

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KARAALİ (ŞANLIURFA) JEOTERMAL SAHASININ AĞIR METAL
KİRLİLİĞİ AÇISINDAN ARAŞTIRILMASI**

Perihan DERİN

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2019**

Prof. Dr. Mehmet İrfan YEŞİLNACAR danışmanlığında, Perihan DERİN'in hazırladığı “**Karaali (Şanlıurfa) Jeotermal Sahasının Ağır Metal Kirliliği Açısından Araştırılması**” konulu bu çalışma 02/01/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman: Prof. Dr. Mehmet İrfan YEŞİLNACAR

Üye: Doç. Dr. Deniz UÇAR

Üye: Dr. Öğr. Üyesi İbrahim UYANIK

Bu Tezin Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Prof. Dr. Halil Murat ALĞIN
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma HÜBAK Tarafından Desteklenmiştir.
HÜBAK Proje No: 18081

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

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
SİMGELER DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ	1
1.1. Jeotermal enerji	1
1.2. Jeotermal sistem	2
1.3. Jeotermal saha	2
1.4. Jeotermal sistemin elemanları	3
1.2. Dünyada'ki Jeotermal Kaynaklar	5
1.3. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Potansiyeli	5
1.3.1. Türkiye'deki jeotermal kaynaklar ve ekonomik boyutu	6
1.3.2. Alan ve bölge ısıtması, tarımsal kullanım	8
1.3.3. Elektrik üretimi	10
1.3.4. Termal kullanım ve diğer uygulamalar	12
1.3.5. Jeotermal kaynakların kullanımı	12
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	13
3. MATERYAL ve YÖNTEM	17
3.1. Materyal	17
3.1.1. Çalışma alanının genel durumu	18
3.1.2. Jeolojik ve hidrodinamik yapı	20
3.1.3. Açılan kuyular	26
3.1.4. Çalışmada kullanılan yazılımlar	28
3.2. Yöntem	28
3.2.1. Numune noktalarının seçimi	28
3.2.2. Örneklerin alınması ve korunması	30
3.2.3. Ölçülen ve analiz edilen parametreler	33
3.2.4. Su kalite sınıflamaları	34
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	40
4.1. Karaali Jeotermal Kaynağının Hidrojeokimyasal Özellikleri	43
4.2. İnsani Tüketim Amaçlı Suların Sınıflaması	45
4.3. Sulama Suyu Sınıflaması	49
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	56
5.1. Sonuçlar	56
5.2. Öneriler	60
KAYNAKLAR	61
ÖZGEÇMİŞ	64

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KARAALİ (ŞANLIURFA) JEOTERMAL SAHASININ AĞIR METAL KİRLİLİĞİ AÇISINDAN ARAŞTIRILMASI

Perihan DERİN

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet İrfan YEŞİLNACAR
Yıl: 2019, Sayfa: 64

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan jeotermal kaynaklar hem sağlık hem de endüstriyel amaçlı olarak yüzyıllardır kullanılmaktadır. Türkiye'deki jeotermal kaynaklar genel olarak elektrik enerjisi üretiminde, endüstride, sağlık turizminde, tarımda ve konut ısıtmada kullanılmaktadır. Türkiye'deki jeotermal alanlardan biri olan Karaali Jeotermal alanı, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Orta Fırat Bölümü'nde bulunan Şanlıurfa'nın 45 km güneydoğusunda ve Akçakale grabeni içerisindeki Karaali köyünü de içine alan sahayı kapsar. Karaali jeotermal alanı ülkemizin kalkınmasında çok önemli tarımsal potansiyele sahip Harran Ovası'nda bulunması, Şanlıurfa İlinin tek termal turizmi ve sera ısıtma kaynağı olması sebebiyle büyük önem taşımaktadır. Günümüzde birçok termal turizmin yapıldığı alanlar da termal sular tedavi amaçlı olarak da içilmektedir. Ayrıca, son zamanlarda yapılan çalışmalarda, bazı bölgelerde sera ısıtılmasında doğrudan ya da dolaylı olarak kullanıldıktan sonra geri dönen jeotermal kaynaklı suların denetimsiz bir şekilde en yakın drenaj kanallarına deşarj edildiği ve bunun sonucunda da, yeraltı ve yüzey sularında ağır metal kirlenmesine neden olduğu rapor edilmiştir. Bu çalışmada, 2018 yılında mevsimsel olarak 6 örnekleme noktasında su kalitesi çalışması yapılmıştır. Bu kapsamda, Karaali jeotermal akışkandan alınan sıcak suda ve Harran ovası drenaj kanallarından alınan yüzey sularında pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik, sülfat, klorür, nitrat, sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum gibi fiziksel ve kimyasal su kalite parametreleri ve bazı ağır metaller analiz edilmiştir. WHO, EPA, TS266, İTASHY, DMSHY, Sağlık Bakanlığı ve Kaplıcalar Yönetmeliği'ne göre ölçülen alüminyum, kurşun, antimon, krom, nikel, demir ve selenyum değeri belirtilen standart limitleri aştığı tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Jeotermal sular, ağır metal kirlenmesi, Karaali, Şanlıurfa

ABSTRACT

MSc Thesis

INVESTIGATION OF KARAALI (ŞANLIURFA) GEOTHERMAL FIELD IN TERMS OF HEAVY METAL POLLUTION

Perihan DERİN

**Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. Mehmet İrfan YEŞİLNACAR
Year: 2019, Page: 64**

Geothermal resources, belonging to the renewable energy sources, have been used for in the health and industrial feilds for centuries. In Turkey generally, geothermal sources is applied for electricity production, industry, health tourism, agriculture and heating houses. The geothermal area of Karaali, is one of the geothermal fields in Turkey, it is located in Akçakale 45 km on the south of Sanliurfa in the Middle Euphrates terretorry of Anatolia Region and covers the graben of Karaali village. As Karaali geothermal, is the only thermal tourism and greenhouse heating source in Sanliurfa provemce, it plyas very important rol in the potential development of Harran Plain in our country. Nowadays, thermal tourism is becoming more important, as well the thermal water is applied for treatment purposes. In the other hand, many recent studies reported the increasing of heavy metal concentrations and in the ground and surface water, as a result for the uncontrolled releasing of the cooled geothermal water to the nearest draining channels, after its direct or indirect usage in greenhouses heating. This study has been carried out at 7 sampling points for 4 periods in February-June-August-October 2018. In this context, samples from the Karaali geothermal hot water as well Harran plain drainage channels surface waters. Physical water parameters of pH, temperature, electrical conductivity, has been studied, and chemical quality parameters such as sulphate, chloride, nitrogen, nitrate, sodium, potassium, calcium, magnesium and some heavy metals have been analyzed. Aluminum, lead, antimony, chromium, nickel, iron and selenium, concentrations, exceed the stated standards, by the analyzing results in accordance to WHO, EPA, TS266; İTASHY, DMSHY and Spa 2001, regulations.

KEY WORDS: Geothermal waters, heavy metal pollution, Karaali, Şanlıurfa

TEŞEKKÜR

Hayatımın her aşamasında yanımda olan ve eğitim hayatım boyunca gösterdiği sabır, maddi ve manevi desteklerinden dolayı her zaman minnettar olduğum sevgili annem Gözi DERİN'e ve ailemin diğer tüm bireyelerine,

Yüksek Lisans eğitimime başladığım ilk günden itibaren maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, her zaman öneri ve yönlendirmeleri ile bana yol gösteren saygı değer hocam Prof. Dr. Mehmet İrfan YEŞİLNACAR'a,

Tez çalışmalarım kapsamında hep yanımda olan ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli dostlarım; Gıda Mühendisi Saadet KAYA, Kimya Mühendisi Semiha KELLECI, Kimya Mühendisi Yaprak KURNE, Tarih Öğretmeni Ayşe ÇALIŞKAN, İktisatçı Fatma ÇİÇEK, Kimyager Merve ÇAYIR, Gıda Mühendisi Ezgi ÇINAR, Edebiyat Öğretmeni Figen KAYA, Kamu Yönetimi Esra KARACA, Kimyager Zekiye ABA, Jeoloji Mühendisi Nermin KAHYA dostlarıma teşekkür ederim.

Şanlıurfa DSİ'de Çevre Mühendisi Sevgi Özgür Geter'e ve eşi Dr. Süleyman GETER'e, Şanlıurfa Halk Sağlığı Müdürlüğü'nde, Çevre Sağlığı Şube Müdürü Sayın İbrahim BAYHAN'a,

Bitlis Eren Üniversitesinde Dr. Öğr. Üyesi Ayşegül DEMİR YETİŞ'e ve eşi Öğretim Görevlisi Recep Yetiş'e

Tez çalışmam esnasında, gerek arazi çalışmalarında gerek analizler konusunda bana hep yardımcı olan arkadaşım Kimyager Celal ÇİFTÇİ'ye,

Harran Üniversitesi Çevre Mühendisi Bölüm sekreteri Sabri ŞAH'a teşekkürlerimi sunarım.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Jeotermal sistemin şematik gösterimi	2
Şekil 1.2. Ülkelerin jeotermal üretim kapasitesi	5
Şekil 1.3. Doğrudan kullanım kapasiteleri ve dağılımı	7
Şekil 3.1. Şanlıurfa ili jeotermal alanları	18
Şekil 3.2. Karaali jeotermal sahanın morfoloji haritası	19
Şekil 3.3. Karaali jeotermal sahasındaki termal tesisler ve seradan görünüm	19
Şekil 3.4. Karaali ve çevresini jeoloji haritası	20
Şekil 3.5. İnceleme alanın çevresinde yüzlek veren Midyat Grubuna ait birimlerden görünüm	21
Şekil 3.6. İnceleme alanın hidrojeolojik özellikleri	23
Şekil 3.7. Karaali Köyü civarı şematik jeoloji kesiti	24
Şekil 3.8. Numune alma noktaları	30
Şekil 3.9. Kış dönemi numune alımları	31
Şekil 3.10. İlkbahar dönemi numune alımları	31
Şekil 3.11. Yaz dönemi numune alımları	32
Şekil 3.12. Sonbahar dönemi numune alımları	32
Şekil 3.13. Piper diyagramının gösterimi	35
Şekil 3.14. Schoeller diyagramının gösterimi	36
Şekil 3.15. Wilcox diyagramının gösterimi	38
Şekil 4.1. Karaali jeotermal akışkanın önceki çalışmayla karşılaştırılması	43
Şekil 4.2. Karaali jeotermal sahasındaki kaynağın a) Pie, b) Piper ve c) Schoeller	44
diyagramlarında gösterimi	44
Şekil 4.3. Karaali jeotermal akışkanında demir değerinin mevsimsel değişimi	45
Şekil 4.4. Karaali jeotermal akışkanında kurşun değerinin mevsimsel değişimi	46
Şekil 4.5. Karaali jeotermal akışkanında kurşun değerinin mevsimsel değişimi	47
Şekil 4.6. Karaali jeotermal akışkanında selenyum değerinin mevsimsel değişimi	47
Şekil 4.7. Karaali jeotermal akışkanında nikel değerinin mevsimsel değişimi	48
Şekil 4.8. Karaali jeotermal akışkanında nikel değerinin mevsimsel değişimi	49
Şekil 4.9. Örnekleme noktalarına ait SAR değerleri	50
Şekil 4.10. Kış dönemi örnekleme noktalarına ait Wilcox diyagramı	52
Şekil 4.11. İlkbahar dönemi örnekleme noktalarına ait Wilcox diyagramı	53
Şekil 4.12. Yaz dönemi örnekleme noktalarına ait Wilcox diyagramı	54
Şekil 4.13. Sonbahar dönemi örnekleme noktalarına ait Wilcox diyagramı	55

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Doğrudan kullanımda Dünya ve Türkiye'nin kapasite değerleri ve ülke sıralaması.....	8
Çizelge 1.2. Merkezi ısıtma uygulamaları ve ısıtılan eşdeğer konut sayısı.....	9
Çizelge 1.3. Sera ısıtma uygulamaları ve ısıtılan sera miktarı.....	10
Çizelge 1.4. Dünyada jeotermal kaynaklardan elektrik üreten ülkeler sıralaması.....	11
Çizelge 1.5. Termal tesislerin bulunduğu sahalar.....	12
Çizelge 3.1. Karaali Jeotermal sahasında açılan sondaj kuyularından bazılarının özellikleri.....	27
Çizelge 3.2. Numune alma noktaları seçilme gerekçeleri.....	29
Çizelge 3.3. İçme suyu standartlarının karşılaştırılması.....	37
Çizelge 3.4. Sulama suyunda izin verilebilen maksimum ağır metal ve toksik elementlerinin konsantrasyonu.....	39
Çizelge 4.1. Suların fiziko-kimyasal analiz sonuçları.....	41
Çizelge 4.2. SAR'a göre sulama sınıfı.....	49
Çizelge 4.3. Tüm örnekleme noktalarının SAR değerleri.....	50

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

As	Arsenik
Ca	Kalsiyum
Cr	Krom
Fe	Demir
NO ₃	Nitrat
NH ₄	Amonyum
Mn	Mangan
Pb	Kurşun
Al	Aluminyum
ppm	Milyonda bir
Ni	Nikel
Cl	Klorür
SKKY	Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
İTASHY	İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik
Eİ	Elektriksel İletkenlik
EPA	Çevre Koruma Ajansı
Al	Alüminyum
Ni	Nikel
Fe	Demir
Cu	Bakır
Mn	Mangan
Se	Selenyum
Pb	Kurşun
MWt	Megawatt termal
MWe	Megawatt elektrik
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
DMSHY	Doğal Mineralli Sular Hakkında Yönetmelik

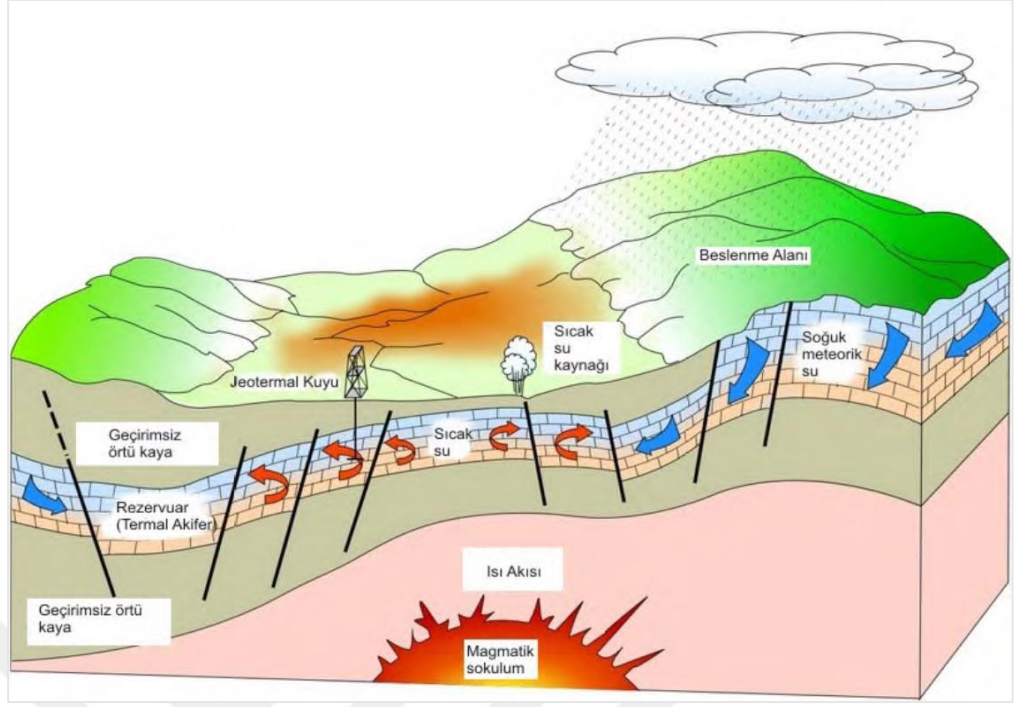
1. GİRİŞ

Bu bölümde jeotermal sahaların değerlendirme aşamasında kullanılan;

1. Jeotermal enerji
2. Jeotermal sistem
3. Jeotermal saha
4. Jeotermal sistemin elemanları hakkında kısaca bilgi verilecektir.

1.1. Jeotermal enerji

Jeotermal enerji jeolojik formasyona bağlı olarak oluşan, bir magma kaynağı tarafından ısıtılan, yerkabuğunun ulaşılabilir derinliklerinde bulunan, çevresindeki normal yeraltı ve yerüstü sularına göre daha fazla erimiş madde içeren, yeryüzüne sıcak su, buhar ve gaz ile de taşınabilen ısı enerjisi olarak tanımlanabilir. Jeotermal bir sistemin sistematik görünümü Şekil 1.1’de verilmiştir. Jeotermal enerjiden doğrudan ya da başka enerji türlerine dönüştürülerek yararlanılabilir. Jeotermal enerji, herhangi bir akışkan içermemesine rağmen bazı teknik yöntemlerle ısısından yararlanılan “Sıcak Kuru Kayalar’da jeotermal enerji kaynağıdır (Yılmaz ve Öziç, 2018).



Şekil 1.1. Jeotermal sistemin şematik gösterimi (GAP, 2015)

1.2. Jeotermal sistem

Jeotermal sistemlerde biri değiştiğinde ötekilerde de değişikliğe neden olacak şekilde etkileşimli bir bütünsellik içinde yer alan ısı kaynağı, ısı taşıyan akışkan, bunun dolaşıp biriktirdiği kaya ortamı, basınç ve sıcaklık koşulları, kimyasal bileşenler, bunların beslenme ve boşalma cepheleri ile benzerlerinin tümünü ifade eden ve doğal yollarla birbirleri ile bağ oluşturan sistemdir.

1.3. Jeotermal saha

Derindeki jeotermal rezervuarın, jeolojik çalışmalar ve aletsel ölçümlerle sınırlı tanımlanmış yüzeydeki izdüşümü olan yeryüzü parçasıdır.

1.4. Jeotermal sistemin elemanları

Jeotermal sistemin elemanları; ısı taşıyan akışkan, rezervuar kaya ve/veya zon, ısı kaynağı, örtü kaya olarak sıralanabilir.

Isı taşıyan akışkan

Çoğunlukla meteorolojik kökenli, eser olarak magmatik, metamorfik ve fosil sularda içerebilen, derindeki ısıyı taşımak için kabuk içerisinde dolaşan sulardır. Henüz soğumasını tamamlamış derinlerdeki bir sokulundan yayılan ısıyla genellikle kondüktif olarak ısınan akışkanlar, yoğunluk farkı nedeniyle yukarı doğru çıkarak derinlerdeki ısıyı yukarıya doğru taşırlar ve rezervuar kayaç içerisinde depolanırlar. Aynı zamanda yüzeye ulaşarak sıcak su, gaz veya buhar çıkışları şeklinde kaynağı oluştururlar.

Rezervuar kaya ve/veya zon

Yerkürenin en dıştaki bölümünü oluşturan kabuktaki kıvrımlanma ve kırılmaların, litolojik birimler içerisinde yarattığı yukarılara doğru taşınan ısınmış akışkanın depolanabileceği kırık ve çatlaklı ortamdır. Akışkanın içerisinde depolanmasını sağlayan bu kaya birimleri genellikle tektonik süreçlerle ikincil geçirimsizlik kazanmıştır. Değerlendirme yapılırken litolojik özellikleri yanında tektonik konumu da esas alınır. Ekonomik anlamda sığ derinlikte, poroziteli ve permabiliteli litolojik birimler rezervuar kaya ve/veya zonlar olarak adlandırılırlar.

Isı kaynağı

Jeotermal kaynak oluşumunda ana bileşenlerden birisi de ısı kaynağıdır. Isı kaynağı, yerküre içindeki akkor ve mantodan kaynaklanan ısıdır. Bunun yanında radyoaktif mineral bozunması da ısı kaynağını oluşturur.

Yerkabuğu hareketleri nedeniyle kabuktaki kıvrımlanma ve kırılmalar ile manto üst kesimindeki magma ayrımlaşması sonucu gelişen magmatik sokulumlar ve volkanik faaliyetlerle yerin derinliklerinde bulunan ısı, kabuk içerisinde sığ derinliklere ulaşabilmektedir. Bu ısı etrafındaki kayaları da ısıtarak, bölgede bir ısı anomalisi oluşturur ve ekonomik derinlikte jeotermal sistem oluşturabilecek boyut ve yaşta ısı kaynağını yaratır. Değerlendirmede ısı kaynağının derinliği ve geometrisi dikkate alınır.

Jeotermal sistemlerde ısı kaynağı, yüksek sıcaklıkta yüzeye yakın kısımlara ulaşabilen magmatik sokulumlar olabileceği gibi, düşük sıcaklıklı sistemlerde derinlikle birlikte artan jeotermal gradyan da olabilmektedir (GAP, 2015).

Jeotermal alanlarda ısının kaynağı; volkanizma, soğumasını tamamlamamış magmatik bir sokulum veya tektonik etkinliğe bağlı olarak değişmektedir. Tüm bu faaliyetler jeotermal alanın bulunduğu bölgede ısı akısının yüksek olmasına neden olmaktadır (Karlı, 2000).

Örtü kaya

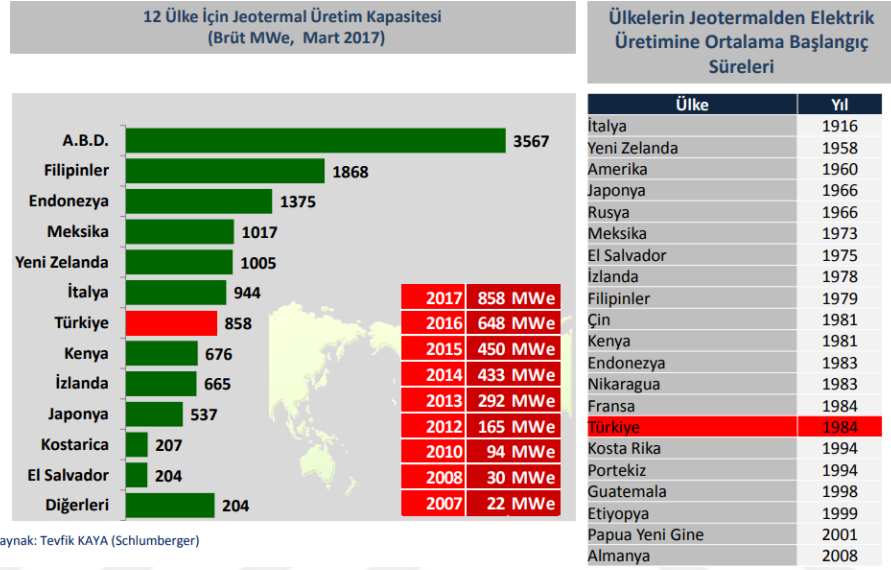
Isı ve ısınmış akışkanın rezervuar içinde tutmayı ve ısınıp korumayı sağlayan örtü kayaç, düşük geçirimsizliğe ve düşük termal iletkenliğe sahip olmalıdır.

