



## Gölbaşı (Isparta) Arsenik Mineralizasyonu ve Yakın Çevresindeki Suların Hidrojeokimyasal Özellikleri

Selma DEMER<sup>\*1</sup> ve Merihcan AYDEMİR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi, 32200, Isparta

<sup>2</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü / ISPARTA

(Alınış Tarihi: 26.09.2014 Kabul Tarihi: 31.12.2014)

### Anahtar Kelimeler

Arsenik  
Isparta-Gölbaşı  
Hidrojeokimya  
Hidrojeoloji

**Özet:** Gölbaşı (Isparta) arsenik cevherleşmesi, Eosen yaşlı filiş düzeylerinin içinde genç tektoniğe bağlı olarak gelişmiş ağsal kırıkların ve fay zonlarının boşluklarına damarlar şeklinde yerleşmiştir. Bu çalışmada Gölbaşı arsenik cevherleşmesi ve yakın çevresindeki yeraltısularının hidrojeokimyasal özellikleri incelenmiştir. Çalışma alanı çevresinde bulunan yüzey ve yeraltısularından örnekler alınmış ve hidrojeokimyasal analizler yapılmıştır. Su örneklerinin ölçülen parametreler bakımından standart değerler ile uyumlu olduğu, sadece mineralli su ve yüzey sularında SO<sub>4</sub> miktarlarının sınır değer (250 mg/l) üzerinde olduğu belirlenmiştir. Yeraltısuyu örnekleri ölçülen parametreler bakımından I. kalite sular sınıfında iken, SO<sub>4</sub> miktarı bakımından mineralli su ve yüzey suyu örnekleri IV. kalite sular sınıfındadır. Bölgedeki yeraltısularının Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> tipli sular fasiesinde, iyi-çok iyi kaliteli ve sulamaya uygun sular grubunda olduğu belirlenmiştir. Yüzey sularının ise Mg-Ca-SO<sub>4</sub> tipi sular fasiesinde, yüksek Ca, Mg, SO<sub>4</sub> ve dolayısıyla yüksek EC değeri nedeniyle kötü-orta kaliteli ve sulama uygun olmayan sular grubunda olduğu belirlenmiştir. Yapılan ölçümlerde sulara As belirlenmemiştir. Alüvyonda açılan kuyuların sığ derinlikte olması ve yüzeysel sulardan beslenmesi nedeniyle sulara arseniğin bulunmadığı düşünülmektedir.

## Hydrogeochemical Features of the Waters in Gölbaşı (Isparta) Arsenic Mineralization and Environs

### Keywords

Arsenic  
Isparta-Gölbaşı  
Hydrogeochemistry  
Hydrogeology

**Abstract:** Gölbaşı (Isparta) arsenic mineralization takes place within the Eosen aged flysch units. The mineralization was emplaced into stockwork veinlets and fault zones related with neotectonic events. In this study, hydrogeochemical characteristics of waters in Gölbaşı arsenic mineralizations and environs were investigated. From surface and groundwaters in the investigated area were collected sampling and performed hydrogeochemical analysis. Water samples in terms of measured parameters are compatible with standard values. Only mineral water and surface water samples sulfate concentrations were determined that exceeds the tolerance limits (250 mg/l). While groundwater samples were classified as I. type quality waters, mineral and surface waters in terms of SO<sub>4</sub> contents were classified as IV. type quality waters. Groundwaters were classified as drinkable quality waters and can be considered as Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> type waters and it were determined that the appropriate water for irrigation. Surface waters can be considered as Mg-Ca-SO<sub>4</sub> type waters and poor-medium quality waters due to the high Ca, Mg and SO<sub>4</sub> contents and EC values. Surface waters were determined that unsuitable water for irrigation. Arsenic in waters taken from the study area not determined. In these waters are thought to be the absence of arsenic due to the shallow depth of wells drilled in alluvium and that feeding from surface waters.

