya (2016) yaptıkları çalışmada, Horasan formasyonu içerisinde yer alan ostrakod faunası ve formasyonun ortamsal özellikleri hakkında bilgi verilmişlerdir. Araştırma bulguları ışığında yaş ve ortamsal şartlar hakkında yeni değerlendirmelerde bulunmuşlardır.

Akbulut (2010) tarafından yapılan ve Türkiye'de kaplıca turizmi ve sorunlarını ele alan bir çalışmada termal turizm konusunda ülkemizin yeterince gelişmediğine vurgu yapılmıştır. Kaplıca turizminin geliştirilmesi ve ülke ekonomisine faydası açısından bazı tavsiyelerde bulunulmuştur.

Balcıoğulları (2013), Evliya Çelebi tarafından kaleme alınan Seyahatname'de şifalı termal sularla ilgili yaptığı gözlemleri ile günümüzdeki jeotermal suların durumlarını karşılaştırarak değerlendirme yapmıştır. Çalışma, Seyahatname'de geçen çoğu bilginin doğru olduğunu bilimsel olarak ortaya koymuştur.

Başar (1973), Erzurum ilinin şifalı su potansiyeli üzerine detaylı bir inceleme yapmıştır. Çalışmasında, tespit edilmiş şifalı suların özelliklerini ortaya koyarak, Erzurum ilinde bulunan şifalı suların bulundukları yerler ve bu suların özellikleri hakkında detaylı bilgiler vermiştir.

Özdemir (1974) yaptığı çalışmasında, Erzurum ve etrafındaki şifalı sayılan suların sağlığa etkileri ve fiziko-kimyasal özellikleri hakkında detaylı inceleme yapmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, suların şifalı olma özellikleri belirlenerek hangi rahatsızlıklara iyi geldiği konusunda bilgi verilmiştir.

Pasinler jeotermal sahasında yer alan kaplıcalarının coğrafi etüdünü yapan Ünal ve Doğanay (2003) çalışmalarında, kaplıcaların genel özellikleri hakkında detaylı bilgi sunmuşlardır. Söz konusu kaplıcaların yeterince değerlendirilemediği gerçeğini ve kaplıcalarda bazı eksikliklerin bulunduğunu kaydetmişlerdir. Tespit ettikleri eksikliklerin giderilmesi için alınması gereken önlemleri belirtmişlerdir.

Köprüköy-Deliçermik jeotermal sahasında bulunan termal çamur ciddi boyutlarda yosun oluşumu gözlenmektedir. Bu durum termal çamurun kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Aynı zamanda görüntü kirliliği meydana getirmektedir. Köprüköy-Deliçermik jeotermal sahasında bu problemin çözümü için yosun giderme çalışmasına rastlanmamıştır. Ancak, sağlık açısından yosun oluşmuş göllerin kullanımının iyileştirilmesi amacıyla pek çok çalışma yapıldığı tespit edilmiştir. Bu çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Kothandaraman and Eyans (1972 tarafından göleti arındırmak için yosun giderilmesi çalışması yapılmış ve bu çalışmada, yosun giderme yöntemlerinin oldukça maliyetli olduğuna vurgu yapmıştır. Yosunlar, hayvan yemi için uzaklaştırıldığında, zehirli veya başka zararlı etkileri olmayacak şekilde içerisindeki kimyasallardan dikkatli bir şekilde ayrılması gerektiği belirtilmiştir. Yosunların kimyasal çökeltilmesi, yük nötralizasyonu, topaklaşma ve sedimentasyona bağlı olduğu bilgisi verilmiştir. Kimyasal koagülantlar, öncelikle katyonik polimerler, kireç, şap ve ferrik tuzlar, yosunların pıhtılaşmasını ve

çökmesini sağlamak için etkili olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada; kimyasal çökme, santrifüj, yüzdürme, yukarı akım temizleyicileri, süzme ve muhtelif fiziksel yöntemler kullanılarak yosun giderimi sağlanmıştır.

Shen *et al.*(2010), tarafından yapılan çalışmada, yosun giderimini artırmak için içme suyu arıtma tesisini klorlama işlemi yapıldığı vurgulanmıştır. Yosunların büyümesinin engellenmesi ve oluşmaması için yapılan deneylerden ve yöntemlerden bahsedilmiştir. Sonuç olarak potasyum permanganat ve klor dozajını 0.3 mg/L artırarak yosun giderimi sağlanabileceği bilgisi paylaşılmıştır. Yosun yoğunluğu 1.0×10^6 veya daha fazla yoğunlukta olduğunda 13 mg/L dozunda kullanılarak iyi sonuçlar elde edilebileceği belirtilmiştir. 20 mg/L kullanıldığında %96 veya daha fazla yosun gidermek için yeterli olacağı sonucu elde edilmiştir.

Altenor *et al.*(2012), *turbinaria turbinata* türü karayip yosunundan metilen mavisi moleküllerini uzaklaştırmak için yosunun emiciliği üzerinde araştırma yapmışlardır. Öncelikle, yüzey dokusunu ve gözenekli yapıyı izlemek için izoterm analizi ve taramalı elektron mikroskobu kullanılarak kahverengi yosun üzerinde çeşitli karakterizasyon analizleri yapılmıştır. Sonucunda yosunun gözeneksiz yapıda olduğu ancak termal ve kimyasal arıtımla gözenekli yapı elde edilmiş ve gözenek hacmi artırılarak metilen mavisi giderimi sağlanmıştır.

Yang *et al.*(2004), yosunların termokimyasal olarak sınıflandırılması üzerinde laboratuvar ölçekli deneysel araştırma yapmışlardır. Çalışmada verilen bilgilere göre, ötrofik sularda bulunan yosunların enerji dönüşüm özellikleri, ürün dağılımı ve kütle dengesi temel alınarak yürütülen bu çalışmada yosun gideriminde çok başarılı sonuçlar elde edildiğini belirtmişlerdir.

Ma and Liu (2002) yosun giderimi amacıyla yaptıkları çalışmada, yosunların giderilmesi için potasyum ferrat oksidasyonunun etkinliğini araştırmışlardır. Potasyum ferrat ön oksidasyonunun ve aliminyum sülfat ile pıhtılaşmanın neden olduğu yosunların verimli bir şekilde giderilmesi, çeşitli proses mekanizmalarının bir sonucu

olarak öne sürmüşlerdir. Potasyum ferratin hücre duvarına belirgin etkisini taramalı elektron mikroskop ile tespit etmişlerdir. Elde edilen sonuçlar, 15°C sıcaklıkta ve 7.1 pH değerinde yosun gideriminin fazla olduğunu göstermiştir.

Henderson *et al.* (2009), yaptıkları laboratuvar ölçekli deneysel çalışmada, çözünmüş hava flotasyonu yöntemini kullanılarak yosun giderimi amacıyla bir araştırma yürütmüşlerdir. Çalışma sonucunda, yosun gideriminde %95 oranında başarı sağlanmışlardır.

Han and Kim (2001), Kore'nin nehir ve göllerinde yaygın yosun oluşumlarına rastlanıldığından bahsettikleri çalışmalarında sularda oluşan yosunun sudaki yaşam ve insan etkinliği için çeşitli sorunlara neden olduğu belirtmişlerdir. Çalışmada kil ve alglerin çalışma mekanizması incelenerek daha sonra kil yayma yöntemi uygulanarak alglerin ortamdaki uzaklaşması sağlanmıştır.

Henderson *et al.* (2008) yaptıkları çalışmada; dört farklı yosun türünün koagülasyon ve flotasyonunu incelemişlerdir. Verilen bilgiye göre alısmadan elde edilen sonuçlar, zeta potansiyelinin kullanılması alglerin giderilmesi için uygun bir yöntem olduğunu göstermiştir.

Chen *et al.* (2008) hem ozon hem de permanganat ön oksidasyonunun aliminyum pıhtılaşma yoluyla yosun giderimi üzerindeki etkisini karşılaştırmak için laboratuvar ölçekli deneysel çalışma yapmışlardır. Her iki yöntemde, pıhtılaşma yoluyla yosunların giderilmesi için yararlı olduğunu göstermişlerdir. Kaynak suyu fazla kalsiyum içerdiği için, permanganat ön oksidasyonu'nun ozona kıyasla daha etkili olduğunu görmüşlerdir.

Miao *et al.* (2013) yapmış oldukları bir çalışmada; tatlı sulardan yosunları vermikülit kullanarak giderilmesi incelenmiştir. Vermikülüt 6 ve 12 M HCl asit ile işlem gördüğünde 6VE ve 12VE olarak isimlendirmişlerdir. Yosunların %98 oranında giderilmesi için 250 mg/L'lik 12VE ilave edilerek 10 dakika süreyle uygulanması gerektiği belirtilmiştir.

Zhang *et al.* (2006) yapmış oldukları çalışmada, pıhtılaşma ve sonikasyon yani yüksek frekansta ses dalgaları ile hücreyi parçalama işlemi uygulanarak yosun giderimi incelenmiştir. Çalışma sonuçları, yosun gideriminde %90 oranında başarı elde edildiğini göstermiştir. Sonikasyon işleminin pıhtılaşma dozunu üçte iki oranında azalttığı elde edilmiştir.

Lembi (2001) çalışmasında, yosun kontrolü için arpa samanı kullanma tekniğinin İngiltere’de 1990’lı yılların başında geliştirildiğini belirtmiştir. Genel olarak, arpada bulunan mantarın suya süzüldüğü ve yosun oluşumuna engel olan kimyasalı suya verdiği düşüncesi vurgulanmıştır. Çalışma sonucunda, arpanın tüm yosun türlerini yok edemeyeceği ancak genel olarak yosunları azaltacağı ve yok edeceği görülmüştür.

Chen *et al.* (1998) Flotasyon yöntemini uygulayarak yosunların uzaklaştırılması için üç tip kolektör, katyonik N-setil, trimetil amonyum bromür, anyonik sodyum sülfat, noniyonik triton kullanmışlardır. Çalışma sonuçları kollektör ve elektrostatik etkileşimler yosun giderilmesinde önemli rol oynadığını göstermiştir. Flotasyon verimliliği pH’nın 5.0-8.0 aralığında elde edilmiştir.

Liu *et al.* (2012) pıhtılaşma-manyetik ayırma yöntemi ile tatlı sulardan yosun giderilmesi üzerine bir çalışma yürütmüşlerdir. Manyetit, yosunların mıknatıs etkisi ile sudan ayrılmasını sağlamaktadır. Manyetit (Fe_3O_4) ve pıhtılaştırıcı asit birleştiğinde yosunların %99’u 5 dakika içinde uzaklaştırmışlardır. Manyetik pıhtılaşma dozajı 200 mg/L’dir. Çalışmada bulanıklık, kimyasal oksijen ihtiyacı, toplam N, toplam P sırayla %99, 93, 91 ve 94 oranında azalma elde edilmiştir.

Henget *al.* (2009) ultrasonik ışınlama-koagülasyon yoluyla yosun giderilmesi adlı çalışmalarında; ultrasonik ışınlamanın pıhtılaşma yoluyla yosun giderimi üzerindeki etkinliği araştırılmıştır. 40 kHz’de ve 15 saniye boyunca 60 W’da ultrasonik ışınlamanın, direk pıhtılaşma ile karşılaştırıldığında yosun giderimini %12,4 artırmıştır. Sonuç olarak ultrasonik ışınlamanın pıhtılaşmayı artırarak alglerin giderilmesi için etkili olduğunu göstermiştir.

Yan *et al.* (2004) çalışmalarında, jameson hücre teknolojisini kullanarak yosun giderimini araştırmışlardır. Uygun maliyetli hava flotasyon işlemi ile yosunların ve fosforun eş zamanlı olarak giderilmesi sağlanmıştır Bu işlem, yosunları bu yöntemle %98 üzerinde yok ederek kalan fosforları 0,3 mg/L'nin altına düşürmüştür.

Gao *et al.* (2009) yaptıkları çalışmada, elektro-pıhtılaşma-flotasyon (ECF) teknolojisi ile yosunların giderilmesi üzerinde çalışma yapmışlardır. Elde edilen sonuçlar Alüminyum demirle karşılaştırıldığında yosunların giderilmesi için mükemmel bir elektrot malzemesi oluştuğunu göstermiştir. ECF, asit ve nötr koşullarda daha iyi performans göstermiştir. Genel olarak ECF teknolojisi hem teknik hem ekonomik açıdan yosunların giderilmesi için etkili bir yöntem olduğu görülmüştür.

Wright and Hobbie (1966), Sularda bulunan glukoz ve asetik asit'in bakteri ve algler tarafından kullanımı adlı çalışmalarında, glikoz, asetatın bakteriler tarafından kullanımının kinetik ve difüzyon sabitleri tespit edilmiştir. Glikoz ve asetatın üretilen alglerde bakteri alımı %10'dan az olduğunu tespit etmişlerdir. Test edilen birkaç suda glikoz ve asetat 1-10 mg/L olduğu görülmüştür. Bu düşük konsantrasyonda ise algleri, bakteri ile doğal sulardan kolayca uzaklaştırarak sularda büyümesine engel olunmuştur.

Zilouei and Javanbakht (2015), Çevre kirliliğine neden olan yosun, mantar ve maya gibi biyokütlelerin ve endüstriyel mikroorganizmaların ağır metalleri etkin bir şekilde giderdiğini belirtmişlerdir. Metallerin biyokütleyle nasıl bağlandığını anlamak için, metal bağlanmasından sorumlu işlevsel grupları belirleyerek, bu grupları hücre duvarlarında karakterize etmişlerdir. Biosorbentler metal iyonlarının adsorpsiyonunda yapılarında bulunan karboksil, imidazol, sülfidril, amino, fosfat, sülfat, tioeter, fenol, karbonil, amid ve hidroksil gruplarını kullandıkları belirlenmiştir. Bunlar, yüzey aşılama veya fonksiyonel grupların değişimi yoluyla biyosorbentlerin iyileştirilmesine yardımcı olabileceği tespit edilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu bölümde, deneyler esnasında kullanılan kimsayal malzemeler, laboratuvar cihazları ve ayrıca deney yöntemlerinden bahsedilmiştir. Materyal kısmında tezin amacı doğrultusunda kullanılan kimyasallar; demir klorür, kalsiyum oksit, alüminyum sülfat ve sodyum karbonat hakkında bilgi verilmiştir. Yöntem kısmında ise çalışma hedefi doğrultusunda yosun giderilmesi için gerçekleştirilen ön hazırlıklar, kullanılan numuneler ve uygulanan yöntemler üzerinde durulmuştur.

3.1. Materyal

Köprüköy-Deliçermik (Erzurum) jeotermal sahasında gözlenen ve ciddi anlamda görüntü kirliliği oluşturan yosun oluşumuna çözüm getirmek amacıyla laboratuvar ölçekli çalışma yürütülmüştür. Yosun giderimi amacıyla yürütülen deneysel çalışmalarda çeşitli malzeme ve cihazlar kullanılmıştır.

3.1.1. Kullanılan kimyasallar

Laboratuvar ölçekli deneysel çalışmada sekiz farklı kimyasal malzeme kullanılmış olup, deneylerde kullanılan kimyasal malzemeler ve kimyasal malzemelerin sağlandığı firmalar Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan kimyasallar ve bakteriler

Kimyasallar	Üretici Firma
Demir (III) klorür	Sigma
Kalsiyum oksit	Merck
Alüminyum sülfat	Merck
Sodyum karbonat	Sigma
Sodyum hidroksit	Sigma
Hidroklorik asit	Sigma
Nutrient agar	Merck
Melas	Analitik (%90 saflıkta)
<i>Lactobacillus paracasei</i>	
<i>Anoxybacillus thermarum</i>	

3.1.1.a. Demir (III) klorür

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen yosun giderme işlemi için gerekli olan demir klorür kimyasal malzemesi Sigma Aldrich firmasından temin edilmiştir. Deneysel çalışmada kullanılan kimyasalın fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Demir klorür’ün fiziksel ve kimyasal özellikleri

Özellik	Değer
Kimyasal formül	FeCl_3
Görünüş	Koyu sarı
Yoğunluk	1,43 g/mL 20°C’de
Kaynama noktası	160°C’de bozulmaya başlar
Erime noktası	(%40’lık) -12°C
Kimyasal özellikleri	Asidik ve oldukça koroziftir

3.1.1.b. Kalsiyum oksit

Yosun giderimi çalışmalarında kullanılan diğer bir kimyasal malzeme ise kalsiyum oksittir. Bu kimyasal malzeme Merck firmasından temin edilmiş olup malzemenin fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.3’te özetlenmiştir.

Çizelge 3.3. Kalsiyum oksit’in fiziksel ve kimyasal özellikleri

Özellik	Değer
Kimyasal formül	CaO
Erime noktası	2614
Kaynama noktası	2850
Nispi yoğunluk	3.35
Çözünürlük	1.25 (20°C); 0.54 (100°C)

3.1.1.c. Alüminyum sülfat

Ortamdaki yosunların giderilmesi amacıyla yürütülen çalışmada kullanılan diğer bir kimyasal malzemede alüminyum sülfattır. Merc firmasından temin edilen alüminyum sülfat kimyasal malzemesinin fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.4'te verilmektedir.

Çizelge 3.4. Alüminyum sülfat'ın fiziksel ve kimyasal özellikleri

Özellik	Değer
Kimyasal formül	Al_2SO_3
Görünüş	Beyaz kristalli katı, higroskopik
Molar kütle	342.15 g/mol
Erime noktası	770°C
Kırılma indeksi	1.47

3.1.1.d. Sodyum karbonat

Çalışmanın amacı doğrultusunda gerçekleştirilen deneylerde, ortamda nasıl bir etki yarattığını gözlemlemek amacı ile sodyum karbonat kullanılmıştır. Sodyum karbonat Sigma firmasından temin edilmiştir. Kimyasal malzemenin fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.5'te verilmiştir.

Çizelge 3.5. Sodyum karbonat'ın fiziksel ve kimyasal özellikleri

Özellik	Değer
Kimyasal formül	Na_2CO_3
Molekül ağırlığı	105.99 g/mol
Erime noktası	851°C
Yoğunluğu	2.54 g/cm ³
Görünüş	Toz, beyaz ve kokusuz

3.1.1.e. Sodyum hidroksit

Yosunlar belirli pH aralığında yok olmakta olup, bu pH değer aralığını belirlemek amacıyla tampon çözeltisi hazırlanmıştır. Sodyum hidroksit kullanılarak uygun pH değeri ayarlanarak tampon çözelti elde edilmiştir. Sigma firmasından temin edilen sodyum hidroksitin kimyasal ve fiziksel özellikleri Çizelge 3.6’da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Sodyum hidroksit’in fiziksel ve kimyasal özellikleri

Özellik	Değer
Kimyasal formül	NaOH
Molekül ağırlığı	39.997 g.mol ⁻¹
Görünüş	Beyaz
Koku	Kokusuz
Yoğunluk	2.13 g/cm ³
Erime noktası	318°C
Kaynama noktası	1.388°C
Suda çözünürlük	418 g/L (0°C) 110 g/L (20°C) 3370 g/L (100°C)

3.1.1.f. Hidroklorik asit

Yosun giderimi amacıyla yürütülen deneysel çalışmada kimyasal dağlama işleminde hidroklorik asit kullanılmıştır. Sigma firmasından sağlanan hidroklorik asit kimyasal malzemesinin fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.7’de verilmektedir.

Çizelge 3.7. Hidroklorik asidin fiziksel ve kimyasal özellikleri

Özellik	Değer
Kimyasal formül	HCl
Molekül ağırlığı	36.46 g/mol
Görünüş	Renksiz, şeffaf sıvı
Asitlik (pK _a)	-6.3
Yoğunluk	1.18 g/cm ³
Erime noktası	-27.32°C
Kaynama noktası	110°C

3.1.2. Kullanılan cihazlar

Köprüköy-Deliçermik (Erzurum) jeotermal sahasındaki termal su ve termal çamurun jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve termal sahada oluşan yosunların giderilmesi amacıyla yürütülen deneysel çalışmada çeşitli cihazlar kullanılmış olup, bu cihazlar Çizelge 3.8’de verilmiştir.