Beslenme alanı

Jeotermal sistemlerde, sistemi besleyen akışkan alan; genellikle magmatik ve meteorik kökenlidir. Jeotermal kaynak araştırmalarında, beslenme alanlarının ve yollarının belirlenmesi sistemin ne kadar akışkan üretebileceğinin tahmininde önemli bilgiler sağlamaktadır.

1.2. Dünyada'ki Jeotermal Kaynaklar

Dünyada jeotermal enerji kurulu gücü 2016 yılı verilerine göre 12.8 MWe düzeyindedir. Jeotermal enerjiden elektrik üretiminde ilk 5 ülke; ABD, Filipinler, Endonezya, Meksika ve Yeni Zelanda şeklindedir (Şekil 1.2). Elektrik dışı kullanım ise 70.329 MWt'dır (MTA, 2017).



Şekil 1.2. Ülkelerin jeotermal üretim kapasitesi

1.3. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Potansiyeli

Türkiye, yenilenebilir enerjinin kullanım alanı ve iklim koşulları açısından oldukça elverişli bir ülkedir. Günümüzde, sahip olduğu potansiyel ve kullanımda ulaşılan durum itibarıyla Dünya ülkeleri içerisinde ilk sıralardadır. Üretim bilgileri resmi kayıtlara girmeyen kuyular nedeniyle, günümüzdeki toplam kapasite bilinmemektedir. Doğal kaynaklar ve kuyuların üretim değerlerine göre kullanılabilir potansiyel 17.000 MWt'dır (Akkuş, 2017).

MTA tarafından 173 adet olan keşfedilmiş jeotermal saha sayısı da sondajlı aramalarla 10 adedi elektrik üretimine uygun olan yeni sahaların keşfiyle 234 sahaya çıkarılmış olup, bugüne kadar toplam 618 adet, 392.000 metre sondajlı arama çalışması yapılarak doğal çıkışlar dahil açılan kuyularla 5000 MWt ısı enerjisi elde

edilmiştir. 2005 yılından itibaren Bakanlığın desteğiyle, mevcut kaynakların geliştirilmesi ve yeni kaynak alanlarının aranması çalışmalarına ağırlık verilmesiyle, 2004 sonu itibari ile 3100 MWt olan kullanılabilir ısı kapasitesi, 2017 yılı Kasım sonu itibari ile ilave 233.000 metre sondajlı arama tamamlanarak, ilave 1900 MWt ısı enerjisi artışı sağlanmıştır (MTA, 2017).

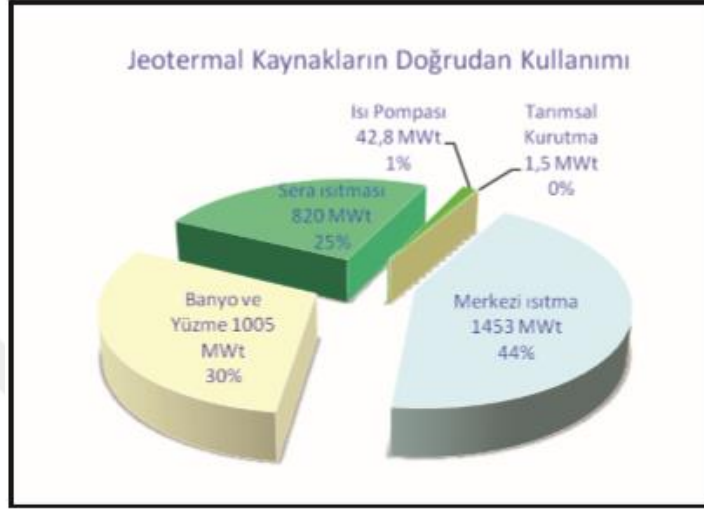
1.3.1. Türkiye'deki jeotermal kaynaklar ve ekonomik boyutu

Türkiye, sıcaklığı 30 °C ve üzerinde olan 347 adet jeotermal sahaya sahip bir ülkedir. Enerji üretimi yapılabilecek 44 adet saha vardır. Isıtmada yararlanılabilecek, 50° C üzerinde sıcaklığı olan 110 adet, enerji üretilen sahalarındaki entegre kullanımla birlikte toplam 154 adet potansiyel saha bulunmaktadır. Geriye kalan 50 °C altında sıcaklığı olan diğer sahalar sera, sağlık, termal turizm ve diğer uygulamalardaki kullanımlar için potansiyel alanlardır (Akkuş, 2017).

Son yıllarda kaynakların çeşitlendirilmesi yaklaşımı, jeotermal kaynak yatırımlarını artırmıştır. En büyük gelişme, 2010- 2017 yılları arasında elektrik üretiminde görülmektedir. Bugün için 20 sahada işletmede olan 41 adet jeotermal santralde 1069,73 MW enerji üretilmektedir. Ülkemizde jeotermal ürünün başlıca tüketim alanları elektrik üretimi, konut, sera, termal tesis ısıtması, termal ve sağlık turizmi, endüstriyel uygulamalar, ısı pompası ve tarımsal kurutmadır. Araştırmalarla kullanılabilir hale getirilen potansiyelden günümüzde birçok alanda yararlanılmaktadır. Kapasite olarak elektrik üretimi, ısıtma uygulaması ve termal kullanım yoğunluktadır (Akkuş ve Başarır, 2018).

Jeotermal elektrik üretiminin yanı sıra, jeotermal akışkan kullanılarak 18 yerleşim birimindeki ısıtma sistemlerinde 116.000 konut eşdeğeri ısıtma ve yaklaşık 4.283 dönüm sera ısıtması yapılmaktadır. Tarımsal kurutmada kapasite henüz 1,5 MWt'dır.

Balneolojik amaçlı kullanımlar için 400 kaplıca ve termal tesisin kullanım kapasitesi, 1005 MWt dir. Isı pompasının kapasitesi ise 42,8 MWt düzeyindedir (Şekil 1.3). Türkiye bu haliyle dünya ülkeleri arasında kaynağın doğrudan kullanımında 4. sıradadır. Yan ürün olarak sıvı CO₂ üretimi yılda 240.000 tondur (Akkuş, 2017).



Şekil 1.3. Doğrudan kullanım kapasiteleri ve dağılımı

Doğrudan kullanım kapasitesi Kasım 2017 itibariyle 3322,3 MWt'dir (Başarır, 2017). Bina, şehir, konut, termal tesis vb ısıtma sistemleri %44'lük oran ve 1453 MWt kullanım kapasitesi ile tüketimdeki en büyük paya sahiptir (Mertoğlu ve ark., 2015). Sera ısıtması, 820 MWt kapasiteyle kullanımın % 25'ini oluşturur (Başarır, 2017). Termal tesis ve Spa'da balneolojik ise 1005 MWt kapasite ve %30 oranındadır. Meyve ve sebze kurutmanın yapıldığı tarımsal uygulamada 1,5 MWt, jeotermal ısı pompasında 42,8 MWt kapasite kullanılmaktadır (Mertoğlu ve ark., 2015).

Bu kullanım kapasitesiyle Türkiye, dünya ülkeleri arasında doğrudan kullanımda ABD, Çin, İsveç ve Almanya'dan sonra dördüncü sırada yerini almıştır (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1. Doğrudan kullanımda Dünya ve Türkiye'nin kapasite değerleri ve ülke sıralaması

	DÜNYA	TÜRKİYE	Doğrudan Kullanım	
UYGULAMA	Kapasite (MWt)		1	ABD
Jeotermal ısı pompası	49.898	42.8		
Merkezi ısıtma	7.556	1453	2	ÇİN
Su ürünleri hayvan ısıt.	1.830	820		
Sera ısıtma	695	?	3	İSVEÇ
Tarımsal Kurutma	161	1.5		
Endüstriyel Kull.	610	?	4	TÜRKİYE
Banyo ve yüzme	9.140	1005		
Soğutma/Kar erit.	360	-	5	ALMANYA
Diğer	79	-		
Toplam	70.329	3.322.3		

1.3.2. Alan ve bölge ısıtması, tarımsal kullanım

Jeotermal kaynaktan merkezi ısıtma sistemlerinde ekonomik olarak yararlanılabilmesi, bu sistemlerin kaynağa uzak olmayan yerleşim yerlerinde kurulmasını gerektirir. Türkiye’de bu alanda gerçekleştirilen oldukça başarılı projelerle ekonomik uygulama yapılan 18 yerleşim birimindeki ısıtma sistemlerinde 116.020 konut eşdeğeri merkezi ısıtma yapılmaktadır (Çizelge 1.2). Merkezi ısıtma uygulamaları Türkiye’de jeotermal enerjinin değerlendirilmesi bakımından özel bir yere sahiptir. Türkiye’nin enerji sorununun çözümüne anlamlı düzeyde katkı yapacağı öngörülen ısıtma uygulamasının, döviz tasarrufu sağlamanın yanı sıra hava kirliliğini önlemesi bakımından da önemli katkısının olduğu tartışılmazdır (Akkuş, 2017).

Çizelge 1.2. Merkezi ısıtma uygulamaları ve ısıtılan eşdeğer konut sayısı

Alan Adı	Sıcaklık °C	Konut Sayısı	Alan Adı	Sıcaklık °C	Konut Sayısı
Balıkesir Gönen	80	3.400	İzmir-Dikili	125	1.500
Kütahya Simav	120	14.500	Nevşehir Kozaklı	92	3.000
Ankara Kızılcahamam	80	2.700	Ağrı Diyadin	70	570
İzmir Balçova Narlidere	98-125	35.000	Manisa Salihli	94	9.000
Afyon Sandıklı	70	11.000	Denizli Sarayköy	140	2.300
Kırşehir Terme	57	1.600	Balıkesir Edremit	60	5.000
Afyon Ömer- Gecek	95	24.950	Balıkesir Bigadiç	96	1.500
Balıkesir Güre	65	850	Yozgat Sorgun	80	1.500
Sındırgı	98	2.300	İzmir Bergama	65	450

Jeotermal enerjinin tarımsal amaçlı kullanımı konusunda seracılık ön sırada yer almaktadır. Sera ısıtmasındaki toplam kapasite 4.283 dönümdür (Çizelge 1.3). Son yıllarda önemli bir gelişme gösteren ısıtılan konut sayısı ve sera miktarlarına sürekli yeni değerler eklenmektedir Ağrı-Diyadin, Van-Çaldıran ve Şanlıurfa Karaali jeotermal sahalarındaki sera uygulamaları, Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinin koşulları göz önüne alındığında, hem sözü edilen bölge illerinin ekonomisine katkı sağlamakta, hem de bu yörede yaşayanlar için önemli bir istihdam alanı oluşturmaktadır (Akkuş, 2017).

Çizelge 1.3. Sera ısıtma uygulamaları ve ısıtılan sera miktarı

Jeotermal Kaynağın Sera Isıtmada Kullanımı	
Alan Adı	Miktarı (Dönüm)
İzmir-Dikili-Bergama	1.200
Manisa-Salihli-Urganlı	305
Kütahya-Simav	310
Denizli-Kızıldere-Tosunlar	200
Şanlıurfa-Karaali	474
İzmir-Balçova	200
Diğerleri	1594
TOPLAM	4283

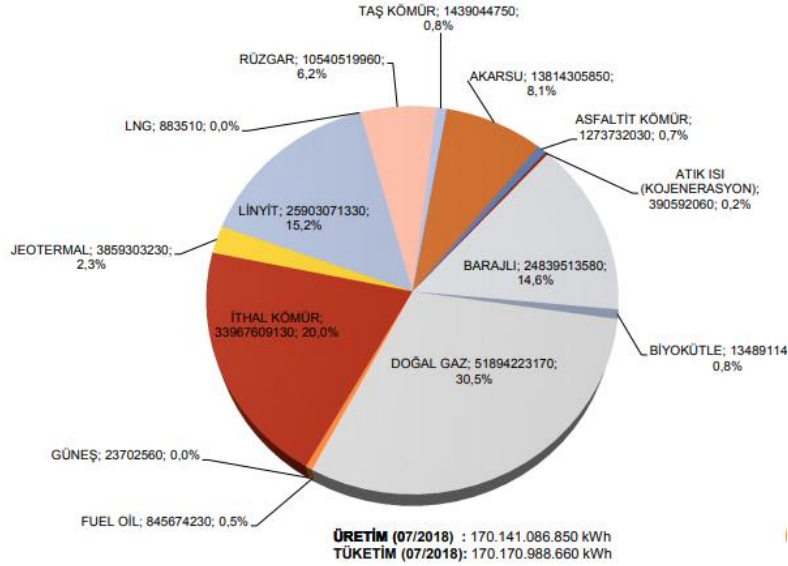
1.3.3. Elektrik üretimi

Jeotermal kaynak kullanımında 2010-2017 yılları arasında en büyük gelişme, jeotermal elektrik üretiminde görülmektedir. Türkiye, uzun bir süre 15 MWe düzeyinde sabit kalan fiili üretim kapasitesini son yıllarda yapılan yatırımlarla geliştirerek, jeotermal enerjide dünyada en hızlı büyüyen ülke oldu. Kasım 2017 itibariyle ulaştığı 1053,1 MWe kurulu güç ile dünya sıralamasında Meksika, İtalya ve Yeni Zelanda'yı geride bırakarak dünya dördüncülüğüne yükseldi (Çizelge 1.4).

Çizelge 1.4. Dünyada jeotermal kaynaklardan elektrik üreten ülkeler sıralaması

	ÜLKE	MWe
1	ABD	3567
2	Filipinler	1868
3	Endonezya	1699
4	Türkiye	1021,7
5	Yeni Zelanda	980
6	İtalya	944
7	Meksika	926
8	Kenya	676
9	İzlanda	665
10	Japonya	542

TEİAŞ'ın 2018 yılı temmuz ayı sonu verilerine göre; Türkiye'nin elektrik enerjisi üretmede kaynaklara göre dağılımı incelendiğinde, %30,5'lik bir oranla doğalgazın elektrik enerjisi üretiminde ilk sırada olduğu görülür. Daha sonra %20'lik bir oranla ikinci sırada ithal kömürü yer alır. Diğer kaynakların dağılım oranları; Akarsuyun % 8.1, Rüzgâr enerjisinin payı % 6.2, Jeotermal enerjinin payı %2.3, Güneş enerjisinin payı ve diğer enerji kaynaklarının payları düşük kalmıştır (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. 2018 yılı temmuz ayı sonu Türkiye elektrik enerjisinin kaynaklara göre dağılımı

1.3.4. Termal kullanım ve diğer uygulamalar

Son yıllardaki gelişmelerle beraber 5 yıldızlı otel kalitesinde hizmet vermeye çok sayıda termal tesis hizmet vermeye başlamıştır (Çizelge 1.5). Termal turizm yatırımlarında son 2 yılda kaydedilen artış oranı %20 dir. Özellikle balneolojik amaçlı kullanımlarda 400 kaplıca ve termal tesisten yılda 16 milyon yerli ve 10.000 yabancı turist yararlanmaktadır.

Çizelge 1.5. Termal tesislerin bulunduğu sahalara

İzmir- Balçova	Balıkesir-Edremit-Güre	Ankara-Ayaş
Afyon-Merkez	Balıkesir-Hisaralan	Ankara-Kızılcahamam
Afyon-Sandıklı	Sivas-Sıcakçermik	Ankara-Haymana
Nevşehir-Kozaklı	Gaziantep-Durantaş	Sakarya-Akyazı
Denizli-Tekkehamam	Hatay	Kütahya-Harlek
Kütahya-Gediz	Kütahya-Emet	Kırşehir-Terme

1.3.5. Jeotermal kaynakların kullanımı

2002-2017 yılları için Türkiye'deki Jeotermal Uygulamaların Karşılaştırılması;

- Elektrik üretimine uygun saha sayısı 2002 yılında 16 iken 2017 yılında 25 adede çıkmış.
- Sera ısıtması 2002 yılında 500 dönüm iken 2017 yılında 3931 dönüme çıkmış, % 686 artış olmuştur.
- Konut ısıtması 2002 yılında 30.000 konuttan 2017 yılında 114567 konut eşdeğerine çıkmış, % 281 artış olmuştur.
- Elektrik üretiminde kurulu güç 2002 yılında 15 MWe iken 2017 yılı Kasım ayı itibariyle sonunda Kurulu Güç 1052 Mwe' e çıkış, % 7000 artış olmuştur.
- Ülke görünür ısı kapasitesinde ise 2002 yılında 3000 Mwt'den 2017 yılında 15.500 Mwt'e çıkmış % 416 artış sağlamıştır (MTA, 2017).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Karaali köyünün doğusundaki sondajlarda Fırat Formasyonu'nda sıcak suya, batısındaki sondajlarda ise aynı birimde soğuk suya rastlanmaktadır. Bu durumun, doğuda graben sınırına doğru sıcak su gelişinin artması, grabeni sınırlayan doğu fayına bağlı olarak gelişen ve güncel etkinliği devam eden magmatik sokulum ile ilgili olduğu düşünülmektedir (Uzel ve Kalkan, 1992).

Yakın çevrede magmatik etkinlik görülmemesine karşın sahada Karacadağ volkanizmasının ürünleri Şanlıurfa-Mardin karayolu civarında bolca gözlenmektedir (Doğdu ve Kırmızıtaş, 2006).

Eşder (2004)'e göre Akçakale grabeninde yer alan Karaali jeotermal sistemi; Güneydoğu Anadolu'da Miyosen ve sonrasında oluşan şiddetli tektonizmanın bir eseridir. Bu sistemin oluşumunda Arap Plakası ile Anadolu karasının çarpışması sonucu oluşan tektonizma, Arap Plakası'nda temeli derinlemesine kat eden doğrultu atımlı faylarla, mozaik blok şeklinde bir yapının meydana gelmesine neden olmuştur. Sıkıştırıcı kuvvetler etkisi altında oluşan bu faylar, daha sonra açılmayı sağlayan kuvvetler etkisinde Üst Mantoya kadar ulaşarak, sıcak magmatik gazların derinlerden yüzeye doğru yükselmesini, ikincil permeabiliteye sahip rezervuarlardaki meteorik kökenli suların ısı transferi yoluyla ısınmasını sağlamıştır. Jeotermal akışkan üreten kuyularda sıcak suyla birlikte halen magmatik kökenli H₂S, SO₂ ve CO₂ gibi gazların çıkmasının bu görüşü doğruladığını savunur. Yapılan çalışmalarla, bugüne kadar sadece Fırat Formasyonu'nun oluşturduğu 1. Rezervuara ulaşılmıştır. Aynı sistem içerisinde daha derinlerde başka jeotermal rezervuarların varlığını araştırmak için 550 metre derinliğine ulaşan (K-10) kuyusunda 450 metreden itibaren yukarı doğru bir ısı transferinin olmaması, Karaali tesis alanında Fırat Formasyonu'nun oluşturduğu 1. rezervuardaki jeotermal akışkanın daha çok başka yerlerde ısınarak buraya yanal doğrultuda gelip yerleştiğine yorumlanmaktadır. Ancak 450 metreden derine doğru 0,5 °C/10 m jeotermal gradyan değerinin sıcaklık artışını işaret etmesi, daha derinde ikinci bir jeotermal rezervuarın varlığı ile ilişkilendirilmekte, bunun büyük bir olasılıkla Bozova Formasyonu olabileceği düşünülmektedir.

Karaali sıcak suyunun oluşumunu inceleyen Doğdu ve Kırmızıtaş (2006)'a göre alanda sıcak su rezervuarı kireçtaşından oluşan Fırat Formasyonu'dur. Sıcak su rezervuarının beslenme alanı, bu birimin yüksek alanlarda bulunan ve Pliyosen yaşlı çökellerle örtülmemiş bölümleri ile yakın bölgede geniş alanlar kaplayan ve kireçtaşları üzerinde yer alan bol soğuma çatlaklı volkanik kayalardır. Bu alanlardan sisteme giren yağış suları, derinlere süzülerek yüksek jeotermal gradyan ve olası magmatik sokulumlar ile ısınmakta ve sıcak suları oluşturmaktadır. Derinlerde ısı kazanan sıcak sular faylarla yüzeye doğru yükselmekte ve soğuksu içeren Fırat Formasyonu içerisine yayılmaktadır. Sistemin sıcaklık kaybını önleyen örtü kayaç birimlerini ise, Adıyaman Formasyonu olarak da adlandırılan Pliyosen yaşlı çökeller içindeki geçirimsiz kiltası ve marn ardalanmaları oluşturmaktadır.

Ağır metaller, periyodik cetvelin en geniş grubu olan geçiş elementleri grubunda yer alırlar. Bu gruba kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, çinko, molibden, vanadyum, alüminyum, arsenik, kalay ve mangan olmak üzere 60'dan fazla metal dâhildir. Bu elementler, doğaları gereği yer kürede genellikle kararlı bileşikleri olan karbonatları, oksitleri, silikatları ve sülfürleri halinde veya silikatlar içerisine hapsedilmiş olarak bulunurlar. Bu metallerin büyük olan yoğunluk değerleri kullanılarak ekolojik sistem üzerindeki etkileri tahmin edilemeye çalışılsa bile, gerçekte metallerin yoğunluk değerleri ile biyolojik etkileri arasında tam bir korelasyon bulunmamaktadır (Yücel, 2010).

