

PAPER DETAILS

TITLE: SIRNAK ILI JEOTERMAL KAYNAKLARI VE ÖZELLİKLERİ

AUTHORS: Aysen Davraz,M Tahir Nalbantçılar,Gökhan Kadirhan,Aysen Ercan Istin,Sedat Çelik

PAGES: 140-155

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/3684225>



ŞIRNAK İLİ JEOTERMAL KAYNAKLARI VE ÖZELLİKLERİ

Ayşen DAVRAZ^{1*}, M. Tahir NALBANTÇILAR², Gökhan KADIRHAN³, Aysen ERCAN İŞTİN⁴, Sedat ÇELİK³

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

² Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Ankara, Türkiye

³ Şırnak Üniversitesi, Turizm ve Otel İşletmeciliği Yüksekokulu, Turizm İşletmeciliği Bölümü, Şırnak

⁴ Şırnak Ün., Turizm ve Otel İşletmeciliği Yüksekokulu, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, Şırnak

Anahtar Kelimeler

Termal su,
Hidrojeokimya,
Şırnak.

Öz

Bu çalışmada, Şırnak ili jeotermal alanları tanıtılarak termal su örneklerinin hidrojeokimyasal özellikleri incelenmiştir. Şırnak ilinde Güçlükönak-Belkis Ana, Kumçatı (İkizce), Balveren-Besta ve Beytüşşebap-Ilıcak bölgelerinde jeotermal alanlar bulunmaktadır. İlde en önemli Jeotermal kaynak 63 °C'ye ulaşan sıcaklığı ve mevcut tesisi ile Güçlükönak jeotermal alanındaki Belkis Ana (Hista) Kaplıcası kaynağıdır. Diğer önemli jeotermal alan olan Beytüşşebap-Ilıcak bölgesindeki Zümrüt Kaplıcasında 43 °C ile termal su elde edilmektedir. İlde farklı yaştaki karbonatlı kayalar jeotermal sistemin rezervuar kayalarını oluşturmaktadır. Marn ve killi litolojiler örtü kaya niteliğindedir. Jeotermal sistem ise tektonik kontrollüdür. Termal suların pH değerleri 6,56-9,46 arasında ve EC değerleri 756-2095 µS/cm arasında değişmektedir. Sularda farklı su tipleri (Ca-Mg-HCO₃-SO₄/ Ca-Mg-SO₄-HCO₃, Na-Ca-Cl-HCO₃/Na-Ca-HCO₃-Cl) tespit edilmiştir. Şırnak ilinde termal suların kimyasını denetleyen temel faktörün kaya-su etkileşimi olduğu görülmektedir. Termal su örneklerinin As içeriği 11-22 µg/l arasında değişmekte olup içme suyu için verilen sınır değerleri aşmaktadır. Ayrıca, Mn, Se ve koliform bakteri içeriklerinin bazı örneklerde sınır değerlerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

ŞIRNAK PROVINCE GEOTHERMAL RESOURCES AND PROPERTIES

Keywords

Thermal water,
Hydrogeochemistry,
Şırnak.

Abstract

In this study, the geothermal areas of Şırnak province were introduced and the hydrogeochemical properties of thermal water samples were examined. In Şırnak province, there are geothermal areas in Güçlükönak-Belkis Ana, Kumçatı (İkizce), Balveren-Besta and Beytüşşebap-Ilıcak regions. The most important geothermal source in the province is the Belkis Ana thermal spring in Güçlükönak geothermal area, with its temperature reaching 63 °C and its existing facility. Thermal water is obtained at 43 °C in the Zümrüt thermal spring in the Beytüşşebap-Ilıcak region, which is another important geothermal area. Carbonate rocks of different ages in the province constitute the reservoir rocks of the geothermal system. Marl and clayey lithologies are cover rocks. The geothermal system is tectonic controlled. The pH values of thermal waters vary between 6.56-9.46 and EC values between 756-2095 µS/cm. Different water types (Ca-Mg-HCO₃-SO₄/ Ca-Mg-SO₄-HCO₃, Na-Ca-Cl-HCO₃/Na-Ca-HCO₃-Cl) were detected in the waters. It seems that the main factor controlling the chemistry of thermal waters in Şırnak province is rock-water interaction. The As content of thermal water samples varies between 11-22 µg/l and exceeds the limit values given for drinking water. Additionally, Mn, Se and coliform bacteria contents were found to be above the limit values in some samples.

Alıntı / Cite

Davraz, A., Nalbantçılar, M.T., Ercan İştin, E., Kadirhan, G., Çelik, S., (2024). Şırnak İli Jeotermal Kaynakları ve Özellikleri, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 12(1), 140-155.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

A. Davraz, 0000-0003-2442-103X
M.T. Nalbantçılar, 0000-0001-8168-1343
G. Kadirhan, 0000-0001-6011-7786
A. Ercan İştin, 0000-0002-7622-361X
S. Çelik, 0000-0002-4541-6355

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	26.01.2024
Kabul Tarihi / Accepted Date	17.02.2024
Yayın Tarihi / Published Date	25.03.2024

* İlgili yazar / Corresponding author: aysendavraz@sdu.edu.tr, +90-246-211-1326

ŞIRNAK PROVINCE GEOTHERMAL RESOURCES AND PROPERTIES

Ayşen Davraz^{1†}, M.Tahir Nalbantçılar², Gökhan KADIRHAN³, Aysen ERCAN İŞTİN⁴, Sedat ÇELİK³

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

² Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Ankara, Türkiye

³ Şırnak Üniversitesi, Turizm ve Otel İşletmeciliği Yüksekokulu, Turizm İşletmeciliği Bölümü, Şırnak

⁴ Şırnak Üniv., Turizm ve Otel İşletmeciliği Yüksekokulu, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, Şırnak

Highlights

- There are four geothermal areas in Şırnak province.
- Two different water types have been determined in thermal waters and Na⁺, Ca⁺² and SO₄²⁻, HCO₃⁻ are the dominant ions.
- Some trace element and microbiological contents of thermal waters restrict its use as a drinking cure.

Purpose and Scope

In order to introduce the geothermal areas in Şırnak province and ensure that they have modern facilities, the potential of these areas must be revealed through geological, hydrogeological and hydrogeochemical research. In this study, a geothermal resource inventory was made in the geothermal areas in Güçlükönak-Belkıs Ana (Hısta), Kumçatı (İkizce), Balveren-Besta and Beytüşşebap-İlıcak locations in Şırnak province and their detailed geological-hydrogeological properties were examined. Additionally, the hydrogeochemical properties of samples taken from thermal water sources in these regions were examined.

Design/methodology/approach

Thermal waters were taken from thermal waters in the Şırnak in September-2021 and October-2022. The pH temperature and EC values of the thermal waters were measured in-situ using a multi-parameter device. Chemical analyzes of water samples were made. The results of the analysis were evaluated and interpreted with different graphics. Chemical analyzes of water samples were performed and different graphs and standards were used to evaluate and interpret the analysis results.

Findings

The temperatures of the thermal waters taken within the scope of the research ranged between 13.5-63 °C, and the highest temperature was measured in Belkıs Ana thermal springs in Güçlükönak. pH values of water samples vary between 6.56-9.46 and EC values between 756-2095 µS/cm. Ca-Mg-HCO₃-SO₄/ Ca-Mg-SO₄-HCO₃ and Na-Ca-Cl-HCO₃/Na-Ca-HCO₃-Cl water types were determined in thermal waters. The main factor affecting the chemistry of thermal waters in Şırnak province is rock-water interaction. Carbonate rocks of different ages in the province have the characteristics of karstic rocks and constitute the reservoir rocks of the geothermal system. Marl and clayey lithologies are cover rocks. The geothermal system is tectonic controlled. As, Al, Br, Ba, Cr, Cd, Cu, Hg, Fe, Ni, Mn, PO₄, Sb, Pb, Se, Zn, Free Cyanide and Boric Acid (H₃BO₃), Silicate Acid (H₂SiO₃) were analyzed in thermal waters. . The As content of water varies between 11-22 µg/l and exceeds the limit values given using drinking water. According to the results of major anion, trace element and microbiological analysis of thermal water samples taken from Şırnak province, it was determined that it was not suitable for long-term use as drinking water.

Practical implications

Although there are four geothermal areas in Şırnak province, these areas cannot be used under suitable conditions. Detailed geological, hydrogeological and hydrogeochemical analyzes have been carried out in order to benefit from the geothermal areas in the province with modern facilities. According to the results of this analysis, it was determined that the limit values given in the Hot Springs Regulation were exceeded in some water samples in the province. The results obtained revealed which parameters pose risks in ensuring the healthy use of thermal waters with modern facilities. Taking these results into consideration, necessary precautions should be taken and the use of these geothermal areas should be improved.

Originality

The study is an original study examining the geological, hydrogeological and hydrogeochemical properties of different geothermal areas in Şırnak province.

[†] Corresponding author: aysendavraz@sdu.edu.tr, +90-246-211-1326

1. Giriş (Introduction)

Alp-Himalaya orojenik kuşağı üzerinde bulunan Türkiye’de volkanik, mağmatik ve orojenik faaliyetlerin yoğun ve aktif olması ülkemizin jeotermal kaynak potansiyelini arttırmıştır. Afrika ve Avrasya levhaları arasındaki kıtasal çarpışmadan kaynaklanan Akdeniz Deprem Kuşağı’nda yer alan Türkiye’de aktif fay hatları ülkenin pek çok alanında gözlenmektedir (Bozkurt, 2001). Aktif fay hatları su dolaşımına ve ısı akışına olanak sağlayarak jeotermal kaynak ve jeotermal enerji potansiyelini oluşturan ana unsurlardır (Baba ve Sözbilir, 2012). Türkiye’deki kaplıcaların dağılımı kabaca fay sistemleri, genç volkanik alanlar ve modifiye hidrotermal dağılımlarla paralellik göstermektedir. Türkiye’de dört ana jeotermal bölge bulunmaktadır. Bunlar Batı Anadolu, İç Anadolu, Doğu Anadolu ve Kuzey Anadolu fay zonudur (Şimşek, 2002). Batı Anadolu’da Türkiye’nin en yüksek sıcaklığa sahip jeotermal alanlar bulunmakta olup bunlar Gediz ve Menderes grabeni içinde gelişmiştir. Orta Anadolu’da ise Batı Anadolu’ya göre daha düşük sıcaklıklı jeotermal kaynaklar gözlenmektedir. Kuzey Anadolu’da Kuzey Anadolu Fayı boyunca gelişmiş Bursa-Çekirge, Yalova-Terme, Armutlu, Sakarya-Akyazı, Bolu, Tokat-Reşadiye gibi jeotermal alanlar bulunmaktadır (Koçak, 2000).

Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde ise jeotermal alanlar tektonik ve volkanik aktivitelere bağlı olarak gelişmiştir. Bu bölgede bulunan en önemli jeotermal alanlar Ağrı-Diyadin, Van-Erciş, Diyarbakır-Çermik, Bitlis-Nemrut ve Urfa-Karaali sahalarıdır (Koçak, 2000). Doğu Anadolu Bölgesi ve Güneydoğu Anadolu Bölgesinin Dicle bölümünde kalan Şırnak ili jeotermal kaynakların bulunduğu ancak bu alanların geliştirilmesi ve modern kullanım koşullarının sağlanabilmesi açısından kısıtlı kalmış bir ildir. İlde dört adet jeotermal alan bulunmasına rağmen bunlardan sadece Güçlükönak-Belkıs Ana (Hısta) jeotermal alanında kapalı bir kaplıca tesisi bulunmaktadır. Diğer alanlarda ise sadece basit havuzlar şeklinde yararlanılmaktadır. Şırnak ilinde bulunan jeotermal alanların tanıtılabilmesi ve modern tesislere kavuşmasının sağlanabilmesi için bu alanların jeolojik, hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal araştırmalar ile potansiyelinin ortaya konması gerekmektedir. Bu çalışmada, Şırnak ilinde bulunan Güçlükönak-Belkıs Ana (Hısta), Kumçatı (İkizce), Balveren-Besta ve Beytüşşebap-İlıcak mevkiilerinde bulunan jeotermal alanlarda jeotermal kaynak envanteri yapılmış ve ayrıntılı jeolojik- hidrojeolojik özellikleri incelenmiştir. Ek olarak, Başağaç mevkiinde bulunan kaynak sularından da örnekler alınarak değerlendirmeler yapılmıştır. Ayrıca, bu bölgelerde bulunan termal su kaynaklarından alınan örneklerin hidrojeokimyasal özellikleri irdelenmiştir.

2. Kaynak Araştırması (Literature Survey)

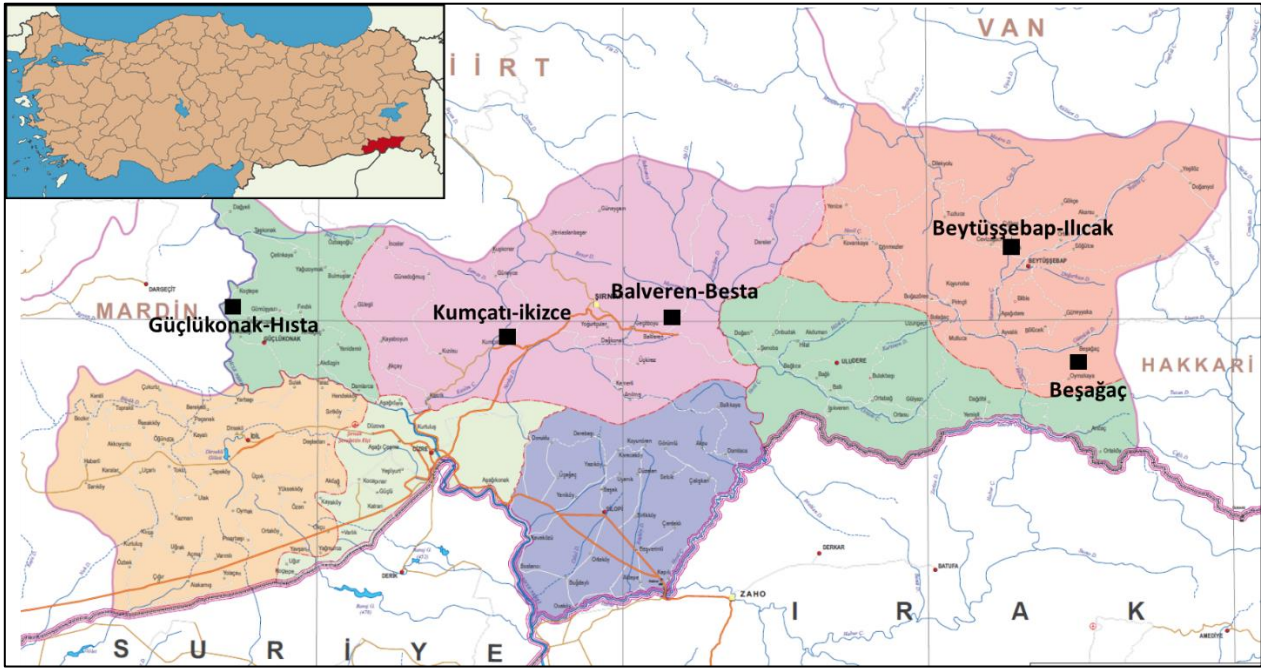
Şırnak ilinin bulunduğu Güney Doğu Anadolu bölgesinde genel olarak aktif tektonik olaylar, doğal kaynaklar ve bölgenin jeolojisine yönelik çok sayıda araştırma yapılmıştır. Bu çalışmalar Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı ve Maden Tetkik Arama Enstitüsü gibi kurumlar ve üniversiteler tarafından gerçekleştirilmiştir. Araştırmalarda ana tema petrol vb. doğal kaynak aramalarına yöneliktir (Çoruh, 1991; Çoruh vd., 1997; Ercan vd., 1991; Sungurlu, 1974; Şaroğlu ve Emre, 1987; Şaroğlu, 1987). Güney Doğu Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerindeki jeotermal kaynaklara yönelik araştırmalar ise kaynakların bulunduğu bazı alanlarda gerçekleştirilen jeolojik, jeofizik etütler, sondaj açım raporları ve kaynak analizleri ile sınırlı kalmıştır (Özel, 2001; Özel ve Bekişoğlu, 2002). Bölgede jeotermal potansiyel araştırılmasına yönelik ilk ve tek araştırma Baba vd. (2015a, b) tarafından gerçekleştirilen GAP idaresi tarafından finanse edilen GAP Jeotermal Kaynakları Geliştirme Projesi kapsamında yapılmıştır. Bu çalışmada, GAP bölgesinin jeolojik ve tektonik özellikleri incelenerek jeotermal kaynak çıkışları bulunan Adıyaman, Gaziantep, Batman, Diyarbakır, Şanlıurfa, Siirt, Mardin, Kilis ve Şırnak illerindeki jeotermal su örneklerinin hidrojeokimyasal özellikleri irdelenmiştir. Çalışmada ayrıca, GAP bölgesinde jeotermal kaynakların geliştirilmesine yönelik önerilerde bulunulmuştur.

3. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

3.1. Çalışma Alanı (Study Area)

Şırnak Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Irak ve Suriye ile sınırı olan bir ildir (Şekil 1). İlde güneydoğu Toroslar ile ilişkili 3000 m’yi aşan yüksek seviyeler gözlenmektedir. Bu seviyelerin en yüksek kesimleri Altın Dağ (3358 m) ve Karacadağ (3275 m)’dir. Silopi, Cizre ve İdil civarındaki alçak düzlükler bitkisel üretim, Faraşın Yaylası gibi yüksek düzlükler hayvancılık için kullanılmaktadır. Silopi Ovası Şırnak ilinin en önemli yeraltısuyu akiferini oluşturmaktadır. Pliyosen formasyonlar önemli akifer birimlerdir. Bu birimler içerisindeki konglomera ve kumtaşı seviyeleri yeraltısuyu bulundurmaktadırlar. Söz konusu akiferin rezervi $155 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olup yıllık emniyetli verim $100 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olarak belirlenmiştir (OSB, 2016). Şırnak ili, Dicle havzası içerisinde bulunmakta olup Dicle havzasını besleyen Kızılısu, Habur, Nerdüş ve Hezil nehirleri il sınırları içerisinde yer almaktadır. Şırnak ili güney ve batı kesimlerinde Tersiyer yaşlı birimler yüzeylenmektedir. Bol miktarda petrol içeren bu oluşumlar İran ve Irak’ta da devam etmektedir. Tersiyer oluşumlarının Türkiye’deki uzantıları ince olup tektonik hareketler

sonucu kıvrılmıştır. Bu kıvrımlanma Cudi Dağı'nda daha fazla olup, daha yaşlı tortullar güneyde genç birimler üzerine itilmiştir (OSB, 2016).



Şekil 1. Şırnak ilinin Türkiye'deki konumu ve il haritası (Location and provincial map of Şırnak province in Turkey)

3.2. Örnekleme ve Analiz Yöntemi (Sampling and Analysis Method)

Şırnak ilinde bulunan termal ve mineralli suların hidrojeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Eylül-2021 ve Ekim-2022 dönemlerinde aylarında su örnekleri alınmıştır. Suların fiziksel özellikleri olan pH, elektriksel iletkenlik (EC) ve sıcaklık parametreleri su örneği alımı sırasında çok parametrelili ölçüm cihazı kullanılarak yerinde ölçülmüştür. Global konumlandırma sistemi (GPS) cihazı kullanılarak örnek alım noktalarının konumu kaydedilmiştir. Su örneklerinin anyon, katyon, eser element, nitrat, nitrit, amonyak ve bakteriyolojik analizleri Diyarbakır Halk Sağlığı Laboratuvarı İl Sağlık Müdürlüğü laboratuvarında yaptırılmıştır. Analiz parametreleri 24.07.2001 tarih ve 24472 sayılı Resmî Gazetede yayınlanan "Kaplıcalar Yönetmeliği" hükümlerinde belirtilen parametreler dikkate alınarak seçilmiştir.

4. Araştırma Bulguları (Research Findings)

4.1. Şırnak İli Jeotermal Alanları (Şırnak Province Geothermal Areas)

Şırnak il sınırları içerisinde 4 adet jeotermal alan bulunmaktadır. Bölgenin en yüksek sıcaklığa sahip termal su kaynağı Şırnak merkez ilçe batısında bulunan Güçlükönak ilçesi Düğünürdu Köyü civarındaki Hesta kaynak suyudur. Bu bölgede Hısta-Belkıs Ana Kaplıcası bulunmaktadır. Şırnak il merkezi doğusunda bulunan Beytüşşebap İlçe merkezine 7 km uzaklıktaki İlıcak köyünde Zümrüt Kaplıcası yer alır. Kaplıcada termal kaynak sularından havuzlar ile faydalanılmaktadır. Şırnak il merkezi kuzeydoğusunda yaklaşık olarak 30 km mesafede Besta kaynağı ve Merkez Kumçatı Beldesi kuzeybatısında İkizce Köyü civarında Nasfaran Kaplıcası bulunmaktadır. Besta ve Nasfaran kaplıcalarında çamur ve su banyosu şeklinde yararlanılmaktadır (Şekil 1).