Çizelge 3.8. Deneysel çalışmada kullanılan cihazlar

Kullanılan Gereç	Modeli
Buz Makinası	Scotsman AF-20 (Authomatic ice machines)
Buzdolabı	Bosh
Çalkalamalı İnkübatör	Medline Scientific limited IS-971R
Otoklav	Selecta
pH Metre	Crison Basic 20, Metler toledo seven compact
Saf su cihazı	Gesellschaft für Labortechnik mbH D-30938 Burgwedel
Soğutmalı santrifüj	Beckman Coulter Allegra 64 R centrifuge
Sıcak su banyosu	Selecta precistern
Spektrofotometre	PG Instrument T80 UV/VIS Spectrometer
Derin dondurucu	Uğur
Steril Kabin	Esco Class II BSC
Hassas terazi	Kern ABS
Otomatik pipet	Eppendorf
Magnetik karıştırıcı	Velp scientifica

3.1.2.a. Sıcaklık, Eh, pH, EC ve oksijen ölçüm cihazı

Çalışma kapsamındaki termal su ve yosunun aktivitesini belirlemek amacıyla çalışma alanında yerinde sıcaklık, Eh, pH, EC ve oksijen ölçümleri yapılmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan cihazlar ve özellikleri hakkında bilgi Çizelge 3.9’da verilmiştir.

Çizelge 3.9. In-situ cihazları ve özellikleri

In-situ Parametreleri	Ölçüm birimleri	Cihaz adı ve marka
Sıcaklık	°C	Multimeter Hach HQ40D multi
pH		Multimeter Hach HQ40D multi
Redoks Potansiyeli (Eh)	mV	Multimeter Hach HQ40D multi
Elektriksel İletkenlik (EC)	µS/cm	Multimeter Hach HQ40D multi
Çözülmüş Oksijen (O ₂)	mg/L	WTW Oksi 3205 SET 3

3.1.2.b. Analizde kullanılan yüksek teknolojiye sahip cihazlar

X-Işını kırınımı yöntemi, anyon, katyon analizi ve izotop analizi için cihazlar kullanılmış olup, yüksek teknolojiye sahip bu cihazlar aşağıda verilmiştir.

1. X-Işını kırınım cihazı

Çalışma alanında bulunan termal çamurun minerolojik özelliklerinin belirlenmesinde ve kil mineralini tespit etmek amacı ile Atatürk Üniversitesi DAYTAM bünyesinde bulunan markası PANalytical ve modeli Empyrean cihazı kullanılmıştır.

2. Anyon-katyon cihazı

Çalışma alanından alınan numunelerin kimyasal bileşenlerine ait anyon ve katyon analizleri Erzurum Büyükşehir Belediyesi Eski Genel Müdürlüğü’nde markası Dionex

3000 ve modeli iyon kromatografi cihazı ile analiz edilmiştir.

3. İzotop analizi cihazı

Çalışma alanından alınan numunelerin trityum (^3H), oksijen ($\delta^{18}\text{O}$) ve döteryum ($\delta^2\text{H}$) analizleri DSİ Genel Müdürlüğü İzotop Laboratuvarı Şube Müdürlüğü'nde yapılmıştır. Numunelerin Döteryum ve Oksijen-18 analizleri IAEA Optik yöntem ile Picarro 2130 lazer spektrometre ile ölçülmüştür. Trityum analizleri IAEA yöntemi ile sıvı sintilatör sayma cihazı Quantulus kullanılarak belirlenmiştir.

3.2. Yöntem

Bu bölümde tez çalışması çerçevesinde kullanılan yöntemler, uygulanan işlemler ve yapılan deneyler detaylı bir şekilde verilmektedir.

3.2.1. Çalışmada kullanılan ortamın ve malzemenin temizliği ve sterilizasyonu

Tez çalışması kapsamında kullanılan bütün ısıya dayanıklı cam malzemeler ve pipet uçları 121°C 'de 15 dakika otoklavda steril edilmiştir.

3.2.2. Deneysel tasarım

Bu çalışmada, dört farklı kimyasal malzeme, üç adet bakteri kültürü, termal su, termal çamur ve yosun numuneleri kullanılmıştır. Deneysel çalışmada, beş farklı grup test edilerek kimyasalların ve bakteri kültürünün yosunların giderilmesindeki etkileri incelenmiştir.

3.2.2.a. Kimyasal ve bakteri kültürü kullanarak yosun giderme

Laboratuvar ölçekli deneysel çalışmada, kimyasal malzeme ve bakteri kültürleri

kullanarak yosun giderimini yapmak için bazı işlem aşamaları gerçekleştirilmiştir. Bu aşamalar aşağıda açıklanmıştır.

1. Kullanılan çözeltilerin hazırlanması

Çalışma kapsamında, beş farklı deneysel çalışma grubu hazırlanarak, laboratuvar koşulları altında testlere tabi tutulmuş ve termal üzerinde üzerinde oluşan yosunun giderimi gözlenmiştir.

Grup 1: 10 gr yosun, 15 gr termal çamur ve 0,2 gr Al_2SO_3 ve CaO hassas terazide tartılmıştır. pH değeri her bir reaksiyon ortamında aynı olacak şekilde ayarlanmıştır. Termal su, yosun, termal çamur ve kimyasal malzemeler eklenerek farklı sıcaklıklarda bulunan sıcak su banyolarında bir hafta boyunca izlemeye alınmıştır. Her gün 660 nm’de ölçüm yapılarak deney ortamında meydana gelen değişimler not edilmiştir. Daha sonra farklı pH değerlerinde reaksiyon ortamı oluşturularak yosun giderimi için en uygun sıcaklık, zaman ve pH belirlenmiştir.

Grup 2: 0,2 gr FeCl_3 ve CaO hassas terazide tartıldıktan sonra 100 mL yosunlu suyun içerisine CaO ilave edilmiştir. Daha sonra, manyetik karıştırıcı ile iki dakika karıştırıldıktan sonra FeCl_3 ilave edilerek 30 dakika daha karıştırılarak 15 dakika boyunca çökmeye bırakılmıştır.

Grup 3: 100 ml yosunlu su dört ayrı behere alındıktan sonra sırasıyla; birinci beher için 0,2 gr CaO, ikinci beher için 0,2 gr Al_2SO_3 , üçüncü beher için 0,2 gr Al_2SO_3 ve CaO, dördüncü beher için 0,2 gr Al_2SO_3 ve Na_2CO_3 ilave edilmiştir. Daha sonra, manyetik karıştırıcı vasıtasıyla 20 dakika karıştırılıp 15 dakika boyunca çökmeye bırakılmıştır.

Grup 4: Termal su ve termal çamurun sıcaklık ve pH değeri sahadaki koşullara uygun olarak (T: 23.3, pH: 6.0) ayarlanmıştır. İçerisine kimyasal malzeme ilave etmeden bir hafta boyunca gözlemlenerek sudaki değişimler gün aşırı kontrol edilmiştir.

Grup 5: 20 gr yosun, 100 ml termal su içerisine 35°C sıcaklıkta pH değeri 5 ile 8 arasında reaksiyon ortamı hazırlanmıştır. Her bir reaksiyon ortamına 4 mL bakteri kültürü ilave edilerek 30 gün boyunca izlemeye alınmıştır.

Grup 6: 5 gr yosun, 100 ml termal su içerisine 55°C sıcaklıkta pH değeri 5 ile 8 arasında reaksiyon ortamı hazırlanmıştır. Her bir reaksiyon ortamına 4 mL bakteri kültürü ilave edilerek 5 gün boyunca izlemeye alınmıştır.

Grup 7: 5 gr yosun, 100 ml termal su içerisine 37°C sıcaklıkta pH değeri 5 ile 8 arasında reaksiyon ortamı hazırlanmıştır. Her bir reaksiyon ortamına 4 mL bakteri kültürü ilave edilerek 10 gün boyunca izlemeye alınmıştır.

2. Çalışma yöntemi

Köprüköy-Deliçermik (Erzurum) jeotermal sahasından 01 Aralık 2016 ile 30 Temmuz 2017 tarihleri arasında termal su, termal çamur ve yosun örnekleri alınmıştır. Araştırma; arazi, laboratuvar ve br çalışması şeklinde olmak üzere üç aşamada ele alınmıştır. Jeotermal sahadan alınan örneklerin analiz ve deneyleri için vakit kaybetmeden laboratuvar ortamına taşınarak uygun koşullar altında analiz ve deneyleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar kullanılarak tez metni ve makale yazımı ile tez çalışmaları tamamlanmıştır (şekil 3.1).



Şekil 3.1. Anyon ve katyon analizleri için alınan örnekler

Kimyasal analizler (anyon/katyon) için 250 mL'lik polipropilen örnekleme şişeleri kullanılmıştır. Saf su ile yıkanan şişeler her örnek alımda kapağı ile birlikte üç kere kaynak suyu ile tekrar yıkanmıştır. Bu yöntemle örnekleme kaplarında kalabilecek yabancı maddelerin örneğe karışması engellenmiştir.

Katyon analizlerinin yapılacağı örnek şişelerine (250 ml) 0,2 mL derişik HNO_3 ilave edilerek pH'ı 2'ye indirgenmiştir. Çalışma alanının fotoğraflaması yapılarak, örnek şişeleri hiç hava almayacak şekilde su ile doldurularak kısa bir zaman içinde laboratuvar ortamına taşınmıştır.

Suların trityum (^3H), oksijen ($\delta^{18}\text{O}$) ve döteryum ($\delta^2\text{H}$) analizleri için ise 250 mL'lik örnek şişeleri kullanılmıştır. Yosun ve çamur örnekleri için ise 1 lt cam şişeler kullanılmıştır. Araziye çıkmadan önce örnekleme şişeleri otoklav ile sterilizasyon yapıldı. Şişeler en az üç kere kaynak suyu ile çalkalanarak örnekler dikkatli bir şekilde doldurulmuştur. Örnek alınan noktalar büyük havuz ve küçük havuz olarak etiketlenerek çalışma alanının fotoğrafları çekilmiştir (Şekil 3.2, 3.3, 3.4 ve 3.5).



Şekil 3.2. Kaplıca girişi



Şekil 3.3. Çalışma alanı'nın ocak ayındaki görünümü



Şekil 3.4. Kaplıca havuzu görünümü (Mayıs 2017)



Şekil 3.5. Kaplıca havuzu görünümü (Temmuz 2017)

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu bölümde, çalışma alanının jeolojisi, stratigrafisi, tektoniği, termal suyun özellikleri, termal çamurun özellikleri ve sıcak su-tektonik yapı ilişkisi verilmiştir. Arazide yerinde testler yapılarak ölçümler alınmış, araziden alınan termal su, termal çamur ve yosun örnekleri üzerinde birtakım test ve analizler yapılarak elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Ayrıca, Köprüköy-Deliçermik jeotermal alanında gözlenen ve ciddi problem teşkil eden yosunun giderilmesine yönelik yapılan laboratuvar ölçekli deneysel çalışmada demir klorür, kalsiyum oksit, alüminyum sülfat, sodyum karbonat ve üç adet bakteri kültürü kullanılmış ve elde edilen sonuçlar grafik ve diyagramlara açıklanmıştır.

4.1. Çalışma Alanının Jeolojisi

İnceleme alanında daha önce yapılan araştırmalarda dikkate alınarak bölgenin jeolojik evrimi bu bölümde aydınlatılmaya çalışılmıştır. Doğu Anadolu Bölgesi, Neotetis Okyanusu'nun Güney kolunun kapanımını izleyen evrede, Arap ve Anadolu kıtalarının çarpışması sonucu kıtasal çarpışma ve kabuksal kalınlaşma sonucu bugünkü görünümünü kazanmıştır. Bölge, önemli Neotektonik yapı olarak bilinen GB-KD uzanımlı sol yönlü doğrultu atımlı fay sistem olan Kuzeydoğu Anadolu Fay Kuşağı'nın etkisi altında kalmıştır (Keskin 1998).

Çalışma alanının içerisinde bulunduğu bölge, Erzurum-Kars volkanik platosu olarak isimlendirilen ve denizden ortalama yüksekliği 2.000 m olan bir plato morfolojisi sunmaktadır. Bölge, volkanik aktivitenin 11 ile 2.5 milyon yıl arasında tüm kaydını en iyi mostralalar şeklinde içermesi ve çarpışmayla kökensel ilişkili bir volkanizma'nın dünyada en iyi görüldüğü alan olması sebebiyle özel bir öneme sahiptir (Keskin 1998).

Erzurum-Kars platosuna ait magmanın yüzeye ulaşması sonucu oluşan volkanizmaya ait lav ve piroklastik ürünler, bölge neotektoniği'nin ana hatları'nı oluşturan doğrultu atımlı fay sistemleri boyunca çatlak püskürmesi şeklinde yüzeye ulaşmıştır. Volkanizma 6-11 My önce, bölgesel yükselme ile yaygın felsik piroklastikler ve bazik lavlarla

başlamıştır. 5-6 My önce, mafik fazda amfibol kristalizasyonu geçirmiş olan porfirik lavlar ile doruğa ulaşmış ve 2.7-5 My döneminde olivinli bazik lavlar doğu bölgelere egemen olarak kimi yerlerde 1 km'yi aşan istifler oluşturmuşlardır. Yeni K/Ar yaş bulgularına göre, plato üzerindeki volkanik etkinliğin zaman içinde batıdan doğuya göç ettiği ve bu sırada genel olarak bazikleşmenin nedeni doğrultu-atımlı fay sistemleri içindeki yerel gerilmelerin zamanla batı yönünde artmasıdır (Keskin 1998).

4.1.1. Stratigrafi

Çalışma alanının kuzeyinde, Kuvaterner döneminde oluşmuş volkanik birimler yüzeylerken, güneyinde Pliyosen yaşlı Horasan Formasyonu görülmektedir. İnceleme alanının jeoloji haritası Şekil 4.1'de stratigrafik dikme kesiti Şekil 4.2'de verilmiştir.

Çalışma alanı, Miyosen, Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı jeolojik birimlerden oluşmaktadır. Üst Miyosen yaşlı birimler, bazalt ve piroklastikler, siyah bazalt, siyah andezit ve siyah ignimbrit oluşumlarıyla temsil edilmektedir. Siyah ignimbritler; volkanik bomba, siyah ignimbrit ve kırmızı ignimbritten oluşmaktadır (Dağıstan 2001).

Pliyosen birimleri Üst Miyosen birimleri üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır. Bu birimler; pembe ve beyaz ignimbritler de dahil olmak üzere riyolitik, andezitik ve trakitik lavlardan oluşan volkanik kayalarla başlamaktadır. Alanda en altta; kahverenkli-siyah renkli-afanitik dokulu, çatlaklı bazaltik lavlar ile bunlarla ara katlı yer yer volkan bombasında içeren sünger yapılı, bol gözenekli siyah-kahverenkli ignimbritlerden oluşan bazalt ve piroklastikler yer almaktadır. Üst Miyosen yaşlı bu birim koyu renkli afirik lavlardan oluşmakta ve alt seviyelerinde tüfitlerden oluşan Kızılçermik üyesi ile tüflerden oluşan siyah andezit tuf üyelerini içermektedir. Birimin üzerinde ise uyumlu olarak Siyah İgnimbrit Üyesi bulunmaktadır (Dağıstan 2001).

Bu birim kırmızı, kiremit renkli, bordo, kahverenkli renklerde trakit-riyolite değişen bileşimler sunmaktadır. Bu birimin üzerinde ise uyumsuz olarak riyolit-andezit-trakit lavları ile ignimbritten oluşan Ardıçlıdağ Volkanitleri yer almaktadır. Horasan

Formasyonu uyumsuzlukla bazalt ve piroklastikler üzerinde yer almaktadır. Görsel ortama çökelmiş bu oluşum ince taneli konglomera, kumtaşı ve marn aralanmasından oluşmaktadır. Formasyon bazı yerlerde tüf, tüfit ve obsidyen ara seviyeleri içermektedir (Dağıstan 2001).

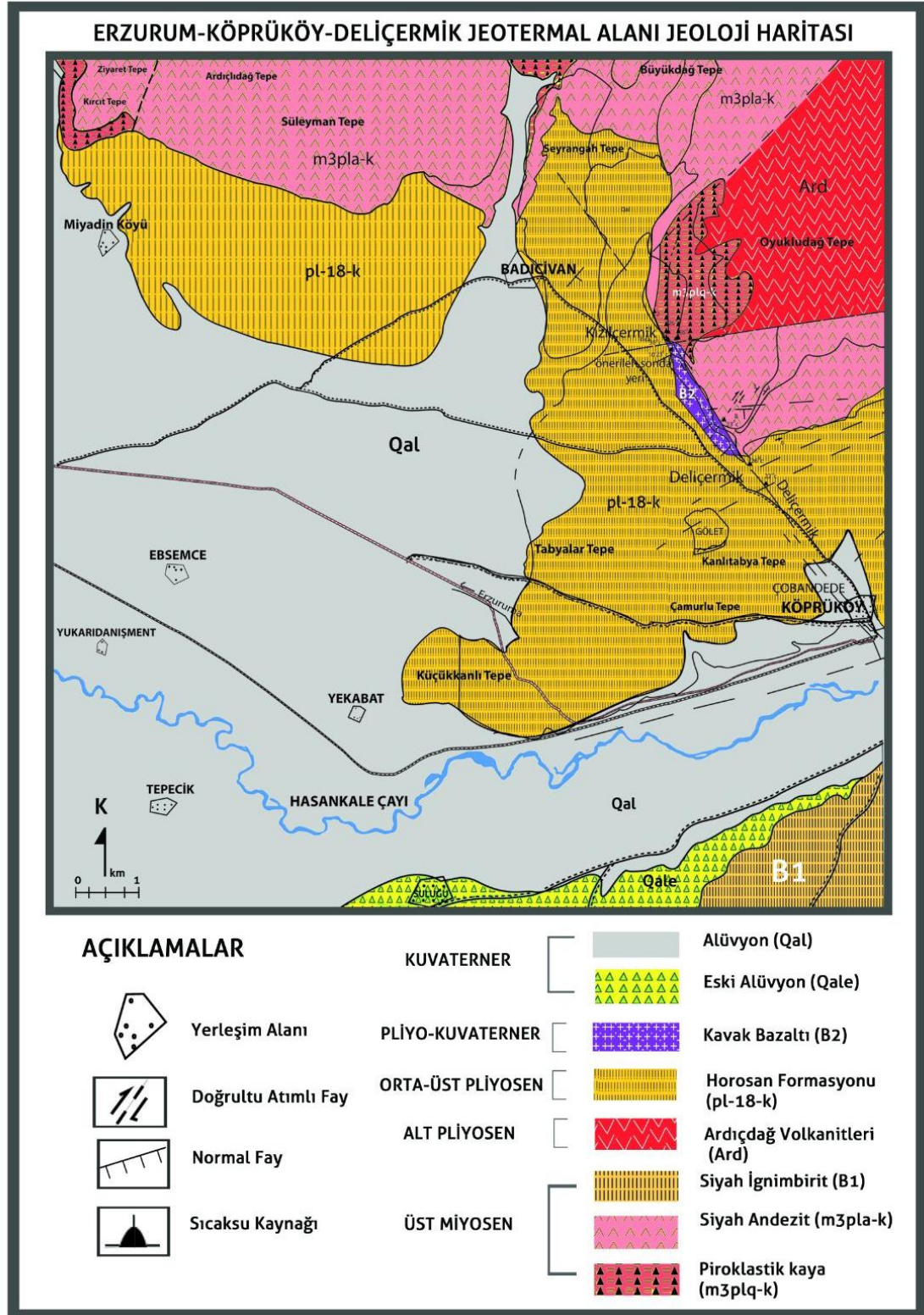
Birimin üzerinde uyumlu olarak, masif, afanitik, kahve-siyah renkli bazalt bulunmaktadır. Bu seviyeler, *Gastropoda sp.* *Dreissensia sp.* ve *Congerina sp.* gibi bazı fosiller içermektedir (Rather 1969). Bütün bu birimler Kuvaterner yaşlı eski ve genç alüvyon çökellerinden oluşmaktadır. Birim çakıl, kum, silt ve kil parçacıklarından oluşmaktadır (Keskin 1998).