\*İlgili yazar: selmademer@sdu.edu.tr

## 1. Giriş

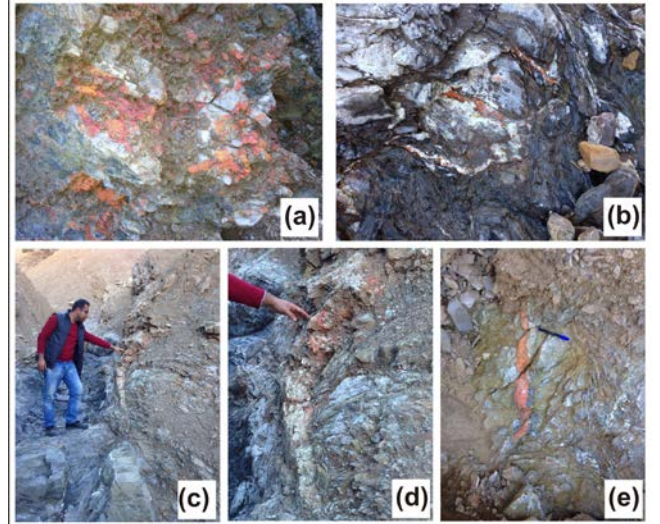
Yeraltı suları jeolojik formasyonlar içine yerleşirken yada dolaşım halinde iken kayaların çözünme derecelerine göre az ya da çok oranda çözümlenmiş madde yeraltı sularına karışır. Bunun miktarı, yeraltı suyunun kayalarla temas süresine, suyun hızına, sıcaklığına, kayanın cinsine ve ortamın basıncı gibi özelliklere bağlı olarak değişir. Doğada nadiren serbest halde bulunan arsenik genellikle, sülfür, oksijen ve demirli bileşikler şeklinde bulunur. Hem doğal, hem antropojenik kaynaklı olarak bulunabilen arsenik toksik ve kanserojen bir maddedir. Toprakta, suda ve canlı organizmalarda arsenik ppm'den ppb'ye değişen konsantrasyonlardadır (He vd., 2004; Duker vd., 2005; Atabey, 2005; O'Day, 2006). Arseniğe maruz kalmanın en önemli kaynağı içme suyudur. Arsenik doğal sulara ise düşük konsantrasyonlarda bulunur. Sulara en yüksek arsenik konsantrasyonları özellikle jeokimyasal koşulların arseniğin çözünmesine yardımcı olduğu bazı yeraltı sularında bulunmaktadır (Çakmakçı vd., 2008; Pontius vd., 1994; Canıyılmaz, 2005). Sağlığa olumsuz etkileri nedeniyle içme sularında bulunabilecek arsenik miktarlarına her ülkede belirli sınırlamalar getirilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2006) ve Çevre Koruma Ajansı (EPA, 2002) tarafından içme sularında bulunması gereken maksimum değer 10 µg/l olarak belirlenmiştir. Ülkemizde de içme ve kullanma sularında arsenik için izin verilen sınır değer 10 µg/l olarak uygulanmakta ve içme ve kullanma sularının standardı olarak aranmaktadır (İTSHY, 2005).

Çalışma alanı GB Anadolu'da Isparta Büklümü olarak bilinen coğrafik yapının KB'sında yer alır. Isparta Büklümü, Toros dağ kuşağının ana bileşenini oluşturan Mesozoyik yaşlı karbonat ekseninin Antalya körfezi kuzeyinde ters "V" şeklinde bükülmesi sonucu oluşmuştur. Isparta Büklümü batıdan KD gidişli Burdur fay zonu ile doğudan ise KB gidişli Akşehir-Simav fayları ile sınırlanmıştır. Bölgede yer alan otokton birimler Kayıköy formasyonu ve Kızıltepe filizinden oluşmaktadır. Burdur çevresinde yer alan Likya naplarına ait allohton kayalar Gökçebağ karmaşığı olarak ayırt edilmiştir (Yağmurlu vd., 1997; Ertunç vd., 2001).

Gölbaşı arsenik cevherleşmesi, Isparta-Burdur karayolunun üzerinde bulunan Gölbaşı Köyü'nün güneyinde yaklaşık 1 km<sup>2</sup>lik bir alanda mostra verir (Şekil 1) ve Eosen yaşlı filiz düzeylerinin içinde genç tektoniğe bağlı olarak gelişen ağsal kırıkların ve fay zonlarının boşluklarına damarlar şeklinde yerleşmiştir. Damarlar, kalsit, realgar, barit, orpiment ve piritten oluşan basit bir mineral parajenezine sahiptir. Sıvı kapanım incelemeleri minerallerin oluşumunun genelde 50-205 °C arasında değişen sıcaklıklara sahip eriyiklerden itibaren geliştiğini göstermiştir. Ancak esas oluşum evresinin ortalama olarak 70-120 °C arasında değiştiği hesaplanmıştır (Kuşcu, 1995). Gölbaşı realgarlı baritli kalsit