Ağır metaller, doğal kaynaklı ve insan kaynaklı (antropojenik) olmak üzere iki farklı yoldan çevreye bırakılırlar. Doğal kaynakların en önemlilerinin başında minerallerin hava ve rüzgar ile aşınması, erozyon ve volkanik patlamalar gelir. İnsan kaynaklı yollar ise, madencilik, termik santraller, evsel ısınma sistemleri, motorlu taşıtlar, gübreler, pestisitler, demir-çelik, şeker, çimento, petrokimya ve metal endüstrileri olarak sıralanabilir (Sabiha-Javied ve ark., 2009).

Ağır metaller çevreye yayıldıkça, ortamdaki derişimlerine bağlı olarak bitkilerde, hayvanlarda ve insanlarda şiddetli rahatsızlıklara neden olurlar. Ağır metallerin ve metal içeren bileşiklerin (metaloid) birçoğu zehirlidir, bu nedenle de çok küçük derişimlerde dahi istenmeyen etkilere ve sorunlara neden olabilirler (Kara,

2005; Arora ve ark., 2008). Bu kirleticilerin topraktaki ve canlı organizmalardaki birikiminin etkileri hemen (akut) görülemeyebilir. Bu yüzden ağır metal birikiminin yakından takip edilmesi gereklidir. Birçok endüstrileşmiş ülkede bu takip çok sayıda farklı izleme programları kullanılarak yapılmaktadır.

Jeotermal sularda As çevresel sorunlara ve kirlenmeye neden olan önemli kirleticidir (Aksoy ve ark., 2005). Arsenik içme suyunda standart miktarı 10 µg/L'dir (ITASHY, 2005). EPA ve WHO'ya göre arsenik miktarı suda belli oranı 10 µg/L olarak belirlenmiştir. Arsenik içeriği yüksek olan içme suyundan uzun süre tüketilmesi neticesinde, insanlarda deri ve iç organlarda tahribatlar görülür (Mazumder ve ark., 2000; Rabet, 2015).

Çoğu zehirli iz metaller pH değeri arttığında çözüldüğüden ayrılmaya, suların nötr pH değerlerinde de oksit, hidroksit, karbonat ve fosfat mineralleri oluşturarak birlikte çökelmeye ya da kil mineralleri ya da sulu metal oksitlerin ya da organik maddelerin üzerinde soğurulmaya eğilimlidir. Bunun tersine arsenik gibi oksianyonların çoğu pH artarken tutulmaya daha az yatkın ve bazı özel koşullarda da nötre yakın pH'lı sularda bile çok yüksek derişimlerle suda kalabilir. Bu yüzden krom, arsenik ve selenyum gibi (kansere yol açan) oksianyon yapıcı elementler sularda en çok karşılaşılan iz kirleticilerdir (Üyemez, 2016).

Demir'in +2 ve +3 değerli olan türleri vardır. Sularda bulunan demir, çoğunlukla +2 değerlikli demirin oksidasyonu ile +3 değerli hale gelmektedir. Demirin içme ve kullanma sularında 200 µg/L'den den fazla olmaması istenir. Yeraltı sularında 500 µg/L'den fazla demir bulunması, sondaj kuyularındaki filtrelerin ve su borularının tıkanmasına sebep olduğu belirtilmektedir (Erguvanlı ve Erdoğan, 1973; Rabet, 2015).

İnsan vücuduna solunum, beslenme ve ten temasıyla giren nikel, solunum yoluyla alındığında akciğerlerde depolanır ve akciğer kanserine neden olabilir. Deri temasıyla alınan nikel ise önce kana karışır daha sonra ise başta böbrekler olmak üzere diğer organlara ulaşır, böbrekler yoluyla dışarı atılır (Özkul, 2013).

Kurşunun vücutta toksik etki oluşturmaları için yumuşak dokularda veya kanda belli bir düzeye kadar birikmesi gerekir. Kurşunun toksik etkileri kişinin yaşına, beslenme durumuna ve fizyolojik durumuna bağlı olarak değişebilir. Kurşun gastrointestinal yolla ya da solunum yolu ile emilir. Organik kurşun ayrıca deriden de hızlıca emilir. Kurşun hızla kana geçer, %90'ı eritrositlere bağlı olarak bulunur, daha sonra kemiklerde depolanır (Dökmeci ve Dökmeci, 2005).

Dağdeviren (2007)'e göre, krom düşük konsantrasyonlarda bitki büyümesi için teşvik edici olabilir, fakat kromun fazlalığı hayvan ve bitkilerde toksik etkiler yarabildiğini, hatta kansere bile neden olabileceğini belirtmiştir.

Kobalt diğer ağır metallerle kilyet oluşturma özelliğine sahiptir. Bu özelliği nedeniyle Co, fizyolojik yönden önemli olan değişim yerlerle geçmek suretiyle diğer elementlerin bitkiye alınmasını olumsuz yönde etkiler (Kacar ve Katkat, 2007).

Yeraltı sularında çoğunlukla hidroksit şeklinde bulunan mangan etkisi demire çok benzer. 100 µg/L'den fazla bulunması suya siyah-kahverengi bir renk verir. Asidik özellikteki yeraltı sularında daha çok bulunur. İçme ve kullanma sularında 100 µg/L'den fazla olmaması istenir (Rabet, 2015).

GAP Bölgesinde 2014-2015 yıllarında bölgedeki bazı jeotermal kaynakların rezervuar sıcaklıklarını belirlenmiş ve jeotermal kaynakların hidrojeokimyasal özellikleri incelenmiştir. Hidrojeokimyasal çalışmalar sonucu sıcak sular Ca-Mg-SO₄, Na-HCO₃, Na-Cl, Ca-Mg-HCO₃, Ca-HCO₃, Ca-SO₄ gibi çok farklı su tipini yansıttığı görülür. Soğuk sular ise Ca-Mg-HCO₃ ve Ca-HCO₃'lü su tipini yansıtır. Karaali jeotermal sahasındaki akışkandan alınan su numunelerinde ağır metal analizleri yapılmıştır. Mart 2015 tarihinde alınan analiz sonuçlarına göre alandaki su kaynağında arsenik dışında düşük konsantrasyonlarda ağır metaller ölçülmüştür. Arsenik değeri ise içme suyu limitlerini aşmıştır (GAP, 2015).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

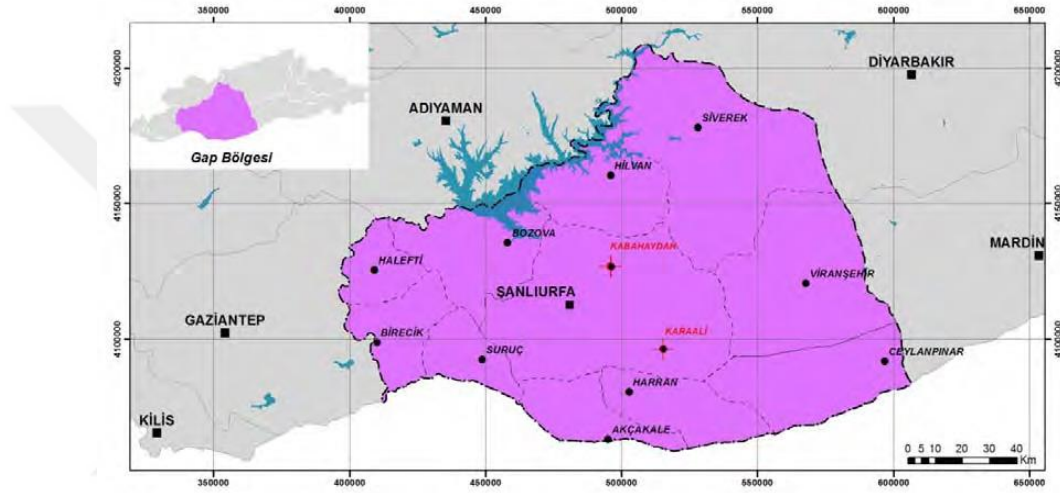
Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yer alan Şanlıurfa, doğuda Mardin, batıda Gaziantep, kuzeybatıda Adıyaman, kuzeydoğuda Diyarbakır illeriyle çevrilidir. 789 km'lik Türkiye-Suriye sınırının bir bölümünü ilin güney sınırı oluşturur. Genelde bir ova görünümündeki il merkezinin rakımı 518 m'dir. Şanlıurfa kontinental (karasal) iklim özelliği gösterir. Yazları çok kurak ve sıcak, kışları bol yazları nispeten ılıman geçmektedir. Matematik konum itibariyle ekvatora yakın olup, deniz etkisinden uzak bir bölgede bulunmaktadır. Bu nedenle karasal iklim özelliği ağır basmaktadır. Bu özellik sıcaklık ve yağış bakımından kendisini göstermektedir. Kar ve don olayının görüldüğü gün sayısı oldukça azdır.

Şanlıurfa'da anakaya kalker ve bazaltan oluşmaktadır. Bölge içindeki topraklar çoğunlukla "kırmızı kahverengi" büyük toprak gurubu içinde yer almaktadır. Organik madde ve fosfor oranları düşük, kil oranı yüksektir. (%43-60) Güney Doğu Anadolu Bölgesinin İklimi Doğu Anadolu ve Akdeniz Bölgeleriyle güneydeki kurak tropikal bölgenin etkisi altında oluşan bir özelliğe sahiptir. Kış mevsimi nemli, soğuk ve yağışlı geçer. Haziran ayından itibaren ise güneydeki çöl koşulları bölgeye egemen olmaya başlar ve kuraklık en üst seviyeye çıkar. Ortalama yağış genelde 450-500 mm'dir.

Kuraklık Haziran-Eylül arasında hüküm sürer. Bu aylarda buharlaşma çok fazladır. Bu bölgede genelde step iklim egemendir. Bu step iklimi İç Anadolu Bölgesi step ikliminden yazları sıcak ve kurak oluşu ile ayrılmaktadır. Bu sebepten dolayı orman yetiştirme bakımından çok güç koşullar mevcuttur. Bu koşullar nedeniyle bölgenin güney kısmındaki plato düzlükleri üzerinde orman ve ağaç topluluğuna rastlanmaz. Ormanlar insan baskısı ve düzensiz aşırı otlatmadan dolayı bu alanlardaki varlığı çok azalmış durumdadır. Bu nedenlerden dolayı Güney Doğu Anadolu Bölgesi orman varlığı bakımından Türkiye'nin en fakir bölgesidir.

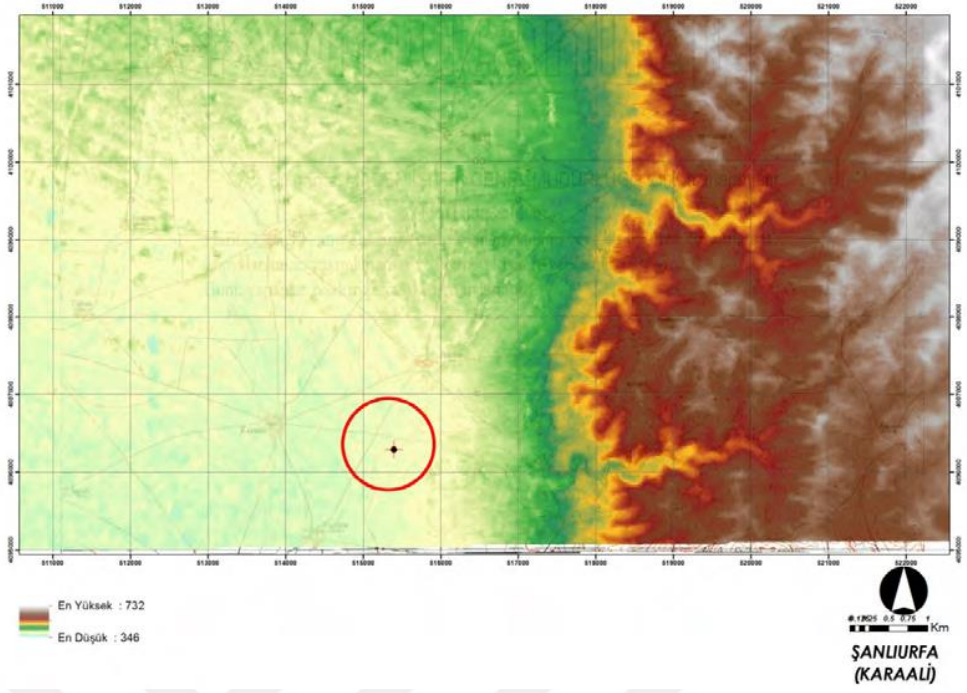
3.1.1. Çalışma alanının genel durumu

Şanlıurfa ilinde Karaali ve Kabahaydar olmak üzere iki adet jeotermal alan bulunmaktadır. Ülkemizin kalkınmasında çok önemli potansiyel vadeden Harran Ovası'nda bulunan Karaali jeotermal alanı, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Orta Fırat Bölümü'nde bulunan Şanlıurfa'nın 45 km güneydoğusunda ve Akçakale grabeni içerisindeki Karaali köyünü de içine alan sahayı kapsar (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Şanlıurfa ili jeotermal alanları

Sıcak su, termal tesis ve seracılık uygulamasının yapıldığı alanın içinde bulunan Karaali köyüne, Şanlıurfa- Mardin karayolu üzerindeki Çamlıdere'den itibaren yaklaşık 25 km'lik asfalt yol ile ulaştırılmaktadır. İyi bir ulaşım ağına sahiptir. Harran Ovası'nda yer alan Karaali jeotermal alanı, 1/25.000 ölçekli Diyarbakır N42d3 paftası içerisinde olup düz bir topoğrafyaya sahiptir (Şekil 3.2). Karaali sahası içinde seralar ve termal tesisler bulunmaktadır (Şekil 3.3).



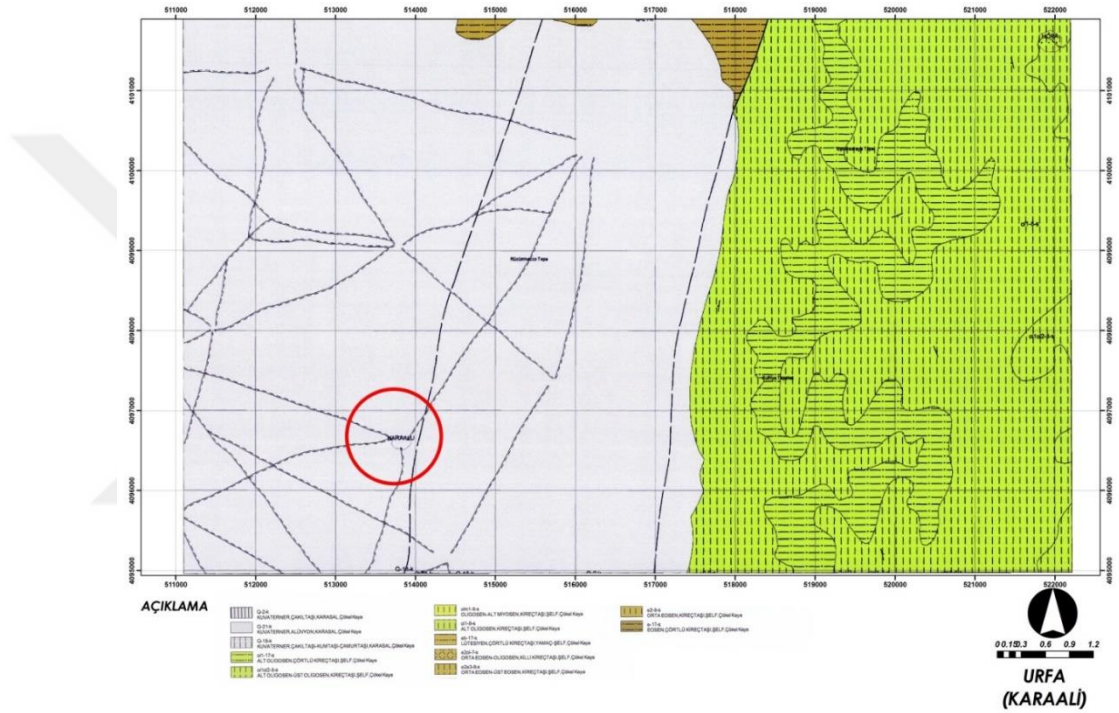
Şekil 3.2. Karaali jeotermal sahanın morfoloji haritası



Şekil 3.3. Karaali jeotermal sahasındaki termal tesisler ve seradan görünüm

3.1.2. Jeolojik ve hidrodinamik yapı

Karaali jeotermal alanı, Akçakale grabeni diye tanımlanan alüvyon dolgulu düzlükler ile aralarında yüzeylenen Eosen ve daha genç çökellerden meydana gelmektedir. Çalışma alanının dışında Paleozoyik'ten Eosene kadar değişik yaş ve kaya türünde kaya birimleri mevcuttur. Söz konusu bu kayaların hiçbiri grabenin içinde yüzeylenmemiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Karaali ve çevresini jeoloji haritası (GAP, 2015).

Eşder (2004)'e göre, Gaziantep formasyonu olarak tanımlanan Tersiyer yaşlı birimler, alt birimlere ayrılarak harita alanında gösterilmiştir. Bunlardan Eosen yaşlı kaya toplulukları 3 alt birime ayrılarak haritalanmıştır. Tümü kireçtaşlarından meydana gelen bu birimlerin en alt düzeyleri çörtlü, ortaları tamamen kireçtaşı, üst seviyeleri çörtlü kireçtaşlarından meydana gelmektedir. Bu birimler, şelf fasiyesinde başlayıp yamaç-şelf fasiyesine dönüşerek sonlanmaktadır. Birimler içerdikleri fosillere göre yaşlandırılarak sıralanmıştır. Yukarıda anlatılan kaya toplulukları, bölgesel stratigrafik tanımlamalarda Midyat Grubunun içinde yer almaktadır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. İnceleme alanın çevresinde yüzlek veren Midyat Grubuna ait birimlerden görünüm

Gaziantep formasyonu üst seviyeleri Oligosen yaşlı olup, alt seviyeleri kireçtaşları, üst seviyeleri ise çörtlü kireçtaşı niteliğindeki şelf fasiyesindeki kayalarla temsil edilir. Bölgenin geniş alanları kaplayan Kuvaterner yaşlı alüvyonlar çalışma alanının en genç birimini oluştururlar. Alanın dışında ve kuzeyinde, genç bazalt çıkışlarının varlığı dikkati çekmektedir. Bölgenin tümünde görülen kireçtaşları bol çatlaklı, çatlaklar damar dolgululu, yer yer karstik boşlukludurlar.

Çalışma alanı, genelde Miyosen sonrası gelişen bir grabenin doğu kenarında yer almaktadır. Akçakale grabeni olarak adlandırılmış olan bu yapının doğu ve batı sınırları, K-G genel doğrultulu ve normal fay karakterindeki yapılarla kontrol edilmektedir. Arazi gözlemlerinde yer yer bazı alanlarda açılma çatlakları niteliğindeki yapılara da rastlanmıştır. Grabeni kontrol eden ana yapıları, normal fay veya açılma çatlağı olarak ayırmak çoğu zaman zordur. Ayrıca grabenin ortalarındaki yine K-G genel doğrultulu olası bir normal fay, MTA Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan 1/25.000 ölçekli jeoloji haritasında işaretlenmiştir.

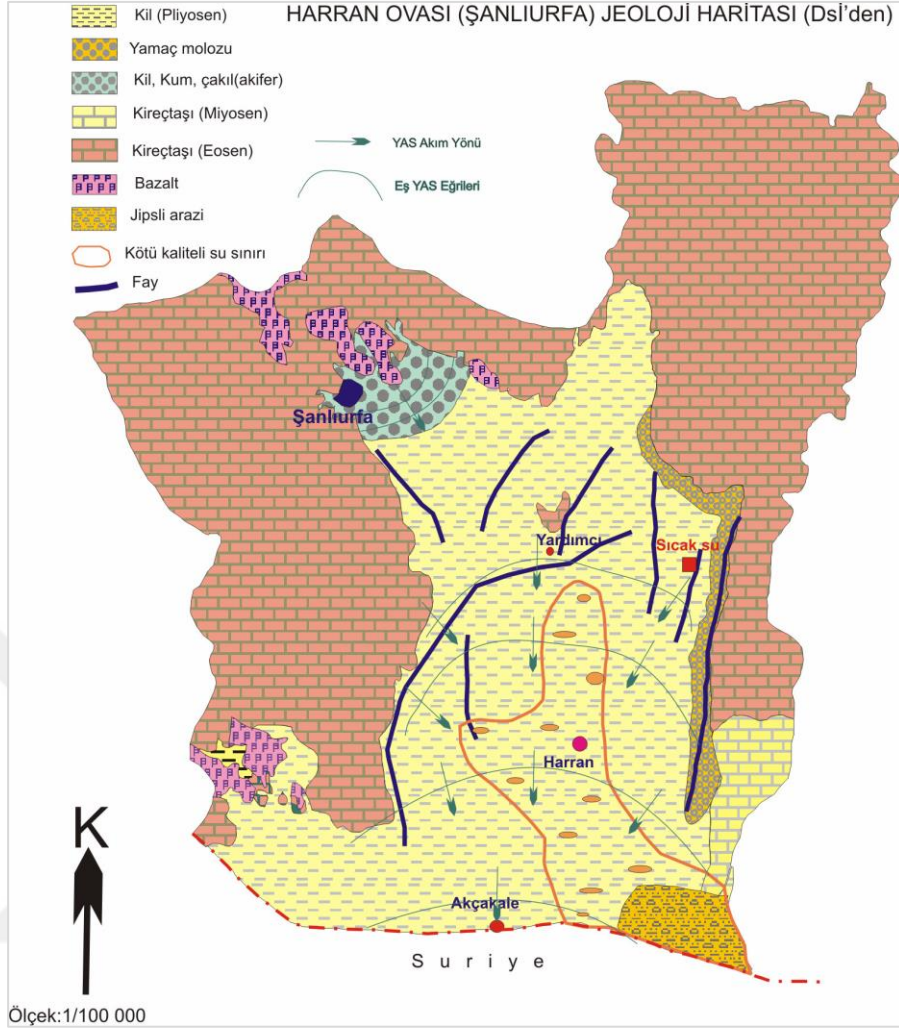
DSİ tarafından yapılmış olan bölgeye ait hidrojeoloji amaçlı haritalarda da grabenin içinden geçen benzer veya olası faylar çizilmiştir. Bu verilerden yola çıkarak ova içinde, kenar faylarına benzer başka fayların da olabileceği söz konusudur. Tersiyer yaşlı birimlerde gözlenen kıvrımları kesen bu fayların, diri olması da muhtemeldir.