4.1.1.a. Bazalt ve piroklastikleri

Çalışma sahasının güneyinde, Çobandede Dağı ve Ağmelek Dağı ile Çakmaksırtı ve Karatastepe arasındaki alanlarda görülmektedir. Bazalt ve Piroklastikleri, Kötek Bazaltı (Keskin 1998) ve Çayırüzü Formasyonu Koçyiğit (1985) içerisindeki Üst Miyosen yaşlı Bazalt ve Piroklastikleri ile ilişkilendirilebilmektedir.

Çalışma sahasında, Neotektonik dönemde oluşan volkanizmanın en alt seviyesini oluşturan bu birim, bol kırık-çatlaklı bazaltik lavlar içermekte ve bu lavlar afanitik dokulu kahverengi siyah renkli, bol gözenekli, bloklu, blokları sünger yapılı, yer yer volkan bombası (Kızılçermik Mevki güneyi, dere boyu) içeren, siyah-kahverenkli ignimbrit ve aglomeralardan oluşmaktadır. Lavlı kesimler 5-10 m kalınlığında koyu siyah renkli ve üst kısımlarında gözenekli yapı sergilemektedir (Dağıstan 2001).

Birim, Çobandede Dağı ve Ağmelek Dağı bölgesinde oldukça kalın ve masif yapıda olup yer yer de silisleşmiştir. Bazalt ve piroklastikleri üzerine Deliçermik Mevki'nde uyumsuz olarak Horasan Formasyonu gelirken, Çakmak sırtı Mevki'nde Siyah Andezit(7.83 My) birimi ve tüfleri tarafından uyumlu olarak örtülmektedir. Birimin alt dokanağı ise çalışma alanında gözlenmemektedir. Bu alt üst ilişkisine göre birim Üst Miyosen yaşında olmalıdır (Dağıstan 2001).



Şekil 4.1. İnceleme alanı ve çevresinin genelleştirilmiş jeoloji haritası
(MTA, 1/25.000 ölçekli jeoloji haritaları ve Dağıstan, 2001'den yararlanılarak hazırlanmıştır).

TERSİYER		NEOJEN		SİSTEM	DEVİR	SERİ	DEVRE	FORMASYON	ÜYE	KALINLIK (m)	KAYATÜRÜ	AÇIKLAMA
				KUVATERNER								Alüvyon (yeni)
												Alüvyon (eski)
		PLİYOSEN		ORTA-ÜST	Kavak			2-10		Siyah-afanitik Bazalt		
					Horasan			50-250		Çakıлтаşı-Kumtaşı Marn ardalanması Bazı kesimleri tuf, tüfit ve obsidyen içerir		
					Ardıçlıdağ Volkanitleri			30-150		Andezitik-Trakitik Riyolitik lavlar		
				MİYOSEN		ÜST	ALT	Tuf				
		Siyah İgnimbrit							10-30		Siyah-Kırmızı renkli İgnimbrit volkan bombası içerir	
		Siyah Andezit	Kızıl Çermik				Tuf	30-60		Siyah renkli Andezit		
										Obsidyenli tüfit		
										Bazalt ve piroklastikleri		250

Şekil 4.2. İnceleme alanı ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (Dağıstan 2001'den değiştirilerek)

4.1.1.b. Siyah andezit

Birim ilk defa Keskin (1998), tarafından tanımlanmıştır. Harabedere Vadisi'nin her iki yakasında, Kızılçermik bölgesinde ve Oyukludağ Tepesi'nin güneyinde 4-5 km uzunluğunda bir şerit şeklinde mostra vermektedir. Siyah Andezit Birimi Kızılçermik Deresi boyunca, sert, masif, kırıklı, çatlaklıdır ve koyu renkli, afirik lav istifidir ve her biri andezitik lavlarından oluşmaktadır (Dağıstan 2001).

Birimin görünür kalınlığı özellikle batıda 200-300 m civarındadır ve Pasinler ovasına yakın kesimlerde ve yer yer 15 m kalınlığa ulaşmaktadır. Kuzeye ve doğuya doğru bu kalınlık gitgide azalmaktadır. Birim, yer yer ince mercekler halinde kuzey alanlarda görülür. Tüf düzeyi doğuda harabedere vadisi boyunca kuzey doğuya doğru gidildikçe azalmaktadır. Bu tüf düzeyleri Siyah Andezit Tüf Üyesi ve Kızılçermik Üyesi olarak adlandırılmıştır. Pasinler Platosunun görünür tabanında en yaygın birim olan tüf düzeyi, güçlü patlamalı püskürmeler sonucu yüzeye çıkmış olan piroklastik akıntılardan oluşan riyolitik bileşime sahiptir. Hemen hemen tümüyle camsı materyalden oluşması (vitrik) ve hiç kristal içermemesi birimin en belirgin özelliğidir (Keskin 1998).

Birimin alt seviyelerinde, Keskin (1998), tarafından yapılan yaş tayini ile 7.83 My elde edilmiştir. Buna göre birim Üst Miyosen yaşındadır. Siyah Andezit birimi üzerinde uyumlu olarak Siyah İgnimbrit ve uyumsuz olarak Ardıçlıdağ Volkanitleri yer almaktadır (Dağıstan 2001).

1. Kızılçermik üyesi

İlk defa Dağıstan (2001) tarafından tanımlanmıştır. Kızılçermik Üyesi çalışma alanı içerisinde yalnızca Kızılçermik bölgesinde yer alan Heybettarla Tepesinde mostra vermektedir. Siyah Andezit Tüf Üyesi ile yanal ve düşey geçişlidir. Birim kumtaşı ve çakıllı seviyeler içeren tüflerden oluşmaktadır. Birim orta ince tabakalı yapıya sahip ve dış yüzeyi kahverengimsi sarı renkli olarak görülmektedir. Çalışma alanı içerisinde en az 13 m görünür kalınlığa sahiptir ve birimin alt dokanağı görülmemektedir, üzerine ise

yer yer Pliyosen yaşı Horasan Formasyonu uyumsuz olarak gelirken, Kızılçermik Deresi'nin doğu ve kuzeyinde ise Siyah İgnimbrit (7,34My) tarafından uyumlu olarak örtülmektedir (Dağıstan 2001).

2. Siyah andezit tuf üyesi

İlk defa Dağıstan (2001) tarafından tanımlanmış olan birim, beyaz renkli, laminalı kristalize tüflerden oluşmakta ve yer yer obsidyen tanelerinden oluşan seviyeler içermektedir. Çalışma alanında, Harabedere Vadisi, Gelincik Dere, Kızılçermik Mevki ve Homiği Köyü'nde mostra vermektedir. Siyah Andezit Tuf Üyesi'nin gözlendiği ve en iyi mostra verdiği yer Badicivan Köyü kuzeyinde bulunan Gelincik Deresi'dir. Birim burada 20 m görünür kalınlığa ulaşabilmekte ve alt dokanağı görülmemektedir. Üst seviyesinde Siyah Andezit birimine geçiş yaparak bazı yerlerde Siyah Andezit lav seviyeleri gözlenmektedir. Birim Kızılçermik Tufit Üyesi ile yanall ve düşey geçişlidir. Siyah Andezit Tuf Üyesi akma çökeli olduğu için kalınlıkları değışiktir ve yanall ve düşey devamlılığı yoktur (Dağıstan 2001).

4.1.1.c. Siyah ignimbrit

Birim ilk defa Keskin (1998) tarafından tanımlanmış olan birim, çalışma alanı içerisinde, Oyukludağ Tepesi'nin Kızılçermik Deresi tarafından kesildiği, batı kenarında dar bir alanda mostra vermektedir. Çalışma sahası dışında ise Büyükdere Kuzeyi'nde yaygın mostraya sahiptir (Keskin 1998).

Kalınlığı birkaç metreden, 150-200 m'ye kadar değışen birim Pasinler platosunun 1/3'den fazlasını kapsamaktadır. Çoğunlukla açık kırmızı, siyah, bordo, kiremit, kahverengi ve bej renkleri gösteren çoğunlukla kayaaç parçalı ve iri ponza tanelerinden oluşan ignimbritler bulunmaktadır. Bileşimi traki dasitten riyolite kadar değışen birimde boyları 5-10 cm'ye kadar değışen iyi gelişmiş ötesitik doku ve oranı %40'a ulaşan çoğunluğunu plajiyoklazların oluşturduğu fenokristal içermektedir (Keskin 1988). Birimin yaşı ise keskin,1998 tarafından 7.34 My olarak belirlenmiştir. Çalışma

alanında, Siyah Andezite ait Kızılçermik Üyesi ile uyumlu olduğu görülmektedir.

4.1.1.d. Ardıçlıdağ volkanitleri

Birim, ilk defa Keskin (1998) tarafından tanımlanmış olup, çalışma alanının kuzeyinde bulunan bölgenin tamamına yakın alanda mostra vermektedir. Erzurum Bölgesi'nde, Pasinler ilçesi kuzeybatısında Ardıçlıdağ dolaylarında ve Sansör Deresi, Badicivan Köyü arasında ayrıca Serçeboğazı ve Tizgi köyleri dolaylarında da yüzeylenmektedir. Ardıçlıdağ Volkanitleri'nin bileşimde andezitik, riyolitik ve trakitik lavlar ve bunlarla aynı bileşimde ignimbritler yer almaktadır. Birim, en iyi Ardıçlıdağ Yöresi'nde görülmekte ve yaklaşık 200 m kalınlıkta lav içerirken, bu kalınlık kuzeye ve doğuya gidildikçe azalmaktadır.

Çalışma sahası içerisinde ise 30 ile 50 m'ye kadar düşmektedir. Birimin yaşı 3.5-5 My aralığına sahiptir ve Alt Pliyosen dönemine ait volkanik üründür. Birim içerisindeki ignimbritler ise, krem renkler, sarımsı beyaz ile iri sanidin, plajiyoklaz, anortoklaz, kuvars fenokristalleri ile az miktarda klinopiroksen mikrokristalleri içeren camsı bir hamura sahiptir ve porfirik dokulu masif ve riyolitik lavlardan oluşmaktadır. Platodaki diğer ignimbrit düzeylerinden bol kuvars ve feldispat fenokristalleri içermesiyle farklılık göstermektedir. Sansör dere vadisinin doğu yamacında ignimbrit üyesi yüzeylenmektedir ve KD-GB doğrultusunda bir mostra göstermektedir (Keskin 1998).

Birimde yer alan ve çoğu yerde yaygınca altere olan lavlar ile aynı mineralojik bileşimde olan ignimbrit, beyaz kaynaklı pomzanın yüksek kompaksiyona uğramasıyla oluşmakta ve yer yer kayaç parçaları içererek öteksitik doku göstermektedir. Yüksek oranda aşınmış bir dom geometrisine sahip birimi besleyen bacalardan birisi, Sarıtaş deresinin yatağında yani Badicivan Köyü'nün kuzeybatısında görülür. Ardıçlıdağ Volkanitleri, çalışma sahası içerisinde Üst Miyosen yaşlı Bazalt ve Piroklastikleri ile Siyah İgnimbrit ve Siyah Andezit birimlerini uyumsuzlukla örtmektedir. Birim üzerinde ise çalışma sahasının kuzeyinde Dağtarla Tepesinde bulunan Pliyosen yaşlı Horasan Formasyonu, Plio-Kuvaterner yaşlı Bazalt ve Kuvaterner yaşlı birimler uyumsuz olarak

yer almaktadır (Dağıstan 2001).

4.1.1.e. Horasan formasyonu

Genelde Horasan ve çevresinde yaygın olarak görülen bu birim çalışma sahasının güney kısımlarında mostra vermektedir. İlk defa Rather (1969), tarafından adlandırılmış olan birim, Deliçermik Bölgesi'nde Horasan Formasyonu uyumsuz olarak Bazalt ve Piroklastikleri üzerine gelir. Bu formasyon değişik karasal ortamlarda oluşmuş, 1-1,5 m kalınlıkta epiklastik yuvarlak çakıllar, tuf, olarak üste doğru ince taneli, iyi boylanmış, sarı renkli kumtaşı-çakıltası ve şeyl marn ardalanmasından oluşmaktadır. Formasyonun içerisinde bulunan ince taneli kumtaşı ve yeşil şeyl-marnları içerisinde *Congerina sp.*, *Dreissensia sp.*, ve *Gastropoda* gibi zengin fosiller fosil içeriklerine göre Pliyosen yaşı verilmektedir (Rather 1969).

Horasan Formasyonu yer yer tuf ve kil ara seviyeleri de içermektedir. Birim faylı alanlarda eğimli yapı kazanmasına rağmen genelde yatay tabakalıdır. Horasan Formasyonu üzerine Deliçermik alanı'nın 400 m kuzeyinde bulunan küçük bir alanda, Üst Pliyosen-Kuvaterner yaşlı Kavak Bazaltı uyumlu olarak gelir ve diğer alanlarda Kuvaterner yaşlı alüvyonlarca uyumsuz olarak örtülmektedir (Dağıstan 2001).

Horasan formasyonu, genel olarak, genç bir doğrultu atım fay olan Çobandede Fay Kuşağı'nın güneydoğu bloğundaki havzada gelişmiş olup, altta kendisinden daha yaşlı birimleri açılı uyumsuzlukla örterken, üstte Kuvaterner yaşlı nehir taraçaları ve diğer alüvyonlarla yine açılı uyumsuzlukla örtülmektedir (Dağıstan 2001).

4.1.1.f. Kavak bazaltı

Kavak Bazaltı ilk önce Koçyiğit (1985), tarafından adlandırılmış olup, birim adını Kavak Tepesi'nden yani Horasan İlçesi Balabantaş Köyü güneydoğusundaki yerden almıştır. Pliyosen yaşlı Horasan Formasyonunda bulunan kumtaşı, çakıltası düzeyleri üzerinde uyumlu olarak yaklaşık 400 m kuzeyinde küçük bir tepede 1 m kalınlıkta yer

alan birim şapka görünümündedir masif, afanitik, kahverengi siyah renkli bazalttan oluşmaktadır (Dağıstan 2001).

Pliyosen birimleriyle alterasyona uğramış olup, yer yer pışme zonları içermektedir. Bileşiminde akma yapısı gösteren ofitik dokulu, iri taneli ve plajiyoklas, titanojit içeren olivin bazalt olduğu görülmüştür. Kavak Bazaltına, Pliyosen yaşlı Horasan Formasyonu'nun en üst düzeyinde ve onunla uyumlu olarak yüzeylemesi ve taze görünümünden dolayı, Üst Pliyosen yaşı verilmiştir (Koçyiğit 1985).

4.1.1.g. Eski alüvyon

Genel olarak yer yer kum ve çakıl, yer yer blok, çakıl, kum, silt, ve çamur birikintileri ile alüvyon malzemesi içeren, taraça malzemesi bulunduran, yer yer volkanik tüf parçalarını içerebilen birim, çalışma alanının batısında, Harabedere'nin batı kenarında bulunmaktadır. Kendisinden yaşlı tüm birimlerden malzeme almıştır. Genç alüvyonlardan taraça şeklinde 5-7 m kalınlıkta olmalarıyla ayrılmaktadırlar (Dağıstan 2001).

4.1.1.h. Yeni alüvyon

Kuvaterner yaşlı olan bu birim çalışma alanında bulunan düzlüklerde, eski ve yeni akarsu yataklarının yakınlarında görülmektedir. Kum, çakıl, blok, kil, silt gibi çeşitli boylarda tutturulmamış oluşuklardan meydana gelmişlerdir. Yer yer geniş yayılım gösteren birim, kötü boylanmalı, köşeli-yuvarlak, çakıl-kil arası boyutta sedimanlardan oluşmasıyla diğer birimlerden ayrılmaktadır (Dağıstan 2001).

4.2. Yapısal Jeoloji

Çalışma alanının bulunduğu bölge, Yığışım Prizması üzerinde Doğu Anadolu bölgesinde yer almaktadır. Bölge'nin denizden ortalama yüksekliği 2.5 km'dir. Sahip

olduğu morfolojisini, Anadolu ve Arap kıtaları arasındaki kıtasal çarpışma ve kabuksal kalınlaşma sonrası Neotetis Okyanusu'nun güney kolunun kapanımı sonucu kazanmıştır. Bölgede devam eden K-G sıkışması ile kıvrımlı yapılar D-B uzanımlı olarak, büyük kırık zonları ve açılma çatlakları meydana gelmiştir (Şaroğlu 1985). Yaklaşık 11 milyon yıl önce çarpışma ile kökensel ilişkili lav ve piroklastikler bu kırıklar ve açılma çatlaklarından çıkarak Erzurum-Kars Platosu'nun büyük bir kısmını örtmeye başlamış ve Pliyo-Kuvaterner dönemine kadar volkanik faaliyetler devam etmiştir (Keskin 1998). Bölgesi Kuzeydoğu Anadolu Fay Zonu etkisindedir ve yüksek açılı bindirmeler bölgede genelde D-B doğrultulu, açılma çatlakları K-G doğrultulu, KB-GD doğrultulu sağ yönlü doğrultulu kıvrımlar ve KD-GB doğrultulu sol yönlü doğrultu atımlı faylar içermektedir (Şaroğlu 1985).

4.2.1. Faylar

Koçyiğit (1985)'in tanımladığı, Güneybatıda Tekman ve Kuzeydoğuda Çıldır, arasında uzanan sol yanal atımlı fayların egemen olduğu eşlenik fay sistemlerinden oluşan kuşağa "Çobandede Fay Kuşağı" denilmiştir. Çalışma alanında, sol yönlü faylar yaklaşık KD-GB doğrultulu, sağ yönlü faylar yaklaşık KB-GD doğrultulu ve çalışma alanının güneyinde, Çobandede Dağı güneyini sınırlayan normal fay bulunmaktadır. Termal su kaynakları ise bu fayların kesişim noktalarından çıkmaktadır.

4.2.1.a. Sağ yönlü doğrultu atımlı faylar

Deliçermik Deresi boyunca, Siyah Andezit birimi üzerinde dere boyunca yer yer korunmuş ve olukları görülen faya ait fay çizikleri yaklaşık K 20-30 B doğrultuda uzanmaktadır. Buna göre bu fay 87°KD'ya eğimli ve K 20-30 B doğrultudadır. KD doğrultu kazanan aynı fay bu derenin kuzey uzantısı olan Kızılçermik Deresi'nde sol yönlü doğrultu atımlı fayların etkisi altındadır. "Çek-Ayr" biçiminde küçük bir açılma alanı geliştiren fay Deliçermik Deresi güney ucunda Köprüköy İlçesi'ne doğru ise, küçük çaplı bükülme ve sıçrama yapmaktadır (Koçyiğit 1985).

Bu fay dışında, çalışma alanı içerisinde yorumlanması sol yönlü doğrultu atımlı fay gibi olabilecek, sağ yönlü K30B ve 85°GB'ya eğimli küçük bir fay daha mevcuttur. Bazalt ve Piroklastikleri birimi içerisindeki volkan bombası üzerinde korunan bu fay Kızılçermik ile Deliçermik arasındaki bölgede görülen bu faya ait belirtiler arasındadır. Burada volkan bombası 4 çekiç boyundaki fay tarafından kesilerek sağ yönde 4 cm ötelenmiştir. Eğim bileşenine sahip olan sağ yönlü doğrultu atımlı bu fay ile Deliçermik Deresi boyunca uzanan sağ yönlü doğrultu atımlı fayın kesiştiği noktada 23°C sıcaklıkta bir kaynak çıkışı vardır (Dağıstan 2001).