mineralizasyonunun hidrotermal eriyiklerden itibaren epitermal evrede oluştuğu belirtilmiştir. Yan kayacı oluşturan filiz içerisinde gözlenen jips ve kükürtün varlığının, bölgede halen faaliyetine devam eden solfator evreden kaynaklandığı ifade edilmiştir (Kuşcu, 1995; Kumral, 2000). Gölçük volkanizması, Gölbaşı arsenik mineralizasyonunun bulunduğu bölgede Keçiborlu kükürt, Yelliyatak Tepe kükürt, Yakaören kükürt gibi cevherleşmelerin de kaynağı olarak gösterilmektedir (Sarız, 1985; Özgüner vd., 1989). Dolayısıyla, Gölçük volkanizmasının arsenik mineralizasyonunun gelişmesine neden olan hidrotermal eriyiklerin kaynağı olması olasılığının yüksek olduğu ifade edilmiştir (Kuşcu, 1995). Gölbaşı arsenik cevherleşmesi oldukça küçük bir alanda bulunduğundan dolayı ekonomik potansiyele sahip değildir. Ancak oluşumu ve volkaniklere ait ne tür cevherleşmeler olabileceğinin belirlenmesi açısından önemlidir. Ayrıca iri kristalli realgar ve orpimentle birlikte barit oluşumları açısından Türkiye'nin en önemli zuhurudur (Kumral, 2000).

Gölbaşı arsenik cevherleşmesinin yakınında yerleşim alanları bulunmaktadır. Bu yerleşim alanlarında yaşayan halkın içme ve kullanma suyu ihtiyacı yeraltı sularından karşılanmaktadır. Su kaynaklarının kirliliğinin izlenmesinde ve içme suyu niteliklerinin belirlenmesinde suların hidrojeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi gereklidir. Bu nedenle bu arsenik oluşumlarının bölgedeki yeraltı sularına etkisinin olup olmadığının araştırılması için hidrojeokimyasal çalışmaların yapılması önem taşımaktadır.



**Şekil 1.** Gölbaşı arsenik zuhuruna ait fotoğraflar (a ve b: realgar ve orpiment içeren kalsit damarları; c, d ve e: filiz birimi içinde gözlenen As oluşumları)

## 2. Materyal ve Metot

Çalışma alanında daha önce yapılmış çalışmalar derlenmiş, bölgenin jeolojisi hakkında bilgiler elde edilmiş ve önceki çalışmalardan yararlanarak jeoloji haritası hazırlanmıştır. Arsenik mineralizasyonunun

bulunduğu bölgedeki Ergenli dere, Sarı dere, Sar dere, Acıdere gibi dereler mevsimlik yağışlarla akışa geçen dereler olduğu için ve yağışların yeterli derecede gerçekleşmemesi nedeniyle bu derelerde de su miktarı yeterli düzeyde birikmemiştir. DMİ Genel Müdürlüğü Burdur Meteoroloji İstasyonu verilerine göre de son 5 yılda yıllık toplam yağış miktarında yaklaşık 200 mm azalma görülmektedir (DMİ web, 2014). Bu nedenle arazi çalışmasında örnekler mevsimlik yağışlarla oluşan ince akış şeklindeki yüzey sularından alınmıştır. Yeraltıları ise DSİ kuyularının kapalı olması nedeniyle mevcut keson kuyu veya şahıslara ait kuyulardan alınmıştır. Hidrojeokimyasal çalışmalar için yapılan bu arazi çalışmalarında 15 adet su örneği alınmıştır. Arazi çalışmalarında Gölbaşı köyü çevresinde bulunan 7 adet yeraltısuyu, 7 adet yüzey suyu ve 1 adet kaynak suyu (mineralli su) olmak üzere toplam 15 lokasyonda in-situ ölçümleri gerçekleştirilmiş, örnek alımı yapılmış ve laboratuvarda ölçümleri tamamlanmıştır. Bu çalışmalar için arazide örnek alımı, örneğin laboratuvara getirilmesi ve korunması standart metotlara (Standard Methods, 2005) uygun olarak yapılmıştır. Arazi çalışmalarında sıcaklık (T), hidrojen iyonu aktivitesi (pH), elektriksel iletkenlik (EC), redoks potansiyeli (Eh) taşınabilir cihazlarla ölçülmüş, alkalinite titrimetrik yöntemle belirlenmiştir. Alınan örneklerin in-situ ve hidrojeokimyasal analizleri Süleyman Demirel Üniversitesi Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezinde bulunan in-situ ve hidrojeokimyasal analiz cihazları kullanılarak standart metotlarla (Standard Methods, 2005) gerçekleştirilmiştir. As ölçümleri de ICP-OES cihazı ile standart metotlarda (Standard Methods, 2005) belirtildiği şekilde hidrür tekniği kullanılarak yapılmıştır. Alınan 15 adet su örneğinin hidrojeokimyasal analiz sonuçları AquaChem v.3.7 (Calmbach, 1999) bilgisayar programı kullanılarak da değerlendirilmiştir.

### 3. Bulgular

#### 3.1. Jeoloji

Bölgede yeralan otokton birimler Kayıköy formasyonu ve Kızıltepe filişinden oluşmaktadır (Şekil 2 ve 3). Burdur çevresinde yeralan Likya naplarına ait allokton kayalar ise Gökçebağ karmaşığı olarak ayırt edilmiştir.