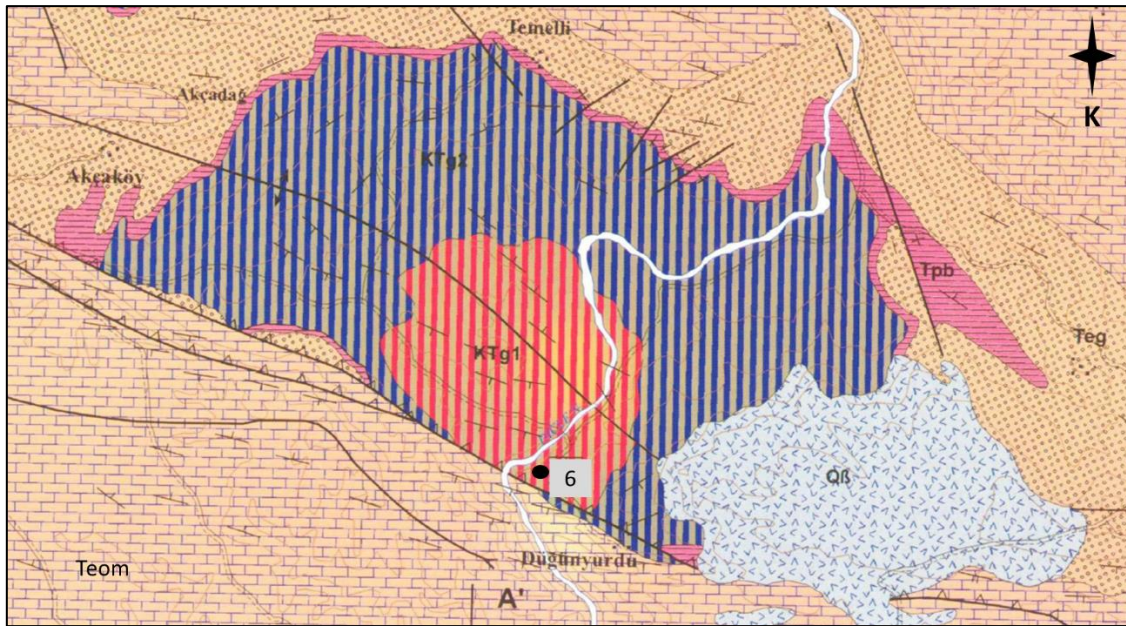
4.1.1. Güçlükönak-Belkıs Ana Jeotermal Alanı (Güçlükönak-Belkıs Ana Geothermal Area)

Belkıs Ana-Hısta Jeotermal alanı Düğünürdu Köyü yakınında Dicle Nehri kıyısında Ilısu Barajı'nın mansabında yer almaktadır (Şekil 2). Bu bölgede doğal olarak boşalan termal kaynak suyundan yararlanılmaktadır. Bölgede, Güneydoğu Anadolu otoktonuna ait alttan üste doğru Orta-Geç Maastrihtiyen-Paleosen yaşlı Germav formasyonu, Geç Paleosen yaşlı Becirman formasyonu, Eosen yaşlı Midyat grubu ile Kuvaterner birimler yüzeylenmektedir (Şekil 3). Jeotermal kaynak çıkış bölgesi çevresinde geniş alanlarda gözlenen Germav formasyonunun alt seviyeleri mavimsi- yeşilimsi gri, gri renkli, sık dokulu şeyller ile başlar. Formasyonun üst seviyeleri ise ince kumlu marn ara seviyeli şeyllerden oluşmaktadır. Germav formasyonunun Orta-Geç Maastrihtiyen yaşlı ince kırıntılıları -Alt üye, Paleosen yaşlı ince kırıntılıları ise -Üst üye olarak ayrırtlanmıştır. Germav formasyonunda kireçtaşı, killi kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, kalsitürbidit ve konglomera düzeyleri de gözlenmektedir. Bol fosilli olan Germav formasyonu Orta Maasrihtiyen-Paleosen yaşlıdır (MTA, 2008a). Bölgede

Germav formasyonu üyelerinin çevresinde küçük alanlarda gözlenen Becirman formasyonu kireçtaşı, killi kireçtaşı, şeyl ve marnlardan oluşmaktadır. Formasyonda yer yer siltli ve kumlu seviyeler izlenmektedir. Geniş alanlarda yüzeyleyen Midyat grubu genelde Eosen yaşlı karbonatlar ile temsil edilmekte olup farklı alanlarda kireçtaşı fasiyesleri yansıtmaktadır (MTA, 2008a).



Şekil 2. Belkis Ana kaplıcası örnek alım noktasının uydu görüntüsü üzerindeki konumu (*Location of the Belkis Ana thermal spring sampling point on the satellite image*)



Şekil 3. Belkis Ana (Hista) jeotermal sahası jeoloji haritası (MTA, 2008a) (*Geological map of Belkis Ana (Hista) geothermal field*)

KTg1: Germav formasyonu-Alt Üyesi, KTg2: Germav formasyonu-Üst üyesi, Teom: Midyat grubu, Tmp: Becirman formasyonu, Teg: Gercüş formasyonu, Qß: Adlanmamış bazalt (KTg1: Germav formation-Lower Member, KTg2: Germav formation-Upper member, Teom: Midyat group, Tmp: Becirman formation, Teg: Gercüş formation, Qß: Unnamed basalt)

Midyat grubunun genel olarak taban kesiminde yeralan Gercüş formasyonu konglomera, silttaşı, kiltası, marn, kumtaşı gibi kırıntılı kayalardan oluşmaktadır. Birim stratigrafik konumuna göre Erken Eosen yaşlı kabul edilmektedir (MTA, 2008). Kaynak çıkış alanı doğusunda yüzeyleyen Adlanmamış Bazalt birimi koyu renkli bazaltlardan oluşmakta olup bazaltik lav akıntılarının alttaki birimleri örtmesi nedeniyle Kuvaterner yaşlı olarak kabul edilmiştir. Hista (Belkis Ana) kaplıcası civarında jeotermal akışkan ile ilişkili traverten oluşumları da

Kuvaterner yaşlıdır. Bölgede en genç birim Kuvaterner yaşlı alüvyon olup kil, tutturulmamış kum ve çakıllardan oluşmaktadır (Şekil 3).

Güçlükonak ve çevresinde yoğun tektonik etki sonucu bu alanda yüzeyleyen Midyat Formasyonu'nda ikincil gözeneklilik gelişmiştir. Eosen yaşlı kireçtaşları karstik olup yersel olarak yeraltısını alınamabilmektedir. Bölgede karstik kireçtaşlarından önemli miktarda yeraltısını alınmaktadır. Germav Formasyonunda şeyl ve kilitaş seviyeleri ağırlıklı olup geçirimsiz özelliktedir. Bu birim jeotermal sistemin örtü kayacı özelliğini taşımaktadır. Dicle Nehri havzasında yüzlek veren alüvyonel birimler ise yeraltısını açısından verimli akiferleri oluşturmaktadır. Bölgede Ilisu fayının açılma çatlaklarında çok sayıda sıcak su kaynağı boşalmaktadır. Alandaki jeotermal sistem tektonik kontrollüdür (Baba vd., 2015).

4.1.2. Kumçatı (İkizce) Jeotermal Alanı (Kumçatı -İkizce Geothermal Area)

Bu alanda Kumçatı Beldesi kuzeybatısı ve İkizce köyü kuzeyinde 3 lokasyonda kaynak boşalmaları bulunmaktadır. Bu kaynak çıkışlarının olduğu alanlar basit yapılar ile kullanıma sunulmuş olup düzenli bir tesis mevcut değildir. Kumçatı ve çevresinde Güneydoğu Anadolu Otoktonu içerisinde bulunan Adıyaman grubuna ait Üçkiraz, Bozova ve Germav formasyonları, Midyat grubu ile Kuvaterner alüvyon yüzeylenmektedir (Şekil 4). Şeyllerden oluşan Germav formasyonu bölgede geniş alanlarda gözlenmektedir. Yine geniş alanlarda yüzeyleyen Orta Maastrichtiyen yaşlı Üçkiraz formasyonu orta-kalın tabakalı, marn ve killi kireçtaşı seviyelerinden oluşmaktadır. 100-250 m arasında değişen kalınlığa sahip formasyon üstte Germav formasyonu ile uyumludur (MTA, 2007a). Bozova formasyonu ise ince-orta tabakalı, midye kabuğu kırılma yüzeyli marnlardan oluşmaktadır. Birimin üst kesimlerinde marn ve kumlu kireçtaşı seviyeleri de gözlenmektedir. Tektonik kontrollü oluşan jeotermal sistemin rezervuar kayaları bölgede yüzeyleyen karstik kaya özelliğine sahip farklı yaştaki karbonatlı kayalardır. Marn ve killi litolojiler ise örtü kaya niteliğindedir.

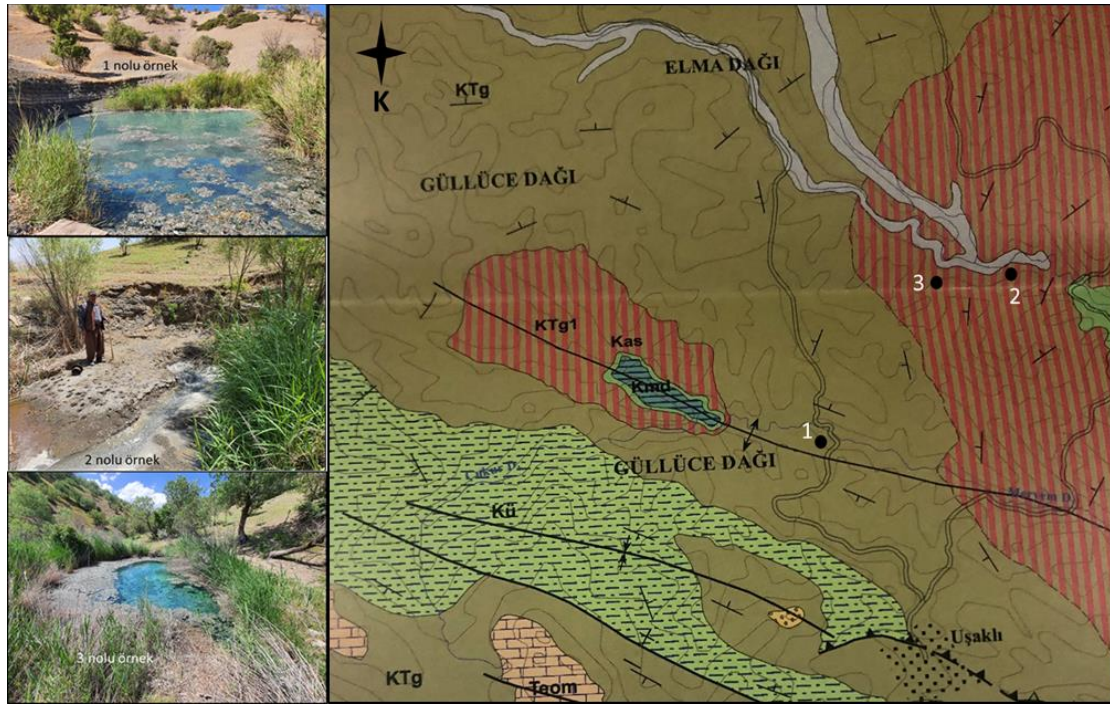


Şekil 4. Kumçatı (İkizce) jeotermal alanı jeoloji haritası (MTA, 2008a) (Geological map of Kumçatı (İkizce) geothermal area)

Kb: Bozova formasyonu, Kü: Üçkiraz formasyonu, KTg: Germav formasyonu, Teom: Midyat grubu, Qal: alüvyon (Kb: Bozova formation, Kü: Üçkiraz formation, KTg: Germav formation, Teom: Midyat group, Qal: alluvium)

4.1.3. Balveren-Besta Jeotermal Alanı (Balveren-Besta Geothermal Area)

Şırnak il merkezinin yaklaşık olarak 30 km kuzeydoğusunda bulunan Besta Jeotermal alanında 24-29 °C arasında değişen doğal kaynak çıkışları bulunmaktadır (Şekil 5). Bu kaynakların kullanımı bulunmamaktadır. Besta Jeotermal alanında Güneydoğu Anadolu Otoktonu içerisinde bulunan Adıyaman grubuna ait Üçkiraz, Sayındere ve Germav formasyonları, Mardin grubuna ait Derdere formasyonu, Midyat grubu ile Kuvaterner alüvyon yüzeylenmektedir (Şekil 5). Kaynak boşalım noktaları çevresinde Germav formasyonu ve Germav formasyonunun Alt üyesi geniş alanlarda gözlenmektedir. Kalınlığı 50-250 m arasında değişen Senomaniyen yaşlı Derdere Formasyonu dolomitlerden oluşmaktadır. Birim içerisinde seyrek çört yumrulu, yer yer marn ara seviyeli dolomitler de gözlenmektedir (MTA, 2007a). Sayındere Formasyonu ise killi kireçtaşlarından oluşmakta olup marn ve kalkarenit düzeyleri de içermektedir. Kalınlığı 17-365 m arasında değişen birim üstte Bozova formasyonu ile geçişlidir. İnceleme alanındaki farklı yaştaki karbonatlı kayalar karstik kaya özelliğinde olup jeotermal sistemin rezervuar kayalarını oluşturmaktadır. Marn ve killi litolojiler örtü kaya niteliğindedir. Alandaki jeotermal sistem tektonik kontrollüdür.