4.2.1.b. Sol yönlü doğrultu atımlı faylar

Doğrultuları K40-75D arasında değişen, yer yer eşlenik faylar şeklinde eğim bileşenli dike yakın sol yanal atımlı ve bu faylar sağ yönlü doğrultu atımlı fayı kesmektedir. Bu kesişim noktalarından ise sıcak kaynaklar çıkmaktadır.

Deliçermik Deresi boyunca uzanan sağ yönlü fay ile kesişen bu fay K 55 D/87 GD eğimli ve düşey bileşen içeren bu fay Deliçermik Mevki'nde görülmektedir. Burada ise KG uzanımlı beton kanalı kesmiş ve onu sol yönde 4 cm ötelemiştir. Aynı fay GD yönde ise 1,5 cm eğimli atıma yol açmıştır. Fayın günümüzde aktif olduğunu gösteren ve bu faya ait olan diğer bir belirti ise Deliçermik Kaynağı'nın tam batısında yer alan kum ocağında fay ile aynı doğrultuda eğim bileşenli kırılmadır (Dağıstan 2001).

Deliçermik Kaynağı'nın (26°C) çıktığı alanda bu fay ile Deliçermik Deresi boyunca uzanan fayın makaslandığını görmekteyiz. Kızılçermik Mevki'nde K70-75D doğrultulu ve 87-83° kuzeye eğimli sol yanal atımlı yaklaşık KG doğrultulu olan fay'ın sıcaklığı 23°-30°C arasında değişmektedir ve 4 ayrı noktadan sıcak çıkışlar gözlenmesinin sebebi, Kızılçermik Deresi boyunca uzanan sağ yönlü doğrultu atımlı fay ile kesişmesi ve bu makaslanma zonu oluşturmasıdır. Bu fayın etkisiyle Siyah Andezit'in üyesi olan Tüflerin üzerindeki Siyah İgnimbritle yan yana gelmiştir. Homiği Deresi boyunca ise sol yanal atımlı K 40 D/85 KB'ya eğimli fay uzanmaktadır. Bu fay dere içerisinde tepelik oluşturan andeziti ortadan keserek sol yönde yaklaşık 2 m ötelemiştir.

Kuzeybatıya doğru ise eğim bileşeni içermektedir (Dağıstan 2001).

4.2.1.c. Normal fay

Çalışma alanı güneyinde K55-60°D doğrultuda Çobandede Dağı'nın bazaltlarını ve 70°GD'ya eğimli biçimde kesmekte ve uzantısı Horasan Demir ve Kara Yolu boyunca olmaktadır. Çalışma sahası içerisinde bulunan fayın KD ucunda ise Horasan Formasyonu'na ait tabakaları dikleştirmiştir (Koçyiğit 1985).

4.3. Hidrojeoloji

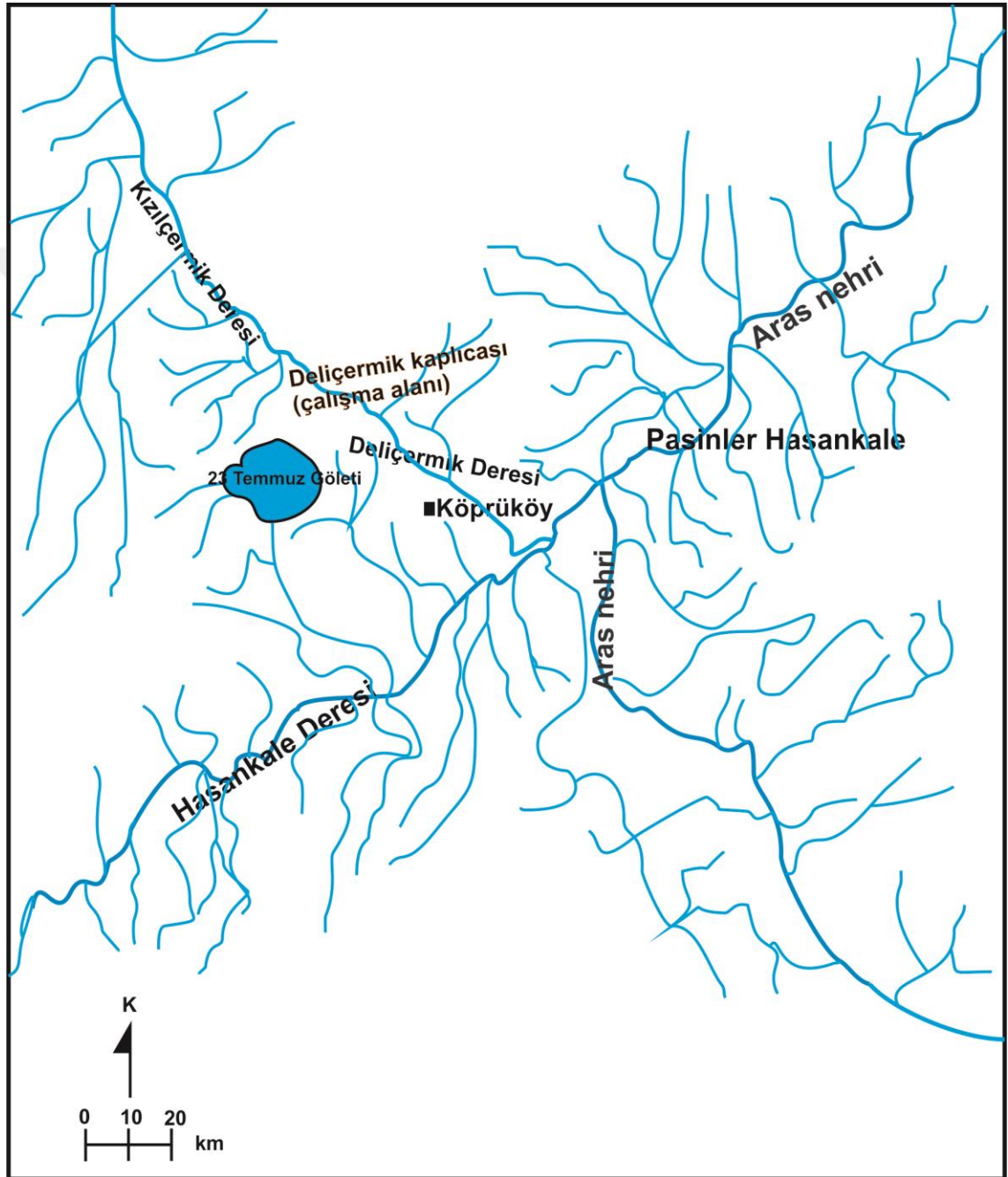
Çobandede ilçesi güneyinde Aras Nehri ile birleşen ve çalışma alanının güneyinden geçen Hasankale Çayı, bölgenin en büyük akarsuyunu oluşturur. Kızılçermik-Deliçermik ve Harabe Dereleri, çalışma alanı içerisinde kuzeyden güneye uzanmakta ve yaz-kış kurumadan akmaktadır. Çalışma alanı, soğuk su kaynakları bakımından fakirdir.

Çalışma alanında bulunan formasyonların fiziksel özelliklerine bakarak rezervuar özellikleri hakkında şunları söyleyebiliriz. Bazalt ve Piroklastikleri; bu birim içerisinde birbiriyle irtibatlı kırık ve çatlaklar içeren bazalt lavı seviyeleri iyi rezervuar özelliktedir. Az kırıklı-çatlaklı özelliğe sahip olan siyah andezit, zayıf rezervuar özelliktedir. Örtü kayaç niteliğinde olan birimler ise Kızılçermik Tüfit Üyesi ile Siyah İgnimbrit üyesidir (Dağıstan 2001).

Horasan Formasyonu'nun örtü kayaç niteliği taşıyan seviyeleri ise kıltaşı-marn'dan oluşmaktadır. Bu birim içerisinde su tutan ve rezervuar özellikte olan elemanlar çakıltaşı ve kum taşı seviyeleridir. Birim yarı geçirimli özellikte olup akifer özelliğinden çok ova beslenmesini sağlar durumdadır (Dağıstan 2001).

Kum, çakıl, silt, kil gibi çeşitli boylarda tutturulamamış oluşuklardan meydana gelen alüvyon kalınlıkları 150 m'yi bulmaktadır. Akifer özelliğinde olan bu birim önemli yer altı suyu potansiyeli taşımaktadır. Pasinler ovasının güneyindeki yamaçlarda oluşum

gösteren eski alüvyon birimleri, ortalama 10-100 m arasında değişen kalınlıklara bağlı olarak yeraltı suyuda değişkendir ve akifer özelliği taşımaktadır (Dağıstan 2001). Çalışma alanının drenaj ağı haritası Şekil 4.3'te verilmiştir.



Şekil 4.3. Çalışma alanının drenaj ağı haritası

4.4. Termal Suyun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

4.4.1. Termal Suyun Sıcaklığı

Deli Çermik kaplıca suyunun sıcaklığı 01.12.2016-07.07.2017 tarihleri arasında alınan örneklerde 26°C yaklaşık 3 L/s debiye sahip olduğu ölçülmüştür. Ancak çamur ve havuz suyu sıcaklığı mevsimlere göre 2 ile 7°C arasında değiştiği gözlenmiştir. En yüksek sıcaklığı Temmuz ayında 27°C, en düşük sıcaklığı ise aralık ayında 21°C olarak ölçülmüştür. Çamur sıcaklığında yine en yüksek sıcaklığı 29°C Temmuz ayında, en düşük sıcaklığı Aralık ayında 20°C olarak ölçülmüştür.

4.4.2. Termal suyun berraklığı ve iletkenliğinin belirlenmesi

Termal suyun çıktığı yerden döküldüğü yere kadar; oldukça şeffaf ve berrak özellik göstermektedir. Ancak suyun yüzeyinde ve içinde parçacık şeklinde yosunlar gözlenmektedir.

Termal suda yapılan ölçümler neticesinde en yüksek iletkenlik Nisan-2017'de 2031 $\mu\text{s/cm}$ olarak tespit edilmiştir. Diğer zamanlarda yapılan ölçümlerde ise 1826 $\mu\text{s/cm}$ olduğu gözlenmiştir.

4.4.3. Termal suyun pH değeri

Aralık-2016 ve Temmuz-2017 tarihlerinde alınan su örneklerinde ölçülen pH değerinin bir birine yakın olduğu gözlenmiştir. Arazide yapılan ölçümlerde, Aralık ve Temmuz aylarında pH:7.0 değerini içerirken laboratuvar ölçümlerinde ise pH:6.12 değeri elde edilmiştir. Arazi ve laboratuvar ölçümlerinin farklı çıkmasının sebebi Deliçermik Termal suyunun çevre şartlarından dolayı nötre yakın asidite olduğu düşünülmektedir. Çizelge 4.1'de termal suyun fiziksel analiz sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.1. Deliçermik termal havzasının fiziksel analizleri

Kaynak adı	Tarih	Koordinatlar		T (°C)			Yükseklik (m)	pH	Eh(Mv)	EC(µS/cm)	O ₂ (mg/l)
		X	Y	Hava	Su	Çamur					
Deli Çermik Kaplıcası	01.12.2016	39°59.341	41°51.200	7	21	20	1664	6,8	57.9	2031	6
Deli Çermik Kaplıcası	21.04.2017	39°59.341	41°51.200	15	23	15	1670	6.3	39.5	1826	3.9
Deli Çermik Kaplıcası	07.07.2017	39°59.341	41°51.200	25	27	29	1670	7	28.6	2031	6

4.4.4. Termal suyun anyon ve katyon değerleri

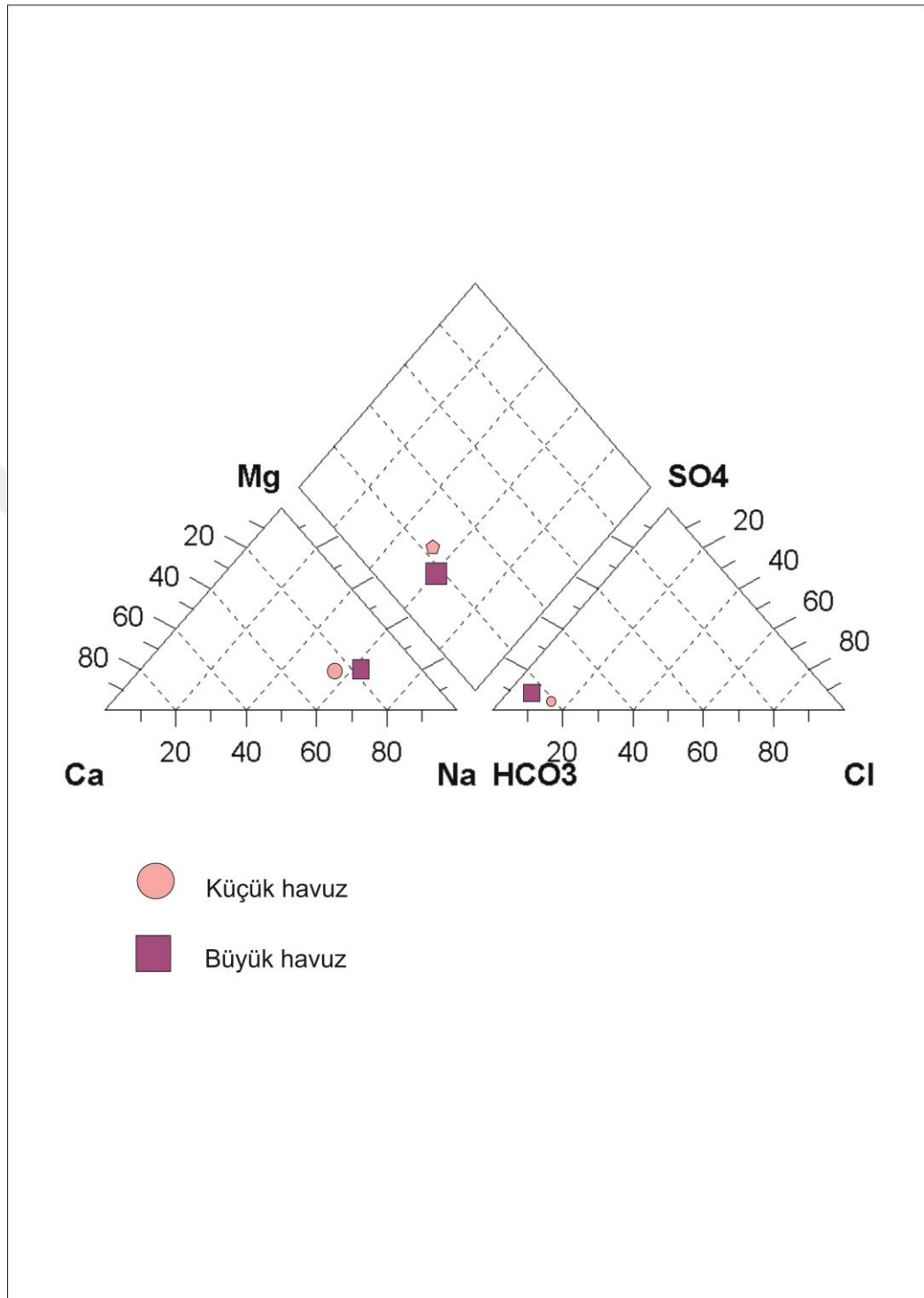
Çalışma alanındaki sulardan alınan örneklerde Deliçermik kaynağının kimyasal sınıfının sodyumlu-kalsiyumlu-bikarbonatlı- karbondioksitli sıcak su özelliğine sahip olduğu, fiziksel sınıfının ise hipotermal-hipotonik su olduğu belirlenmiştir. Deliçermik Termal suyu 2878.52 mg/L toplam erimiş mineral içeriğine sahiptir (Özdemir 1972). Küçük havuz ve büyük havuzda en fazla bikarbonat olduğu ve iki havuzda iyonik negatif yüklerin yoğun olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Köprüköy-Deli çermik termal havzasının kimyasal analizleri

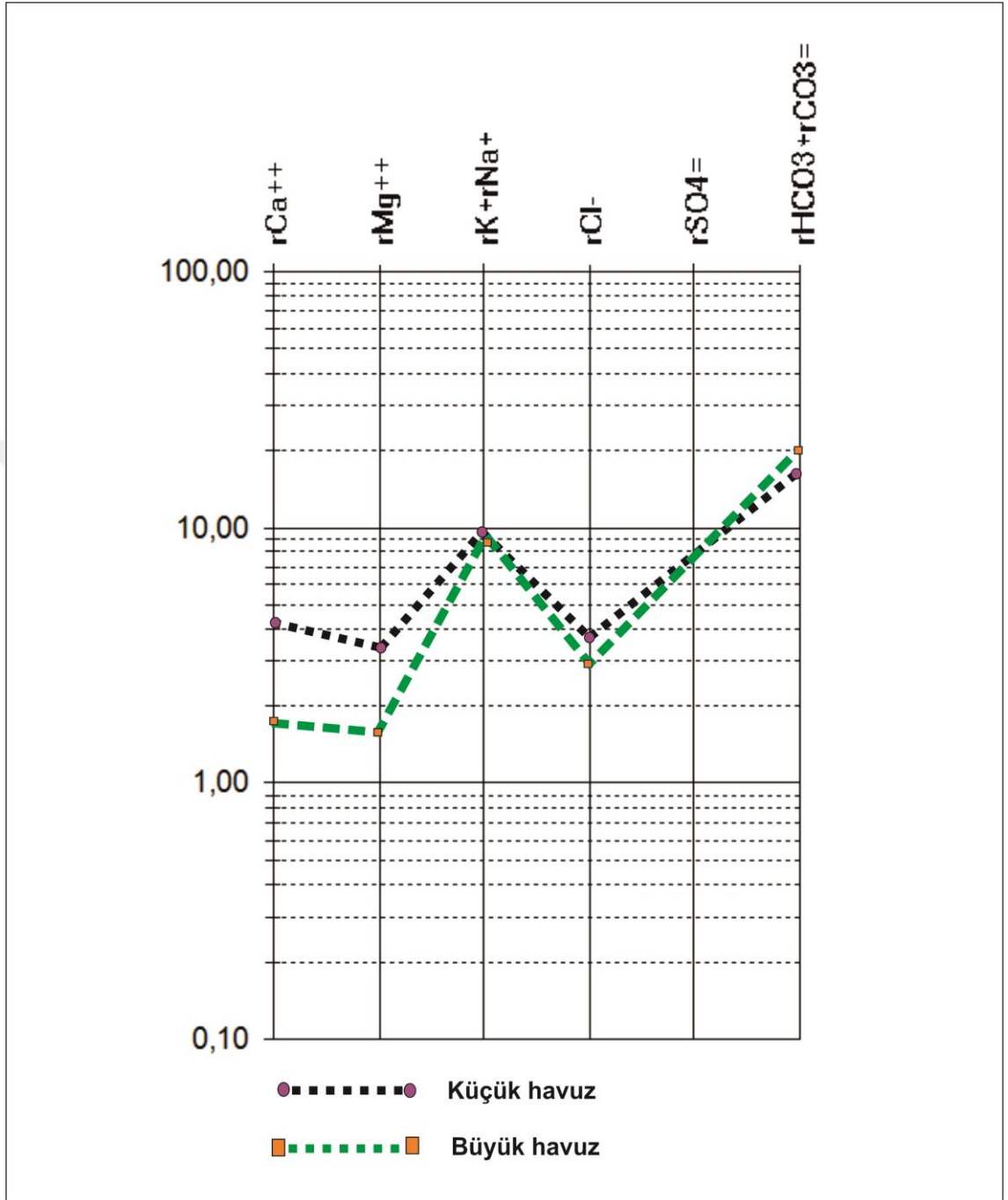
Bileşenler	Küçük Havuz	Büyük Havuz
Na ⁺ (mg/lt)	205	172
K ⁺ (mg/lt)	38	84
Mg ²⁺ (mg/lt)	39,4	37,2
Ca ²⁺ (mg/lt)	89,8	64,8
Fe	9,1	7,1
NH ₄ ⁺	1,9	0,42
HCO ₃ ⁻ (mg/lt)	956	1185
SO ₄ ⁻² (mg/lt)	10	18,45
Cl ⁻ (mg/lt)	132	106,2
F ⁻ (mg/lt)	0,1	1,2

4.5. Su kimyası ve jeotermal açıdan değerlendirme

İnceleme alanında bulunan sular, kaynak başında ve laboratuvarında analizi yapılarak değerlendirilmiştir. Suyun anyon ve katyonları, berraklığı ve iletkenliği, sıcaklığı ve pH'sı olmak üzere kısaca fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Köprüköy-Deliçermik jeotermal sularını tanımlamak ve grafiksel olarak gösterebilmek için üçgen ve Scholler diyagramları hazırlanmıştır (Şekil 4.4, 4.5).