##### 3.1.1. Kayıköy Formasyonu (Ti)

Kayıköy formasyonu çalışma alanının doğu-kuzeydoğu kesiminde geniş bir yayılıma sahiptir. Birim kumtaşı, çamurtaşı araldanmasından ve yersel kumlu kireçtaşı arakatki ve mercceklerinden oluşur. Birim içerisinde özellikle Burdur fay zonu boyunca hidrotermal çıkışlara bağlı gelişen alterasyonlar ve sülfürlü mineral oluşukları (jips, realgar, orpiment, barit, kükürt vb. gibi) olağan şekilde bulunmaktadır (Kuşcu, 1995). Yelliyatak Tepe civarında ve Şifa maden suyu çevresinde aktif kükürt ve karbondioksit çıkışları olan

kaynaklar yeralmaktadır. Kayıköy formasyonu, sarımsı, kahve, uzaktan bakıldığında alacalı renkli, az engebeli sırtları oluşturan, düzgün tabakalı birimlerden oluşur. Formasyon egemen olarak sarımsı ile grimsi ince ile orta düzenli katmanlı ve ince taneli türbiditik kumtaşlarından oluşur. Birimin kumtaşlarının tabanında gözlenen daha çok alt düzeylerinde çakıltaşı düzey ve merccekleri yaygın olarak bulunur. Üste doğru çıkıldıkça belirgin bir tane inceliği sözkonusu olup, koyu grimsi, bitki izli kumtaşı ve kırmızımsı bordo renkli çamurtaşları egemenleşir. Kayıköy formasyonu genç tektonik aktivitelerden yoğun olarak etkilenmiş olduğu için çok kıvrımlı ve kırıklı bir yapı kazanmıştır. Birimin bu kırıklı ve kıvrımlı yapısı nedeniyle gerçek kalınlığının ölçülemediği, ancak tipik kesitinin bulunduğu alanda 800 m'ye yakın kalınlık sunduğu belirtilmektedir. Daha önceki araştırmacılar birimin değişik seviyelerinden derledikleri örneklerde Üst Paleosen-Orta Eosen zaman aralığına ait fosiller tespit etmişlerdir (Karaman, 1986; Görmüş ve Özkul, 1995; Ertunç vd, 2001).

##### 3.1.2. Kızıltepe filışı (Tk)

Birimin adı Gutnic vd. (1979) tarafından verilmiştir. Bu birimin, Koçtepe formasyonu (Sarız, 1985; Görmüş ve Özkul, 1995), Hüseyinçeşme ve Söbütepe formasyonları (Yalçınkaya vd, 1986); Kızılkırma formasyonu (Karaman vd., 1988; Yıldız ve Toker, 1991); Kabaktepe formasyonu (Yalçınkaya, 1989) ile eş tutulmakla birlikte, bu çalışmada birimin litolojik özellikleri nedeniyle Gutnic vd (1979) tarafından yapılan isimlendirme kabul edilmiştir.

Kızıltepe filışı, sarı, kırmızı renkli kumtaşı, kiltası, marn, yer yer konglomera araldanmalı litolojiden oluşmakta olup oldukça bozuşmuş bir yapı sunmaktadır. Bu nedenle birim, Gutnic vd (1979) tarafından paraotokton olarak ayrılmıştır. Kızıltepe filişinin yaşı Gutnic vd. (1979) tarafından Eosen olarak belirlenmiştir.