Şekil 5. Besta Meryema jeotermal alanı örnek alım lokasyonları ve çevresi jeoloji haritası (MTA, 2008b) (*Geological map of Besta Meryema geothermal area sampling locations and surroundings*)

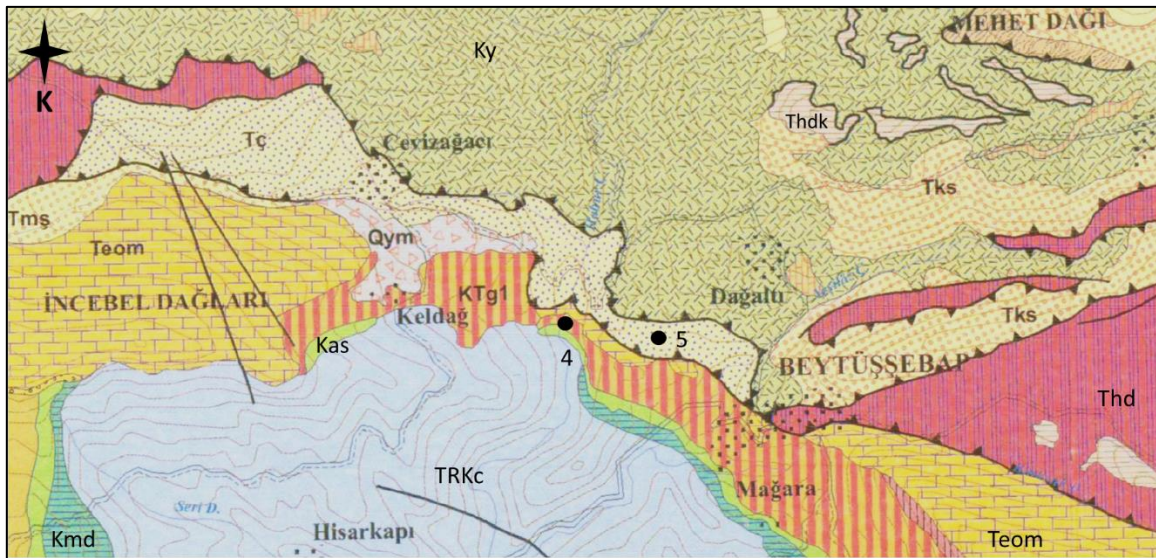
Kmd: Derdere formasyonu, Kas: Sayındere formasyonu, Kü: Üçkiraz formasyonu, KTg :Germav formasyonu, KTg1: Germav formasyonu-Alt Üyesi Teom: Midyat grubu, Qal: alüvyon (Kmd: Derdere formation, Kas: Sayındere formation, Kü: Üçkiraz formation, KTg: Germav formation, KTg1: Germav formation-Lower Member Teom: Midyat group, Qal: alluvium)

4.1.4. Beytüşşebap-Ilıcak Jeotermal Alanı (Beytüşşebap-Ilıcak Geothermal Area)

Beytüşşebap ilçesine 7 km uzaklıkta bulunan Ilıcak köyünde Zümrüt kaplıcası bulunmaktadır. 43 °C civarında sıcaklık ile boşalan kaynak sularından havuzlar ile faydalanılmaktadır. Beytüşşebap ve çevresinde Güneydoğu Anadolu otoktonuna ait Cudi grubu, Mardin grubundan Derdere formasyonu, Adıyaman grubundan Sayındere ve Germav formasyonları, ayrılmamış Midyat grubu ve bu gruba ait Şelmo formasyonu gözlenmektedir. Bölgede allokon birimlerden Çüngüş-Hakkari napına ait Çüngüş ve Durankaya formasyonları, Bitlis-Pötürge-Malatya napları içinde Yüksekova karmaşığı ile Paraallakton birimlerden Kırkgeçit formasyonunun Serizeri üyesi yüzeylenmektedir (Şekil 6). 3790 m kalınlığa ulaşan Cudi Grubu, masif ve orta-kalın tabakalı dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşlarından oluşmaktadır. Cudi grubunun yaşı Orta Triyas-Erken Kretase yaşlı kabul edilmiştir. 1403 m kalınlığa ulaşabilen Şelmo formasyonu ise konglomera, kumtaşı, çamurtaşı, şeyl ardalanmasından oluşmakta olup Orta-Geç Miyosen yaşlıdır (MTA, 2007b).

Eosen-Erken Miyosen yaşlı Çüngüş Formasyonu şeyl ve az fosilli kumtaşı seviyelerinden oluşmakta olup polijenik konglomera düzeyleri de içermektedir. Aşırı derecede deforme olmuş şeyl ve fillat, pelajik kireçtaşı ve gri renkli kireçtaşı mercek ve bloklarından oluşan Durankaya Formasyonu Erken-Orta Eosen yaşlıdır (MTA, 2007b). Durankaya formasyonu içerisinde gabro, serpantin, metamorfik kireçtaşı, bazik volkanit, amfibolit gibi bloklar bulunmaktadır. Spilit, spilitleşmiş bazalt, kireçtaşı az oranda granit, tuf, granodiyorit, konglomera, şeyl, mermer vb. kaya birimlerini içeren Yüksekova Karmaşığı Senomaniyen-Turoniyen yaşlıdır (MTA, 2007b). Kırkgeçit Formasyonu içerisindeki konglomeralar Serizeri Üyesi olarak ayırtlanmıştır. Bu konglomeralar içerisinde kırmızı renkli çamurtaşı seviyeleri de izlenmektedir. Üye 5-50 m arasında kalınlığa sahiptir.

Beytüşşebap ve çevresinde yüzeylenen dolomitik kireçtaşları karstik akifer özelliğine sahiptir. Bu karstik yapılardan yüksek debili kaynak boşalmaları gözlenmektedir. Marn ve killi kayalarla temsil edilen birimler ise örtü kayacını oluşturmaktadır. Alanda jeotermal kaynak çıkışları tektonik kontrollü olup karstik kaynaktır (Baba vd., 2015b).



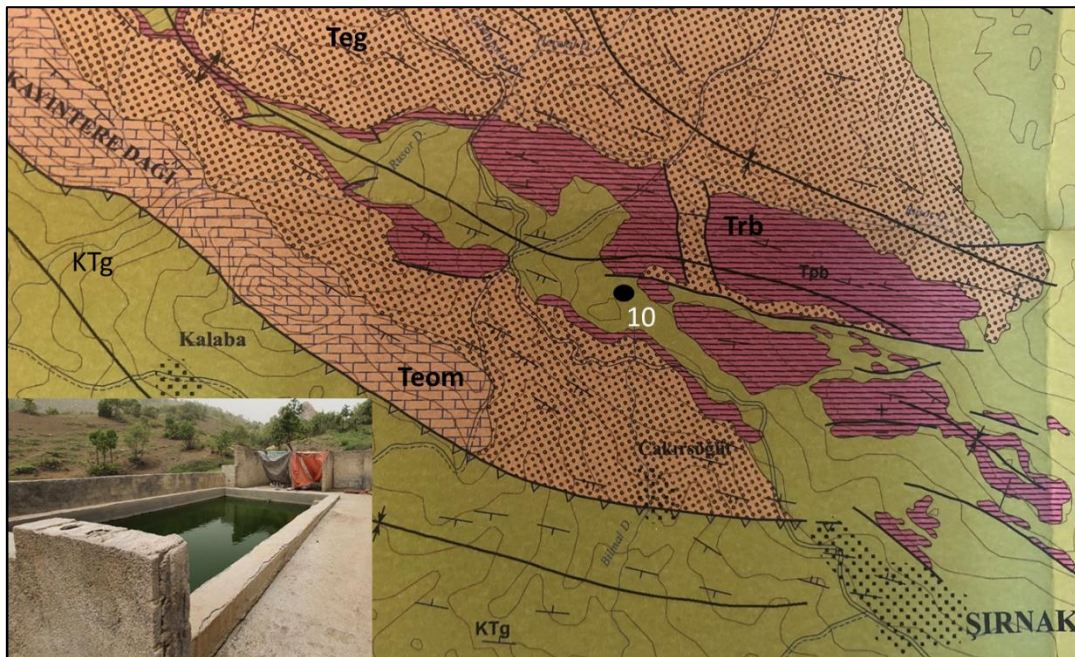
Şekil 6. Beytüşşebap-Zümrüt kaplıcası çevresi jeoloji haritası ve su örneği alım lokasyonları (MTA, 2007b)

(Geological map of Beytüşşebap-Zümrüt hot spring surroundings and water sample collection locations)

TRKc: Cudi Grubu, Kmd: Derdere formasyonu, Kas: Sayındere formasyonu, KTg1: Germav formasyonu-Alt üyesi, Teom: Midyat grubu, Tms: Şelmo Formasyonu, Tç: Çüngüş Formasyonu, Thd: Durankaya formasyonu, Thdk: Kireçtaşı üyesi, Ky: Yüksekova Karmaşığı, Tks: Serizeri Üyesi; (TRKc: Cudi Group, Kmd: Derdere formation, Kas: Sayındere formation, KTg1: Germav formation-Lower member, Teom: Midyat group, Tms: Şelmo Formasyon, Tç: Çüngüş Formation, Thd: Durankaya formation, Thdk: Limestone member, Ky: Yüksekova Complex, Tks: Serizeri Member)

4.1.5. Başağaç Mevkii (Basağaç Location)

Başıağaç mevkiinde 13.5 °C sıcaklığa sahip kaynak suyundan basit havuz yapılarak yararlanılmaktadır. Başağaç mevkiinde bulunan kaynak ve çevresinde Güneydoğu Anadolu Otoktonunda Mardin grubuna ait Germav ve Becirman formasyonları ile Midyat grubu ve Gercüş formasyonu yüzeylemektedir (Şekil 7). Bölgede geniş alanlarda Germav formasyonu ve Eosen yaşlı karbonatlar ile temsil edilen Midyat grubu gözlenmektedir. Kaynak boşalım noktasına yakın bölgede ise killi kireçtaşı, şeyl ve marn aralanmasından oluşan Becirman formasyonu bulunur (Şekil 7). Bölgede gözlenen tektonik hatlara bağlı olarak boşalan kaynağın alanda yüzeyleyen karbonat kayalarından beslendiği düşünülmektedir.