Şekil 4.4. Suların üçgen diyagram üzerinde anyon-kasyon dağılımı (Piper 1944)



Şekil 4.5. Çalışma alanındaki suların yarı logaritmik scholler diyagramı

Analiz sonuçlarına göre incelen sular Piper (üçgen) diyagramında 2. ve 9. bölgede yer almıştır (Şekil 4.4). Bu bölge suları, iyonların hiç biri %50 geçmeyen karışık sulardır. Deliçermik Kaynağı, Sodyumlu-Kalsiyumlu-Bikarbonatlı sıcak su özelliğinde, $HCO_3^- > Cl^-$ anyon ve $Na^+ + K^+ > Ca^{+2} > Mg^{+2}$ kation sıralamasına sahiptir. Sıcak suyun üçgen

diyagram üzerinde anyon-kasyon dağılımlarına bakıldığında Köprüköy'deki sıcak sular kasyonlarına göre karbonat ve bikarbonatça zengin sular, anyonlarına göre ise, sodyum ve potasyumca zengin su özelliğinde olduğu görülmektedir. Büyük havuz ve küçük havuz olarak isimlendirilen çalışma bölgesinde yer alan sular yarı logaritmik scholler diyagramında karşılaştırılması yapıldığında (Şekil 4.5) her iki kaynaktan çıkan su birbirleriyle benzerlik göstermektedir.

4.6. İzotop jeokimyası

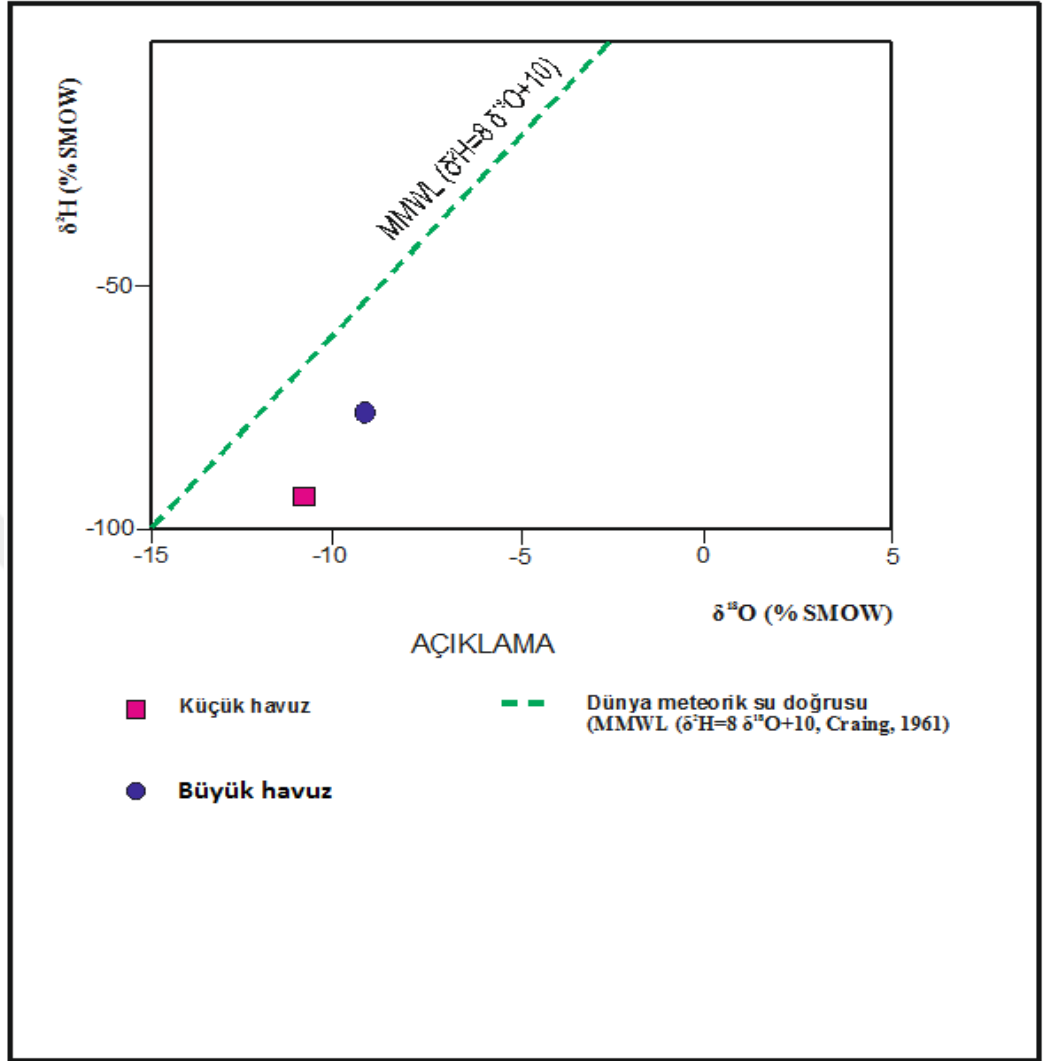
Günümüzde, izotop tekniklerinin kullanımının oldukça yaygın hale gelmesinin sebebi termal yüzeye çıkış mekanizması ve suların kökeni ile ilgili detaylı bilgiye sahip olmaktır. Jeotermal sistemlerde yapılan izotop çalışmaları, çoğunlukla meteorik kökenli sular olduğunu belirtmiştir. Ancak eskiden kırık ve çatlaklar aracılığı ile yüzeye ulaşan sular juvenil veya magmatik kökenli olarak kabul edilmekteydi (Akan 2002). Tritiyum atomları 1.10^{-15} oranında doğada bulunmaktadır. Su içerisindeki tritiyum konsantrasyonu tritiyum birimi (TU) olarak verilmektedir. Yani 10^{18} hidrojen atomuna karşı bir tritiyum atomunun bulunması “1 Tritiyum Birimi (TU)” olarak tanımlanmaktadır. Uğradığı zamansal değişim nedeniyle radyoaktif olmasından dolayı yer altı sularının bağlı yaşının (eskilik derecesi) belirlenmesi çalışmalarında kullanılmaktadır (Çifter ve Sayın 2002).

Bu çalışma kapsamında, izotop verileri araştırma alanındaki jeotermal suların kökenini değerlendirmek için kullanılmıştır. Ancak, Şekil 4.5'deki termal sulara ait $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ grafikleri incelendiğinde bunların belirli bir yönelime sahip olduğu ve meteorik doğrudan sapma gösterdiği ve belirlenmiştir. Bu durum ise genellikle, yüksek sıcaklıklarda meydana gelen su-kayaç ilişkisi sonucu termal suların $\delta^{18}\text{O}$ 'ce zenginleşmesine bağlanmaktadır. İnceleme alanındaki sular, yüksek EC ve Cl değerlerine karşılık uzun dolaşıma ve düşük tritiyum içeriğine sahip olduğu tahmin edilmektedir. Yüksek kotlardan beslenmekte olup yeraltında daha uzun bir dolaşım süresine sahiptirler. Buna bağlı olarak da $\delta^{18}\text{O}$ içeriğinde yüksek sıcaklıktan kaynaklanan su-kayaç etkileşimine bağlı tipik bir zenginleşme görülmektedir.

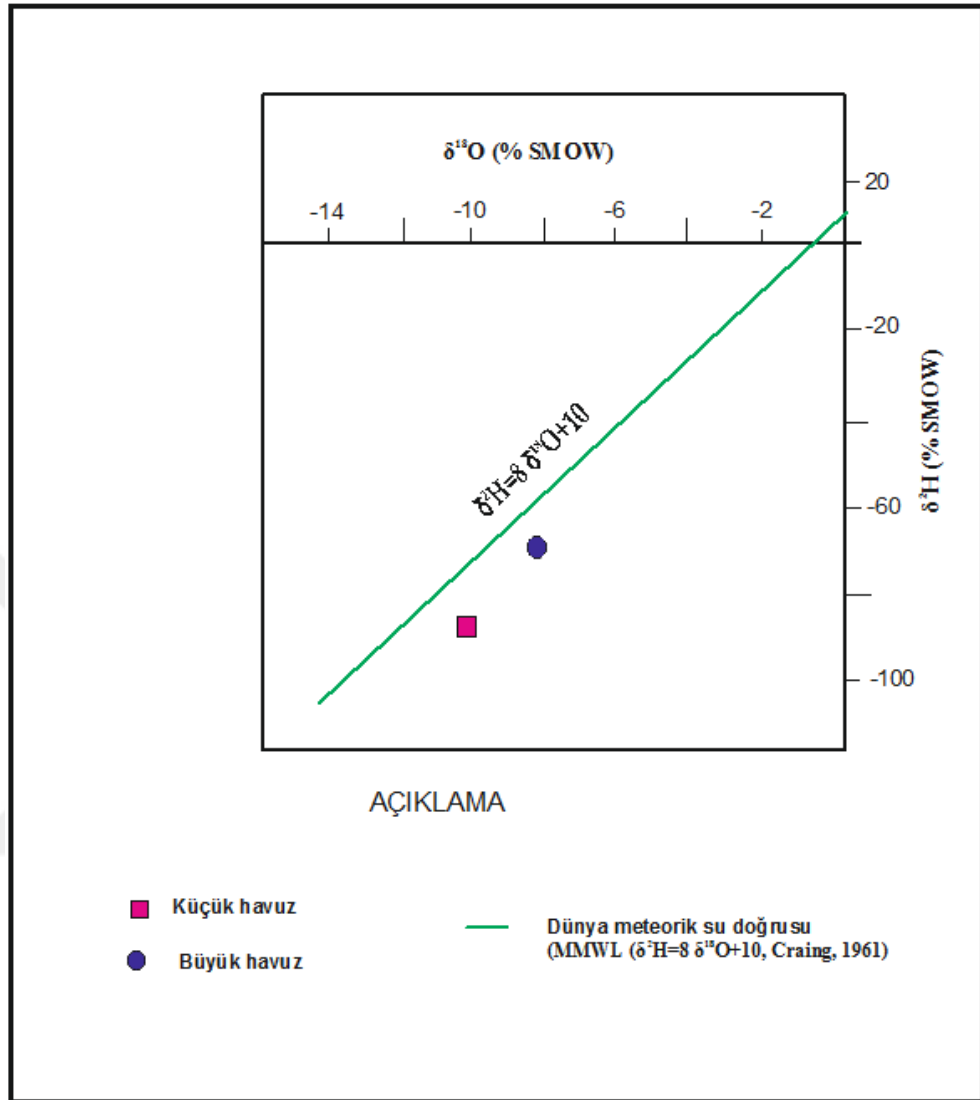
İnceleme alanı içerisindeki su noktalarında yapılan izotop ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$ ve ^3H) analiz sonuçlarına göre sulardaki $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ değerleri sırasıyla -7.86‰ ile -13.53‰ ve -64.58‰ ile -97.18 ‰ değerlerine sahiptir. Bu alandaki jeotermal suların kökeni ve yaş ilişkisinin belirlenmesi amacıyla izotop sonuçları Şekil 4.6, 4.7 ve 4.8’de görülen diyagramlarda değerlendirilmiştir. İnceleme alanındaki termal suların dolaşım sürelerinin belirlenmesinde ^3H - $\delta^{18}\text{O}$ ilişkisi yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu diyagrama göre küçük havuzdaki termal suyun dolaşım süresi uzun, büyük havuzdaki termal suyun ise dolaşım süresi kısadır. İki havuzunda aynı yükseltilerden beslendikleri tahmin edilmektedir.

Çizelge 4.3. İzotop analiz sonuçları

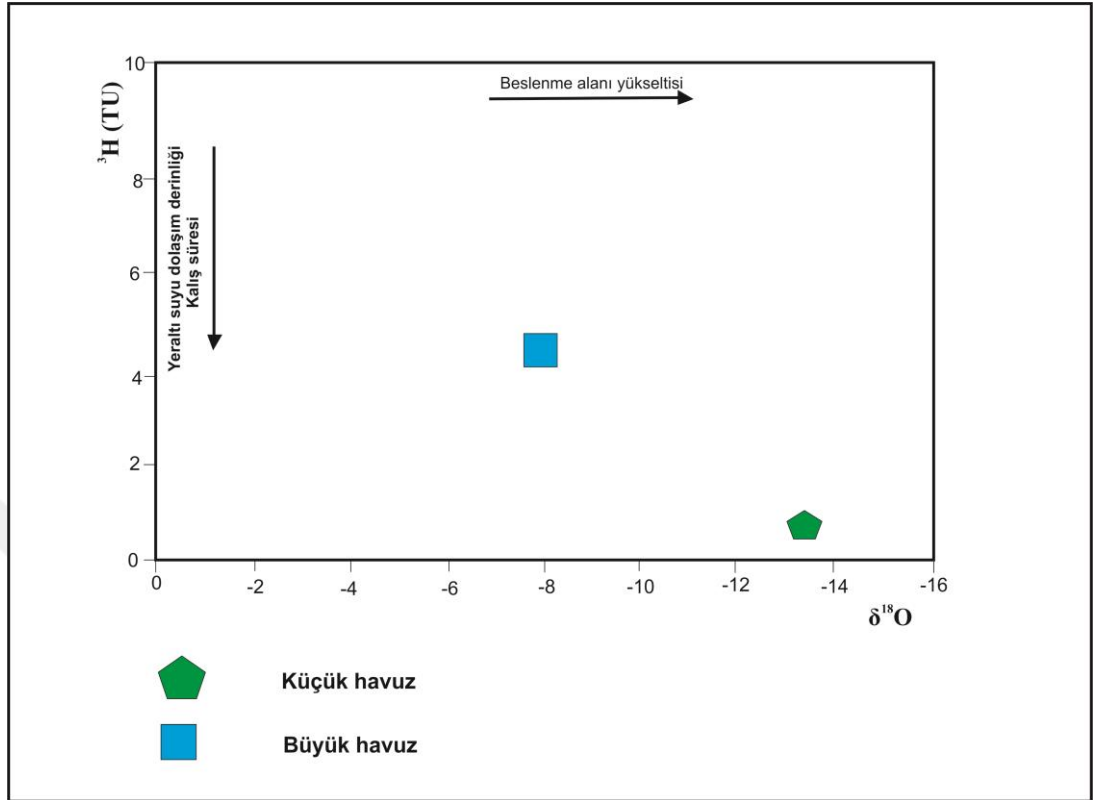
Lokasyon	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$	^3H
Büyük havuz	-7,86	-64,58	5,85
Küçük havuz	-13,53	-97,18	0,37



Şekil 4.6. İnceleme alanındaki suların $\delta^{18}\text{O}$ – $\delta^2\text{H}$ diyagramındaki görünümü (Craig 1961)



Şekil 4.7. İnceleme alanındaki suların $\delta^{18}\text{O}$ – $\delta^2\text{H}$ ilişkisi (Craig 1961)



Şekil 4.8. İnceleme alanındaki suların $\delta^{18}\text{O}$ – ^3H diyagramındaki görünümü

Bunlar burada tüm sapmaların olmasına rağmen bütün dünyada kabul edilen $\delta^2\text{H}$ ile $\delta^{18}\text{O}$ ilişkisi tanımlayan meteorik çizgiyi gösterir. Kayaç-su etkileşimi, karışım, buhar yoğunlaşması ve yaş ilişkisi onların kökenini akla getirir dikkate alınması gerekmektedir. Bir jeotermal sistemin izotop jeokimyası jeotermal akışkanın kalma süresi, kökeni, yaşı, suyun maruz kaldığı fiziksel prosesler, kayak su etkileşimi ve rezervuar hakkında bilgi vermektedir.

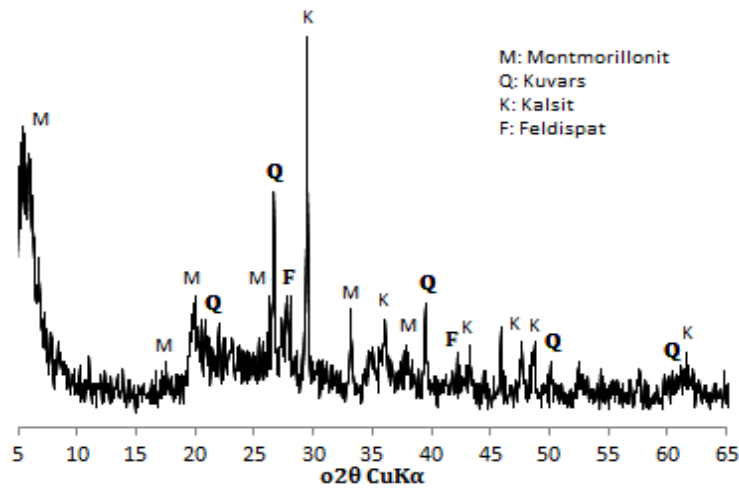
4.7. XRD Analizi Sonuçları

XRD yöntemi katı inorganik ve kristal haldeki, çoğunlukla ağır elementlerden oluşan maddelerin araştırılmasında uygulanan bir yöntemdir. Numunelerin iç yapısının morfolojik özelliklerinin belirlenmesinde ve kristal yapısının incelenmesinde X-ışınları analizleri oldukça önemli sonuçlar sağlamaktadır (Bulun 2010).

Köprüköy-Deliçermik havzasından alınan örnekte yapılan XRD analiz sonuçlarına göre en fazla bulunan kil minerali simektit olarak belirlenmiştir.

Kil olmayan mineral olarak kuvars, kalsit ve feldispat yer almaktadır. Köprüköy killi birimleri, çoğunlukla kuvars ve feldispat içermesine rağmen, içeriğinde yüksek miktarda simektit bulunması termal çamurun peloterapik kil olma özelliğini taşımasını sağlamıştır. Simektit killeri, su ile birleşince şişmekte ve çamurda pürüzsüz, kaygan bir doku oluşturmaktadır. Mineralin ısı kapasitesi tabakalar arasındaki su ile birlikte artmaktadır. Böylece cildin ısınmasını, terlemeyi ve kan dolaşımını yükselttiği belirlenmiştir (Ferrand and Yvon 1991).

Çalışılan örnekten tespit edilen minerali gösteren X-ışını kırınım grafikleri Şekil 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.9. Termal çamurun XRD desenleri

4.8. Yosun Giderme Yöntemlerinin Değerlendirilmesi

Köprüköy termal sahasında termal suyun killi birimle birleşmesi sonucu yosun oluşumu gerçekleşmiştir. Sahada oluşan yosunların giderilmesine yönelik yapılan bu çalışmada yosun giderimi için önemli olan parametreleri araştırmak amacı ile çalışma alanından

alınan örnekler üzerinde çeşitli deneyler yapılmış ve elde edilen sonuçlar grafik halinde verilerek değerlendirilmiştir.