Grabenin doğu sınırını kontrol eden fay düzleminin dike yakın, ovaya eğimli gözlenmesine rağmen, alüvyonla olan dokanağı örtülü gibidir ve haritada devamı alüvyonun altında olasılı olarak çizilmiştir.

Fayın kuzeydoğuya doğru Eosen yaşlı birimler ile Oligosen yaşlı birimleri ayırdığı yerde net olarak gözlenebilmektedir. Çalışma alanının kuzey doğusunda, bu graben fayına açılı gelen ve KKB-GGD doğrultulu sağ yönlü doğrultu atımlı fayın varlığı dikkati çekmektedir. Saptanan bu ana yapıların ova alüvyonları altında devam etmesi veya başka fayların varlığı güçlü bir olasılıktır.

Çalışma alanının dışında ve Urfa şehir merkezinin Mardin'e doğru olan doğu bölümünde yüzeylemiş olan bazaltik volkanizmanın, bölgede izlenen açılma çatlaklarının benzeri bir süreksizlikten yüzeylendiği rahatlıkla söylenebilir. Dolayısıyla bölgedeki kırık sistemleri ile volkanizma arasındaki bu ilişki, jeotermal sistemi yorumlamada ayrı bir önem taşımaktadır.

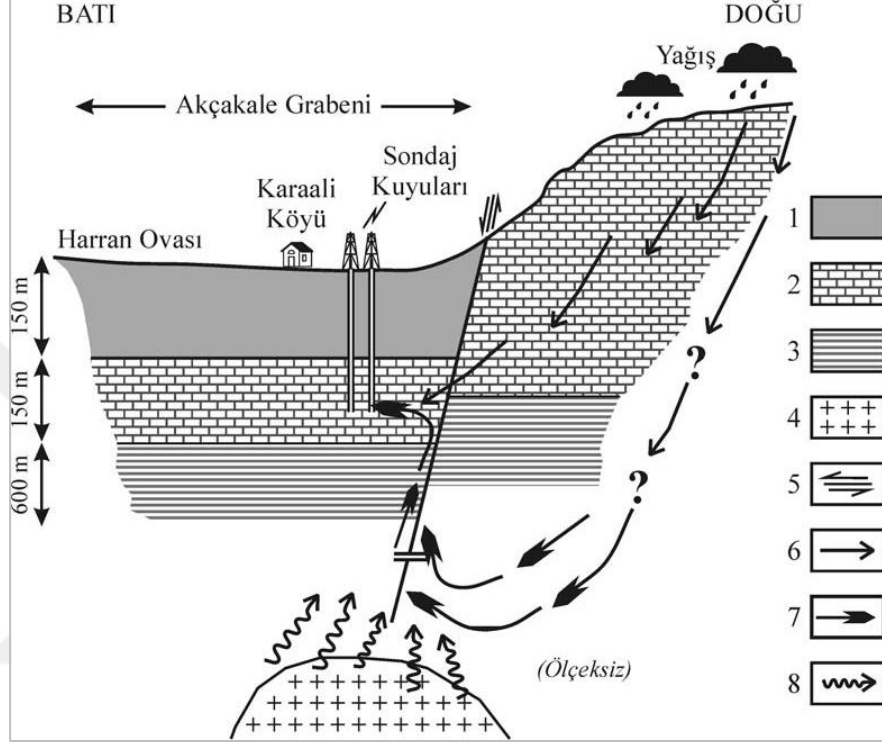
Harran Ovasında yapılan çalışmalar GAP idaresinin kurulması ile birlikte yoğunlaşmıştır. 1500 km² Harran ovasındaki sulama 1993 yılına kadar tamamen yeraltısuyu ile sağlanmıştır. Karaali Jeotermal sahasının yer aldığı Harran Ovasında 1995 yılında yüzey sulamasına geçilmesine rağmen alan hala yeraltısularına bağlıdır. Harran ovasında, sulama amaçlı olarak hem özel hem de kamu kurumları tarafından açılmış yaklaşık 10.000 adet kuyu bulunmaktadır. Karaali Jeotermal alanı çevresinde yüzlek veren Paleosen yaşlı tortul kayaçlar akifer özelliği taşımamaktadır ve alanda bariyer görevini göstermektedir. Paleosen birimler üzerinde yüzlek veren kireçtaşları ise yeraltısuyu açısından zengindir. Ovanın kuzeyinde, kuzeydoğusunda ve kuzey batısında Eosen yaşlı kireçtaşları, Ovanın doğusunda geniş bir alanda ise Miyosen kireçtaşları, batısında ise Oligo-Miyosen yaşlı kireçtaşları yüzlek vermiştir. Karaali çevresinde yüzlek veren Eosen yaşlı kireçtaşları karstik özelliğe sahiptir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. İnceleme alanının hidrojeolojik özellikleri

Karaali Jeotermal Sahasında farklı zamanlarda 4 etap halinde jeofizik etütler yapılmıştır (Eşder ve Tümer, 1997; Eşder ve Buzkıran, 1998; Karlı, 2000; Kurt ve Olağan, 2010). Düşey Elektrik Sondaj şeklinde uygulanan bu çalışmalarda, sahadaki jeolojik birimlerin özdirenç kalınlıklarının yüzeyden derinlere doğru değişimine bağlı olarak birimlerin ayırtlanması ve rezistivite değişimine neden olabilecek sıcaklık, tuzluluk, gözeneklilik gibi etmenlerin jeotermal aktiviteyle ilişkilendirilebilirliği yönüyle yorumlanması amaçlanmıştır. Yine bu yöntemle kayaçların elektrik iletme yeteneğindeki farklılıklardan yararlanılarak temel kayanın konumu, örtü kaya kalınlığı, fayların ve rezervuar kayanın belirlenmesi çalışmanın ana hedefini oluşturmaktadır. Karaali jeotermal alanında gerçekleştirilen 1. etap jeofizik

çalışmasında araştırma derinliği 500-1500 m'dir (Eşder ve Tümer, 1997). Ölçümler sonucu oluşturulan harita ve kesitlerin yorumlanması sonucunda, çalışma alanında KB-GD doğrultulu bir fayın varlığına dikkat çekilmekte, Midyat Formasyonu'nun çok derin olmadığına işaret edilmektedir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Karaali Köyü civarı şematik jeoloji kesiti

- 1- Adıyaman Formasyonu (Pliyosen, kil, marn, kum ve çakıl ardalması, örtü kayaç),
- 2- Fırat Formasyonu (Üst Eosen-Alt Miyosen, kırıklı-çatlaklı ve erime boşluklu kireçtaşı, rezervuar kayaç),
- 3- Gaziantep Formasyonu (Alt Eosen, çörtlü, killi kireçtaşı, marn ardalması),
- 4- Magmatik sokulum (ısı kaynağı),
- 5- Fay,
- 6- Soğuksu sirkülasyonu,
- 7- Sıcaksu sirkülasyonu,
- 8- Isı tabansuyu

Karaali sahasında 2.etap jeofizik çalışmasında araştırma derinliği 1000 m olarak seçilmiştir (Eşder ve Buzkıran, 1998). Hazırlanan eş rezistivite ve yapı kesitlerinin yorumunda; sahanın doğusunda izlenen çukurlaşma, DES noktaları arasında işaretlenen fay ile jeolojik haritada olası olarak gösterilen fay arasındaki graben yapısıyla açıklanmaktadır. Bazı ölçü noktalarında temel 300 m derinliktedir. Bu lokasyonlardaki ölçüler jeotermal akışkan ile ilişkilendirilmektedir. Taban kontur haritasında Midyat formasyonu kuzeyden güneye, batıdan doğuya derinleşmektedir. (Eşder ve Buzkıran, 1998).

İnceleme alanında, 1. ve 2. etap çalışmalarının yapıldığı alanı da içeren 3. etap çalışması, MTA tarafından gerçekleştirilmiştir. Geniş bir alanda gerçekleştirilen üçüncü etap jeofizik düşey elektrik sondaj çalışmasında, araştırma derinliği 500-1500 m arasında değişmektedir (Karlı, 2000). Seviye haritalarından Karaali jeotermal sahasının rezervuar yayılımının kuzeyde Bakırtaş, doğuda Tektek Dağları, güneyde Tuzluca ve batıda Karaali köyleri arasında olduğu yorumlanmıştır. Tektek Fayı'nın 75 o batıya eğimli, birinci rezervuarın 400 m derinlikte, ikinci rezervuarın ise 500 m'den daha derinde olduğu öngörülmektedir.

En düşük öz direnç kapanımları 10 ohm-m değerleri altındadır. Buna göre jeotermal anomali alanı Bakırtaş ile Tuzluca Köyleri arasındadır. Bu anomalinin kuzey-güney uzanımlı Tektek fayı üzerinde yer alması, jeotermal aktivitenin tektonik kökenli olduğuna yorumlanmaktadır. Çalışmada, Midyat formasyonunun en derin olarak Tektek dağları ile Tuzluca ve Akmeşet köyleri arasında görüldüğü ve derinliğinin 700 m olduğu belirtilmektedir.

Karaali ve çevresinde yapılan diğer jeofizik etüt rezistivite ve SP çalışmasıdır (Kurt ve Olağan, 2010). Düşey Elektrik Sondaj şeklinde uygulanan jeofizik rezistivite çalışmasının değerlendirilmesinden dikkate değer sonuçlar çıkarılmıştır. Eşrezistivite haritalarında sahanın doğusundaki kuzeydoğu-güneybatı uzanımlı yüksek rezistiviteli bölüm bir süreksizliğin varlığına yorumlanır. Bu durum, grabenin doğru kenarına doğru

temel kayaların derinleştiği, bu nedenle yüksek rezistivite değerlerinin belirginleştiği şeklinde açıklanmaktadır. (Kurt ve Olağan, 2010).

Karaali sahasında yapılan jeofizik çalışmalardan biri de, 8 adet kuyuda gerçekleştirilen log ölçümleridir. Bu kuyuların inilebilen derinliklerinde gamma-ray, neutron, density, elektrik ve termik log ölçüleri alınmıştır (Sözen ve Kapucu, 1999).

Kuyulardaki sıcaklık ölçüleri, sahaya ait termik gradyanın yüksek olduğunu göstermektedir. MTA tarafından 540 m derinliğinde açılan K-10 kuyusunda sıcaklığın 400 m'lerden itibaren düşmesi ve bu derinlikten sonra tekrar yükselmesi, dikkati çeken diğer bir husustur. Bu durum iki farklı rezervuarın varlığına yorumlanmaktadır (Mertoğlu ve ark., 2010).

3.1.3. Açılan kuyular

Karaali Jeotermal alanında 1993 yılından bu yana jeotermal amaçlı 17'si özel idare, 15'i özel sektör tarafından olmak üzere toplam 32 adet sondaj çalışması gerçekleştirilmiş, 39-58 °C arasında değişen sıcaklıkta akışkan üretimi sağlanmıştır (Çizelge 3.1). Söz konusu kuyuların debileri 7 ile 100 l/sn arasında değişmektedir.

Çizelge 3.1 Karaali Jeotermal sahasında açılan sondaj kuyularından bazılarının özellikleri

Kuyu No	Tarihi	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Debi (l/s)	Statik Seviye	Dinamik Seviye	Mevcut Kullanım
Karaali-1	1993	183	48	38			
Karaali-3	2000	420	-	-			
Karaali-4	2000	203	-	-			
Karaali-5	1998	550	39,2	30			
Çamlıdere	2012	269	-	-			
K-1	1999	250	45,2	80 P	47.1	48.6	Kullanılmıyor.
K-2	1999	250	42	80 P	49	51.3	Termal Turizm
K-3	1999	250	42,8	80 P	54.6	57.7	Termal Turizm
K-4	1999	260	48,2	70 P	52.4	58	Termal Turizm
K-5	1999	303	47	80 P	48	51	Termal Turizm
K-6	1999	260	41	80 P	46.55	50.5	Kullanılmıyor.
K-7	1999	195	47,3	108 P	52	-	Termal Turizm
K-8	1996	183	48,5	38 P	51.09	-	Termal Turizm
K-9	1996	245	47.5	-	53.91	79.7	Kullanılmıyor.
K-10	1998	550	40	33 P	48.75	-	Termal Turizm
K-12	2009	280	46.4	60 P	47	-	Seralara veriliyor.
K-13	2009	360	46.3	60 P	42	-	Seralara veriliyor.
K-14	2009	358	47	60 P	45	-	Seralara veriliyor.
G-1	2010	1005	58	100 P	20	-	
Kaplıca-1	2011	365	51	60 P	45	120	
Kaplıca-2	2011	360	49	65 P	43	120	
S-1	1992	138	41,5	20			Kullanılmıyor.
S-2	1992	140	41,5	26	53.42		Kullanılmıyor.
S-3	2003	250	49	-			Termal Turizm
S-4	2007	250	49	-			Termal Turizm
R-1(K-11)	2008	807	38	90 P	-	-	Re-Enjeksiyon Kuyusu
Karaali Ö-1		270	?	7	49	50	
Karaali Ö-2		260	?	?			

3.1.4. Çalışmada kullanılan yazılımlar

RockWare Aq.QA (2011.1)

Analiz sonuçlarına göre her parametre için veya her mevki için bir veri tabanı oluşturmaya yarayan yazılım aynı zamanda bu parametrelerden hareketle %Na, SAR, toplam sertlik gibi birtakım değerleri hesaplamaktadır. Bir diğer önemli özelliği ise her lokasyon için veya bunların kombinasyonu için ortak değerlendirmeler yapabilmekte ve bunlara ait Piper, yarı logaritmik Schoeller vb. diyagramları yapabilmektedir.

3.2. Yöntem

Bu bölümde, numune noktalarının seçimi, su örneklerinin alımı, taşınması ve korunmasıyla ilgili standart, yönerge vb. normlar ile çalışmada ölçülen ve analiz edilen parametreler ulusal ve uluslararası düzeyde sıkça kullanılan su kalitesi sınıflamaları ve bunların temel özellikleri tartışılmıştır.

3.2.1. Numune noktalarının seçimi

Şanlıurfa Harran Ovası Sulaması, 147.887 ha alan işletmede olan sulama alanıyla GAP Bölgesi işletmede olan sulama alanlarının (476.731 ha) yaklaşık %31' ini oluşturmaktadır (DSİ 2015 Faaliyet Raporu). Ovada sulama açık kanal sistemle 1995 yılında başlatılmıştır.

1. En fazla sulamadan dönen suyun bu alanda bulunması,
2. Su ve toprak kaynakları açısından (Ortalama yağış 350-365 mm bandında ve ortalama yüzey buharlaşması 1848 mm) olup çoraklaşma ve tuzlanmanın en çok görüldüğü riskli bölge olması,
3. Su ve toprak kaynakları açısından en riskli bölge olması,

4. Sınır aşan su kapsamında bir niteliğe sahip olması nedeniyle çalışmanın merkez noktası olan ve Şanlıurfa Harran Ovasında yer alan Karaali jeotermal sahasından ve çevresinde bulunan drenaj kanallarından da belirli periyotlarla numune alınmıştır.

Çalışma kapsamında numune noktalarının seçilmesinin gerekçeleri Çizelge 3.2’de açıklanmıştır:

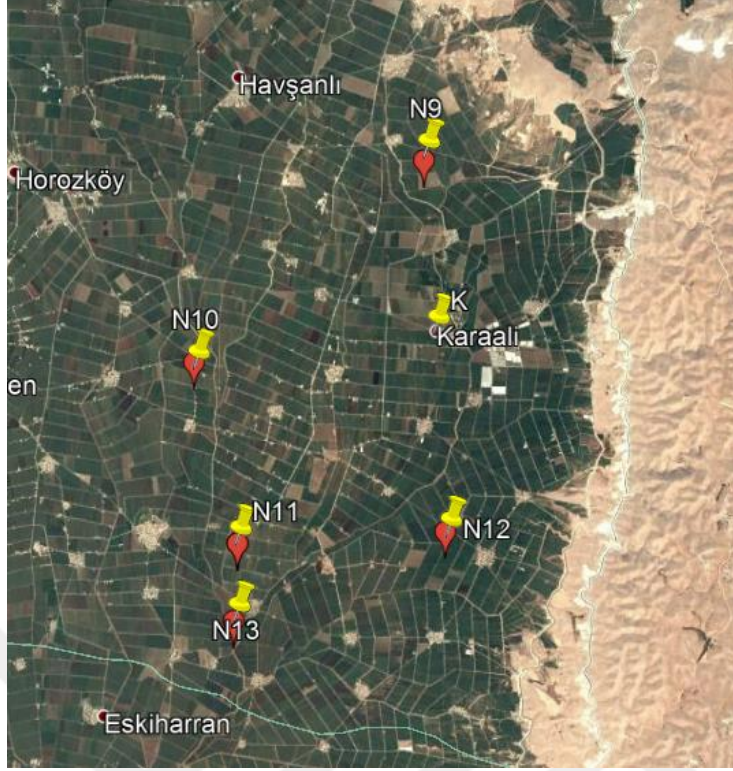
Çizelge 3.2. Numune alma noktaları seçilme gerekçeleri

Nokta No	Seçilme Nedeni
N9	Jeotermal kaynakların membasında yer almasından dolayı seçilmiştir.
N10	HT 10-1 ana tahliye kanalı üzerinde seçilmiştir.
N11	Jeotermal kaynaklar sonrası durumun tespiti amacıyla seçilmiştir.
N12	Fırat suyuyla sulanan arazilerden elde edilen taze drenaj suyunu temsil etmektedir.
N13	Bereket Sulama Birliği’ni temsil etmektedir.
Karaali jeotermal	Karaali jeotermal sahasında sera ve kaplıca turizminde kullanılan suyu temsil etmektedir.

Bu noktaların seçiminde aşağıda verilen parametreler göz önünde bulundurulmuştur:

1. Örneğin Şanlıurfa Karaali bölgesinde jeotermal kaynaklar bulunmaktadır. Kaplıca ve sera ısıtmasında kullanılan bu sular da drenaj kanallarına deşarj edilmektedir. Şuayp Sulaması’nı ilgilendiren bu bölgede, 9 nolu nokta termal kaynak öncesindeki, 11 nolu nokta ise termal kaynağın drenaj sularına karıştıktan sonrası durumun kıyaslanabilmesi maksadıyla seçilmiştir.

2. 12 nolu noktanın bulunduğu bölge yüksek bir kotta bulunduğundan drenaj sularının memba koşullarını temsil etmektedir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Numune alma noktaları

Bu çalışma kapsamında, Karaali jeotermal sahasında, alanı temsil eden noktalardan hidrojeokimyasal amaçlı su numunesi alınmıştır. Alınan numunelerin, İyon Kromatografisi (IC), anyon ve katyon analizi İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi (ICP-MS) ÜSKİM’de analiz edilmiştir. Bu analizlere ek olarak, ağır metal konsantrasyonunu belirlemek amacıyla arsenik, vanadyum, selenyum ve molibden gibi bazı ağır metallerin analizi de yapılmıştır. Ayrıca, termal suyun jeokimyasal fasiyes sınıflandırılması için Aquachem (2011.1) programı yardımıyla Piper ve Schoeller’e göre yapılmıştır.

3.2.2. Örneklerin alınması ve korunması

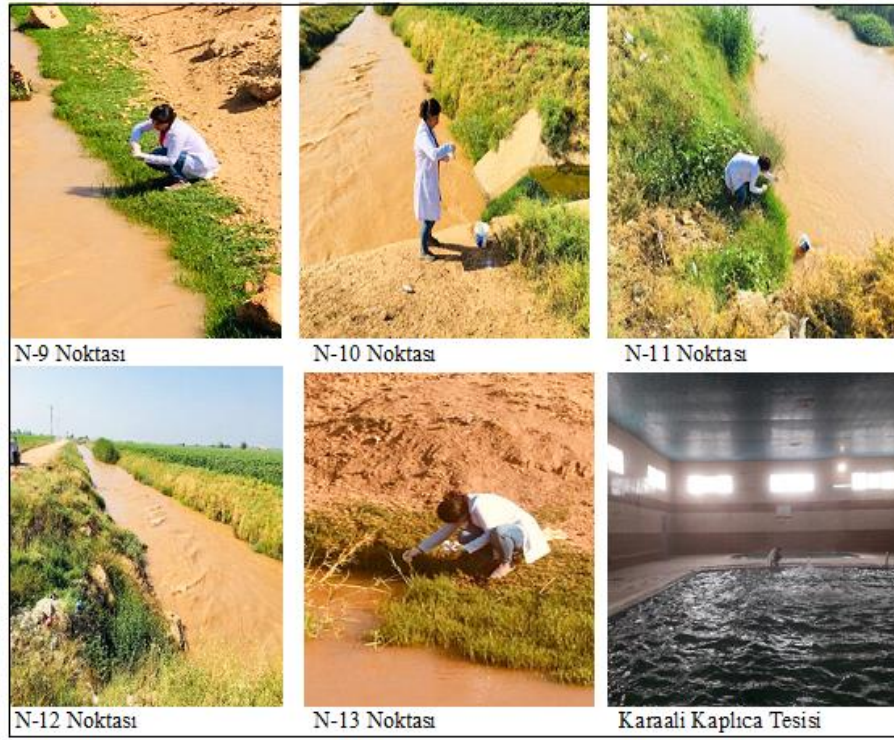
Çalışma kapsamında ilk numune alımı Şubat 2018 tarihinde, sulama başlamadan önceki su kalitesini incelemek amacıyla (N9, N10, N11, N12, N13) drenaj kanallarından ve Karaali jeotermal akışkanından alınmıştır (Şekil 3.9, Şekil 3.10, Şekil 3.11, Şekil 3.12).