Şekil 7. Başağaç mevki ve çevresi jeoloji haritası ve su örneği alım lokasyonları (MTA, 2007a)

(Geological map of Başağaç locality and its surroundings and water sample collection locations)

KTg: Germav formasyonu, Teom: Midyat grubu, Trb: Becirman Formasyonu, Teg: Gercüş Formasyonu
(KTg: Germav formation, Teom: Midyat group, Trb: Becirman Formation, Teg: Gercüş Formation)

4.2. Termal suların Hidrojeokimyasal Özellikleri (Hydrogeochemical Properties of Thermal Waters)

Şırnak ili ve çevresinde yer alan sıcak ve mineralli su kaynaklarının hidrojeokimyasal özelliklerinin tespiti amacıyla Eylül-2021 ve Ekim-2022 dönemlerinde su örnekleri alınmıştır. Su örneği alınan lokasyonlara ait bilgiler Tablo 1’de verilmiştir. İnceleme alanından alınan su örneklerinin pH değerleri Eylül-2021’de 6,56-9,4 ve Ekim-2022’de 7,15-9,46 arasında değişmektedir. İnceleme alanında yeraltısularının Asit karakterli ile Bazik sular arasında değiştiği söylenebilir. İnceleme alanında suların EC değerleri Eylül-2021’de 795-2095 $\mu\text{S/cm}$, Ekim-2022’de ise 756-1900 $\mu\text{S/cm}$ arasında ölçülmüştür (Tablo 2).

Tablo 1. Su örneği alım noktalarına ait bilgiler (Information about water sample collection points)

Örnek No	Yer	Tanım
1	Besta Meryema 1 /Balveren Köyü	Kaynak 1/Bay tarafı/Havuz
2	Besta Meryema 2 /Balveren Köyü	Kaynak 2/Üst Kottaki
3	Balveren/Germav Siftiye	Kaynak 3 /Havuz
4	Beytüşşebap Zümrüt Kaplıcaları	Kaynak-1
5	Beytüşşebap Zümrüt Kaplıcaları	Kaynak-2
6	Güçlükönak Belkıs Ana Kaplıcaları	Kaynak 2 (Ana Çıkış)
7	Kumçatı Mevkii Kaynak-1	Kaynak 1
8	Kumçatı Mevkii Kaynak-2	Kaynak 2/Hamam
9	Kumçatı Mevkii Kaynak-3	Kaynak 3/Hamam
10	Başagaç Mevkii Taş Ocağı Arkası	Kaynak

Tablo 2. Su örneklerinin yerinde ölçüm sonuçları (On-site measurement results of water samples)

Örnek No	Eylül-2021				Ekim-2022			
	pH	EC ($\mu\text{S/cm}$)	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Debi (l/s)	pH	EC ($\mu\text{S/cm}$)	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Debi (l/s)
1	7,46	1452	29,3	3	7,82	1159	27,3	3
2	8,09	1138	28,5	1	8,07	1355	29,1	~1
3	7,27	863	23,3	1	8,19	1050	24,5	~1
4	6,79	1881	43,3	1	7,15	1704	43	20-25
5	7,05	1450	42,6	12	7,29	1651	42,8	20-25
6	6,56	2095	62,8	1,7	7,2	1900	63	1,7
7	8,05	1430	21,8	0,1	7,99	1337	20,9	~0,15
8	7,69	795	22,5	0,05	8,12	756	20,8	~0,05
9	9,13	2093	21,7	0,03	9,28	1893	19,7	~0,06
10	9,4	1098	16,5	1,5	9,46	1041	13,5	~0,24

4.2.1. Suların Fiziksel Özellikleri (Physical Properties of Water)

24472 sayılı “Kaplıcalar Yönetmeliği” hükümlerine göre suların koku, renk, bulanıklık ve tat analizleri yapılmıştır. Sıcaklık, suların önemli fiziksel özelliklerinden birisidir. Suların sıcaklığı hem içerisinde yaşayan canlı türlerini ve hem de kullanım alanlarını etkilemektedir. Sıcaklığı 20°C ’nin üzerinde olan sular sıcak veya termal sular olarak adlandırılır. Su örneklerinin sıcaklık değerleri Eylül-2021’de $16,5-62,8^{\circ}\text{C}$ ve Ekim-2022’de $13,5-63^{\circ}\text{C}$ arasında değişmiştir. Sıcaklığı en düşük olan örnek su örneği Başagaç mevkiinde bulunan bir kaynaktan alınmıştır. Bu kaynak Neritik kireçtaşları ile ilişkili olarak Üst Kretase-Paleosen yaşlı kırıntılı ve karbonatlı birimler içerisinde boşalmaktadır. En yüksek sıcaklık Güçlükönak’da bulunan Belkıs Ana kaplıcalarında ölçülmüştür.

İçme suları berrak, tortusuz, renksiz olmalı, çürük, yosun, küf, H_2S , amonyak, bataklık vb. kokular bulunmamalıdır. Bulanıklık ise, su içerisinde bulunabilen kil, silt, ince parçalanmış organik maddeler, yosunlar, diatometreler, demir bakterileri ve diğer mikroorganizmalar kaynaklı olabilir (Güler ve Çobanoğlu, 1997). Sularda erimiş halde bulunan maddeler (NaCl_2 , MgCl_2 , CaSO_4 vb.) ve organizmalar (Diyatome, Protozoa, Siyanofit vb.) yüksek oranda bulunursa sulara koku ve tat vermektedir. İnceleme alanından alınan su örneklerinin fiziksel analiz sonuçları Tablo 3’de verilmiştir. Bu analiz sonuçlarına göre 9 nolu Kumçatı mevkiinde kaynaktan gelen borudan alınan su örneğinin her iki analiz periyodunda da renk ve bulanıklık açısından uygun olmadığı tespit edilmiştir.

Tablo 3. Fiziksel analiz sonuçları (Physical analysis results of water samples)

Örnek No	Koku	Renk	Bulanıklık	Tat
EYLÜL 2021				
1	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
2	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
3	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
4	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
5	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
6	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
7	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
8	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
9	Uygun	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun
10	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
EKİM 2022				
1	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
2	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
3	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
4	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
5	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
6	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
7	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
8	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
9	Uygun	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun
10	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun

4.2.2. Major iyon içerikleri ve suların sınıflandırılması (Major ion contents and classification of waters)

İnceleme alanından alınan su örneklerinin Na içeriği 54,19-472,06 mg/l arasında, Ca içeriği 0,70-410,74 mg/l arasında, K içeriği 4,27-23,46 mg/l ve Mg içeriği 0,23-64,02 mg/l arasında değişmektedir. Suların anyon içeriklerine bakıldığında HCO_3 değerlerinin 165-585 mg/l, SO_4 içeriğinin 2,89-1277,19 mg/l ve Cl içeriği ise 3,07-378,09 mg/l arasında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4). Şırnak ili jeotermal kökenli sulardan alınan örneklerde baskın katyonların Na ve Ca olduğu belirlenmiştir. Beytüşşebap Zümrüt Kaplıcasından alınan 4 ve 5 nolu örnekler ile Kumçatı mevkiinden alınan 7 ve 9 nolu su örnekleri ve Başağaç mevkiinden alınan su örneğinde Na iyonunun baskın iyon olduğu görülmektedir. 9 ve 10 nolu örneklerde sodyumdan sonra baskın katyon potasyumdur. Diğer su örneklerinde ise baskın katyonun Ca olduğu görülmektedir. Su örneklerinde baskın anyonun Besta Meryemana kaplıcasında (1 ve 2 nolu örnekler), Germav-Siftiye'de (3 nolu), Güçlükönak Belkıs Ana kaplıcalarında (6 nolu) ve Kumçatı mevkiinde (8 nolu) SO_4 olduğu görülmektedir. Beytüşşebap Zümrüt Kaplıcasında (4 ve 5 nolu örnekler), Kumçatı (7 nolu) ve Başağaç mevkiilerinden (10 nolu) alınan örneklerde baskın anyon Cl'dur (Tablo 4).

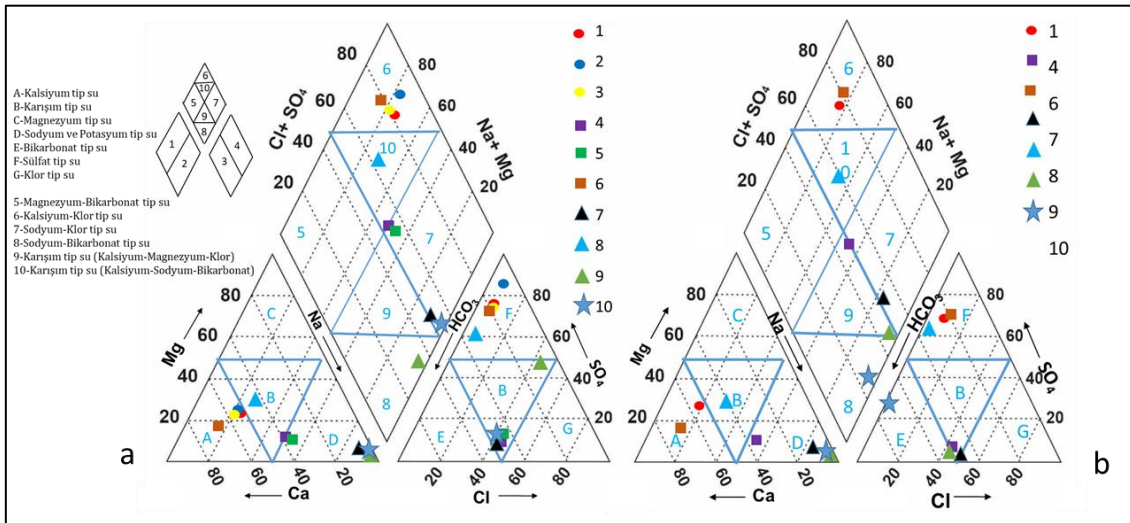
Piper diyagramı sıcak ve soğuk suların hidrokimyasal fasiyeslerinin tespitinde genel olarak kullanılmaktadır. İnceleme alanından alınan su örneklerinin majör iyon içerikleri Piper diyagramı üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 8). Piper diyagramında 1,2,3,6 ve 8 nolu örnekler 1. alanda bulunmaktadır. Bu alan alkali toprak elementlerin (Ca+Mg) alkali elementlerden (Na+K) büyük olduğu su örneklerini yansıtmaktadır. 4,5,7,9 ve 10 nolu örnekler 2. alanda yer alıp alkali toprak elementlerin (Ca+Mg) alkali elementlerden (Na+K) küçük olduğu sulardır. 9 nolu örnek hariç su örneklerinin tamamında Güçlü asit kökleri ($\text{Cl}+\text{SO}_4$) Zayıf asit köklerinden (CO_3+HCO_3) daha büyüktür. İnceleme alanında 1,2,3,6 ve 8 nolu örneklerde Ca, Mg ve SO_4 içeriklerinin yüksek olduğu görülmektedir. Bu örneklerdeki Ca, Mg artışı Besta Meryema, Germav ve Güçlükönak civarında yaygın olarak gözlenen Eosen ve Paleosen yaşlı Neritik kireçtaşları ile dolomitik kireçtaşı ve dolomit birimleri ile temastan kaynaklanmaktadır. Ayrıca, Ca bazalt ve andezit gibi kayalarındaki anortitlerin, Mg ise biyotit, hornblend, ojit ve piroksenin bozulması ile ilişkilendirilebilir. Sülfat, termal sularda pirit, jips ve anhidrit gibi sülfürlü minerallerin çözünmesi ve oksidasyonu ile hidrojen sülfid içeren derin sıvılarla etkileşimi sonucu bulunabilir (Egemeier, 1981; Goldscheider vd., 2010). Sülfat ayrıca evaporit yataklarında, öncelikle jips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) olarak bulunur. İnceleme alanında jeotermal sularda SO_4 'daki artış muhtemelen evaporitik birimlerle kaya suyu etkileşimi ile ilişkilidir.