Yapılan deneysel çalışmalarda en uygun zaman, sıcaklık ve pH değerleri belirlenmiştir. Belirlenen zamanlarda 660 nm’de beckman coulter kullanılarak UV-Vis spektrofotometre’de absorbans ölçümleri yapılarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Demir klorür, kalsiyum oksit, alüminyum sülfat, sodyum karbonat, sodyum hidroksit ve hidroklorik asit kullanılarak yapılan çalışmada suda bulanıklık giderimi sağlanmıştır. Aynı zamanda yosunlarda azalma meydana geldiği görülmüştür. Ticari olarak alınan bakteride farklı pH’larda yapılan çalışmada ise ortamdaki yosunlarda gözle görülebilir miktarda azalma meydana geldiği gözlenmiştir (Şekil 4.10).

4.8.1. Sıcaklığın etkisi

Sıcaklığın yosunları giderme üzerindeki etkisini görebilmek için üç farklı sıcaklıkta (20, 25 ve 30°C) çalışma yürütülmüştür. Deney sonuçları, sıcaklık arttıkça yosun miktarı’nın azaldığını göstermiştir (Şekil 4.11, 4.12, 4.13, 4.14). Elde edilen sonuçlara göre en fazla yosun giderimi 30°C gerçekleşmiştir.

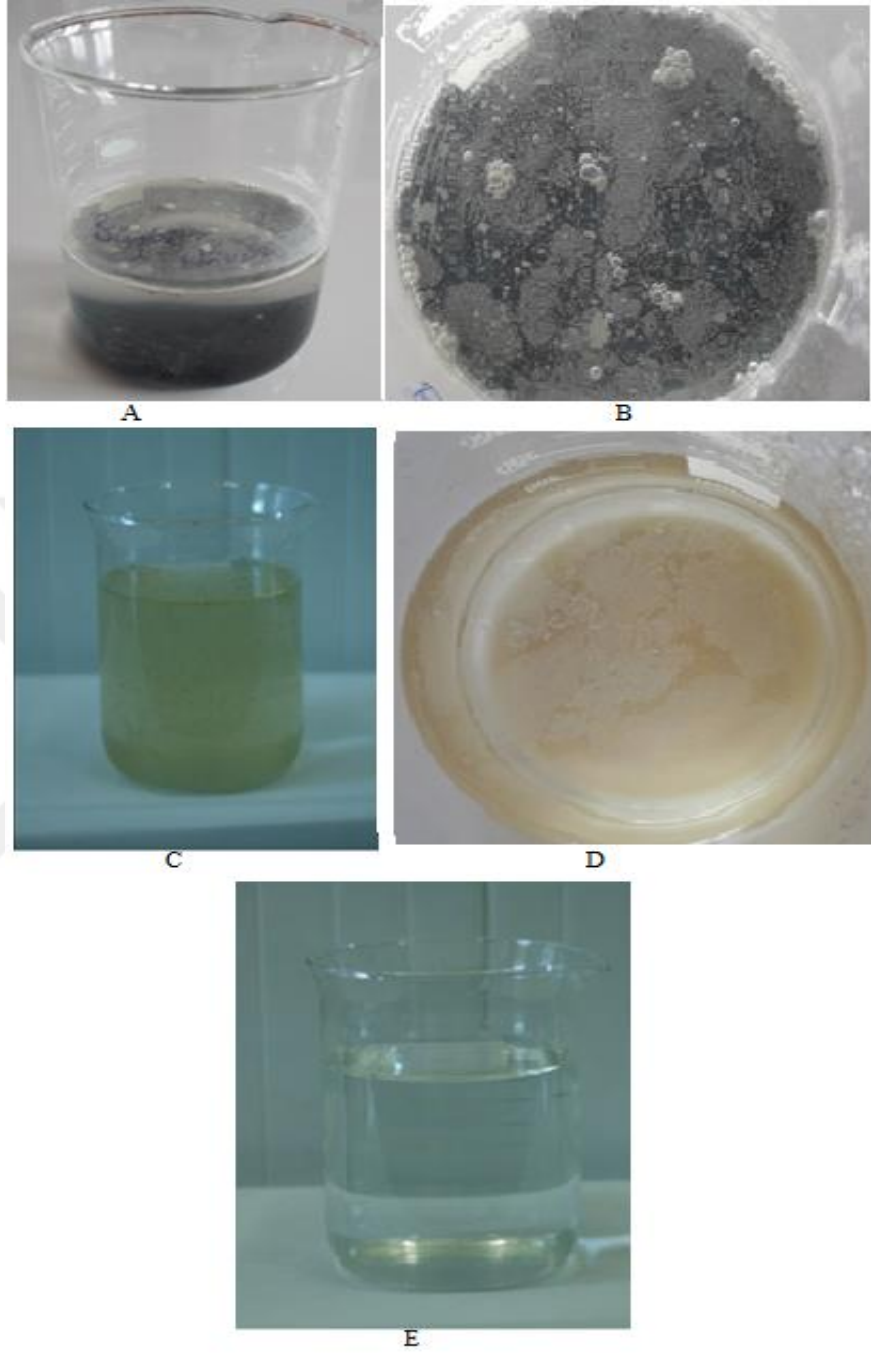
4.8.2. pH’nın etkisi

Yosun giderimi için optimum pH’yı bulmak için değişik pH’larda (5,6,7 ve 8) deneysel çalışma yürütülmüştür. 660 nm’de absorbanslarına bakıldığında; pH 5.0’da iken 20°C’de 0,032,25°C’de 0,027 ve 30°C’de 0,008 ölçülmüştür. pH 6.0’da iken 20°C’de 0,025,25°C’de 0,020 ve 30°C’de 0,006 ölçülmüştür. pH 7.0’da iken 20°C’de 0,012,25°C’de 0,008ve 30°C’de 0 ölçülmüştür. pH 8.0’da iken 20°C’de 0,03,25°C’de 0,02ve 30°C’de 0,003 ölçülmüştür. İşlemler sonucunda pH 7’nin en uygun pH olduğu tespit edilmiştir.

4.8.3. Zamanın etkisi

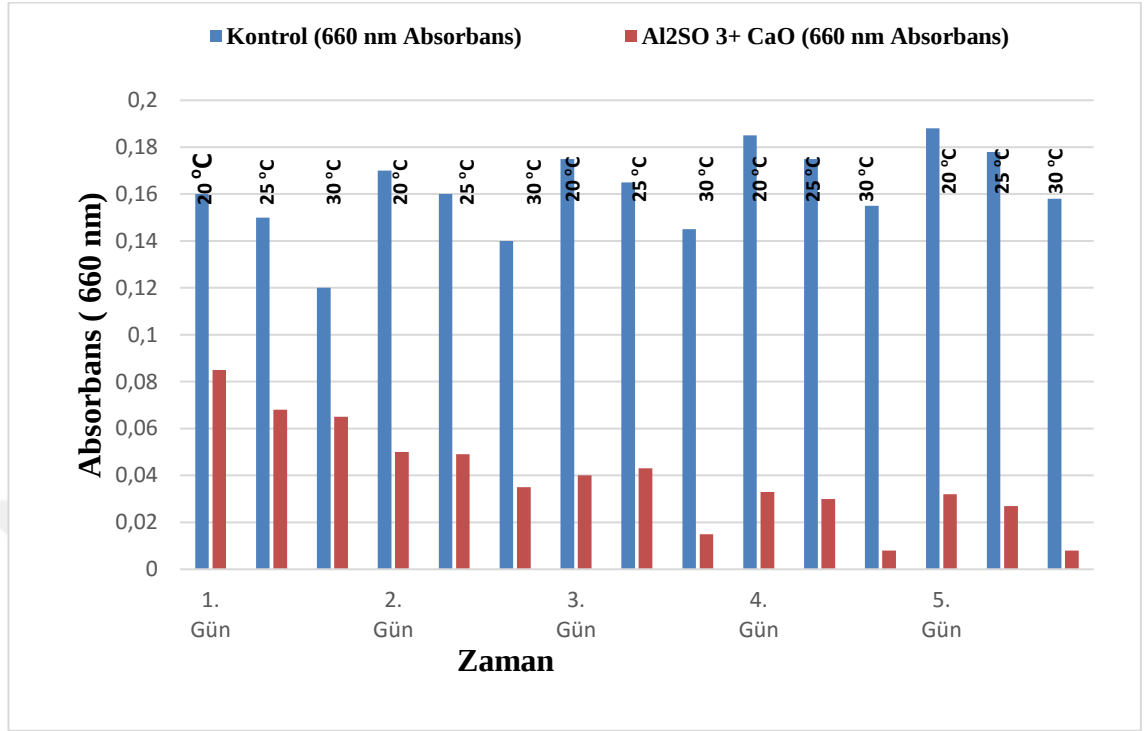
Deneyler beş gün boyunca izlenmiş ve deney sonuçlarına göre zaman ile yosun giderimi ve buna bağlı olarak bulanıklığın azalması arasında doğrusal bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Kontrol numunelerinde ise zaman ilerledikçe bulanıklığın arttığı görülmüştür.

Yosun gideriminde kimyasal izleme üzerine sıcaklık ve zamanın etkisi pH 5.0, pH: 6.0, pH 7.0 ve pH: 8.0 izlenmiş ve elde edilen veriler ışığında hazırlanan grafikler sırasıyla Şekil 4.11, Şekil 4.12, Şekil 4.13 ve Şekil 4.14'te verilmiştir.

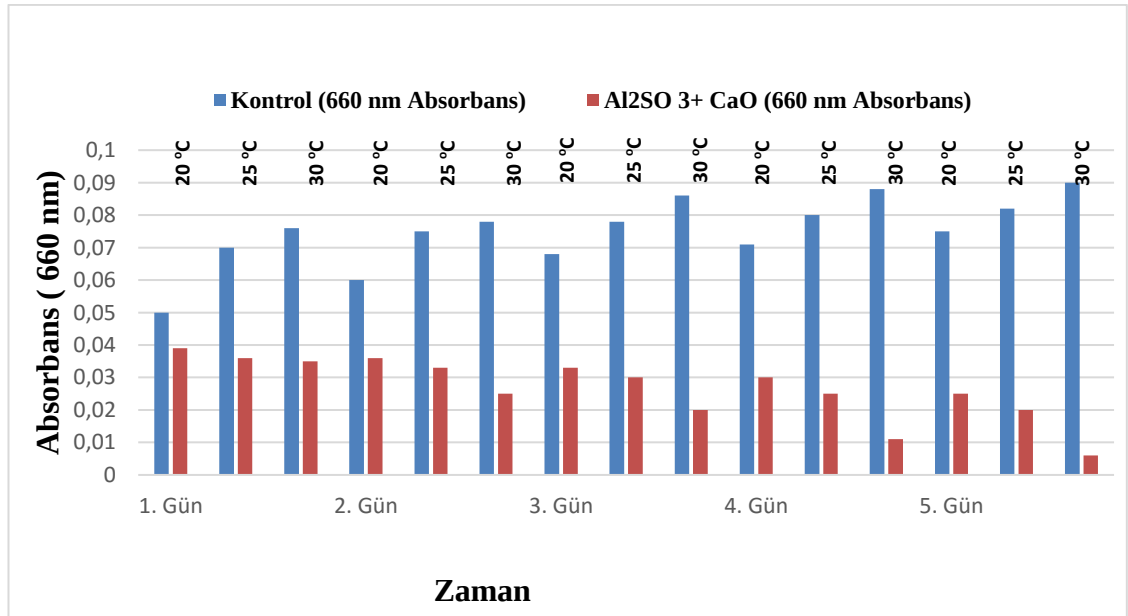


Şekil 4.10. Yosunların giderilme süreci;

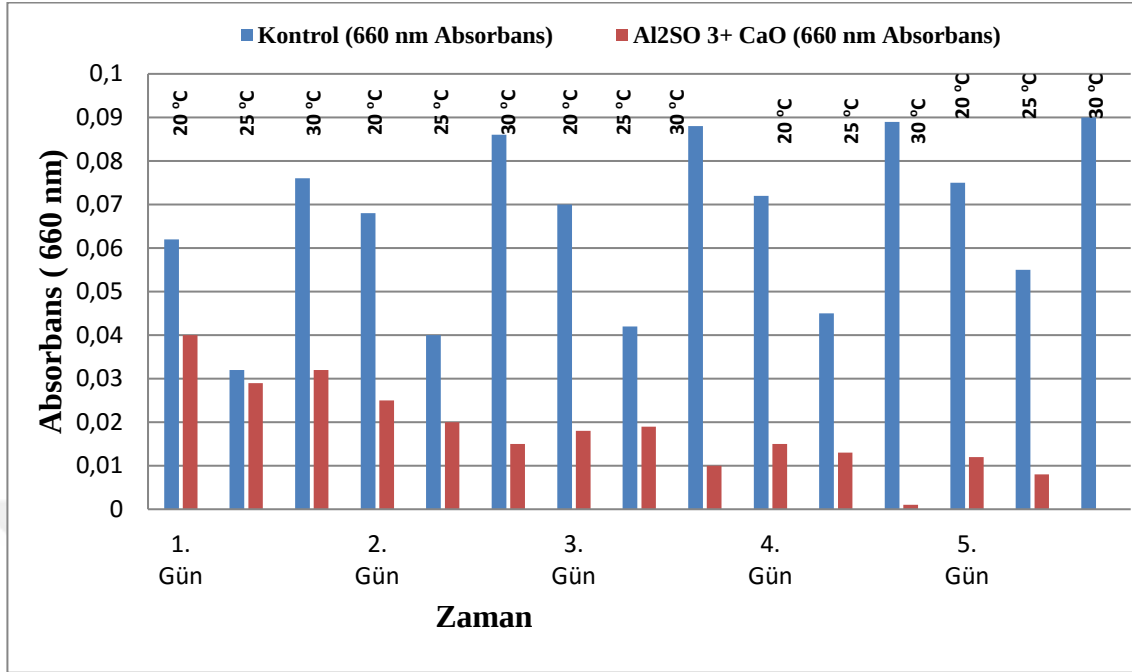
A. Yosunlu su karışımı B. İki gün 30°C sıcaklıkta inkübasyondan sonra C. Kimyasal izlemeye tabi tutulduktan bir gün sonra D. Kimyasal izlemeye tabi tutulduktan üç gün sonra E. Kimyasal izlemeye tabi tutulduktan on beş gün sonra (pH 7.0, sıcaklık 30°C)



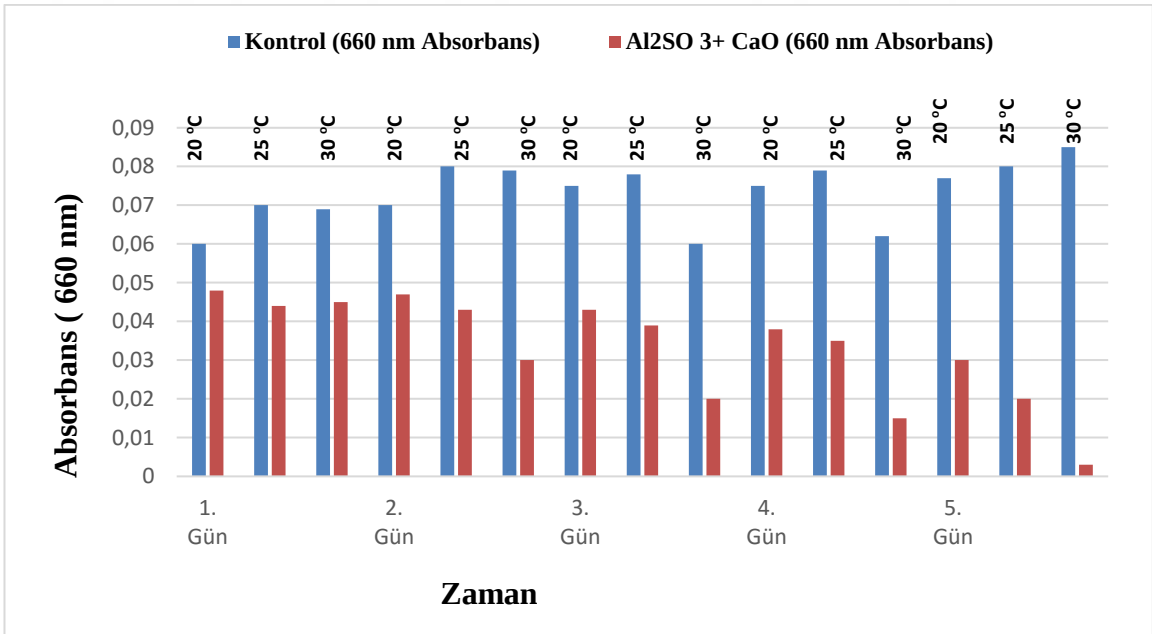
Şekil 4.11. Yosun gideriminde kimyasal izleme üzerine sıcaklık ve zamanın etkisi, (pH 5.0)



Şekil 4.12. Yosun gideriminde kimyasal izleme üzerine sıcaklık ve zamanın etkisi, (pH 6.0)



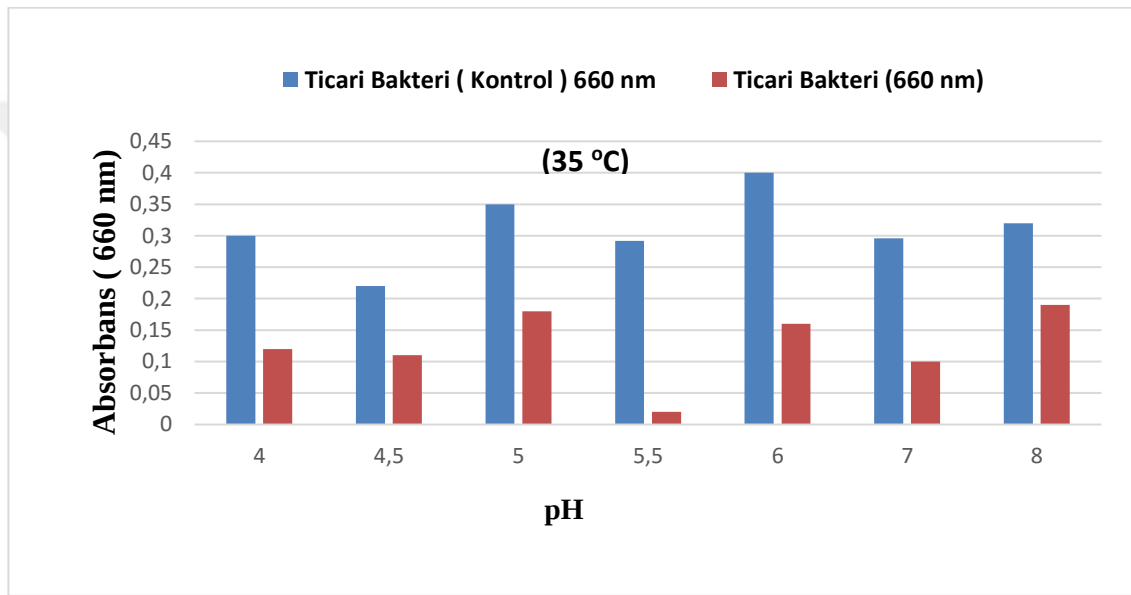
Şekil 4.13. Yosun gideriminde kimyasal izleme üzerine sıcaklık ve zamanın etkisi, (pH 7.0)



Şekil 4.14. Yosun gideriminde kimyasal izleme üzerine sıcaklık ve zamanın etkisi, (pH 8.0)

4.8.4. Ticari bakterinin etkisi

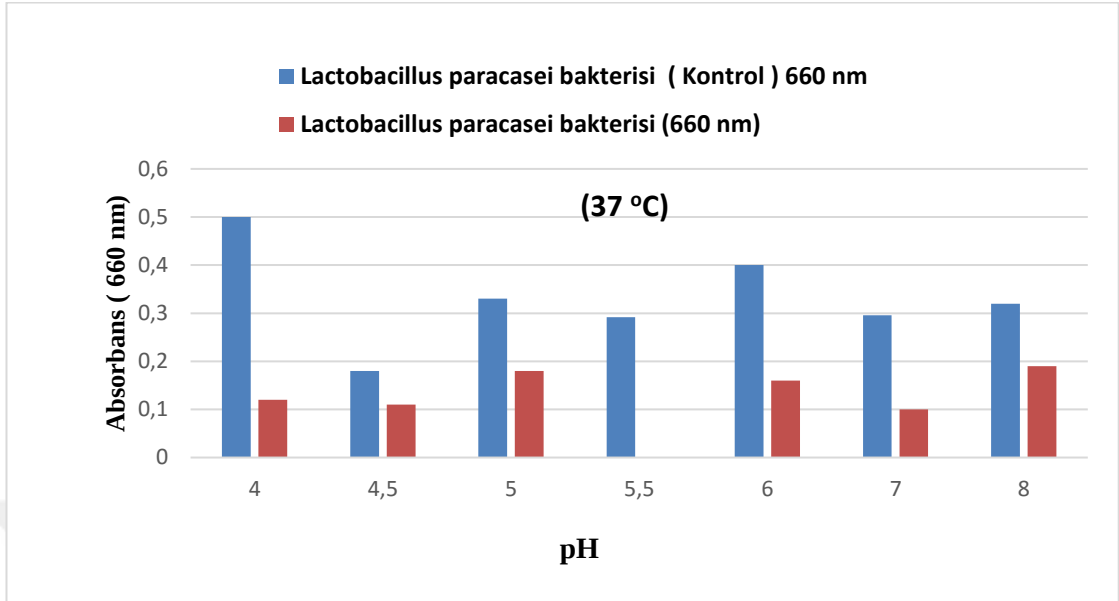
Ticari bakterinin yosun ve bulanıklığın giderilmesi üzerinde ne tür etkisi olduğunu anlamak için reaksiyon ortamında 30 gün boyunca yedi farklı pH'larda (4, 4.5, 5, 5.5, 6, 7 ve 8) izlenmiştir. Her bir numuneye 4 mL bakteri kültürü eklenerek bu sonuçlardan 5.5 pH'da ve 35°C en fazla yosun giderimi gerçekleştiği belirlenmiştir.