##### 3.1.3. Gökçebağ Karmaşığı (Mg) – (Allokton Birim)

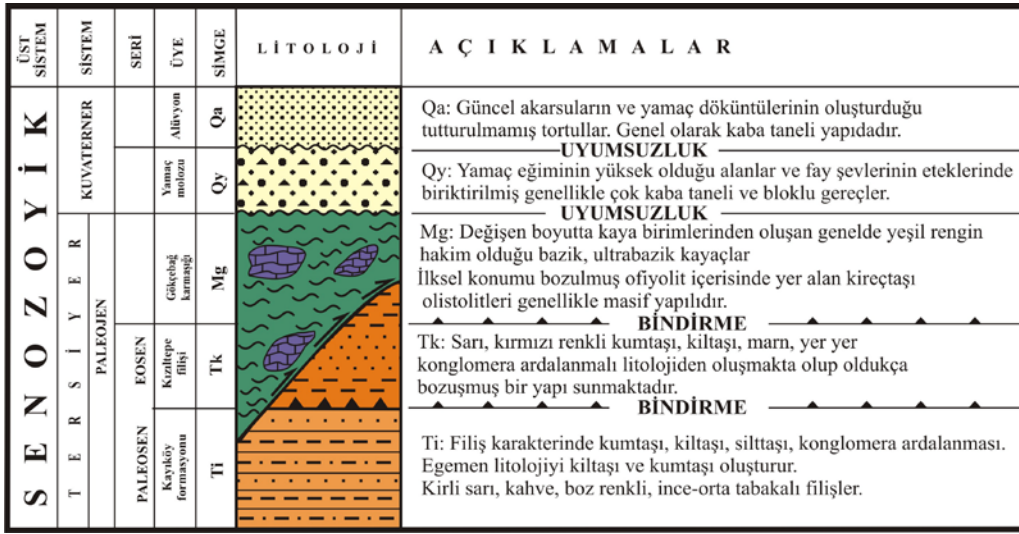
Burdur çevresinde okyanusal litosfere ait pelajik çökeller ve ultrabazik kayalar ile temsil edilen, tektonik etkilerle düzensiz ve bloklu içyapı özelliği gösteren kaya topluluğu Gökçebağ karmaşığı olarak adlandırılmıştır. Birimi oluşturan ofiyolitik bloklar egemen olarak kireçtaşı, diyabaz, serpantin, peridotit, gabro, radyolarit ve çört bileşenlerinden yapıldır. Ofiyolitler çoğunlukla türbiditlerden oluşan bir matriks içinde düzensiz biçimde dağılmış olarak bulunur. Gökçebağ karmaşığını oluşturan kaya toplulukları çalışma alanı güneyinde Gökçebağ çevresinde gözlenmektedir. Birim, bloklu ve heterojen yapısı ve değişik renk tonuyla inceleme alanı içerisinde diğer birimlerden kolayca ayrılmaktadır. Koyu yeşil ve siyahımsı, çok sık çatlak ve kırıklı içeren serpantinleşmiş peridotitler (dunit, harzburjit,

lerzolit, verlit vb. gibi birimin egemen blok bileşenlerini oluşturmaktadırlar. Bunun yanısıra birimin içerisinde yer yer gabro, diyabaz çakılları ile breşik yapılı spilitik bazalt, radyolarit ve çört blokları yaygın olarak gözlenen diğer kayalardır. İlkel konumu bozulmuş ofiyolit dizisi kayaçlarından oluşan Gökçebağ karmaşığı içerisinde yer alan kireçtaşı olistolitleri genellikle masif yapılı olup, topografyada yüksek alanları oluşturmaktadır. Birim, Gökçebağ çevresinde yer alan en geniş yüzeylemesinde Kızıltepe filişü üzerine tektonik dokanakla gelir. Gökçebağ karmaşığının bölgeye yerleşim yaşı Lütésiyen ve

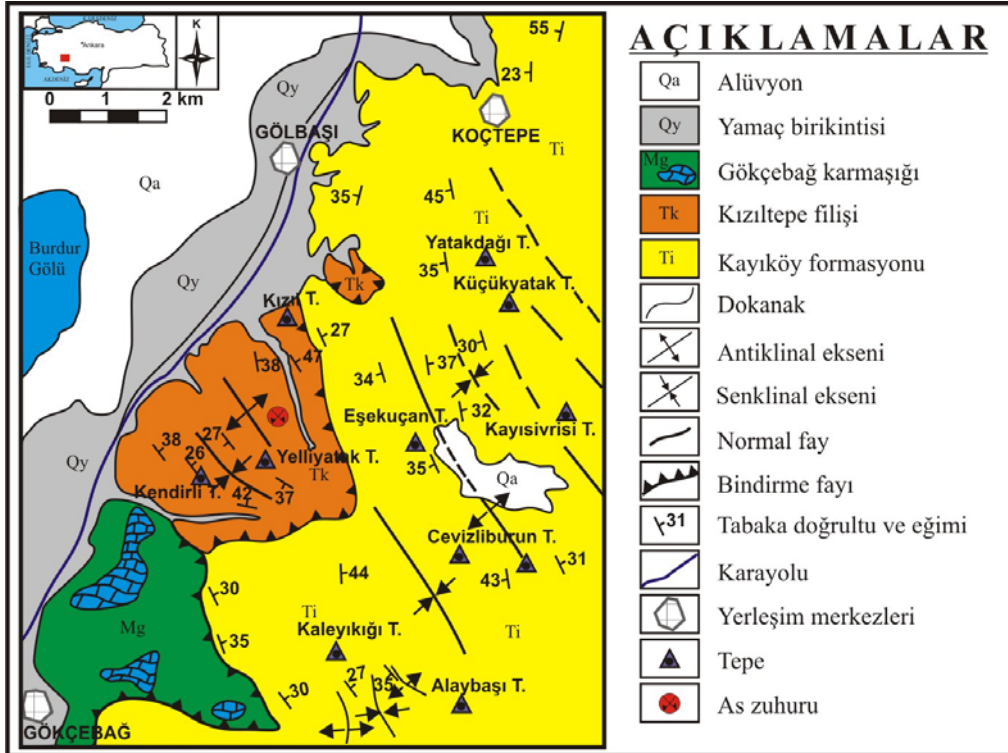
sonrası olarak öngörülmektedir (Görmüş ve Özkul, 1995; Ertunç vd, 2001).