Şekil 3.9. Kış dönemi numune alımları



Şekil 3.10. İlkbahar dönemi numune alımları



Şekil 3.11. Yaz dönemi numune alımları



Şekil 3.12. Sonbahar dönemi numune alımları

Geniş alanlarda yapılan çalışmalarda, örneklerin alınması, bu örneklerin laboratuvara bekletilmeden getirilmesi çok titiz, doğru, hassas ve güvenilir bir çalışmayı gerektirir. Bu çalışmada, arazi ve laboratuvar ekibi olarak iki grup çalışmıştır. Aşağıda verilen yönerge, tebliğ ve standartlara göre alınan numuneler bekletilmeden laboratuvar ekibine ulaştırmıştır.

- D4448-01 Standard Guide for Sampling Ground-Water Monitoring Wells (ASTM, 2001)
- D6517-00 Standard Guide for Field Preservation of Ground-Water Samples (ASTM, 2005)
- TS 5090 EN 25667-2/Nisan 1997, Su Kalitesi - Numune Alma Bölüm 2: Numune Alma Teknikleri – Kılavuzu (TSE, 1997a)
- TS 5106 ISO 5667-3/Nisan 1997, Su Kalitesi - Numune Alma Bölüm 3: Numunelerin Muhafaza ve Taşınma Kuralları (TSE, 1997b)
- Numune Alma Kılavuzu 2004-1, (ANONİM, 2004a)
- Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği (ANONİM, 1991)

3.2.3. Ölçülen ve analiz edilen parametreler

Bu çalışmada, Karaali jeotermal sahası ve ova genelini temsil eden örnekleme noktaları (drenaj kanalları) seçilmiştir. Bu örnekleme noktalarından alınan su örnekleri üzerinde yerinde (in-situ) ve laboratuvarında analizler yapılmıştır. Örnekleme 2018 su yılı boyunca belirli periyotlarla devam etmiştir. Alınan numunelerde analizi yapılan parametreler: Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+} , K^{+} , Cl^{-} , SO_4^{-2} , HCO_3^{-} , NH_4 , NO_3 , pH, EC, ve sıcaklıktır. Aynı zamanda As, Pb, Al, Fe, Mo, Se, V, Co, gibi ağır metal analizleri de yapılmıştır.

3.2.4. Su kalite sınıflamaları

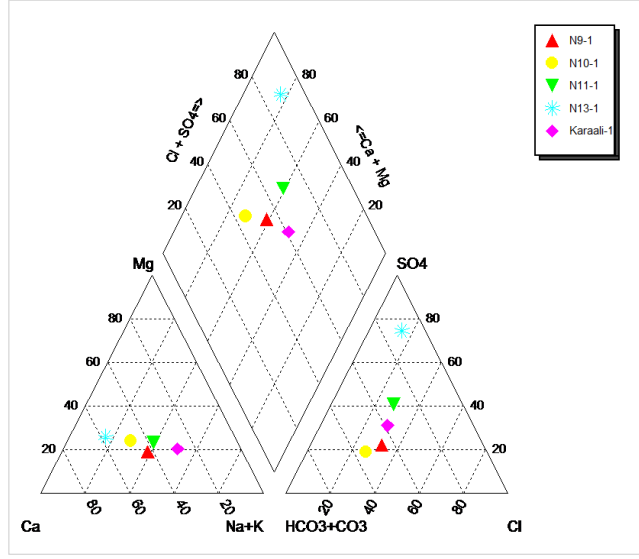
3.2.4.1. Hidrokimyasal fasiyes sınıflaması

Suları isimlendirmek, birbiri ile karşılaştırmak, iyonlar arası etkileşimleri araştırmak ve kökeni ile ilgili yorum yapabilmek amacıyla suların hidrojeokimyasal su tipinin belirlenmesine yönelik çeşitli yöntemler önerilmiştir. Hidrojeokimyasal fasiyes kavramı, suların içerdikleri başlıca iyonların oranlarına bağlı olarak sınıflandırılması esasına dayanmaktadır.

Piper Diyagramı

Piper diyagramı gerek iyonların topluca tek bir diyagram üzerinde görüntülenmesinin kolaylığı açısından, gerekse benzer ve farklı kökenli suların karşılaştırılması kolaylığı açısından hidrojeolojide oldukça sık kullanılan diyagramlardandır (Rabet, 2015).

Piper diyagramı anyon ve katyonların (% mek/1 cinsinden) ayrı ayrı gösterildiği iki ayrı üçgenden ve tüm iyonların ortaklaşa gösterildiği bir dikdörtgenden oluşmaktadır (Şekil 3.13). Üçgen diyagramlar suların fasiyes tiplerinin görülmesinde, dikdörtgen ise suların sınıflamasında ve karşılaştırılmasında kolaylık sağlamaktadır (Ertürk, 2010).

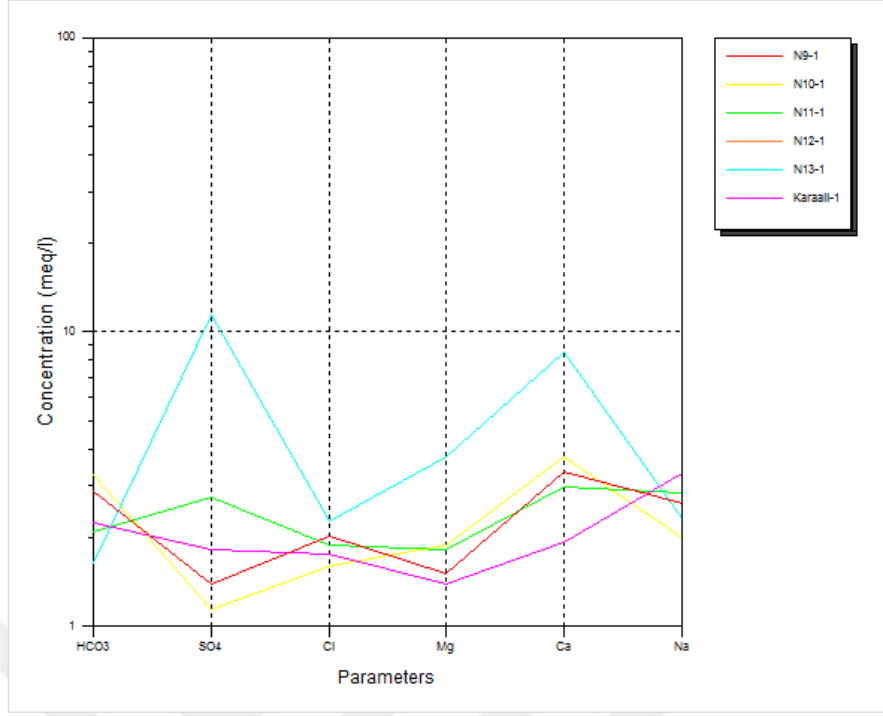


Şekil 3.13. Piper diyagramının gösterimi

Suda çözünen başlıca iyonlardan anyonlar ve katyonlar olmak üzere mek/l cinsinden %50'den fazla olan iyonlar hidrokimyasal su tipini belirtmektedir. Eğer iyonların hiçbirisi miktar olarak %50'yi geçmiyorsa karışık su tipini belirtmektedir.

Schoeller Diyagramı

Rabet (2015)'e göre, Schoeller diyagramında logaritmik ordinat eksenine üzerine % mek/L değerleri, apsis ekseninde eşit aralıklarla soldan sağa doğru major iyonlar ve iyonların sırası değiştirilmeden işaretlenir. Benzer ve farklı gruptaki sular grafik üzerinde karşılaştırılmış olur (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Schoeller diyagramının gösterimi

3.2.4.2. İçme Suyu Sınıflaması

Bu çalışmada, ölçülen ve analiz edilen parametrelerin, insani tüketim amaçlı sular için ulusal ve uluslararası standartlardaki sınır değerleri karşılaştırılması olarak Çizelge 3.3'de verilmiştir. Bu sınır değerlere göre ölçülen ve analiz edilen parametrelerin, mevsimsel değişimi yorumlanmıştır

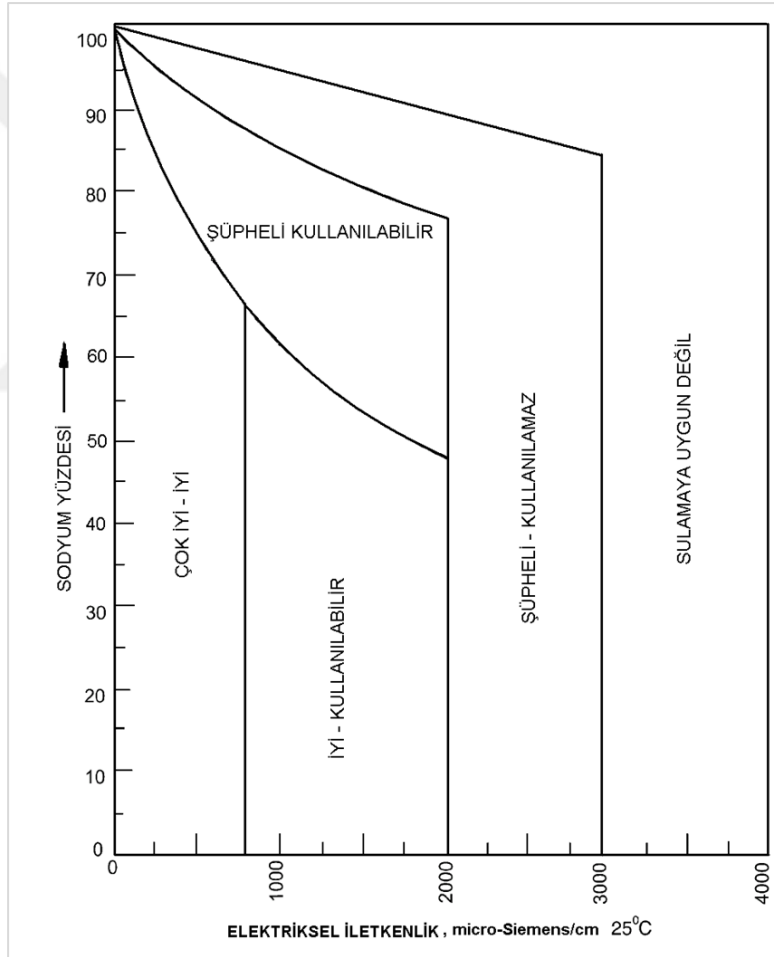
Çizelge 3.3. İçme suyu standartlarının karşılaştırılması

Parametre	Sağlık Bakanlığı	TS266 (1997)	USEPA (2002)	FDA (2003)	IBWA (2003)	WHO (1996)	3CDWQ (2003)	EU (1998)
- Fiziksel Özellikler:								
Renk (Pt/Co)	10	1	15 ⁽¹⁾	15	5	15 ⁽¹⁾	15 ⁽¹⁾	- ⁽²⁾
Bulanıklık (NTU)	5	5	5	5	0.5	5 ^{o1}	5 ^{o1}	J ²¹
- İstenmeyen Maddeler:								
pH	5.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5 ⁽¹⁾	- ⁽³⁾	6.5-8.5	6.5-8.5 ⁽¹⁾	6.5-8.5 ⁽¹⁾	6.5-9.5 ^{(1),(4)}
Klorür (Cl)	250	30 ⁽⁵⁾	250 ⁽¹⁾	250 ⁽¹⁾	250 ⁽¹⁾	250 ⁽¹⁾	250 ⁽¹⁾	250 ⁽¹⁾
Sülfat (SO ₄)	250	25 ⁽⁵⁾	250 ⁽¹⁾	250 ⁽¹⁾	250 ⁽¹⁾	250 ⁽¹⁾	500 ⁽¹⁾	250 ⁽¹⁾
Kalsiyum (Ca)	100	100	-(3)	-(3)	-(3)	-(3)	-(6)	-(3)
Magnezyum (Mg)	50	30	-(3)	-(3)	-(3)	-(3)	-(6)	-(3)
Sodyum (Na)	175	20	-(3)	-(3)	-(3)	200 ⁽¹⁾	200 ⁽¹⁾	200 ⁽¹⁾
Potasyum (K)	12	12	-(3)	-(3)	-(3)	-(3)	-(3)	-(3)
Alüminyum (Al)	0.2	0.2	0.05-	0.2 ^{o1}	0.2 ^{o1}	0.2 ^{o1}	0.2 ^{o1}	0.2 ^{o1}
Nitrat (NO ₃ -N)	45 ⁽⁷⁾	25	10	10	10	50 ⁽⁸⁾	45 ⁽⁷⁾	50 ⁽⁸⁾
Demir (Fe)	0.3	0.05	0.3 ⁽¹⁾	-(3)	0.3 ⁽¹⁾	0.3 ⁽¹⁾	0.3 ⁽¹⁾	0.2 ⁽¹⁾
Mangan (Mn)	0.05	0.02	0.05 ⁽¹⁾	0.05 ⁽¹⁾	0.05 ⁽¹⁾	0.5 ⁽¹⁾	0.5 ⁽¹⁾	0.5 ⁽¹⁾
Bakır (Cu)	1.5	0.1	1 ^{(1),(9)}	1	1 ⁽¹⁾	2 ⁽¹⁾	1 ⁽¹⁾	2
Çinko (Zn)	5	0.1	5 ⁽¹⁾	5 ⁽¹⁾	5 ⁽¹⁾	3 ⁽¹⁾	5 ⁽¹⁾	-(3)
Florür (F)	1.5	0.7-1 ⁽¹⁰⁾	2 ⁽¹⁾	1.4	1.4-2.4 ⁽¹¹⁾	1.5 ⁽¹⁰⁾	1.5 ^{(11),(12)}	1.5
Organik madde için saf edilmiş oksijen miktarı (BOI)	3.5	-(3)	-(3)	-(3)	-(3)	-(3)	-(3)	-(3)
Amonyak (NH ₄)	0.05	-(3)	-(3)	-(3)	-(3)	-(3)	-(3)	-(3)
Bor (B)	3	1	-(3)	-(3)	-(3)	0.3	5 ⁽¹⁾	1
Nitrit (NO ₂ -N)	0.05	0.1	1	1	1	3 ⁽⁸⁾	3.2	0.5 ⁽⁸⁾
Fenolik Maddeler	0.02	0.0005	-(13)	0.001 ⁽¹⁴⁾	0.001 ⁽¹⁴⁾	-(13)	-(6)	-(3)
- Zehirli Maddeler								
Arsenik (As)	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01	0.01	0.025	0.01
Kadmium (Cd)	0.003	0.005	0.005	0.005	0.005	0.003	0.005	0.005
Siyanid (Cn)	0.01	0.05	0.2	0.2	0.1	0.07	0.2	0.05
Krom (Cr)	0.05	0.05	0.1	0.1	0.05	0.05	0.05	0.05
Civa (Hg)	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001
Nikel (Ni)	0.02	0.05	-(6)	0.1	0.1	0.02	-(3)	0.02
Kurşun (Pb)	0.01	0.05	0.015 ⁽⁹⁾	0.005	0.005	0.01	0.01	0.01
Antimon (Sb)	0.005	0.01	0.006	0.006	0.006	0.005	0.006	0.005
Selenyum (Se)	0.01	0.01	0.05	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01
Pestisit ve benzeri maddeler	0.0001	0.0005 ⁽¹⁵⁾	-(13)	-(13)	-(13)	-(13)	-(13)	0.0005 ⁽¹⁵⁾
Polisiklik aromatik hidrokarbonlar	0.0002	0.01	0.0002 ⁽¹⁶⁾	0.0002 ⁽¹⁶⁾	0.0002 ⁽¹⁶⁾	0.0007 ⁽¹⁶⁾	0.0001 ⁽¹⁶⁾	0.0001 ⁽¹⁷⁾
- Radyoaktivite Miktarı								
Alfa vericiler (pCi/l)	2.7	1	15	15 ⁽¹⁸⁾	15	2.7	2.7	3 ⁽²⁰⁾
Beta vericiler (pCi/l)	27	10	50	4 ⁽¹⁹⁾	4 ⁽¹⁹⁾	27	27	30 ⁽²⁰⁾
- Mikrobiyolojik Özellikler								
Jerm sayısı								
Kaynağından alınan suyun 1 ml'sinde 37°C ve 24	20	-(4)	-(3)	-(3)	-(3)	-(3)	-(3)	-(3)
Kaynağından alınan suyun 1 ml'sinde 20-22°C ve 72	50	-(6)	-(3)	-(3)	-(3)	-(3)	-(3)	-(3)
Piyasa kontrollerinde alınan suyun 1 ml'sinde	100	20 ⁽²¹⁾	-(3)	-(3)	-(3)	-(3)	-(3)	20
Piyasa kontrollerinde alınan suyun 1 ml'sinde	200	100 ⁽²¹⁾	-(3)	-(3)	-(3)	-(3)	-(3)	100
Toplam Koliform	0	0-	%5 ⁽²³⁾	<9.2-	0	0	0	0 ⁽²⁵⁾
E.Coli(100ml'de)	0	0-	0	<9.2-	0	0	0	0 ⁽²⁵⁾

3.2.4.3. Sulama suyu sınıflamaları

Wilcox Diyagramı

Sulama suyu sınıflamasında yaygın olarak kullanılan diyagram bu çalışma için de oluşturulmuştur. Bu diyagramda dikey eksene % Na miktarı, yatay eksene de elektriksel iletkenlik değeri işaretlenir (Şekil 3.15). Suyun % Na değeri dikey eksene işaretlenir ve yatay eksene çizilen paralele dikey doğrultuda çizilen elektriksel iletkenlik doğrultusu çakıştırılarak suyun özelliği belirlenir (Rabet, 2015).



Şekil 3.15. Wilcox diyagramının gösterimi

SAR Sınıflaması

SAR; Sodyum iyonunun değişim reaksiyonlarındaki aktifliğinin ifadesi olup, sodiklik tehlikesi yüzünden sulama sularının sınıflandırılmasında en fazla kullanılan bir ölçüdür (Şahinci, 1991).

Sodyum yüzdesi (%Na); sulama sularında sodyum miktarı olarak önemli bir yer tutmaktadır. Sodyum toprağın yapısını bozarak geçirgenliğini azaltarak sulamadan sonra zeminin üst seviyelerinde soğrulmakta, toprak yüzeyinde kaymak şeklinde sert bir kabuğun oluşmasına neden olmakta ve bitki köklerinin havalanmasını engellemektedir (Er, 2016).

Sudaki sodyum yüzdesi ise aşağıdaki 3.1 denklemle hesaplanır:

$$\%r \text{ Na} = [(r\text{Na} + r\text{K}) * 100] / [r\text{Ca} + r\text{Mg} + r\text{Na} + r\text{K}] \quad (3.1)$$

Sulama sularında izin verilebilen maksimum ağır elementlerinin konsantrasyon limitleri ve bu ağır metal konsantrasyonuna göre sulama sularının kalite kriterleri Çizelge 3.4’de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Sulama sularında izin verilebilen maksimum ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonları (Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, 1991).

Elementler	Birim alana verilebilecek maksimum toplam miktarlar, kg/ha	İzin verilen maksimum konsantrasyonlar	
		Her türlü zeminde sürekli sulama yapılması durumunda sınırlar mg/1	pH değeri 6,0-8,5 arasında olan killi zeminlerde 24 yıldan daha az sulama yapıldığında, mg/1
Alüminyum (Al)	4600	5.0	20.0
Arsenik (As)	90	0.1	2.0
Krom (Cr)	90	0.1	1.0
Kobalt (Co)	45	0.05	5.0
Bakır (Cu)	190	0.2	5.0
Demir (Fe)	4600	5.0	20.0
Kurşun (Pb)	4600	5.0	10.0
Manganez (Mn)	920	0.2	10.0
Molibden (Mo)	9	0.01	0.05 ²
Nikel (Ni)	920	0.2	2.0
Selenyum (Se)	16	0.02	0.02
Vanadyum (V)	-	0.1	1.0

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Bu çalışma kapsamında, Karaali jeotermal akışkanından hidrojeokimyasal amaçlı su numunesi alınmıştır. Ayrıca, sıcak suların yüzey sularına olan etkilerinin belirlenmesi için beş adet örnekleme noktası (drenaj kanalı) belirlenmiştir. Alınan numunelerin, İyon Kromatografisi (IC), anyon ve katyon analizi İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Emisyon Spektrometresi (ICP-MS) ÜSKİM’de analiz edilmiştir. Bu analizlere ek olarak, ağır metal konsantrasyonunu belirlemek amacıyla arsenik, vanadyum, selenyum ve molibden gibi bazı ağır metallerin analizi de yapılmıştır (Çizelge 4.1). Ayrıca, suların jeokimyasal fasiyes sınıflandırılması için Aquachem programı yardımıyla Piper ve Schoeller’e göre yapılmıştır. Karaali jeotermal sahasının bulunduğu Harran ovası yoğun bir tarım alanıdır. Burada bazı tarım alanlarında, sulama suyu olarak jeotermal suyun deşarj edildiği drenaj kanallarındaki sular kullanılmaktadır.