İnceleme alanında 4,5,7,9 ve 10 nolu örneklerde ise Na içeriğinin baskın olduğu görülmektedir. Termal sularda Na artışı volkanik kayalarındaki albitlerin çözünmesi, Na ile Ca arasında iyon değişimi ve derin dolaşımli sularda sodik plajiyoklasca zengin andezitik mağmanın varlığı ile ilişkilendirilebilir. Bu örneklerde baskın anyon ise Cl ve HCO_3 'dur. HCO_3 , esas olarak CaCO_3 'ün, yeraltısuyu akış yolları boyunca sızan CO_2 bakımından zengin meteorik su tarafından çözülmesinden kaynaklanır. Mağmatik kayalardan ofiyolitik oluşumlar gösteren kayalar, yüksek Cl elementi içermekte ve genel yapısı itibarıyla ayrışmalara karşı daha duraysız kayaç tiplerini oluşturmaktadır (Şahinci, 1991).

İnceleme alanındaki sular genel olarak iki su tipine (IAH, 1979; Freeze ve Cherry, 1979) ayrılabilir. Bunlar; (1) Ca-Mg-HCO₃-SO₄; Ca-Mg-SO₄-HCO₃ (2) Na-Ca-Cl-HCO₃/Na-Ca-HCO₃-Cl biçimindedir. (1) su tipi beslenme alanı ve/veya yakınında bulunan nispeten orta dolaşım süresine sahip, iyon miktarı yüksek karışım sularını, (2) su tipi düşük hidrolik iletkenliğe sahip akifer içerisinde yavaş dolaşım nedeniyle kayaçla temas süresi uzadığı için iyon miktarı daha yüksek yaşlı suları temsil etmektedir.

Tablo 4. Su örneklerinin majör iyon analiz sonuçları (Major ion analysis results of water samples)

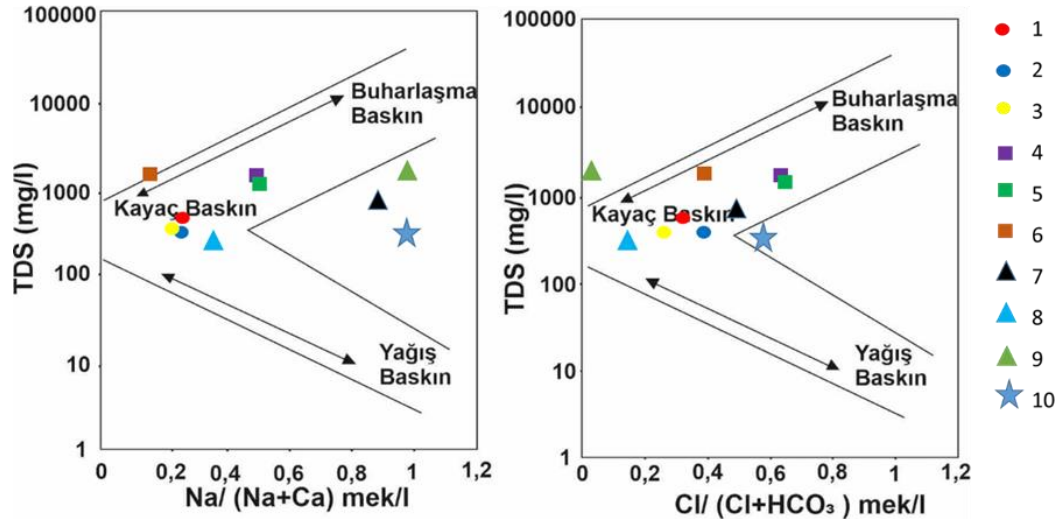
EYLÜL 2021													
Örnek No	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ⁼ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	F mg/l	NO ₃ mg/l	NO ₂ mg/l	NH ₄ mg/l	Sertlik	Su sınıfı
1	77,11	6,17	189,87	50,06	74,41	708,21	274	1,27	-	-	0,81	67,95	CaMgSO ₄ HCO ₃
4	211,18	17,62	148,36	25,42	378,09	72,58	457	2,22	-	-	0,90	47,46	NaCaClHCO ₃
6	68,96	23,46	410,74	64,02	117,42	1277,19	292	1,62	-	-	-	128,80	CaSO ₄
7	298,99	14,25	26,13	11,57	297,32	2,89	427	3,61				11,27	NaClHCO ₃
8	54,19	6,1	85,60	36,46	14,37	339,94	244	-				36,35	CaMgSO ₄ HCO ₃
9	472,06	14,98	3,37	0,82	311,82	32,89	585	3,19				1,17	NaHCO ₃ Cl
10	253,43	14,35	1,92	0,23	3,07	127,31	537	-				0,57	NaHCO ₃ Cl
EKİM 2022													
1	79,47	5,75	205,18	52,58	58,21	535,03	213	-	0,48	-	0,42	72,81	CaMgSO ₄ HCO ₃
2	95,78	7,10	236,78	61,69	75,44	683	165	-	24,45	-	0,37	84,44	CaMgSO ₄
3	59,99	4,27	154,16	42,92	51,14	418,55	183	-	0,58	-	0,38	56,11	CaMgSO ₄ HCO ₃
4	211,68	17,60	152,52	25,26	343,08	86,95	366	-	11,29	-	-	48,44	NaCaClHCO ₃
5	214,98	17,51	151,45	25,56	337,08	103,94	353,8	-	8,62	-	-	48,29	NaCaClHCO ₃
6	71,87	21,51	410,16	68,50	90,57	971,38	183	-	16,36	0,25	-	130,50	CaSO ₄
7	307,05	13,75	26,66	11,66	220,03	64,43	353,8	-	15,86	0,46	-	11,45	NaClHCO ₃
8	60,80	5,70	87,64	35,38	23,76	265,91	176,9	-	2,94	-	-	36,41	CaMgSO ₄ HCO ₃
9	449,77	15,56	2,20	0	210,98	118,85	469,7	-	2,94	15,89		0,55	NaHCO ₃ Cl
10	283,9	14,27	0,70	0	231,68	120,29	341,6	-	3,45	-	-	0,17	NaClHCO ₃



Şekil 8. Piper diyagramı (a:Ekim-2022, b:Eylül-2021) (Piper diagram (a:October-2022, b:September-2021))

Gibbs (1970) diyagramı sudaki iyonik oranlar ile suyun kökeni ve bileşimini tanımlamakta yaygın olarak kullanılmaktadır. Diyagramda suların Cl/Cl+HCO₃ ve Na+K/Na+K+Ca oranları ile TDS değerleri kullanılır. Şırnak ili jeotermal sularından alınan örnekler Gibbs diyagramı üzerinde “Kayaç Baskın” bölgede yer almaktadır. Bu durum, ilde termal suların kimyasını etkileyen temel faktörün kaya-su etkileşimi olduğunu göstermektedir (Şekil 9).

İnceleme alanında sertlik değeri Eylül-2021’de 0,57 -128.8 Fr° arasında Ekim-2022’de 0,17-130.5 Fr° arasında değişmektedir (Tablo 4). En yüksek sertlik Güçlükönak Belkıs Ana kaplıcalarından alınan örneklerde tespit edilmiştir. En düşük sertlik derecesine sahip su ise en düşük sıcaklığa sahip Başağaç mevkiinde bulunan bir kaynaktan alınmıştır. Fransız sertlik derecesine göre sular Çok Yumuşak, Yumuşak, Sert ve Çok Sert su sınıfında yer almaktadır.



Şekil 9. Gibbs diyagramı (Ekim 2022) (Gibbs diagram (October 2022))

4.2.3. İz elementler (Trace elements)

İnceleme alanındaki sulara As, Al, Br, Ba, Cr, Cd, Cu, Hg, Fe, Ni, Mn, PO_4 , Sb, Pb, Se, Zn, Serbest Siyanür ve çözünmeyen maddeler olarak Borik Asit (H_3BO_3), Silikat Asidi (H_2SiO_3), analizleri yapılmıştır. Örneklerde Cd, Cr, Cu, Pb, Sb, Serbest Siyanür değerleri tespit edilememiştir. Diğer parametrelerin analiz sonuçları Tablo 5’de sunulmuştur. İnceleme alanında suların Al içeriği 0,0097 mg/l (9,7 $\mu g/l$) ile 8,89 mg/l (8890 $\mu g/l$) arasında belirlenmiştir. Alüminyumun Ekim-2022’de ekstrem değerinin tespit edildiği 1 nolu örnek Balveren köyü Besta Meryema kaplıcası Bay tarafındaki havuzdan alınmıştır. Bu örnekte Eylül-2021’de 0,23 mg/l Al değeri tespit edilmiştir. Çevresel faktörlerin etkisine açık olup ilkel kullanımı olan bu suda Ekim-2022’de tespit edilen yüksek Al içeriğinin antropojenik kökenli olabileceği düşünülmektedir. As doğada doğal veya antropojenik kökenli olarak bulunabilmektedir (Şahinci, 1991). Şırnak ilinden alınan sulara As içeriği 11-22 $\mu g/l$ arasında değişmektedir. İnceleme alanında suların Ba değerleri Ekim-2022’de sadece 4, 5 ve 7 nolu örneklerde tespit edilebilmiştir. Ba içerikleri 0,22-0,95 mg/l arasında değişmekte olup oldukça düşük değerlerdedir (Tablo 5). Bromun başlıca kaynakları deniz suyu, tuzlu yeraltı suyu, potasyumlu tuz yatakları ve tuz gölleridir. Brom endüstride ve tıpta geniş şekilde kullanılmaktadır (Şahinci, 1991). İnceleme alanından alınan suların Br içeriği 0,31-0,98 mg/l arasında değişmektedir. Suların Fe içeriği 0,023 mg/l (2,3 $\mu g/l$) ile 0,73 mg/l (73 $\mu g/l$) arasında değişmektedir. Sulardaki Fe içeriklerinin düşük olduğu görülmektedir. Sıcak sulara mangan miktarı çok fazla olabilir (Şahinci, 1991). İnceleme alanında suların Mn içeriği 0,0065 mg/l ile 61,08 mg/l arasında değişmektedir.