### 3.1.4. Alüvyon (Qa) ve Yamaç birikintisi (Qy)

Güncel akarsuların ve yamaç döküntülerinin oluşturduğu tutturulmamış tortullardan oluşur. Birimlerden taşınan gereçler kaba taneli alüvyon ve birikinti konilerini oluşturmaktadır. Birim egemen olarak sarımsı, kötü boylanmalı, zayıf pekleşmiş çakıl, kum ve çamurtaşı düzeylerinden yapılandır (Görmüş ve Özkul, 1995; Ertunç vd, 2001).



Şekil 2. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafi kesiti (Gutnic vd., 1979 ile Görmüş ve Özkul, 1995'ten yararlanarak)

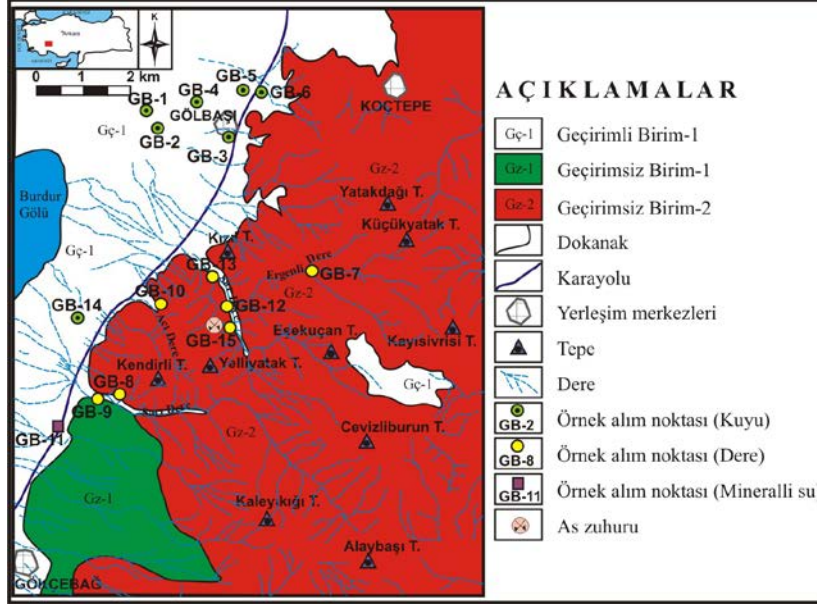


Şekil 3. Çalışma alanının jeoloji haritası (Gutnic vd., 1979 ile Görmüş ve Özkul, 1995'ten yararlanarak)

### 3.2. Hidrojeoloji

Çalışma alanı içerisinde Ergenli dere, Sarı dere, Sarı dere, Acidere gibi mevsimsel akışı olan dereler ile içme-sulama amaçlı kullanılan çeşitli derinliklerde kuyular bulunmaktadır. Ayrıca maden suyu işletmesinde kullanılan kaynak çıkışı mevcuttur. Bunun yanında, çalışma alanı içerisinde Sarı dere üzerinde inşa aşamasında olan Isparta-Gönen-Gölbaşı göleti, Gölbaşı Köyü'nün tarım arazilerine sulama suyu temin edilme amacıyla yapılmaktadır. Çalışma alanında yeraltı seviyesini belirlemek için mevcut

kuyularda dalgıç pompa bulunmasından dolayı statik su seviyeleri ölçülemez. Ancak, DSİ tarafından Isparta-Gönen-Gölbaşı göleti için araştırma amaçlı açılan sondajlarda su seviye ölçümleri yapılmış ve 10,00-40,00 m derinliklerde açılan kuyularda 1,00-24,00 m arasında değişen su seviyeleri elde edilmiştir (DSİ, 2013). Çalışma alanında bulunan jeolojik birimler hidrojeolojik özelliklerine göre Geçirimli (Gç), Geçirimsiz (Gz) olmak üzere sınıflandırılmış ve hidrojeoloji haritası hazırlanmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Çalışma alanının hidrojeoloji haritası

#### 3.2.1. Geçirimli Birim 1 (Gç-1)

Güncel akarsuların ve yamaç döküntülerinin oluşturduğu tutturulmamış tortullardan oluşan zayıf pekleşmiş çakıl, kum ve çamurtaşı düzeylerinden yapılabilen alüvyon ve yamaç birikintisi Geçirimli Birim 1 (Gç-1) olarak ayırtlanmıştır.