Çizelge 4.1. Suların fiziko-kimyasal analiz sonuçları

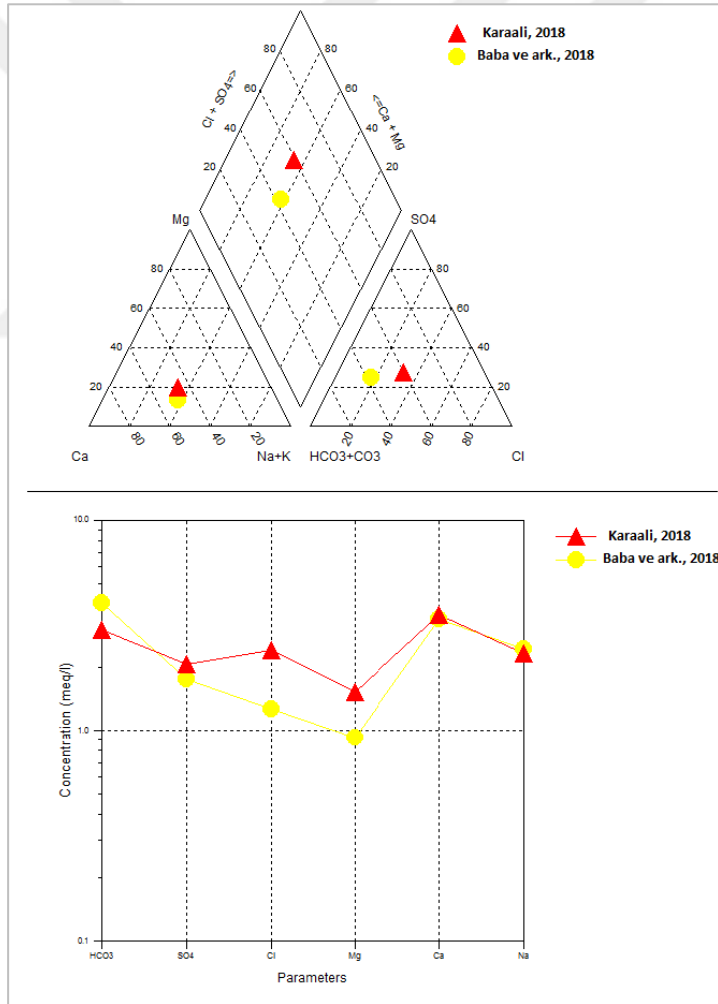
Lokasyon	Örnekleme	pH	EC (μ S/cm)	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Pb ²⁺	Al ³⁺	Mn
N-9 Noktası	N9-1	8.36	647	60.39	16.89	18.26	67.23	0.294	1.071	0.052
	N9-2	8.08	390	27.63	4.389	18.97	53.74	0.068	3.894	0.095
	N9-3	8.24	433	21.63	13.28	0.54	83.35	0.000103	3.877	0.038
	N9-4	8.85	605	77.74	2.829	24	51.26	0.426	1.554	0.044
Karaali Jeotermal	Karaali-1	8.29	577	75.96	8.022	16.95	38.84	0.26	2.734	0.043
	Karaali-2	8.15	699	53.45	12.99	18.61	70.83	0.067	0.501	0.014
	Karaali-3	8.17	814	55.11	23.15	0.517	63.79	0.0001	0.331	0.037
	Karaali-4	7.39	803	64.29	15.08	19.76	66.69	0.456	1.00	0.049
N-10 Noktası	N10-1	8.21	619	45.77	9.594	22.94	75.08	0.314	2.162	0.046
	N10-2	8.16	510	33.07	3.56	19.53	67.09	0.061	1.648	0.042
	N10-3	8.23	511	22.08	11.93	0.533	79.25	0.000103	2.967	0.04
	N10-4	8.23	611	38.49	8.256	21.17	83.01	0.38	4.696	0.1
N-11 Noktası	N11-1	8.14	745	65.22	8.764	22.24	59.45	0.728	1.16	0.069
	N11-2	8.37	711	63.97	5.668	24.22	92.01	0.187	8.827	0.156
	N11-3	7.86	555	30.13	9.765	0.533	79.56	0.000103	2.136	0.039
	N11-4	8.14	825	84.42	2.809	22.28	88.63	0.256	0.826	0.063
N-12 Noktası	N12-1	8.27	405	21.4	3.414	12.52	32.76	0.075	2.785	0.018
	N12-2	7.97	432	22.1	13.69	0.636	120.08	0.000102	4.097	0.041
	N12-3	8.23	591	53.93	1.922	16.63	60.93	0.157	0.209	0.044
	N12-4									
N-13 Noktası	N13-1	8.08	1474	53.64	2.585	45.96	170.6	0.273	0.762	0.051
	N13-2	8.2	2776	28.76	3.219	97.42	406.7	0.052	0.896	0.021
	N13-3	7.63	1056	45.76	15.99	0.817	105.5	0.000103	0.634	0.037
	N13-4	8.02	1162	40.52	2.313	32.74	134.8	0.11	0.93	0.059
İçme Suyu	WHO, 2006	6.5-8.5	-	200	-	-	-	0.01	0.2	0.4
	EPA,2002	6.5-8.5	-	-	-	-	-	-	0.2	0.05
Standartlar	TS266, 2005	6.5-9.5	-	200	-	-	-	0.01	0.2	0.05
	ITASHY, 2005	6.5-9.5	2500	200	-	-	-	0.01	0.2	0.05
	DMSHY, 2004	-	-	-	-	-	-	0.01	0.2	0.5

Çizelge 4.1 (Devam)

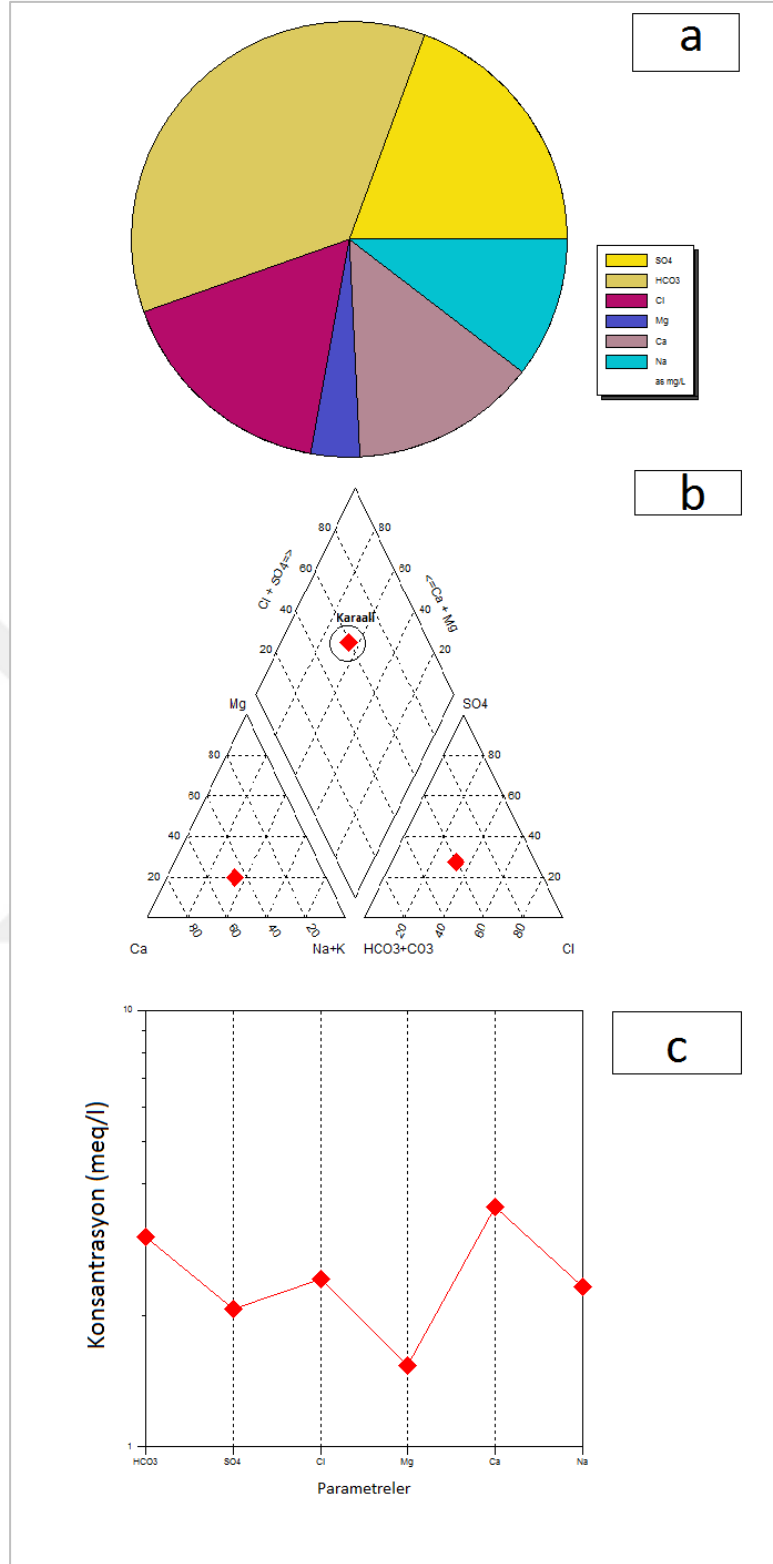
Örnekleme	SO ₄	Cl	NO ₃	HCO ₃	As	Sb	Co	Cr	Ni	Fe	V	Mo	Se
N9-1	66.5	71.6	36.2	175	0.00028	0.152	0.000301	0.503	0.331	6,182	1,494	0.00039	0.674
N9-2	49.9	45.9	15.7	157.5	0.00033	0.00015	0.0003	0.0001	0.046	4,563	1,189	0.0002	0.0008
N9-3	68	47.1	31.9	155	0.00012	0.00019	0.000304	0.0005	0.034	0.058	0.875	0.00052	0.015
N9-4	123.4	68.3	45.2	120	0.00035	0.399	0.000303	0.212	0.00017	3,104	1,385	0.0004	0.65
Karaali-1	87	62.3	31.1	137.5	0.00016	0.03	0.000302	0.00035	0.165	7,008	1,306	0.09	0.757
Karaali-2	99.4	85.9	18	185	0.00071	0.0003	0.0008	0.0006	0.029	0.47	1,256	0.007	0.006
Karaali-3	95.4	83.9	28.4	215	6,00E-05	0.0002	0.000305	0.0005	0.033	0.019	1,606	0.00034	0.034
Karaali-4	85.7	77.2		242.5	0.00029	0.278	0.000304	0.03	0.00045	7,177	1,427	0.00033	0.697
N10-1	54.7	56.8	37.8	200	0.000253	0.322	0.0003	0.002	0.00095	8,045	1.4	0.0004	0.677
N10-2	60.9	52	51.6	202.5	0.00014	0.0008	0.0003	0.0005	0.036	1.41	1,191	0.0001	0.00029
N10-3	65.4	47.6	39.6	185	1,00E-05	0.00022	0.000304	0.0005	0.034	0.054	0.913	0.0005	0.016
N10-4	51.1	53.8	48.9	235	0.0007	0.0096	0.000303	0.163	0.11	57.58	1,346	0.00045	0.597
N11-1	131.5	66.9	42	127.5	0.00081	0.095	0.000301	0.632	0.325	12.6	1,392	0.056	0.641
N11-2	108.5	56.5	52.1	192.5	0.00062	0.00014	0.0001	0.013	0.052	6,619	1,111	0.0004	0.000136
N11-3	80.1	51.2	43.2	182.5	9,00E-05	0.00019	0.000303	0.0005	0.033	0.04	0.919	0.00045	0.014
N11-4	115	58.6	64.3	220	0.00057	0.251	0.000303	0.096	0.004	8.54	1,366	0.00039	0.634
N12-1													
N12-2	72.1	57.5	51.9	150	0.00037	0.0008	0.0007	0.0003	0.036	0.331	1,248	0.0003	0.025
N12-3	54.4	46.4	27	187.5	0.00012	0.00022	0.000303	0.0005	0.034	0.076	0.719	0.00056	0.008
N12-4	76.3	48.2	44.6	190	0.000244	0.37	0.000303	0.007	0.0011	1,003	1,527	0.00038	0.669
N13-1	548.2	80.8	96.5	100	0.00019	0.531	0.000304	0.184	0.00072	3,124	1,328	0.00037	0.699
N13-2	1529.3	116	105.6	222.5	0.0004	0.0005	0.0005	0.0002	0.016	0.507	0.992	0.0002	0.0005
N13-3	292.5	55.1	25.2	227.5	8,00E-05	0.00016	0.000303	0.0005	0.033	0.02	1.55	0.00036	0.031
N13-4	346.4	61	67.3	202.5	0.00032	0.214	0.000303	0.092	0.001	4,779	1.46	0.00038	0.569
WHO, 2006	-	-	50		0.01	0.005		-	-	0.3	-	-	-
EPA, 2002	-	-	-		0.01	-		0.05	-	0.3	-	-	-
TS266, 2005	-	-	50		0.01	0.005		-	0.01	0.2	-	-	-
İTASHY, 2005	-	-	50		0.01	0.005		-	-	0.2	-	-	-

4.1. Karaali Jeotermal Kaynağının Hidrojeokimyasal Özellikleri

Karaali jeotermal sahasında ölçülen sıcak suların sıcaklıkları 44-46 °C arasında, EC değerleri ise 699-814 µs/cm, pH değerleri 7.39-8.29 arasında olup bazik karakter sergiler. Çalışma alanındaki jeotermal suyun hidrojeokimyasal fasiyesini belirlemek amacıyla kimyasal analiz sonuçları, Şekil 4.2’de yer alan a)Pie, b)Piper ve c)Schoeller diyagramları üzerine yerleştirilmiştir. Karaali jeotermal akışkanında görülen başlıca katyon kalsiyum (Ca^{2+}) ve sodyum (Na^+)’dur. Anyon ise bikarbonat (HCO_3^-)’tır. Baba ve ark., 2018’de yaptıkları çalışma sonuçları ile karşılaştırıldığında, başlıca iyonların mevcut çalışmayla benzerlik göstermiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Karaali jeotermal akışkanın önceki çalışmayla karşılaştırılması

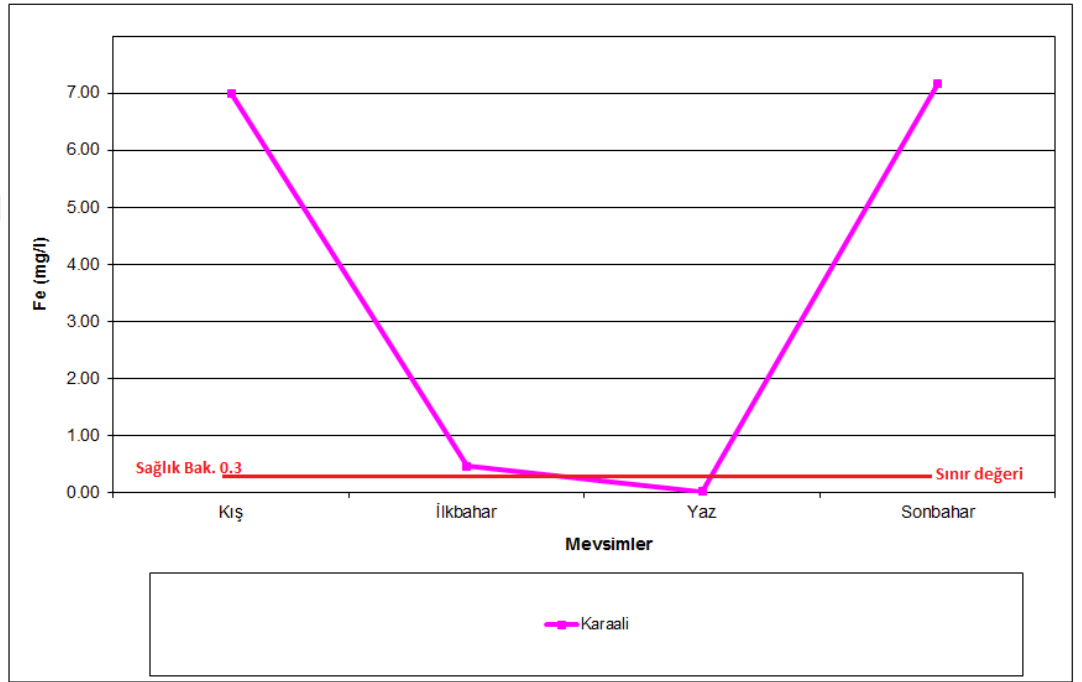


Şekil 4.2. Karaali jeotermal sahasındaki kaynağın a) Pie, b) Piper ve c) Schoeller diyagramlarında gösterimi

4.2. İnsani Tüketim Amaçlı Suların Sınıflaması

Bu bölümde, çalışmada ölçülen tüm parametreler, Sağlık Bakanlığı, USEPA (2002), TS 266 (TSE, 2005), WHO (1996) vb. standart, norm ve direktiflerine göre ayrı ayrı irdelenmiştir. Ayrıca, Karaali jeotermal kaynağı için mevsimsel olarak içme suyu standartları açısından ağır metal içerikleri ve limit değerleri grafiksel olarak gösterilmiştir.

Demir için TS-266 (2005)'ya göre izin verilen maksimum değer 0,2 mg/l'dir. Karaali jeotermal akışkanından alınan su örneklerinde kış dönemi, ilkbahar dönemi ve sonbahar döneminde bu suların Sağlık Bakanlığı'nın önerdiği 0.3 mg/l içme suyu sınır değerini aştığı gözlenmiştir (Şekil 4.3).

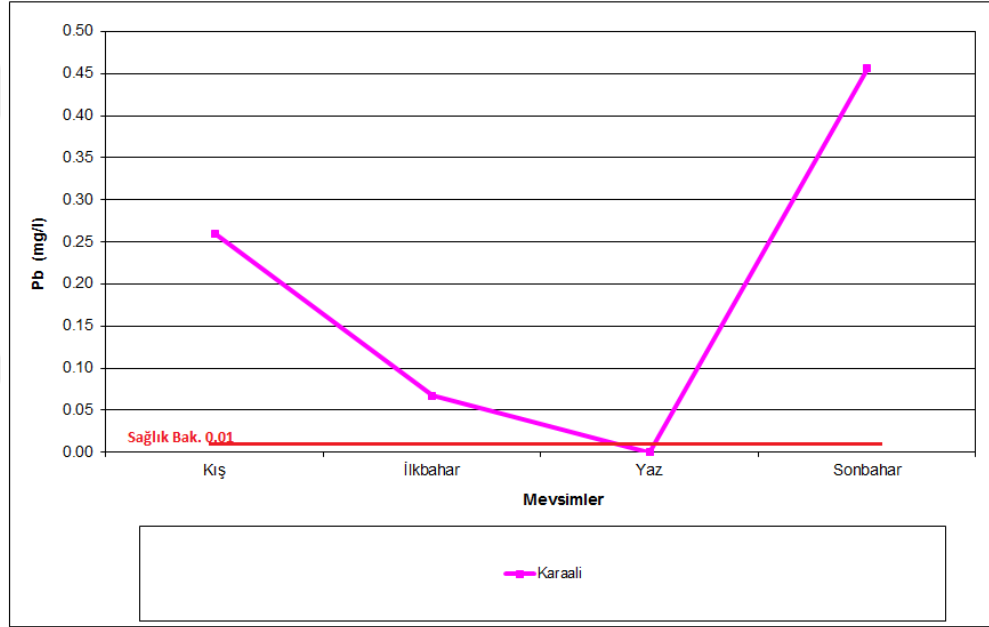


Şekil 4.3. Karaali jeotermal akışkanında demir değerinin mevsimsel değişimi

Kurşun, doğal olarak jeotermal sularda bulunur, yapay olarak da insanların kullanımı sonucu ortaya çıkar (Bulut, 2003).

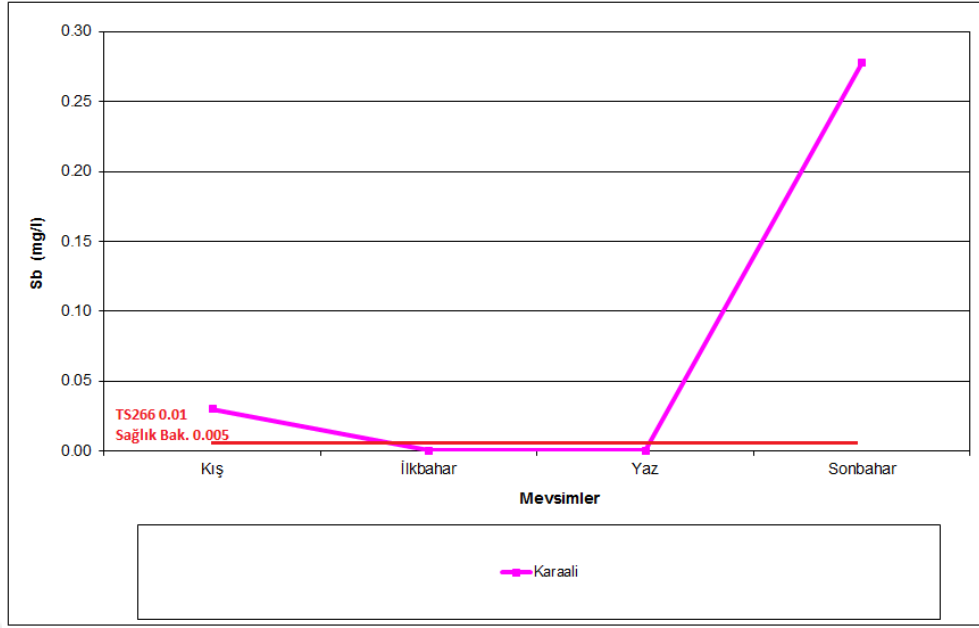
Kurşunun vücutta toksik etki oluşturması için yumuşak dokularda veya kanda belli bir düzeye kadar birikmesi gerekir. Kurşunun toksik etkileri kişinin yaşına, beslenme durumuna ve fizyolojik durumuna bağlı olarak değişebilir. Organik kurşun ayrıca deriden de hızlıca emilir. Kurşun hızla kana geçer, %90'ı eritrositlere bağlı olarak bulunur, daha sonra kemiklerde depolanır.

Kurşun için; Karaali jeotermal akışkanından alınan su örneklerinde yaz dönemi hariç diğer dönemlerde Sağlık Bakanlığı'nın önerdiği 0.01 mg/l içme suyu sınır değerini aştığı tespit edilmiştir (Şekil 4.4).