Nikel, doğal kökenli ve insan aktiviteleri kaynaklı olarak bulunabilmektedir (Şahinci, 1991; Kartal vd., 2004). Termal suların Ni içeriği 0,011-0,025 mg/l arasında değişmektedir. Çoğu su örneğinde Ni tespit edilememiştir. Proje alanında Zn içeriği sadece 6 nolu örnek olarak verilen Güçlükönak Belkısana kaplıcalarından Eylül-2021’de alınan örnekte 0,021 mg/l olarak analiz edilmiştir. Bor, sulara borik asit (H_3BO_3) olarak bulunur. Andezitlerden gelen sulara diğer volkanik kayalara oranla çok daha fazla bor bulunur (Eroğlu ve Aksoy, 2003). İnceleme alanında borik asit içeriği Eylül-2021’de 0,7-3,61 mg/l, Ekim-2022’de ise 0,68-10,24 mg/l arasında tespit edilmiştir. En yüksek borik asit içeriği Başağaç mevkiinde bulunan kaynak suyunun toplandığı havuzdan alınan su örneğinde tespit edilmiştir. Silika (SiO_2), çeşitli sulara asılı kolloidal partiküller olarak polimer halinde, silis asidi (H_2SiO_3) veya silikat iyonu şeklinde olmak üzere bolca bulunur. İnceleme alanında silikat asit içeriği Eylül-2021’de 24,9-51 mg/l, Ekim-2022’de ise 10,3-62 mg/l arasında tespit edilmiştir.

4.2.4. Mikrobiyolojik Parametreler (Microbiological Parameters)

İçme ve kullanma sularının mikrobiyolojik özellikleri önemlidir. İnsan için yalnızca patojenik mikroorganizmalar önem taşır. Hastalık oluşturan mikroorganizmaların analizler ile tespiti zor olduğu için gösterge (indikatör) organizmaların analizi yapılır. Genel olarak içme ve kullanma sularında 22°C - 37°C arasında koloni sayımı yapılır (MEB, 2011). 24.07.2001 tarih ve 24472 sayılı Resmî Gazetede yayınlanan “Kaplıcalar Yönetmeliği” hükümlerine göre su örneklerinin Koliform Bakteri (kob/100mL), Fekal Koliform Bakteri (kob/100mL), 22°C’de Toplam Koloni Sayımı (kob/mL) ve 37°C’de toplam jerm sayımı (kob/mL) analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarına bakıldığında Koliform bakteri açısından 1,2,3,4,8,9 ve 10 nolu örneklerin, Fekal koliform bakteri açısından 1 ve 2 nolu örneklerin yönetmelikte verilen sınır değerleri aştığı görülmektedir. 22°C’de Toplam koloni sayımı değerine bakıldığında 1,2,8,9 ve 10 nolu örneklerin, 37°C’de toplam jerm sayımı değerine bakıldığında ise 1,2,4,5,8,9 ve 10 nolu örneklerin sınır değerleri aştığı

görülmektedir (Tablo 6). Bu suların içilmesi durumunda önemli sağlık problemleri ile karşılaşılabilceği görülmektedir.

Tablo 5. Su örneklerinin eser element ve diğer parametrelere ait analiz sonuçları (*Analysis results of water samples for trace elements and other parameters*)

EKİM 2022										
Örnek no	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Al	8,89	0,036	-	0,017	0,018	0,011	0,0097	0,010	0,028	0,038
As	0,014	0,013	0,011	0,020	0,022	0,013	-	-	-	-
Ba	-	-	-	0,22	0,23	-	0,95	-	-	-
Br	-	-	-	0,40	0,40	0,31	0,60	-	-	0,98
Hg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	-	0,060	0,057	0,039	0,023	0,024	-	-	-	0,033
Mn	41,0	0,020	0,027	0,030	0,020	0,006	-	-	-	-
Ni	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PO ₄	76,38	72,21	73,29	-	-	-	-	-	-	-
Se	-	0,015	0,017	0,0018	0,001	0,002	0,002	0,002	-	0,013
Zn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Borik Asit	1,11	1,37	1,12	3,15	3,19	0,68	6,5	1,03	9,55	10,24
Silikat Asidi	12,4	11,1	10,3	52	41	62	16	17	15	24
EYLÜL 2021										
Al	0,23			0,117		0,12				
As	0,015			0,022		0,015				
Ba	-			-		-				
Br	-			-		0,45				
Hg	-			-		0,0002				
Fe	0,73			0,14		0,13				
Mn	61,08			0,02		0,012				
Ni	0,022			0,025		0,011				
PO ₄	19,18			-		15,40				
Se	0,0012			0,0012		1,18				
Zn	-			-		0,021				
Borik Asit	1,15			3,61		0,7				
Silikat Asidi	24,9			33,9		51				

*Analiz sonuçları mg/l olarak verilmiştir.

Tablo 6. Mikrobiyolojik analiz sonuçları (*Microbiological analysis results of water samples*)

Örnek No	Koliform bakteri kob/100mL	Fekal Koliform bakteri kob/100mL	22°C'de Toplam koloni sayısı kob/mL	37°C de toplam jerm sayısı kob/mL
EYLÜL 2021				
1	8	82	42	304
4	0	0	0	0
6	0	0	0	0
EKİM 2022				
1	68	8	3	0
2	148	68	736	212
3	25	0	7	0
4	2	0	0	488
5	0	0	8	724
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	46	0	162	864
9	72	0	2288	712
10	120	0	2430	2752
Limit	0	0	30	5

4.2.5. Suların içilebilme özellikleri

Şırnak ilinden alınan su örneklerinin içme suyu olarak kullanıma uygunlukları anyon-kasyon ve iz element içerikleri ile fiziksel analiz sonuçlarının ulusal ve uluslararası standartlar ile karşılaştırılması ile değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede İnsani Tüketim Amaçlı Sular hakkında yönetmelik (TS-266, 2005), Dünya Sağlık Örgütü standartları (WHO, 2017), Amerika İçme suyu standartları (EPA, 2018) ve 25657 sayılı Doğal Mineralli Sular yönetmeliği (2010) kullanılmıştır (Tablo 7). İnceleme alanından alınan su örneklerinin pH değerleri 6,56-9,46 arasında, EC değerleri 756-2095 µS/cm arasında olup tüm standart ve yönetmeliklere uygundur. İnceleme alanında suların Na içeriği 54,19-472,06 mg/l arasında değişmektedir. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Yönetmelikte sınır değeri 200 mg/l olarak verilmiştir. Zümrüt kaplıcaları, Kumçatı ve Başağaç civarından alınan su örneklerinin Na için verilen sınır değeri aştığı görülmektedir. İnceleme alanında suların Cl

içeriği 3,07-378,09 mg/l arasında değişmekte olup, Zümrüt Kaplıcası, Kumçatı ve Başağaç civarından alınan su örneklerinin sınır değer olan 250 mg/l'yi aştığı belirlenmiştir. Suların SO₄ içeriği 2,89-1277,19 mg/l arasında değişmektedir. Besta Meryema, Germav Siftiye, Güçlükönak Belkıs Ana Kaplıcaları ve Kumçatı mevkiilerinden alınan su örneklerinin SO₄ içeriklerinin içme suyu olarak kullanım için sınır değer olan 250 mg/l'yi aştığı belirlenmiştir.

İnceleme alanında suların As içeriği 11-22 µg/l arasında değişmektedir. Değerlendirilen standart ve yönetmeliklerin tamamında As için standart değer 10 µg/l olarak verilmiştir. Tüm su örneklerinin As için verilen içme suyu sınır değerini aştığı görülmektedir. İnceleme alanında suların Mn içeriği 0,0065 mg/l ile 61,08 mg/l arasında değişmektedir. Proje alanından alınan örneklerde sadece Eylül-2021'de 1 nolu Besta Meryema Kaplıcası kaynak suyundan alınan örneklerde 61,08 mg/l Mn tespit edilmiştir. Bu içerik sınır değerlerin üzerindedir. Proje alanında suların Se içeriği 0,0012-1,18 mg/l arasında değişmektedir. En yüksek Se içeriği sadece Eylül-2021'de 6 nolu Güçlükönak Belkıs Ana kaplıcalarından alınan örnekte tespit edilmiştir. Se için verilen sınır değer yönetmeliklere göre değişmekle birlikte 10-50 µg/l arasında verilmiştir. İlde termal su örneklerinde yaptırılan Ba, Fe, Ni ve Zn konsantrasyonlarının ise sınır değerleri aşmadığı tespit edilmiştir.

Tablo 7. Ulusal ve uluslararası standartlara göre elementlerin sınır değerleri (Limit values of elements according to national and international standards)

	İnsani Tüketim Amaçlı Sular Yön. TS-266, (2005)	WHO (2017)	EPA (2018)	Doğal Mineralli Sular Yönetmeliği 2004
Sıcaklık	25	---	---	---
pH	6.5-9.5	---	6.5-8.5	---
EC (µS/cm)	2500	2500	---	---
Na ⁺ (mg/l)	200	---	---	---
K ⁺ (mg/l)	---	---	---	---
Ca ²⁺ (mg/l)	---	---	---	---
Mg ²⁺ (mg/l)	---	---	---	---
Cl ⁻ (mg/l)	250	---	250	---
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	250	---	250	---
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	---	---	---	---
Al (µg/l)	200	---	50-200	200
As (µg/l)	10	10	10	10
B (µg/l)	1000	2400	---	---
Ba (µg/l)	---	1300	2000	1000
Cd (µg/l)	5	3	5	3
Cr (µg/l)	50	50	100	50
Cu (µg/l)	2000	2000	1000	1000
F (mg/l)	1.5	1.5	2	5
Fe (µg/l)	200	---	300	---
Hg (µg/l)	1	6	2	1
Mn (µg/l)	50	---	50	500
Ni (µg/l)	20	70	---	20
Pb (µg/l)	10	10	---	10
Sb (µg/l)	5	20	---	5
Se (µg/l)	10	40	50	10
U (µg/l)	---	30	30	---
Zn (µg/l)	---	---	5000	---
NO ₃ (mg/l)	50	50	10	50
NO ₂ (mg/l)	0.5	3	1	0.1
Siyanür (µg/l)	50	---	---	70

5. Sonuç ve Tartışma (Result and Discussion)

Şırnak ilinde Güçlükönak-Belkıs Ana, Kumçatı (İkizce), Balveren-Besta ve Beytüşşebap-İlıcak bölgelerinde jeotermal alanlar bulunmaktadır. Bu alanlarda genel olarak basit kaplıcalar veya havuzlar ile yararlanılmaktadır. Bölgedeki en düzenli kaplıca Güçlükönak jeotermal alanındaki Belkıs Ana kaplıcalarıdır. Burada 63 °C sıcaklıklara ulaşan jeotermal kaynak boşalımları mevcuttur. Diğer önemli kaplıca ise 43 °C sıcaklıkların ölçüldüğü Beytüşşebap-İlıcak jeotermal alanındaki Zümrüt Kaplıcasıdır. Şırnak ilinde kaynak şeklinde boşalan doğal jeotermal akışkandan yararlanılmaktadır. Şırnak ilinde bulunan jeotermal alanlarda jeotermal sistem tektonik kontrollü olarak gelişmiştir. İnceleme alanında farklı yaştaki karbonatlı kayalar karstik kaya özelliğinde olup jeotermal sistemin rezervuar kayalarını oluşturmaktadır. Marn ve killi litolojiler örtü kaya niteliğindedir.