#### 3.2.2. Geçirimsiz Birim 1 (Gz-1)

Okyanusal litosfere ait pelajik çökeller ve ultrabazik kayalar ile temsil edilen, tektonik etkilerle iç yapısı bozulmuş, içerisinde değişen boyutta kaya birimlerini blok olarak bulduran serpantinit, gabro, diyabaz, çört gibi bazik-ultrabazik kayalardan oluşmuş Gökçebağ Karmaşığı Geçirimsiz Birim 1 (Gz-1) olarak isimlendirilmiştir. Ofiyolitler içerisinde olistolit konumlu kireçtaşı blokları bulunduğu durumlarda su alınabilir. Serpantinitle makaslama yüzeyi çok fazla olduğu için bozuşmaya uğrayıp geçirimsizlik kazanırlar.

#### 3.2.3. Geçirimsiz Birim 2 (Gz-2)

Genel olarak filiş karakterinde gözlenen Kayıköy formasyonu ve Kızıltepe filiş Geçirimsiz Birim 2 (Gz-

2) olarak sınıflandırılmıştır. Kiltası, silttaşı, marn ve şeylerden oluşan birim yeraltı suyu içermemektedir. Birim içindeki kumtaşı düzeyleri ince tabakalı kırılğan yapıdadırlar. Kumtaşlarında gelişen çatlak ve kırıkların boşluklarında, kumtaşlarında meydana gelen ikincil gözeneklilikten ötürü yeraltı suyu bulunabilir.

### 3.3. Hidrojeokimya

Çalışma alanında bulunan yüzey ve yeraltı sularının hidrojeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Gölbaşı As zuhuru yakın çevresinde bulunan 7 adet sondaj kuyusundan, 7 adet yüzey suyundan ve 1 adet kaynak suyundan olmak üzere toplam 15 adet su örneği alınmıştır (Tablo 1 ve 2). Yeraltı sularından alınan örneklerinin in-situ ölçümlerinde pH değerleri 7,25-7,62 arasında olup, göle en yakın lokasyonda alınan örneğin pH'sı 8,40, yüzey sularından alınan örneklerin pH değerleri ise 7,79-8,19 arasında ölçülmüştür. Yeraltı sularının elektriksel iletkenliği 632-742  $\mu\text{S}/\text{cm}$  arasında olup (GB-14: 1902  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), yüzey sularının elektriksel iletkenlik değerleri GB-7 (496  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) ve GB-13 (1105,00  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) lokasyonları hariç 2770-3800  $\mu\text{S}/\text{cm}$  arasında ölçülmüştür (Tablo 1).

**Tablo 1.** Alman örneklerin in-situ analizleri

Sıra no	Örnek	T (°C)	pH	Eh (mV)	EC (µS/cm)	O <sub>2</sub> (mg/l)	TDS (mg/l)
1	GB-1 (Yeraltısuyu)	14,0	8,40	-149	693	7,51	485
2	GB-2 (Yeraltısuyu)	15,1	7,54	33	669	7,82	468
3	GB-3 (Yeraltısuyu)	13,5	7,55	123	731	7,62	512
4	GB-4 (Yeraltısuyu)	14,9	7,38	142	742	7,25	519
5	GB-5 (Yeraltısuyu)	16,3	7,25	162	668	7,54	468
6	GB-6 (Yeraltısuyu)	16,3	7,62	139	632	8,09	442
7	GB-14 (Yeraltısuyu)	6,8	7,52	207	1902	6,22	1331
8	GB-7 (Yüzey suyu)	5,8	8,19	176	496	8,32	347
9	GB-8 (Yüzey suyu)	6,2	7,79	174	<b>2770</b>	8,49	1939
10	GB-9 (Yüzey suyu)	6,3	7,80	198	<b>2772</b>	7,78	1940
11	GB-10 (Yüzey suyu)	6,5	7,83	221	<b>3460</b>	8,78	2422
12	GB-12 (Yüzey suyu)	6,6	7,94	228	<b>3800</b>	7,92	2660
13	GB-13 (Yüzey suyu)	7,2	8,04	224	1105	7,91	774
14	GB-15 (Yüzey suyu)	6,2	7,90	214	<b>3470</b>	7,91	2429
15	GB-11 (Mineralli su)	6,7	6,22	222	<b>2680</b>	6,57	1876
	TS 266, 2005	-	6,5-9,5	-	-	-	-
	WHO, 2006	-	6,5-8,5	-	-	-	-
	EPA, 2002	-	6,5-8,5	-	-	-	-
	İTASHY, 2005	-	6,5-9,5	-	2500	-	-