Şekil 4.15. Bakteri ile yosun giderimi üzerine pH ve zamanın etkisi

4.8.5. *Lactobacillus paracasei* bakterisinin etkisi

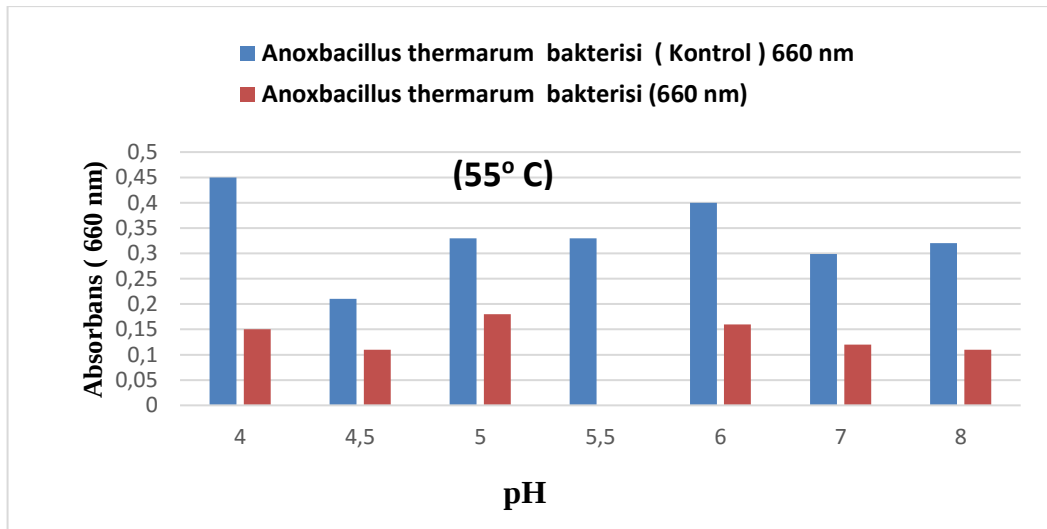
Lactobacillus paracasei bakterisinin yosun ve bulanıklığın giderilmesi üzerinde ne tür etkisi olduğunu anlamak için reaksiyon ortamında 10 gün boyunca yedi farklı pH'larda (4, 4.5, 5, 5.5, 6, 7 ve 8) izlenmiştir. Her bir numuneye 4 mL bakteri kültürü eklenerek bu sonuçlardan 5.5 pH'da ve 37°C en fazla yosun giderimi gerçekleştiği belirlenmiştir.



Şekil 4.16. Bakteri ile yosun giderimi üzerine pH ve zamanın etkisi

4.8.6. *Anoxbacillus therrmarum* bakterisinin etkisi

Anoxbacillus therrmarum bakterisinin yosun ve bulanıklığın giderilmesi üzerinde ne tür etkisi olduğunu anlamak için reaksiyon ortamında 5 gün boyunca yedi farklı pH'larda (4, 4.5, 5, 5.5, 6, 7 ve 8) izlenmiştir. Her bir numuneye 4 mL bakteri kültürü eklenerek bu sonuçlardan 5.5 pH'da ve 55°C en fazla yosun giderimi gerçekleştiği belirlenmiştir.



Şekil 4.17. Bakteri ile yosun giderimi üzerine pH ve zamanın etkisi



Şekil 4.18. *Lactobacillus paracasei* bakterisi ilavesi ile yosunlarda meydana gelen azalma

5. TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER

5.1. Tartışma

Termal su ve termal çamurların tıbbi amaçlı kullanımı ve sağlık açısından birçok faydasının olduğu bilinmektedir. Bunların kullanılabilmesi termal su ve çamurda bulunan minerallerin tespit edilmesi ve hastalığın türüne göre uygulama yapılması gereklidir.

Literatüre bakıldığında, yapılan çalışmada peloterapi amaçlı kullanılan saponit ve montmorillonit'i deniz suyu ile karıştırmışlardır. Sonucunda tane boyu ve plastisite indisinde değişimler olduğunu gözlemişlerdir. Peloid yapımında kullanılacak mineralin seçiminde en önemli kriterlerden birinin katyon değiştirme kapasitesi olduğu belirtmişlerdir (Carretero *et al.*2007).



Şekil 5.1. Ticari bakteri ilavesi ile yosunlarda meydana gelen azalma

Saf halde alınan Al-bentonit (montmorillonit), Mg-bentonit (santonit) ve sepiyolit

killerinin tedavi edici etkileri; illit, smektit ve kaolinit karışımı bir kile oranla daha iyi termal tedavi özelliğine sahip olduğu belirtmişlerdir (Legido *et al.* 2007). Aktif hizmet vermekte olan 12 kaplıcadan çamur ve 3 kaplıcadan termal su örnekleri üzerinde yapılan inceleme sonucu bazılarının minerolojik bileşim ve bazı önemli parametreler bakımından uygun olmadığı dolayısı ile tedavi edici özelliği bulunmadığı belirtmişlerdir (Karakaya ve Karakaya 2009). Yaptıkları bir çalışmada çamurların tedavi, farmösik veya estetik amaçlı kullanımları için bir geliştirme işlemi gerekmekte ve gerekli materyallerin bentonit yataklarından cüzi miktar karşılığı temin edilebileceği ön görülmüştür (Karakaya vd 2010). Yapılan bir çalışmada Köprüköy termal çamur alanının simektitçe zengin olduğu tedavi edici ve estetik amaçlı kullanım için uygun ve yeterli olduğunu vurgulamışlardır (Kalkan vd 2012).

Bu çalışmada, Köprüköy-Deliçermik jeotermal suyunun jeokimyasal özelliklerini ve sağlığa olan faydalarını aydınlatmak amaçlanmıştır. Köprüköy ilçe merkezinin batısında KB-GD, doğusunda KD-GB doğrultusunda uzanan faylar, yörede bulunan şifalı su kaynaklarının oluşmasında etkili olmuştur. Bikarbonatça zengin çamur, düşük tansiyon, anemi, deri, mide ve kadın hastalıkları için faydalıdır (Dağıstan 2000). Kaplıca suyu $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^-$ anyon ve $\text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ kation sıralamasına sahiptir. Çalışma alanı jeotermal suları için hazırlanan $\text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Mg}^{2+} - \text{Ca}^{2+}$ üçgen diyagramında $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ kationlarının bir noktaya yöneldiği gibi baskın kationların $\text{Na} + \text{K}$ olduğunu göstermektedir. Bu beklenen bir durumdur, çünkü artan sıcaklıklarla Na^+ değeri'nin arttığı ve buna karşın ise Ca^{2+} ve Mg^{2+} içeriği'nin azaldığı düşünülmektedir. Aynı zamanda bu durum Gemici ve Tarcan (2005), Palabıyık ve Serpen (2008) ve Bello ve Özgür (2013) yaptıkları çalışma ile uyumludur.

Çalışma alanı jeotermal suları $\delta^{18}\text{O}$ yönünden zenginleşmiştir ve meteorik kökene işaret eden meteorik su çizgisi boyunca dizilmiştir. Bu durum yüksek sıcaklıktan dolayı rezervuardaki kayaç-su etkileşiminin ve/veya kaynamanın varlığına işaret etmektedir. Ayrıca, jeotermal sular içindeki $\delta^2\text{H}$ içeriği değişimi sistemin uzun mesafelerden ve yüksek kısımlardan beslendiğine işaret etmektedir. Bu durum aynı zamanda Tarcan ve Özen (2009), Bello ve Özgür (2013) yaptıkları çalışmanın sonuçları ile uyumaktadır.

Temiz bir çevre, bütün canlıların yaşayabilmesi için temel koşuldur. Bu koşulu sağlamak ise yine bizlerin elindedir. Çalışma alanında insanların termal çamurdan yararlanacağı suyun hijyenik görüntü sunmaması aynı zamanda görüntü kirliliği oluşturması sebebi ile bu suyun yosunlardan temizlenmesi gerekir. Bu amaç doğrultusunda çalışmamızda Al_2SO_3 , CaO , $FeCl_3$, Na_2CO_3 , ve üç adet bakteri kullanarak yosunları giderme üzerine çalışma yürütülmüştür. Kimyasal kullanarak $30^\circ C$ sıcaklıkta ve 7.0 pH'da, bakterilerde ise $35^\circ C$, $37^\circ C$, $55^\circ C$ sıcaklıkta 5.5 pH'da yosunlarda azalma meydana geldiği görülmüştür. Öncelikle Köprüköy-Deliçermik termal havzasında *Euglenophyta*, *Cyanophyta*, *Bacillariophyta* ve *Chlorophyta* bölümüne mensup algler gözlenmiştir. Doğu Anadolu Bölgesi tatlı sularında yapılan algolojik çalışmalarda *Bacillariophyta*'nın baskın olduğu bulunmuştur (Altuner 1984; Altuner ve Aykutlu 1987; Altuner ve Gürbüz 1988; Pabucçu ve Altuner 1993)

Shen *et al.* (2010) yılında bizim çalışmamızın aksine ortamda klor, potasyum ve permanganat kullanılarak 7.0 pH'da ve 0.3 mg/L'de yüksek miktarda yosun gidermişlerdir. Ma and Liu (2002) tarafından yapılan bir çalışmada yosun içeren göl suyu'nu temizlemek için potasyum ferrat ile ön işleme yapıp daha sonra bizim çalışmamızda kullandığımız aliminyum sülfat ilave edilerek yosunlar verimli bir şekilde giderilmiştir. Potasyum ferrattan türetilen ferik hidroksit ise parçacık konsantrasyonu artırarak pıhtılaşmayı hızlandırmıştır. $18^\circ C$ sıcaklıkta ve 7.1 pH'da yosun giderilmiş olup, bizim sonuçlarımızı destekler niteliktedir. Henderson *et al.* (2009) yılında yaptıkları çalışmada ise koagülasyon ve flotasyon yöntemini ile çeşitli kimyasalları kullanması sonucu yosun giderme çalışması yapmıştır. Katyonik polimer kullanıldığında %95 başarı sağlanmıştır. Aliminyum sülfat 1,46-2,9 mg/L ilavesi ile ve pH 7.0 ayarlandığında %60, pH 5.0'da kitosan ilavesi ile %80, trimetil-amonyum bromür kullanıldığında ise %63 giderilmiştir. Elde edilen bu sonuç bizim sonuçlarımızı destekler niteliktedir. Henderson *et al.* (2008), yaptığı çalışmada dört farklı yosun türünü (*Chlorella vulgaris*, *Microcystis aeruginosa*, *Asterionella formosa*, *Melosira sp*) koagülasyon ve flotasyon yöntemi ile gidermişlerdir. Bizim çalışmamıza paralel olarak ortamda kullanılan çözeltilerin pH'sını 7.0 yaparak aliminyum sülfat ve sodyum klorür

kullanmışlardır. Daha sonra bizim çalışmamıza ek olarak zeta potansiyelini 210 Mv ve 2 Mv arasında tutarak ve yosun giderimini gerçekleştirmişlerdir.

Gao *et al.* (2009) alüminyumun ve demir elektrotlarının yosun giderilmesi için mükemmel bir elektrot malzemesi olduğunu belirtmişlerdir. Belirlenen optimum parametreler: akım yoğunluğu 1 mA / cm², pH 7.0, su sıcaklığı 36°C’de iyi sonuçlar elde etmişlerdir. Chen *et al.* (1998) üç çeşit kimyasal (Trimetil-amonyum bromür, sodyum sülfat, noniyonik Triton) kullanarak yosun giderme üzerine etkilerini kararlaştırmışlardır. pH 7.0’a ayarlanarak noniyonik Triton %10, Trimetil-amonyum bromür %90, sodyum sülfat kullanıldığında ise 10 mg/L Kitosan ilavesi ile %90 oranında yosunları gidermişlerdir. Zhang *et al.* (2006) çalışmalarında *Spirulina platensis* türü yosunu gidermek için öncelikle çözeltiye 0.4 mg/L poliklorlanmış alüminyum ilave etmişler ve pH 8.0 yaparak pıhtılaştırmışlardır. Daha sonra ses dalgaları ile yosunu parçalamışlardır. Ultrasonik güç 48 W olduğunda alg kaldırma verimliliği %90’a ulaşmış ve gücü artırarak daha fazla yosun gidermişlerdir. Bizim çalışmamızda alüminyum sülfat kullanılmış ama tek başına yosunları gidermek için etkili olmamıştır. Ses dalgalarının kullanılması çalışmada pıhtılaşma dozunu azaltarak yosun giderimini artırdığı düşünülmektedir. Chen *et al.* (2008) yılında yaptığı bir çalışmada pH değerleri 7.0 ayarlanarak, 1-7 mg/L ozon, 0.5-1.75 mg/L permanganat ve bizim çalışmamızda kullandığımız dozajdan daha fazla yani 1000 mg/L Al₂SO₃ kullanarak permanganatın ozona kıyasla daha fazla yosun giderdiğini belirlemiştir. Liu *et al.* (2012) tarafından bir çalışmada uçucu kül (SiO₂ Al₂O₃ Fe₂O₃ CaO MgO SO₃) ile manyetit (Fe₃O₄) karıştırılarak yosunların giderimini sağlamışlardır. 200 mg/L manyetit kullanılarak yosunları %99’u uzaklaştırmışlardır. Bizim çalışmalarımızda, ortamda bunlara aksi olarak Al₂SO₃, CaO, FeCl₃, Na₂CO₃ kullanarak 30°C sıcaklıkta ve 7.0 pH’da yosun giderimi sağlanmıştır. Fakat ortamda ozon, permanganat, manyetit ve uçucu kül kullanmanın daha fazla yosun giderebileceği düşünülmektedir.

Wright and Hobbie (1966) yaptığı çalışmada yosunları bakteri ile düşük konsantrasyonlarda yok etmişlerdir. Zilouei and Javanbakht (2015) yaptığı çalışmada ise yosunlardan meydana gelen kirliliğin ana sebeplerini araştırarak sebep olan kirliliği

mikroorganizmalar kullanarak giderilmesi başarıyla yapılmıştır. Önceki çalışmalarla desteklenir nitelikteki çalışmamızda 5.5 pH'da ve 35°C'de havuzda meydana gelen yosun kirliliği hem standart olarak kullanılan bakteri hemde *Lactobacillus paracasei* bakterisi kullanılarak Köprüköy Deliçermik'te bulunan görsel rahatsızlık veren yüzeydeki yosunların gideriminde başarıyla kullanılmıştır. Mevcut yosunların yüksek konsantrasyonda giderimi sağlanmıştır.

5.2. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada, Köprüköy-Deliçermik jeotermal alanı termal çamur ve suyunun fiziksel ve kimyasal özellikleri araştırılmıştır. Ayrıca bölgede bulunan yosunlaşma problemini gidermek amacı ile laboratuvar ortamında deneyler yapılarak, problemi gidermek için gerekli parametreler teker teker araştırılmıştır. Çalışma bölgesinden alınan örneklerin XRD, İzotop, anyon-kasyon analizi yapılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda özetlenmiştir.

Çalışma alanı, Erzurum iline 57 km uzaklıkta bulunan Köprüköy ilçesi sınırları içerisinde yer almakta olup, ilçe merkezine 3 km uzaklıkta bulunan Köprüköy-Deliçermik kaplıca alanını kapsamaktadır.

Çalışma alanında yüzeylenen volkanik kayalar, daha önce yapılmış çalışmalarda elde edilmiş yaş bulgularının ışığında, oluşum evrelerine ayrılarak, ayrıntılı haritalanmıştır. Buna göre çalışma alanında, Eosen, Üst Miyosen yaşlı; bazalt ve piroklastikleri, siyah andezitile tuf ve tüfitleri, siyah ignimbrit, Alt Pliyosen yaşlı; Ardıçlıdağ volkanitleri, andezitik-trakitik-riyolitik lav ve piroklastikleri, Orta-Üst Pliyosen yaşlı Horasan Formasyonu ile Pliyo-Kuvaterner yaşlı Kavak Bazaltı yer almaktadır.

Çalışma alanında yüzeylenen kayaların rezervuar ve örtü kayaç özellikleri incelenmiştir. Buna göre, Alt Miyosen yaşlı bazalt ve piroklastikleri iyi rezervuar özelliktedir. Siyah Andezit Birimi'ne ait tuf ve tüfitler ile Siyah İgnimbrit Birimi ve Horasan Formasyonu'nun killi seviyeleri örtü kayaç niteliğindedir.

Çalışma alanı, Kuzeydoğu Anadolu Fay Kuşağı olan ve önemli Neotektonik yapı olarak bilinen KD-GB uzanımlı sol yönlü doğrultu atımlı fay sistemlerinin etkisi altındadır. Köprüköy-Deliçermik termal su kaynağı sağ ve sol yanal atımlı doğrultu atımlı fayların makaslanma zonlarından çıkmaktadır. Termal kaynak suyunun sıcaklığı yaklaşık 26°C ve düşük entalpili jeotermal alan özelliğindedir ve yüksek sıcaklık beklenmemektedir.

Çalışma alanındaki sıcak sular, su kimyası açısından incelendiğinde, Köprüköy-Deliçermik termal kaynağı; $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^-$ anyon $\text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2}$ kation sıralamasına sahip, sodyumlu-kalsiyumlu-bikarbonatlı sıcak su özelliğindedir. Köprüköy-Deliçermik termal kaynağı Wilcox diyagramına göre şüpheli-iyi kullanılabilir sınırına düşmektedir. Termal suyun üçgen diyagram üzerinde anyon-kation dağılımlarına bakıldığında Köprüköy'deki termal sular kationlarına göre karbonat ve bikarbonatça zengin sular, anyonlarına göre ise, sodyum ve potasyumca zengin su özelliğinde olduğu görülmektedir.