Araştırma kapsamında alınan su örneklerinin sıcaklıkları 13,5-63 °C arasında değişmekte olup en yüksek sıcaklık Güçlükönak'da bulunan Belkıs Ana kaplıcalarında ölçülmüştür. En düşük sıcaklık ise Başağaç mevkiinde bulunan

doğal kaynaktan alınmıştır. Su örneklerinin pH değerleri 6,56-9,46 ve EC değerleri 756-2095 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmektedir.

İnceleme alanındaki sular genel olarak iki su tipine ayrılabilir. Bunlar; (1) $\text{Ca-Mg-HCO}_3\text{-SO}_4$ / $\text{Ca-Mg-SO}_4\text{-HCO}_3$ (2) Na-Ca-Cl-HCO_3 / $\text{Na-Ca-HCO}_3\text{-Cl}$ biçimindedir. (1) su tipi beslenme alanı ve/veya yakınında bulunan nispeten orta dolaşım süresine sahip, iyon miktarı yüksek karışım sularını, (2) su tipi düşük hidrolik iletkenliğe sahip akifer içerisinde yavaş dolaşım nedeniyle kayaçla temas süresi uzadığı için iyon miktarı daha yüksek yaşlı suları temsil etmektedir. Şırnak ilinde termal suların kimyasını etkileyen temel faktörün kaya-su etkileşimi olduğu söylenebilir. Besta-Meryema, Belkıs Ana ve Kumçatı kaplıcalarından alınan sularda Ca, Mg ve SO_4 içeriklerinin yüksek olduğu görülmektedir. Bu örneklerdeki Ca, Mg artışı bölgede yaygın olarak gözlenen Eosen ve Paleosen yaşlı Neritik kireçtaşları ile dolomitik kireçtaşı ve dolomit birimleri ile temastan kaynaklanmaktadır. SO_4 artış ise muhtemelen evaporitik birimlerle kaya suyu etkileşimi ile ilişkilidir. Zümrüt Kaplıcaları, Kumçatı ve Başağaç mevkiilerinden alınan sularda Na içeriğinin baskın olduğu tespit edilmiştir. Bu su örneklerindeki Na artışı kaya-su etkileşimi kaynaklıdır.

İnceleme alanındaki sularda As, Al, Br, Ba, Cr, Cd, Cu, Hg, Fe, Ni, Mn, PO_4 , Sb, Pb, Se, Zn, Serbest Siyanür ve çözünmeyen maddeler olarak Borik Asit (H_3BO_3), Silikat Asidi (H_2SiO_3), analizleri yapılmıştır. Örneklerde Cd, Cr, Cu, Pb, Sb, Serbest Siyanür değerleri tespit edilememiştir. Ba, Fe, Ni ve Zn konsantrasyonlarının ise sınır değerleri aşmadığı görülmüştür. İnceleme alanında suların As içeriği 11-22 $\mu\text{g}/\text{l}$ arasında değişmektedir. Değerlendirilen standart ve yönetmeliklerin tamamında As için standart değer 10 $\mu\text{g}/\text{l}$ olarak verilmiştir. Tüm su örneklerinin As için verilen içme suyu sınır değerini aştığı görülmektedir. Besta Meryama kaplıcası kaynak suyunda Mn içeriğinin ve Belkıs Ana Kaplıcasında Se içeriklerinin içme suyu sınır değerlerini aştığı belirlenmiştir. Ayrıca, araştırma kapsamında su örneklerinin koliform ve fekal koliform bakteri analizleri yapılmıştır. Bazı su örneklerinde Kaplıcalar Yönetmeliğinde verilen sınır değerlerin aşıldığı tespit edilmiştir. Şırnak ilinden alınan termal su örneklerinin majör anyon, iz element ve mikrobiyolojik analiz sonuçlarına göre uzun süreli içme suyu olarak kullanımının uygun olmadığı belirlenmiştir. Elde edilen çıktılar termal suların modern tesisler ile sağlığa uygun kullanımının sağlanabilmesi için hangi parametrelerin risk taşıdığını ortaya koymuştur. Bu sonuçlar dikkate alınarak gerekli önlemler alınmalı ve bu jeotermal alanların kullanımı geliştirilmelidir.

Teşekkür (Acknowledgement)

Bu çalışma Şırnak Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2021.ÖNAP.11.03.01 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar (References)

- Baba, A., Gökçen Akkurt, G., Demir, M.M., Yeşilnacar, İ., Nalbantçılar, M.T., Şaroğlu, F., Kuzgunkaya, E., Akkuş, İ., Özel, N., Arslan, Ş., Dursun, N., Yazdanı, H., 2015a. GAP İlleri Jeotermal Kaynakları Araştırma Projesi Sonuç raporu.
- Baba, A., Akkuş, İ., Şaroğlu, F., Özel, N., Yeşilnacar, İ., Nalbantçılar, M.T., Demir, M.M., Gökçen, G., Arslan, Ş., Yazdanı, H., Kuzgunkaya, E., Dursun, N., 2015b. Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki (GAP) Jeotermal Kaynakların Hidrojeokimyasal Özellikleri. III. Jeotermal Kaynaklar Sempozyumu- 04-06 Kasım 2015-Ankara, Bildiriler kitabı 207-218
- Baba A., Sözbilir H., 2012. Source of Arsenic Based on Geological And Hydrogeochemical Properties of Geothermal Systems in Western Turkey. Chemical Geology 334(12): 364-377.
- Bozkurt, E., 2001. Neotectonics of Turkey-a synthesis. Geodinamica Acta, 14, 3-30
- Çoruh, T., 1991. Adıyaman Civarındaki (XI Bölge Kuzeybatısı Ve XII. Bölge) Yüzeyleyen Kampaniyen-Tanesiyen İstifinin Biyostratigrafisi Ve Paleocoğrafik Evrimi, TPAO Araş. Rap. No: 1656, 94 S.
- Çoruh, T., Yakar, H., Ediger, V.Ş., 1997. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Otokton İstifinin Çorbiyostratigrafisi Atlası. TPAO, Araştırma Merkezi Grubu Bşk., Eğitim Yayınları, No: 30.
- Egemeier, S.J. 1981. Cavern development by thermal waters. NSS Bulletin, 43:2, 31-
- EPA, 2018. Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories Tables. EPA 822-F-18-001, Office of Water, U.S. Environmental Protection Agency Washington, DC
- Ercan, T., Şaroğlu, F., Turhan, N., Matsuda, J., UI, Fujitani, T., Notsu, K., Bağırşakçı, S., Aktimur, S., Can, B., Emre, Ö., Akçay, A.E., Manav, E., Gürler, H., 1991. Karacadağ Volkanitlerinin Jeolojisi Ve Petrolojisi. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, S 6, S. 118-133.

- Eroğlu A., Aksoy N., 2003. Jeotermal Suların Kimyasal Analizi, VI. Ulusal Tesisat Kongresi, Jeotermal Enerji Semineri Kitapçığı. 149-183.
- Freeze, A.R., Cherry A.J., 1979. Groundwater by Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. 07632 London UK.
- Gibbs, R.J., 1970. Mechanisms to Trace Metal Transport in Rivers. Science, 180:71-173.
- Goldscheider, N., Mádl-Szőnyi, J., Erőss, A., Schill, E., 2010. Review: thermal water resources in carbonate rock aquifers. Hydrogeology Journal 18(6): 1303-1318. <https://doi.org/10.1007/s10040-010-0611-3>.
- Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z., 1997. Su Kalitesi, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No: 43, Türkiye Sağlık Bakanlığı yayınları.
- IAH, 1979. International association of hydrogeologists, map of mineral and thermal water of Europe. Scale 1:500,000, United Kingdom
- Kartal, G., Kahvecioğlu, Ö., Güven, A., Timur, S., 2004. Metallerin çevresel etkileri-II. Metalurji dergisi, 137, 46-51.
- Koçak, A., 2000. Türkiye’de Jeotermal Enerji Aramaları Ve Potansiyeli. Türkiye 8. Enerji Kongresi. (109-124). Basım Yeri : Ankara
- MEB, 2011. Milli Eğitim Bakanlığı, Çevre Sağlığı, Suların Analiz Parametreleri (850CK0011) kitabı, Ankara,
- MTA, 2007a. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, 1/100000 ölçekli Türkiye Jeoloji haritaları, Cizre N-48 paftası, No:59
- MTA, 2007b. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, 1/100000 ölçekli Türkiye Jeoloji haritaları, Cizre M-50 paftası, No:56
- MTA, 2008a. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, 1/100000 ölçekli Türkiye Jeoloji haritaları, Mardin M-47 paftası, No:66
- MTA, 2008b. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, 1/100000 ölçekli Türkiye Jeoloji haritaları, Cizre M-49 paftası, No:57
- OSB, 2016. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, III. Bölge Müdürlüğü Şırnak Şube Müdürlüğü, Şırnak İli Tabiat Turizmi Master Planı 2016-2019
- Özel, N., Bekişoğlu, Ş., 2002. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Termal Su Kaynaklarının Seracılık ve Termal Turizmde Değerlendirilmesi. ÇESAV, Yayın No.1, Ankara, 158s.
- Özel, N., 2001. GAP Bölgesi’nin Jeolojisi Maden ve Enerji Kaynakları 2001, Şanlıurfa
- Sungurlu, O., 1974. IV. Bölge Kuzey Saha Jeolojisi: Türkiye 1. Petrol Kongresi Tebliğleri, 85-107.
- Şahinci, A., 1991. Doğal Suların Jeokimyası, Reform Matbaası, Bölüm 2, 33, İzmir.
- Şaroğlu, F., Emre, Ü. 1987. Karacadağ Volkanitlerinin Genel Özellikleri Ve Güneydoğu Anadolu Otoktonundaki Yeri: Türkiye 7. Petrol Kongresi Bildiriler Kitabı, 384-391.
- Şaroğlu, F., 1987. Doğu Anadolu’da Neotektonik Dönemdeki Jeolojik Evrim Ve Havza Modelleri. Mta Dergisi, 107, S.73-94
- Şimşek, Ş., 2002. Potential and Developments of Geothermal Energy in Turkey, ENERGY’2002 Conference, Proceedings İstanbul, 1-10.
- TS-266, 2005. İnsani Tüketim Amaçlı Sular. Türk İçme Suyu Standartları TS 266 Sayılı Standart -Türk Standartları Enstitüsü – Ankara.
- TSE, 2010. Doğal Mineralli Sular, TSE 9130, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- WHO, 2017. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum, ISBN 978-92-4-154995-0