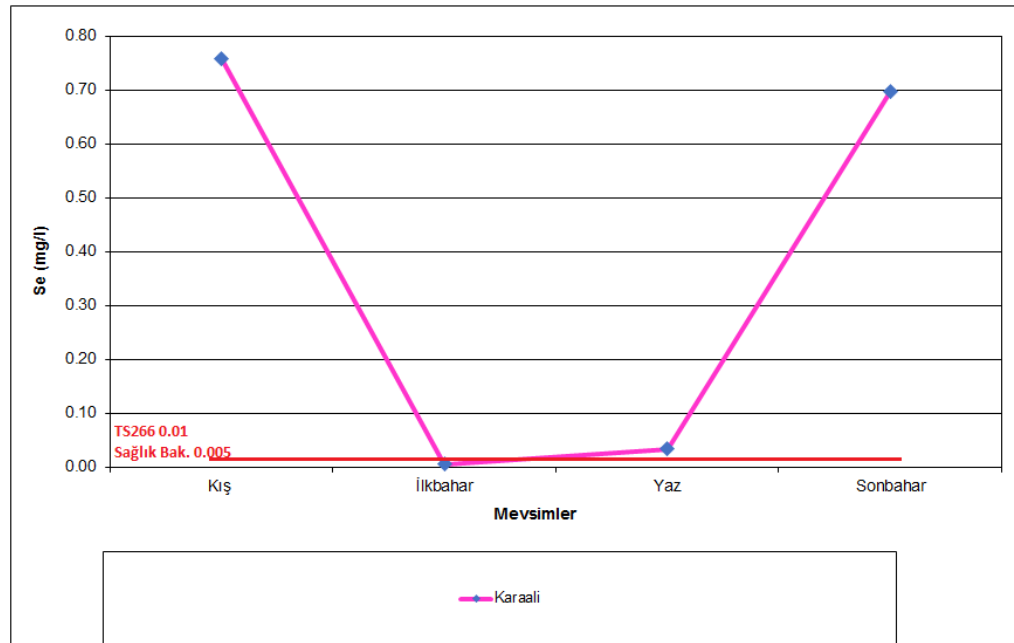
Şekil 4.4. Karaali jeotermal akışkanında kurşun değerinin mevsimsel değişimi

Antimon için; Karaali jeotermal akışkanından alınan su örneklerinde kış ve sonbahar dönemlerinde Sağlık Bakanlığı'nın önerdiği 0.01 mg/l ve TS266'nın önerdiği 0.005 içme suyu sınır değerini aştığı gözlenmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Karaali jeotermal akışkanında kurşun değerinin mevsimsel değişimi

Karaali jeotermal akışkanında ölçülen selenyum değeri, ilkbahar dönemi hariç diğer dönemlerde Sağlık Bakanlığı'nın içme suyu için önerdiği maksimum selenyum değeri 0.01 mg/l değerini aştığı tespit edilmiştir (Şekil 4.6).



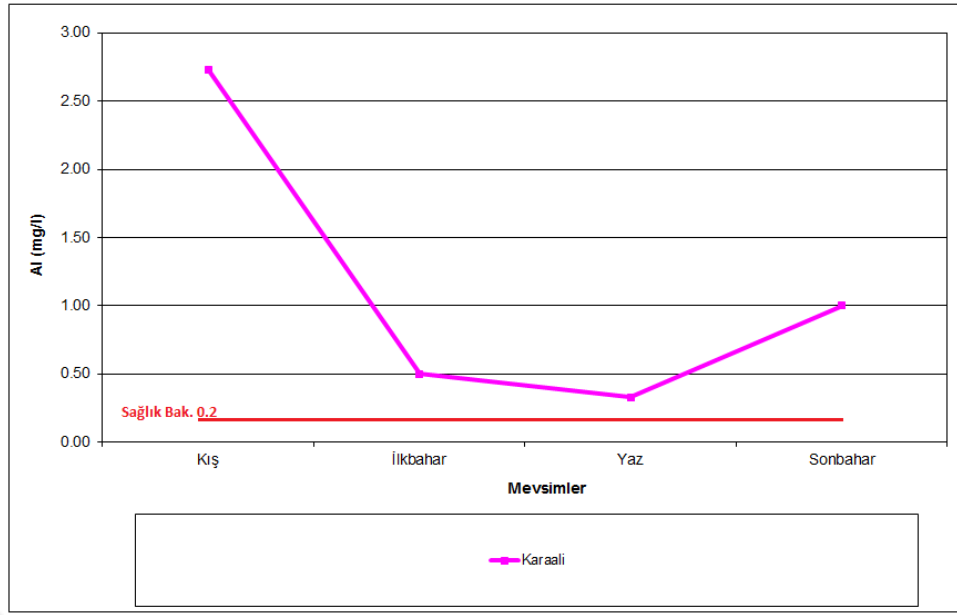
Şekil 4.6. Karaali jeotermal akışkanında selenyum değerinin mevsimsel değişimi

Karaali jeotermal akışkanında ölçülen nikel değeri, sonbahar dönemi hariç diğer dönemlerde Sağlık Bakanlığı'nın içme suyu için önerdiği maksimum selenyum değeri 0.02 mg/L değerini aştığı görülmüştür (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Karaali jeotermal akışkanında nikel değerinin mevsimsel değişimi

Karaali jeotermal akışkanında ölçülen alüminyum değeri, tüm dönemlerde Sağlık Bakanlığı'nın içme suyu için önerdiği maksimum alüminyum değeri 0.2 mg/l değerini aştığı görülmüştür (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Karaali jeotermal akışkanında nikel değerinin mevsimsel değişimi

4.3. Sulama Suyu Sınıflaması

Bu bölümde, tüm numune noktalarının sulama suyu sınıflaması SAR sınıflamasına ve Wilcox sınıflamasına göre yapılmıştır.

SAR Sınıflaması

SAR Sınıflaması RICHARDS (1954) tarafından önerilen SAR'a göre sulama suyu sınıflaması Çizelge 4.2'de ve tüm örneklerin SAR değerleri Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.2. SAR'a göre sulama sınıfı

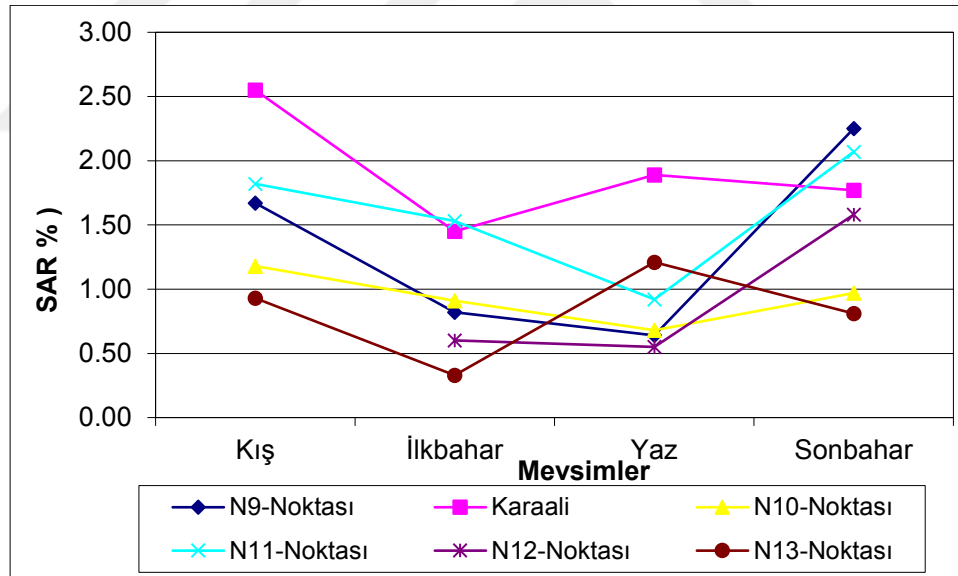
Su Sınıfı	SAR (%)
Çok iyi özellikteki sulama suları	10'dan az
İyi özellikteki sulama suları	10-18
Orta özellikte sulama suları	18-26
Kötü özellikte sulama suları	26'dan fazla

Çizelge 4.3. Tüm örnekleme noktalarının SAR değerleri

Aylar	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar
N9-Noktası	1.67	0.82	0.64	2.25
Karaali	2.55	1.45	1.89	1.77
N10-Noktası	1.18	0.91	0.68	0.97
N11-Noktası	1.82	1.53	0.92	2.07
N12-Noktası		0.60	0.55	1.58
N13-Noktası	0.93	0.33	1.21	0.81

Eğer sulama suyunda sodyum oranı yüksek ve kalsiyum oranı düşük ise katyon değişim kompleksi sodyum bakımından doymuş olabilir. Bu da topraktaki kil parçacıklarının dispersiyonuna bağlı olarak toprak yapısını bozabilir. Ayrıca, sulama suyunun iletkenliği düşükse sodyum tehlikesi artmaktadır (Dağ, 2015).

SAR açısından tüm örnekleme noktaları SAR= %10'nun altındadır (Şekil 4.9). Sular çok iyi özellikte sulama suları sınıfındadır.



Şekil 4.9. Örnekleme noktalarına ait SAR değerleri

Wilcox diyagramı

Bu diyagramda dikey eksene % Na miktarı, yatay eksende elektriksel iletkenlik gösterilmiştir. Suyun kimyasal analizlerinde % Na hesaplanarak dikey eksen üzerine işaretlenir ve bu noktadan yatay eksene bir paralel çizilir. Verilen elektriksel iletkenlik yatay eksende bulunarak, bu noktadan yatay eksene bir dik çıkılır ve % Na' dan çizilen paraleli kestiği nokta, suyun özelliğini verir. Bu diyagramın yorumu şöyledir:

Genel tuzluluk özellikleri:

C1 (EC 250 mikromho/cm'den az), az tuzlu sular: her toprakta, tüm bitkilerin sulanmasına uygundur,

C2 (EC 250-750 mikromho/cm arası), orta tuzlu sular: orta akaçlam özelliğindeki topraklarda, tuzluluk tehlikesi olmadan tüm bitkiler sulanabilir,

C3 (EC 750-2250 mikromho/cm arası), tuzlu sular: akaçlaması kötü olan arazilerde, sulamada kullanılamaz. Zemindeki tuz miktarının gözlenmesi gerekebilir. Bu özellikteki sular kullanılacaksa, tuza dayanıklı bitkiler seçilmelidir,

C4 (EC 2250 mikromho/cm'den fazla), çok tuzlu sular: Geçirgenliği ve akaçlaması çok iyi topraklarda, zeminin yıkanmasını sağlamak için bol su verilmelidir ve tuza fazla dayanıklı bitki türleri seçilmelidir.

Genel sodyum tehlikesi özellikleri:

S1, az sodyumlu sular: hemen tüm topraklarda sodyum tehlikesi yaratmadan kullanılabilir,

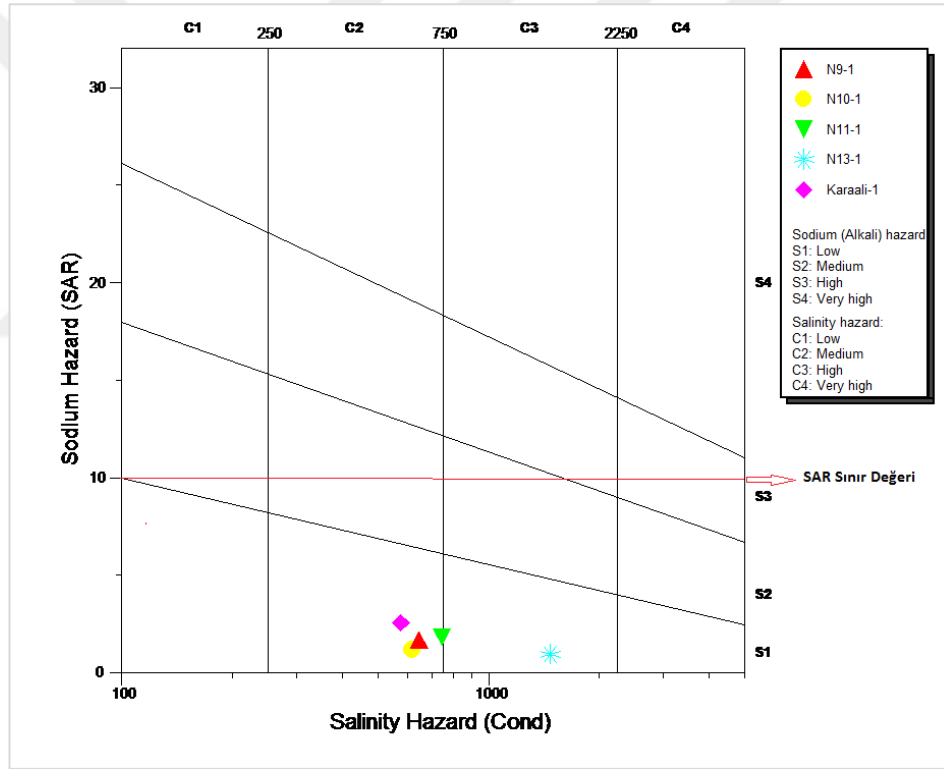
S2, orta sodyumlu sular: geçirgen veya bol jipsli arazilerde kullanılabilir. Yıkama ile toprağın tuzluluğu azaltılıyorsa, özellikle bu tip sular kullanılmalıdır.

S3, yüksek sodyumlu sular: birçok toprak cinslerinde sodyum tehlikesi olabilir. Çok iyi geçirgen ve akaçlama gösteren arazilerde bol su kullanarak, belirli sürelerde yapılacak kimyasal analizlerle sodyum tehlikesi denetlenmelidir,

S4, çok yüksek sodyumlu sular: genel olarak, sulama için uygun değildir. Ancak, suyun toplam tuz miktarı düşük ise, sulamada kullanılabilir.

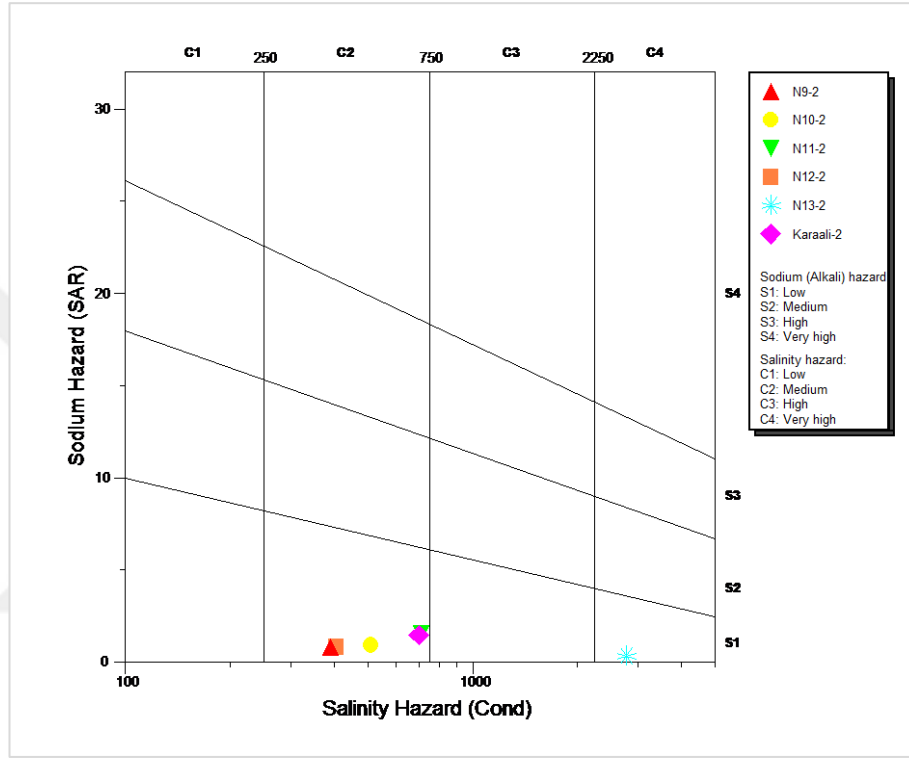
Böylece, C1S1, C2S1, C3S1 her türlü sulamada, C4S1, C3S2 bazı özel koşullarda kullanılabilir. C4S2, C4S3 sulamada kullanılamaz. Ancak, Türkiye gibi yarı-kurak ülkeler, oldukça tuzlu suları sulamada kullanmak zorundadırlar. Suyun pH'ı, sulamada önemli bir yer tutar ve genel olarak pH 9'u geçmemelidir. Bu çalışmada, drenaj kanallarından alınan sular, sulama amacıyla yukarıda belirtilen sınıflamalara tabi tutulmuştur.

Örnekleme noktalarına ait kış döneminde alınan su örnekleri için; Wilcox'a göre N9, N10, N11, N12, N13 ve Karali jeotermal kaynağı C2S1, N13 noktası ise C3S1 sular sınıfına girmektedir (Şekil 4.10).



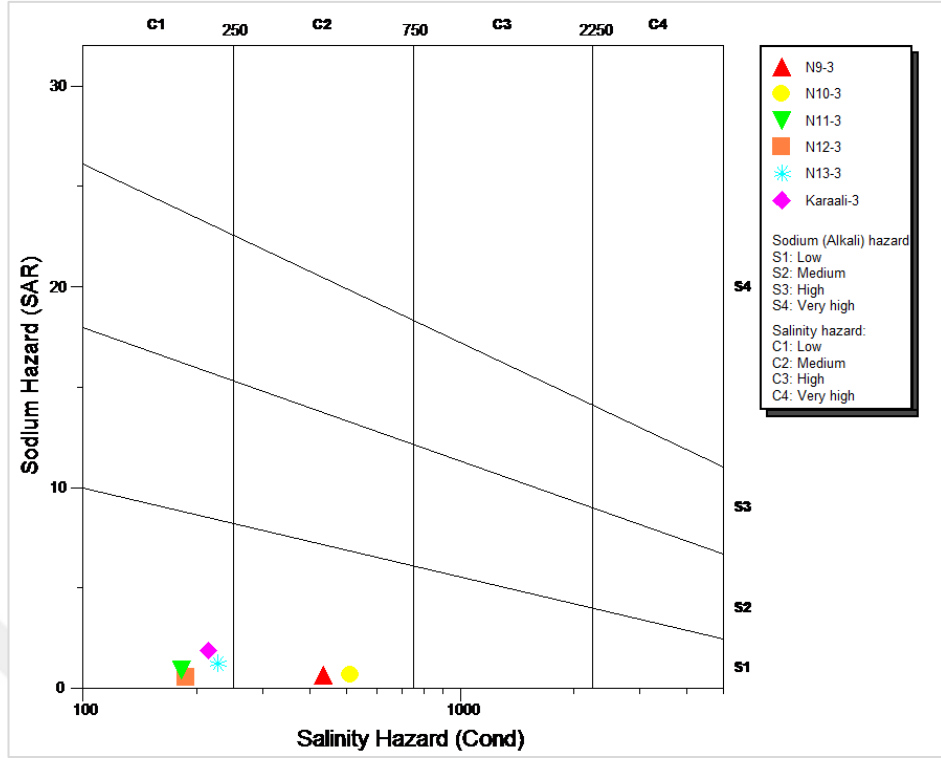
Şekil 4.10. Kış dönemi örnekleme noktalarına ait Wilcox diyagramı

Örnekleme noktalarına ait ilkbahar döneminde alınan su örnekleri için; Wilcox'a göre N9, N10, N11, N12 ve Karali jeotermal kaynağı C2S1 (her türlü sulamada), N13 noktası ise C4S1 sular sınıfına girmektedir. N13 noktasının C4S1 sınıfında yer alması, Wilcox'a göre bu suların bazı özel koşullarda sulamada kullanılabileceğini göstermektedir (Şekil 4.11).



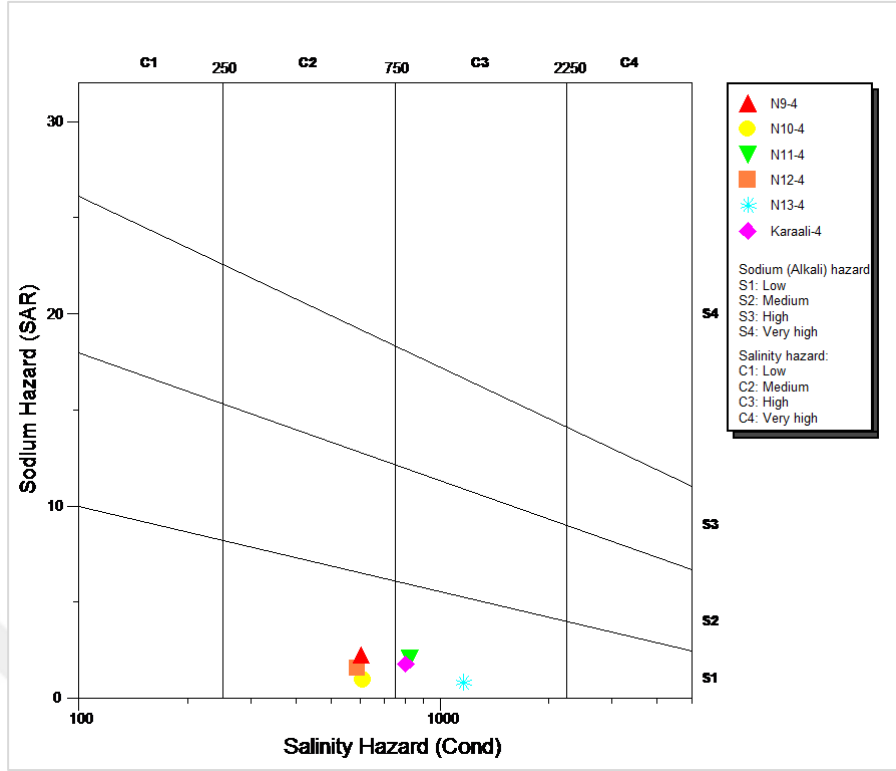
Şekil 4.11. İlkbahar dönemi örnekleme noktalarına ait Wilcox diyagramı

Örnekleme noktalarına ait yaz döneminde alınan su örnekleri için; Wilcox'a göre N11, N12, N13 ve Karali jeotermal kaynağı C1S1, N9 ve N10 noktası ise C2S1 sular sınıfına girmektedir (Şekil 4.12). Wilcox'a göre bu dönemde alınan tüm örnekleme noktalarındaki sular her türlü sulamada kullanılabilir.



Şekil 4.12. Yaz dönemi örnekleme noktalarına ait Wilcox diyagramı

Örnekleme noktalarına ait sonbahar döneminde alınan su örnekleri için; Wilcox'a göre N9, N10 ve N12, C2S1, N11, N13 ve Karali jeotermal kaynağı ise C3S1 sular sınıfına girmektedir (Şekil 4.13). Wilcox'a göre bu dönemde alınan tüm örnekleme noktalarındaki sular her türlü sulamada kullanılabilir.