İzotop kimyası sonuçları suların meteorik kökenli olduğunu göstermektedir. Yeraltında uzun bir dolaşım süresine sahiptir ve yüksek kotlardan beslenmektedir.

Tritiyum izotopu değerleri 0.37 ile 5.85 arasında değişen güncel ve eski suların karıştığı sulardır.

Çalışma alanındaki suların sıcaklığı 21-26°C arasında, pH'ı 6,3-7 ve elektriksel iletkenlikleri 1826-2031 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasındadır.

Çalışma alanında bulunan suların kimyasal analiz sonuçlarına göre bikarbonatın yoğun olduğu, amonyum ve flor'un az miktarda bulunduğu ve iyonik negatif yüklerin yoğun bulunduğu belirlenmiştir.

XRD analiz sonuçlarına göre, örnekte kil minerali olarak montmorillonit tespit edilmiştir. Kil olmayan mineraller olarak ise kuvars, kalsit ve feldispat bulunduğu görülmüştür.

Yosun giderme yöntemlerine bakıldığında ise; kimyasal olarak giderimde sıcaklık arttıkça yosun miktarı azalmıştır, en fazla yosun giderimi 30°C gerçekleşmiştir. pH 7'nin en uygun pH olduğu tespit edilmiştir. Kontrol numunelerinde ise zaman ilerledikçe bulanıklığın arttığı yosun miktarında değişme olmadığı görülmüştür. Mikrobiyolojik giderimde ise Ticari bakteride 5.5 pH'da ve 35°C, *Lactobacillus paracasei* bakterisinde 37°C 5.5 pH' da, *Anoxybacillus thermarum* bakterisinde 55°C 5.5 pH'da olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

Düşük maliyetli, yenilenebilir ve çevre dostu olması jeotermal enerjinin, diğer enerji kaynaklarına göre avantajlı olduğunu gösterir. Bu sebeple Erzurum ilinde bulunan jeotermal kaynakların olumlu değerlendirilmesi ve yeni kaynak arama çalışmaları yapılması gerekmektedir. Ekonomik olarak fayda sağlayan jeotermal suların şehrimizin kalkınması açısından oldukça önemli olduğu unutulmamalıdır.

Köprüköy'den çıkan çamurun peloterapik olma özelliği sebebi ile sağlık amaçlı kullanımını artırmak ve sağlık açısından faydalarını daha net araştırarak hasta yönlendirilmesini bilinçli yapılmalıdır. Kullanılmak istenen termal çamurun kimyasal ve fiziksel analizleri ayrıntılı yapılmalı ve tıbbi rapor hazırlanmalıdır. Özellikleri iyi belirlenmemiş termal tedavilerde istenilen sonuçlar alınmamakta ve negatif yönde etki göstermektedir. Termal tesislerin tedavi merkezi olarak işletilebilmesi için mutlaka hidroklimatoloji ve tıbbi ekoloji uzmanı istihdam edilmelidir. Kaplıcalardan yararlanan ziyaretçilere kaplıcaların faydaları ve hangi şartlarda ne şekilde yararlanmalarının daha faydalı olacağı konusunda bilgi verilmelidir. Personel yetiştirmeye yönelik eğitim kurumları oluşturulmalıdır. Ayrıca tesisin ve kaplıcanın temizlik yönünden hijyen olmadığı dikkatlerden kaçmamaktadır. Hijyen olması tesise gelen kişi sayısını artıracak ve sağlık açısından daha uygun olacaktır. Kaplıca çevresine spor salonu yapılmasıyla gelen kişilerin zamanlarını iyi değerlendirmesi açısından faydalı olacaktır. Ayrıca kaplıca yakınında bulunan pansiyon tipi evler modernleştirilip, güvenlik bakımından çevre denetim altına alınmalıdır.

Tesislerin tanıtımına yönelik kataloglar, broşürler hazırlanmalı bunlar yerel basınla insanlara duyurulmalıdır. Kaplıcada bulunan bir diğer sorun ise termal çamur havuzlarının üst yüzeyinde oluşan yosunlardır. Görüntü kirliliği oluşturması ve hijyenik görüntü sunmaması sebebi ile kullanımını ve gelen insan sayısının bu sebepten azaldığı görülmektedir. Bu çalışmada yosun problemine çözüm getirmek amacı ile bir takım deneyler yapılmış olup elde edilen bilgiler ışığında toksik olmayan bakteriler ile yosunların giderilebileceği ve bu sorunun çözülebileceği belirlenmiştir. Yapılan çalışma; gelecekte çevre kirliliğinde mikrobiyal uygulamaların çok güvenle ve maliyeti düşük proseslerle yapılabileceğini göstermiştir.



KAYNAKLAR

- Abdel-Raouf, N. Al-Homaidan, A.A. Ibraheem, I.B.M., Microalgae and wastewater treatment (2012). Saudi Journal of Biological Sciences, 19, 257–275.
- Akan, B., 2002. Afyon Ömer-Gecek Sıcak Su Akiferi Hidrojeolojik Modeli, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji (Hidrojeoloji) Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, Ankara, 90s.
- Altenor, S. Ncibi, M.C. Emmanuel, E. Gaspard, S., 2012. Textural characteristics, physiochemical properties and adsorption efficiencies of Caribbean alga *Turbinaria turbinata* and its derived carbonaceous materials for water treatment application. Biochemical Engineering Journal, 67, 35–44.
- Anonim, 2003. T.C Erzurum Valiliği İl Gelişme Planı. Erzurum. 344 sayfa
- Anonim, 2017. biyologlar.com. 22.11.2017.
- Arslan S., Darıcı M., Karahan Ç., 2001. Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli, Jeotermal Enerji Doğrudan Isıtma Sistemleri; Temelleri ve Tasarımı Seminer Kitabı, İzmir, 21-28.
- Atalay, İ., 1978. Erzurum Ovası ve Çevresinin Jeolojisi ve Jeomorfolojisi. Atatürk Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayını No: 81, Erzurum.
- Ayala-Parra, P.A. Sierra-Alvarez, R. and Field, J.A., 2016. Algae as an electron donor promoting sulfate reduction for the bioremediation of acid rock drainage. Journal of Hazardous Materials 317, 335-343.
- Badruk, M., 2003. Jeotermal Enerji Uygulamalarında Çevre Sorunları. Jeotermal enerji semineri, 345-358.
- Balcıoğulları A., 2013. Evliya çelebi'nin seyahatnamesi'nde anadolu şifalı suları ve günümüzün termal turizmi, TSA Dergisi, 17(3), 287-306.
- Bastem, S., 1997. Termal Turizmi ve Erzurumun termal turizm potansiyeli. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum.
- Başar. Z., 1973. Erzurum İlinde şifalı sular, yerleri, durumları, nitelikleri. Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Yayınları, No: 13, 189 s, Erzurum.
- Bayraktutan MS., 1999. Active tectonics and evaluation of thrust bounded Pasinler Basin on the Erzurum Fault Zone, Eastern Anatolia. Ann. Tectonicae. 13(1-2), 51-70.
- Bulun, G., 2010. 3d-geçiş metali Ni katkılı $Zn_{1-x}Ni_xO$ ve 4f-lântanit Gd katkılı $Zn_{1-x}Gd_xO$ bileşiklerinin yapısal ve manyetik özellikleri. Doktora tezi, Çukurova üniversitesi fen bilimleri enstitüsü, Adana.
- Bulut M. ve Filiz Ş., 2005. Bayındır Jeotermal Sahasının Hidrojeolojisi, Hidrokimyası ve İzotopik Özellikleri (İzmir, Batı Anadolu, Türkiye), MTA Dergisi, 131.
- Carretero, M.I. Pozo, M. Legido, J.L. Fernández-González M.V. Delgado, R. I. Gómez, Armijo, F and Maraver, F., 2014. Assessment of three Spanish clays for their use in pelotherapy. Applied Clay Science 99, 131-143.
- Carretero, M.I., Pozo, M., Sánchez, C., García, F.J., Medina, J.A., Bernabé, J.M., 2007. Comparison of saponite and montmorillonite behaviour during static and stirring maturation with seawater for pelotherapy, Appl. Clay Sci, 36 (1–3), 161-173.
- Chen, J.J. Yeh, H.H and Tseng, I.C., 2009. Effect of ozone and permanganate on algae coagulation removal – Pilot and bench scale tests. Chemosphere, 74, 840-846.

- Chen, Y.M. Liu, J.C. Ju, Y.H., 1998. Flotation removal of algae from water. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 12, 49-55.
- Craing H., 1961. İstotopic Variations in Meteoric Waters *Science*, 133,1883-1834.
- Çınar, Ö., 2008. Çevre Kirliliği ve Kontrolü. Nobel Akademik Yayıncılık, 201 s, Türkiye.
- Çifter, C., Sayın, M., 2002. İzotopların hidrojeolojide kullanılması. *Hidrojeolojide İzotop Tekniklerinin Kullanılması Sempozyumu Bildirileri*, 22-25 Ekim, Adana, 1-15.
- Dagistan, H., 2001. Erzurum-Köprüköy-Deliçermik kaplıca alanının jeolojisi ve jeotermal enerji potansiyelleri. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü*, Ankara.
- Doğanay, H., (1989). “Erzurum’un Termal Turistik Potansiyeli”, *Turizm Yıllığı 1988-1989*, s.156-174.
- Doğanay, H., 2001. *Türkiye Turizm Coğrafyası*. Çizgi Kitabevi Yayınları, 3. Baskı, Konya.
- Doğanay, H., ve Soylu, H., 1999. Deli çermik kaplıcasının turizm açısından önemi. *Türk coğrafya dergisi*, Sayı:34, s.1-18, İstanbul.
- Doğaner, S., 2001. *Türkiye Turizm Coğrafyası*. Çantay Kitabevi Yayınları, İstanbul.
- Erdurur, E., 2009. *Humik Maddeler ve Uygulama Alanları*, Sakarya Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü
- Ferrand, T and Yvon, J., 1991. Thermal properties of clay pastes for pelotherapy. *Appl. Clay Sci*, 6 (1991), 21-38.
- Gao, S. Yang, J. Tian, J. Ma, F. Tu, G and Du, M.,2010.Electro-coagulation–flotation process for algae removal. *Journal of Hazardous Materials* 177,336-343.
- Gülpınar, A., 2010. Türkiye’de kaplıca turizmi ve sorunları. *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(1), 35-54.
- Han, M.Y. Kim, W.,2001.A theoretical consideration of algae removal with clays. *Microchemical Journal*, 68, 157-161.
- Henderson, R.K. Parsons, S.A. & Jefferson, B., 2008.Successful Removal of Algae through the Control of Zeta Potential. *Separation Science and Technology*, 43(7),1653-1666.
- Henderson, R.K. Parsons, S.A. and Jefferson, B., 2008. Surfactants as bubblesurface modifiers in the flotation of algae-PosiDAF, *Environmental Scienceand Technology*, 42,4883–4888.
- Henderson, R.K. Parsons,S.A., Jefferson, B.,2009.The Potential for Using Bubble Modification Chemicals in Dissolved Air Flotation for Algae Removal.*Separation Science and Technology*, 44(9), 1923-1940.
- Henga, L. Nan Juna, N. Wen-jieb, H. and Guibai, L., 2009.Algae removal by ultrasonic irradiation–coagulation.*Desalination*, 239, 191–197.
- Javanbakht, V. Zilouei, H., 2014. Mechanisms of heavy metal removal using microorganisms as biosorbent *Water Science & Technology*, 10, 1775-1787.
- Jia, H. and Yuan, Q., 2016. Removal of nitrogen from wastewater using microalgae and microalgae–bacteria consortia. *Cogent Environmental Science*, 2,1275089.
- Kalkan, E., Canbolat, M.Y., Yarbaşı, N., Özgül, M., 2012. Evaluation of thermal mud characteristics of Erzurum (Köprüköy) clayey raw materials (NE Turkey), *International Journal of Physical Sciences Vol. 7* (40), 5566-5576.

- Karakaya, M.Ç., 2006. Kil minerallerinin özellikleri ve tanımlama yöntemleri, Bizim Büro Basımevi, Ankara, 38-43.
- Karakaya, M.Ç., Karakaya N., Sarioğlu S., Koral M., 2010. Some properties of thermal muds of some spas in Turkey. *Appl. Clay Sci.*, 48, 531-537.
- Karakaya, M.Ç., Karakaya, N., 2009. Termal çamurların tedavi amaçlı kullanımı, 62.Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara, 510-511.
- Kervankıran, İ., 2012, Afyonkarahisar İlinde Jeotermal Enerji Kullanımı Ve Sorunları. *marmara coğrafya dergisi*, sayı: 25, S. 108-126, İstanbul.
- Keskin M., 1998. Erzurum-Kars Platosu'nun Çarpışma Kökenli Volkanizmasının Volkana-Stratigrafisi ve Yeni Yaş Bulguları Işığında Evrimi, *Kuzeydoğu Anadolu, Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, No. 120, s. 135-157.
- Kılıç, O., 2006. Pasinler (Erzurum) kuzeyindeki volkanik kayaların petrografik ve jeokimyasal incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Koçak, A., 2000. Türkiye'de Jeotermal Enerji Armaları ve Potansiyeli, Türkiye 8. Enerji Kongresi, Cilt 2 Sayfa: 109-124, Ankara.
- Koçyiğit A., 1985. Muratbaşı-Balabantaş (Horasan) Arasında Çoban Kuşağı'nın Jeoloji-Tektonik Özellikleri ve Horasa Depremi Yüzey Kırıkları, *CÜ Mühendislik Fakültesi Bilimleri Dergisi*, 2(1), 17-34.
- Korkmaz Başel, E.D., 2010. Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyelinin Araştırılması. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Korkmaz Başel, E.D., Satman, A., Serpen, Ü. 2009. Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli. TMMOB Jeotermal Kongresi, 23 - 25 Aralık 2009, Ankara.
- Kothandaraman, V., Evans, R.L., 1972. Removal of Algae from Waste Stabilization Pond Effluents-A State of the Art. *Illinois state water survey*,
- Külekçi, ÖC., 2009. Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, Ankara.
- Lee, T.J. Nakano, K. and Matsumara, M., 2001. Ultrasonic irradiation for blue-green algae bloom control. *Environ. Technol*, 22, 383-390.
- Legido J.L., Medina C., Mourelle M.L., Carretero M.I., Pozo M., 2007. Comparative study of the cooling rates of bentonite, sepiolite and common clays for their use in pelotherapy, *Appl. Clay Sci*, 36,148-160.
- Liu, D. Wang, P. Wei, G, Dong,W and Hui, F., 2012. Removal of algal blooms from freshwater by the coagulation-magnetic separation method.*Environ Sci*, 20, 60-65.
- Ma, L. Liu, W., 2002. Effectiveness and mechanism of potassium ferrate(VI) preoxidation for algae removal by coagulation. *Water Research*, 36, 871-878.
- Meteoroloji Bülteni, 1984. Ortalama Ekstrem Sıcaklık ve Yağış değerleri, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Yay., Ankara, 3.678
- Miao, C. Tang, Y. Zhang, H. Wu, Z. & Wang, X., 2014. Harmful algae blooms removal from fresh water with modified vermiculite.*Environmental Technology*, 35(3), 340-346.
- Oyuryüz Şenel Z., Gürel A., 2012. Humik maddelerin sağlık sektöründe kullanımı ve girişimcilik faaliyetleri, *SAÜ Fen Edebiyat Dergisi*, 14(1), 351-361.
- Özay, P., 2013. Türkiye'deki Bazı Peloidlerin Fizikokimyasal ve Minerolojik Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özdemir, M., 1972. Erzurum ve Çevresi Termal kaplıcalarının kalitatif ve kantitatif analizleri, Atatürk Üniversitesi Araştırma Fakültesi yayınları No:34,109 s, Erzurum.

- Öztürk, Y., Yazıcıoğlu, İ., 2002. "Gelişmekte Olan Ülkeler İçin Alternatif Turizm Faaliyetleri Üzerine Teorik Bir Çalışma", *Ticaret ve Turizm Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2, 183-195
- Pabucçu, K., 1993. Köprüköy-Deliçermik Alg florası üzerinde bir araştırma.Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Piper AM. "A Graphic Procedure in The Geo-chemical Interpretation of Water Analyses. American Geophysical Union Transactions". 25, 914-923. In: Srinivasa, N.R., 1998 MHPT.BAS: A computer program for modified HillPiper Diagram for classification of groundwater, *Computer&Geosciences*, 24, 10, 991-1008, 1944.
- Rather A. Q., 1965. Pasinler-Horasan (Erzurum) Sahası'na Ait Genel Jeolojik Rapor, Maden Tetkik ve Arama Dergisi No. 4168
- Satman, A., 2005. Jeotermal Enerjinin Doğası. Jeotermal Enerji Semineri, No:393(2), 3-17, İzmir.
- Sayılı, M., Akça, H., Duman, T., Esengün, K., 2007. Psoriasis treatment via doctor fishes as part of health tourism: A case study of Kangal Fish Spring, Turkey.*Tourism Management*,28(2), 625-629.
- Shen, Q. Zhu, J. Cheng, L. Zhang J. Zhang Z., Xu, X., 2010. Enhanced algae removal by drinking water treatment of chlorination coupled with coagulation. *Desalination*, 271 (2011) 236-240.
- Şahin, İ. F., 2007. "Sağlık Turizmi Açısından Erzin İçmeleri ve Çevresel Etkileri", Çeşme Ulusal Turizm Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Çeşme İzmir,393-401.
- Usta, Ö., 2002. Genel Turizm, Anadolu Matbaacılık: İzmir, <http://www.bolukulturturizm.gov.tr/belge/1-46014/termal-turizmi.html> (10.06.2016).
- Ünal, Ç., 1994. Pasinler İlçesinin Coğrafi Etüdü. Basılmamış Doktora Tezi. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum.
- Ürün, E., Soylu, E., 2016. Türkiye'nin enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynakları üzerine bir değerlendirme. *Sosyal Bilimler Dergisi*,31-45.
- Wright, R.R. and Hobbie, J.E., 1966. Use of Glucose and Acetate by Bacteria and Algae in Aquatic Ecosystems *Ecological society of america*, 47(3),447-464.
- Xu, M. Bernards, M. and Hu, Z., 2014. Algae-facilitated chemical phosphorus removal during high-density *Chlorella emersonii* cultivation in a membrane bioreactor.*Bioresource Technology*, 153, 383-387.
- Yan, Y.D. Jameson, G.J., 2004.Application of the Jameson Cell technology for algae and phosphorus removal from maturation ponds.*Int. J. Miner. Process*, 73, 23-28.
- Yang, Y.F. Feng, C.P. Inamori, Y. Maekawa, T., 2004. Analysis of energy conversion characteristics in liquefaction of algae.*Resources, Conservation and Recycling*, 43, 21-33
- Yvon, J., Ferrand, T., 1996. Preparation ex-situ de peloids: propriets thermiques, mechaniques et d'echange. In: Veniale, F. (Ed.), Proc. Meeting, Argille curative Salice Terme/PV, Gruppo Ital. AIPEA. Ed. Univ., Pavia, 67-74.
- Zhang, G. Wang, B. Zhang, P. Wang , L. & Wang, H.,2006.Removal of Algae by Sonication-Coagulation. *Journal of Environmental Science and Health, Part*, 41(7), 1379-1390.

ÖZGEÇMİŞ

1993 yılında Erzurum ili, Yakutiye ilçesinde doğdum. İlköğretim ve ortaöğretim hayatımı Erzurum'da tamamladım. 2010 yılında Nenehatun Kız Lisesi'nden mezun oldum. 2014 yılında Atatürk Üniversitesi, Oltu Yer Bilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldum. 2014 yılında Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitime başladım.