Şekil 4.13. Sonbahar dönemi örnekleme noktalarına ait Wilcox diyagramı

Çalışma kapsamında sulama öncesi tüm örnekleme noktalarında sodyum değeri yüksek iken, sulama döneminde tüm örnekleme noktalarında azalış ve sulama sonrası örnekleme noktalarındaki sodyum miktarında artış gözlenmiştir (Çizelge 4.1). Sodyum miktarı sularda 200 mg/l fazla olması durumunda zararlı etkisi vardır.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu çalışmada, Karaali jeotermal sahasında bulunan termal suların içme ve kullanma amaçlı fiziksel, kimyasal özellikleri ve ağır metal konsantrasyonları ulusal ve uluslararası limit değerleri bazında incelendi. Ayrıca, bu termal suların karıştığı Harran ovasındaki drenaj kanallarında alınan su numunelerinin fiziksel, kimyasal özellikleri ve ağır metal kirlilikleri belirlenerek bölgedeki kirlilik etkileri araştırılmıştır. Jeotermal kaynaktan ve drenaj kanallarından alınan toplam 6 örneğin fiziksel, kimyasal ve ağır metal analizleri yapılmıştır.

Suların hidrojeokimyasal özellikleri kullanım alanlarını belirleyen önemli bir unsurdur. Çalışma alanında Karaali jeotermal akışkanından alınan örneklerde sıcaklık, pH, EC, Ca, Mg, Na, K, Cl, SO₄, HCO₃⁻ ölçümleri yapılmıştır. Jeotermal sular için yapılmış olan hidrojeokimyasal sınıflamaya göre Karaali jeotermal suyu, Ca-Na-HCO₃ tipli sular fasiyesine girmektedir.

Sularda çözünmüş halde bulunan eser haldeki bazı metaller insan sağlığı için gerekiyken, yoğun miktarlarda bulunmaları durumunda ise toksik etkiye neden olarak insan sağlığı açısından zararlı olabilmektedir. Doğal sularda majör iyonlar dışında diğer iyonlar da bulunmaktadır. Minör bileşenler olarak adlandırılan bu ağır metallere Fe dışındakiler doğal sularda genellikle 1 mg/l'den daha az bulunmaktadır.

Karaali Jeotermal suyunda ölçülen krom değeri için, minimum değer 0.00035 mg/l olarak ve maksimum krom miktarı ise Karaali (ekim döneminde) 0.03 mg/l olarak ölçülmüştür. Buna göre ölçülen bu değerler Kaplıcalar Yönetmeliği (2001)'e göre EK 2'de bulunan Mineralli Su için Hıfzısıhha veya Yetkili Laboratuvarında Yapılması Gereken Analizler başlığı altında yer alan krom için belirtilen eser element konsantrasyonu (0.05 mg/l) değeri ile kıyaslandığında limit değerlerinin altında

olduğu tespit edilmiştir. İTSHY (2005)'e göre, krom için belirtilen maksimum sınır değeri olan 0.05 mg/ l limit değerinin altında olduğu görülmüştür.

Karaali Jeotermal akışkanında ölçülen alüminyum değeri için; minimum değer 0.331 mg/l olarak ve maksimum alüminyum miktarı ise Karaali (kış döneminde) 2.734 mg/l olarak ölçülmüştür. Buna göre ölçülen bu değerler Kaplıcalar Yönetmeliği (2001)'e göre EK 2'de bulunan Mineralli Su için Hıfzısıhha veya Yetkili Laboratuvarda Yapılması Gereken Analizler başlığı altında yer alan alüminyum için belirtilen eser element konsantrasyonu (0.2 mg/l) değeri ile kıyaslandığında limit değerlerini aştığı görülmektedir. İTSHY (2005)'e göre, belirtilen maksimum sınır değeri olan 0.2 mg/l'yi aştığı tespit edilmiştir.

Jeotermal suda ölçülen demir minimum 0.019 mg/l değeri ve maksimum 7.717 mg/l olarak ölçülmüştür. WHO, 2006 ve EPA, 2002'e göre limit değeri 0.3 mg/l olarak belirlenmiş. TS266 ve İTASHY, 2005'e göre belirlenmiş olan 0.2 limit değerlerini aştığı tespit edilmiştir.

Jeotermal suda ölçülen selenyum değeri minimum 0.006 mg/l ve maksimum 0.757 mg/l olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.1). Sağlık Bakanlığının belirlediği 0.01 mg/l değerini aştığı gözlenmiştir. Jeotermal suda ölçülen nikel değeri minimum 0.00045 mg/l ve maksimum değeri ise 0.165 mg/l'dir (Çizelge 4.1). Sağlık Bakanlığının belirlediği 0.02 mg/l limit değerini aştığı tespit edilmiştir.

Jeotermal suda ölçülen antimon değeri kış dönemi 0.03 mg/l ve sonbahar döneminde 0.278 mg/l olarak ölçülmüş. WHO, TS266, İTASHY 2005, DMSHY ve Sağlık Bakanlığının belirlediği 0.005 mg/l değerini aştığı görülmüştür. Benzer şekilde ölçülen kurşun miktarı minimum 0.0001 mg/l ve maksimum değer ise 0.456 mg/l'dir. WHO, TS266, İTASHY 2005, DMSHY ve Sağlık Bakanlığının belirlediği limit değeri olan 0.01 mg/l değerini aşmıştır.

Genellikle potasyumun içme sularında 12 mg/l seviyesini aşmaması gerekir (ITASHY, 2005; Rabet, 2015). Karaali jeotermal suyunda ölçülen potasyum değerleri kış dönemi 8.00 mg/l olarak ölçülmüş Diğer dönemlerde ölçülen değerlerin içme suyu standartın da belirtilen 12 mg/l değerini aştığı görülmüştür. Demir için TS266'ya göre izin verilen maksimum değer 0,2 mg/l olmasına rağmen Karaali jeotermal akışkanından alınan su örneklerinde bu sınırın üzerinde bulunmuştur. Bu suların içme suyu sınırını aştığı gözlenmiştir.

Karaali jeotermal suyunda ölçülen diğer ağır metal (As, Mo, V, Mn, Co,) parametreleri için ölçüm sonuçları ya ölçülebilir limit değerinin altında ya da mevzuttaki sınır değerlerinden daha düşük olarak ölçülmüştür.

Çalışma alanındaki drenaj kanallarına ait Fe değerleri 0.019-12.6 mg/l arasında değişmektedir (Çizelge 4.1). Benzer şekilde Fe değerleri de N10 örnekleme noktasında daha yüksek değerler vermekte olup, yine jeotermal suyun karışması olarak yorumlanabilir.

GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi (UTAEM) 2012 verilerine göre Şanlıurfa'da tahıl ve baklagiller ekilen alanların toplamı, mısır ve pamuk ekilen alanlardan daha fazladır. Buğday-arpa ekimi bölgede genellikle 15 Ekim-15 Kasım tarihleri arasında yapılmaktadır. Pamuk ekim devresi 20 Nisan-15 Mayıs arası olurken, mısır haziran-temmuz dönemlerindedir. Genelde sonbahar mevsiminde tahıl ekimi, ilkbahar-yaz arası ise ikinci ürün pamuk+mısır ekim hazırlıkları başlamaktadır. Kuru veya sulu şartlarda yetiştirilen ürünlerin ilk ekim aşamalarında gübreleme yapılmaktadır. Dolayısıyla gerek sulama öncesi tabir edilen sonbahar-kış döneminde gerekse sulama dönemi olan ilkbahar-yaz döneminde topraklara yoğun gübre uygulaması olmaktadır. Bu gübre kullanımı sonucunda topraklardan olası bir nitrat yıkanması durumu tüm yıl içinde gerçekleşebilmektedir.

Karaali jeotermal sahasının içinde bulunduğu Harran Ova topraklarının killi bir bünyeye sahip olması, tuzlanma açısından önemli riskler taşımaktadır. Harran ovası topraklarında genişleyebilir kil oranının fazla olması topraklardaki geçirgenlik durumunu olumsuz yönde etkilemekte, suyun ve havanın toprak içindeki hareketini engellemektedir. Geçirgenlik kapasitesi azalan toprakta taban suyu artmakta ve bunun sonucunda da tuzlanma riski yüksek değerlere çıkmaktadır.

Sulamalarda kullanılacak olan suların pH değerlerinin 6.30 ile 8.0 arasında olması gerekir, çalışma kapsamında ölçülen pH değerleri min. 7,39 max 8,37 olarak ölçülmüştür. Ölçülen pH değerleri tavsiye edilen sınırlar dahilindedir. Fakat, N9 sonbahar döneminde ölçülen 8.85 değeri bu limit değerlerini aştığı gözlenmiştir (Çizelge 4.1). Wilcox (1948) ise pH değeri 9'un üzerinde olan suların sulamalarda kullanılmayacağını belirtmiştir. N13 noktasında ölçülen EC değerleri drenaj kanallarından alınan diğer noktalara göre yüksek çıkmıştır. Özellikle ilkbahar dönemi sulamanın yoğun olduğu dönemde 2776 değerine ulaştığı tespit edilmiştir.

Selenyum, lityum, molibden, florür ve krom gibi sulama suyu bileşenleri çok düşük bir konsantrasyonda bitkiler veya hayvanlar üzerinde zararlı etkilere sahip olabilir ancak sulama suyunda varlıkları sadece çok nadiren rapor edilmiştir. Söz konusu numune noktaları olarak belirlenen drenaj kanallarının civarında evsel ve hayvansal atıkların varlığı drenaj kanallarındaki kirlilik parametrelerinde antropojenik kaynaklı etkinin olduğu söylenebilir.

Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Sulama Sularının Kalitesi ve Kullanılmış Suların Yeniden Kullanılması Hakkında Yönetmelik Taslağı EK-1 Sulamada Kullanılacak Sularda Kabul Edilebilen Maksimum Eser Element Konsantrasyonlarında maksimum selenyum değerinin 0,02 mg/l olması istenmektedir. Çalışmada, 2018 kış dönemi drenaj kanallarından alınan örneklerin bu sınır değerini aştığı görüldü. ilkbahar-yaz döneminde selenyum değerlerinde azalış, sonbahar döneminde ise tekrar artış gözlenmiştir. Pamuk ve mısır için selenyum içeren taban gübresi (sodyum selenit ve sodyum selenat) kullanılmasına bağlı olarak artış ve azalışın bundan kaynaklandığı söylenebilir.

Karaali jeotermal suyunda ölçülen selenyum değeri, ilkbahar dönemi hariç diğer dönemlerde Sağlık Bakanlığı'nın içme suyu için önerdiği maksimum selenyum değeri 0.01 mg/L değerini aştığı görülmüştür. Tarımda kullanılan gübrelerdeki safsızlıklar ve kompost gübre kullanımı nedeni ile krom, nikel ve molibden gibi metallerin toprağa karışması ve dolayısı ile alıcı su ortamlarına taşınması mümkün olabilmektedir.

Sonuçlardan da görüldüğü üzere, Mo için en yüksek değer kış dönemi N-11 noktasında 0.056 mg/l ve Karaali jeotermal sahasında 0.09 mg/l olarak tespit edilmiştir. Molibden'inde, vanadyuma benzer şekilde, sulama öncesi drenaj kanallarında hedeflenen su kalitesine ulaşamayan bölgelerdeki sorunun, Harran ovasının jeotermal kaynakların kullanıldığı Karaali bölgesinden kaynaklandığı açıkça görülmektedir. Sulamanın başlaması ve normal sulamadan dönen suların drenaj kanalına verilen jeotermal kaynaklı atık sularla karışımı neticesinde, yeterli seyrelmelerin olduğu ilkbahar- yaz ve sonbahar dönemi sonuçlarında görülmektedir.

5.2. Öneriler

Elde edilen veriler İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik İTASHY 2005, WHO, TS266, EPA ve DMSHY limit değerleri ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen verilere göre, kaplıca suların içme suyu olarak kullanılmaması gerektiği,

Sıcak suların drenaj kanallarına bırakılması ile sulama suyu olarak kullanılması, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde izin verilen limit değerlerinde artışa neden olduğu için sıcak suların drenaj kanallarına verilmemesi gerektiği,

Drenaj kanallarına bırakılan evsel ve hayvansal atıkların, gerek drenaj kanallarına verdiği kirlilik gerekse çevreye verdiği görüntü, koku kirliliği açısından bu atıkların drenaj kanallarına verilmemesi konusunda yöre halkının bu konuda uyarılması gereklidir.

KAYNAKLAR

- AKKUŞ, İ., 2017. Gap Bölgesindeki Jeotermal Kaynakların Potansiyel Değerlendirmeleri Ve Öneriler. 70. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 10-14 Nisan, Bildiri Özetleri Kitabı, Ankara, s. 330-333.
- AKKUŞ, İ., BAŞARIR, N., 2018. Türkiye’de Jeotermal Kaynaklar: Araştırmalar, Kullanımlar, Hedef Ve Beklentiler. IV. Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Sempozyumu ve Sergisi Bildiriler Kitabı, 21-24 Şubat, Afyonkarahisar, 37s.
- ARORA M., KİRAN B., RANİ S., RANİ A., KAUR B., MITTAL N., 2008. Heavy Metal Accumulation in Vegetables Irrigated With Water From Different Sources. Food Chemistry, 111: 811-815.
- AKSOY, N., TARCAN, G., ve GEMİCİ, U., 2005. Hydrogeological And Geochemical Assessments of the Gediz Graben Geothermal Areas, Western Anatolia, Turkey. Environmental Geology, 47: 523-534.
- BABA, A., AKKUŞ, İ., ŞAROĞLU, F., ÖZEL, N., YEŞİLNACAR, M.İ., NALBANTÇILAR, M.T., DEMİR, M., GÖKÇEN, G, ARSLAN, Ş., DURSUN, N. VE YAZDANI, H. 2015. GAP Jeotermal Kaynakları Geliştirme Projesi. GAP İdaresi, Şanlıurfa.
- BABA, A., AKKUŞ, İ., ŞAROĞLU, F., ÖZEL, N., YEŞİLNACAR, M.İ., NALBANTÇILAR, M.T., DEMİR, M., GÖKÇEN, G, ARSLAN, Ş., DURSUN, N. UZELİ, N., YAZDANI, H., 2018. Geological And Hydrogeochemical Properties of Geothermal Systems in the Southeastern Region of Turkey. ScienceDirect, 78: 255-271.
- BAŞARIR, N., 2017. Türkiye’de ve Dünyada Jeotermal Gelişmeler ve Son Durum. JMO Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineraller Komisyonuna Yapılan Sunum, Mart.
- BULUT, Y., 2003. Çeşitli Bitkisel Atıklar Üzerinde Ağır Metal Adsorbsiyon Kinetiği ve Dengesinin İncelenmesi. Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Diyarbakır, 129s.
- Çevre Bakanlığı Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, 1991.
- DAĞ, S., 2015. İncirde Verim ve Kalite Üzerine Jeotermal Enerji Tesislerinin Olası Etkilerinin Belirlenmesi. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Aydın, 181s.
- DAĞDEVİREN, Ş., 2007. Çorlu ve Civarındaki Topraklarda Ağır Metal Konsantrasyonunun Belirlenmesi ve Sonuçlarının Yapay Sinir Ağları ile Değerlendirilmesi. Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Edirne, 119s.
- DOĞDU, M. Ş., ve KIRMIZITAŞ, H., 2006. Karaali (Şanlıurfa-Yardımcı) Sıcak Suyunun Oluşumu ve Rezervuar Sıcaklığının Tahmini. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 30 (1): 1-16.
- DÖKMECİ, İ., DÖKMECİ, A. H., 2005. Toksikoloji Zehirlendirmede Tanı ve Tedavi. Nobel Tıp Kitabevleri, Ankara, 675s.
- DMSHY, 2004. Doğal Mineralli Sular Hakkında Yönetmelik, Sayı: 25657, Sağlık Bakanlığı, Ankara.

- DSİ, 2015. Faaliyet Raporu, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- ER, S., 2016. Aydın Buharkent Yöresindeki Jeotermal Sularında Bazı Kirletici Parametrelerin Araştırılması. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Aydın, 157s.
- ERGÜVANLI, K., ERDOĞAN, Y., 1973. Yeraltı Suları Jeolojisi. İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- ERTÜRK, D., 2010. Bursa İli Jeotermal Potansiyeli. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 94s.
- EŞDER, T., 2004. Karaali İl Özel İdaresi Sahasında Açılan Jeotermal Enerji Üretim Kuyuları ile Jeotermal Alana İlişkin Rapor.
- EŞDER, T., ve BUZKIRAN, M., 1998. Karaali (Şanlıurfa) Jeotermal Alanının Jeofizik (DES) Rezistivite Etüdü.
- EŞDER, T., ve TÜMER, M., 1997. Şanlıurfa (Karaali) İl Özel İdaresine Ait Arazinin Jeofizik (DES) Etüdü.
- İTASHY, 2005. Sular-İnsani Tüketim Amaçlı Sular, TS-266, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- KACAR, B., ve KATKAT, V., 2007. Bitki Besleme. 3. Baskı, Nobel Yayınları, Ankara, 659s.
- KARA, Y., 2005. Bioaccumulation of Cu, Zn and Ni from the Wastewater by Treated Nasturtium Officinale. International Journal of Environmental Science and Technology, 2: 63-67.
- KARLI, R., 2000. Şanlıurfa-Karaali Sahası Jeotermal Aramaları Jeofizik Rezistivite Etüdü, MTA, Ankara.
- KURT, Ö. F., ve OLAĞAN, Y., 2010. Şanlıurfa İli Karaali Jeotermal Sahası Jeofizik Rezistivite ve SP Etüdü Raporu. Dicle Zemin Araştırma Mühendislik İnş. Taş. San. ve Tic. Ltd. Şirketi, Şanlıurfa.
- MAZUMDER, D. N. G., HAQUE, R., GHOSH, N., DE, B. K., SANTRA, A., CHAKRABORTI, D., SMITH, H., 2000. Arsenic in Drinking Water and the Prevalence of Respiratory Effects in West Bengal, India. International Journal of Epidemiology, 29: 1047-1052.
- MERTOĞLU, O., ŞİMŞEK, Ş., BAŞARIR, N., 2010. Geothermal Country Update Report of Turkey. Proceeding World Geothermal Congress, Melbourne, 19-25 April, Australia,
- MTA, 2017. <http://www.mta.gov.tr/v3.0/arastirmalar/jeotermal-enerji-arastirmalari> (Erişim tarihi: 10.5.2018)
- ÖZKUL, M., 2013. Afyonkarahisar İlindeki Organize Sanayi ve Jeotermal Turizm Tesislerinden Kaynaklanma Olasılığı Olan Ağır Metal ve Bor Kirliliğinin Araştırılması. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Muğla, 75s.
- RABET, R. S., 2015. Alaşehir (Manisa) Ovasında Jeotermal Suların Yeraltı Suyuna Olan Etkilerinin Araştırılması. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 110s.
- RICHARDS, L. A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soil. U.S. Department of Agricultural Handbook 60.
- SABİHA-JAVİED M. T., TUFAİ, M., IRFAN, N., 2009. Heavy Metal Pollution from Phosphate Rock Used for the Production of Fertilizer in Pakistan. Microchemical Journal, 91: 94-99.
- SCHOELLER, H., 1962. Les Eaux Souterraines. Mason et Cie, Paris.

- SÖZEN, İ., ve KAPUCU, K., 1999. Şanlıurfa Karaali Sıcak Su Sahasında Açılan Kuyularda Yapılan Jeofizik Kuyu Ölçümleri Raporu. MTA, Ankara.
- ŞAHİNCİ, A., 1991. Doğal Suların Jeokimyası. Reform Matbaası, İzmir.
- TS266, 1997. Sular İçme ve Kullanma Suları Standardı, Türk Standartları Enstitüsü.
- WILCOX, L.V., 1948. Classification and Use of Irrigation Waters. USDA Circular No.969: 19p.
- WHO 2006. World Health Organization (WHO), Guidelines for Drinking Water Quality, Volume 2, Health Criteria and Other Supporting Information: WHO Publ., Geneva, Swit-zerland, 335 p.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency), 1976. Quality Criteria for Water, Washington, D.C., U.S. Government Printing Office.
- UZEL, Ö. F., KALKAN, İ., 1992. Şanlıurfa-Yardımcı-Karaali Kaplıcası Hidrojeoloji Etüdü, MTA Derleme No: 9419, 8s.
- ÜNLÜ, A., ÇOBAN, F., TUNÇ, M. S., 2008. Hazar Gölü Su Kalitesinin Fiziksel ve İnorganik-Kimyasal Parametreler Açısından İncelenmesi. Gazi Üniversitesi Müh. Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23(1): 119-127.
- ÜYEMEZ, M., 2016. Aksaray İli İçme Suyu Kaynaklarının Hidrokimyasal Özellikleri ve Ağır Metal Kirliliği Açısından Değerlendirilmesi. Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray, 112s.
- YILMAZ, E. A., ÖZİÇ, H. C., 2018. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Potansiyeli ve Gelecek Hedefleri. Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi, 8(3): 525-535.
- YILMAZ, N., 2013. Aydın ve Çevresindeki Jeotermal Sulardaki Bazı Elementlerin ve İyonların İcp-Oes ve İc ile Analizi. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Aydın, 78s
- YÜCEL, D., 2010. Sakarya İli Sanayi Bölgesinin Yakın Çevresinde ve Şehir Merkezinde Oluşturduğu Atmosferik Ağır Metal Birikim Seviyelerinin Bir Biyomonitör Karayosunu (Hypnum Cupressiforme Hedw.) ve Toprak Örnekleri Üzerinden Araştırılması. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak, 124s.
- ZEYBEK, Z., 2006. Akgöl'deki (Karaman-Konya) Bazı Su Kalitesi Parametrelerinin Araştırılması. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 148s.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Perihan DERİN
Uyruğu : Türkiye Cumhuriyeti
Doğum Yeri : MARDİN/ Derik
Doğum Tarihi : 01/09/1992
E-mail : perihanderin47@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme yılı
Lise	: Mardin Kızıltepe Mezopotamya Lisesi	2010
Üniversite	: Afyon Kocatepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği	2015

YAYINLAR

ATASOY AYŞE DİLEK, YEŞİLNACAR M. İRFAN, DERİN PERİHAN, ÇİFTÇİ CELAL, KÂHYA NERMİN, 2018. Jeotermal Sularda Ağır Metal Sorunu: Karaali (Şanlıurfa) Örneği, International Eurasian Conference On Biological And Chemical Sciences, (EurasianBioChem 2018), (Özet Bildiri/Sözlü Sunum), 27 Nisan, pp. 435.