Doğal suların içme, sulama veya kullanma suyu olarak kullanılabilmesi için, suyun içinde bulunan maddelerin belirli limitler arasında olması istenir. Birçok ülkede içme, kullanma, sulama suları ile ilgili standartlar ve kabul edilebilir sınır değerler belirlenmiştir. Bu nedenle, su analizlerinin çeşitli alanlardaki kullanımına ilişkin standartlarla karşılaştırılması ve bu sınırlar aşıldığında ortaya çıkabilecek olumsuz veya zararlı etkilerinin belirlenmesi gereklidir. Ülkemizde Türk Standartları Enstitüsü tarafından belirlenen içme suyu standartları kullanılmaktadır (TS 266). Bunun yanı sıra Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Çevre Koruma Ajansı (EPA) standartları da içme suyu sınıflamasında kullanılan diğer standartlardır. Ayrıca yeraltı ve yerüstü su kaynakları potansiyelinin korunması ve en iyi bir biçimde kullanımının sağlanması için Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde (SKKY, 1998) yer alan, kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre suların kalite kriterleri belirlenmiştir.

Çalışma alanından alınan suların analiz sonuçları ulusal [Türk Standartları Enstitüsü (TS-266, 2005) ve Sağlık Bakanlığı İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (İTASHY, 2005)] ve uluslararası [Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2006), Çevre Koruma Ajansı (EPA, 2002)] içme suyu standartları ve ayrıca SKKY (1998) ile karşılaştırılmıştır. Yeraltısularında Na konsantrasyonları (GB-1: 99,0 mg/l hariç) 31,20-52,40 mg/l arasındadır. Yüzey sularında ise Na konsantrasyonları 2,00-33,40 mg/l arasında değişen değerler vermiştir. Alınan yeraltısuyu örneklerinin K değerleri 1,90-6,20 mg/l arasında, yüzey suyu örneklerinin K değerleri ise 1,60-7,20 mg/l arasında ölçülmüştür. Mg değerleri ise yeraltısularında 23,25-37,35 mg/l arasında olup sadece GB-14 lokasyonunda 218,20 mg/l olarak belirlenmiştir. Yüzey sularında Mg değeri ise GB-7 (25,75 mg/l) ve GB-13 (90,80 mg/l) hariç 250,20-458,40 mg/l arasında yüksek değerler vermiştir. Yeraltısuyu örneklerinin Ca konsantrasyonu 50,80-73,35 mg/l arasında olup sadece GB-14

lokasyonunda 122,40 mg/l, GB-1 lokasyonunda ise 27,15 mg/l ölçülmüştür. Yüzey sularında ise Ca konsantrasyonu yine GB-7 (60,60 mg/l) ve GB-13 (103,00 mg/l) lokasyonları hariç 369,00-530,00 mg/l arasında belirlenmiştir. Tüm bu analiz sonuçlarına göre yeraltısuyu ve yüzey suyu örnekleri TS-266 (2005), İTASHY (2005), WHO (2006) ve EPA (2002) standart değerleri ile uyumludur.

Yeraltısuyu örneklerinin NO<sub>3</sub> miktarı 0,07-25,86 mg/l arasında, yüzey suyu örneklerinin NO<sub>3</sub> miktarı <0,01-13,02 mg/l arasında ölçülmüştür. Yeraltısuyu örneklerinin Cl değerleri 6,21-17,36 mg/l arasında ve yüzey suyu örneklerinin Cl değerleri 5,20-12,27 mg/l arasında olup yakın değerler vermiştir. Sondaj kuyularının HCO<sub>3</sub> miktarı 433,10-445,30 mg/l arasındadır. Göle en yakın lokasyon olan (GB-1) de HCO<sub>3</sub> miktarı 408,83 mg/l olup, 24,00 mg/l CO<sub>3</sub> değeri ölçülmüştür. GB-14 lokasyonu ise diğer kuyu sularından daha yüksek HCO<sub>3</sub> içeriğine sahiptir (598,00 mg/l). Yüzey sularının HCO<sub>3</sub> değerleri 244,00-408,83 mg/l arasında ölçülmüştür. Tüm örneklerin belirtilen analiz değerleri yine TS-266 (2005), İTASHY (2005), WHO (2006) ve EPA (2002) standart değerleri ile uyumludur.

Sondaj kuyularının SO<sub>4</sub> değerleri 6,60-29,22 mg/l arasında olup, sadece GB-14 lokasyonunda 646,95 mg/l ölçülmüştür. Yüzey sularından alınan örneklerin SO<sub>4</sub> değerleri GB-7 (29,27 mg/l) hariç 388,77 ile 2572,19 mg/l arasında değerlere sahip olup, TS-266 (2005), İTASHY (2005), WHO (2006) ve EPA (2002)'da belirtilen sınır değerinin (250 mg/l) üzerindedir. Bu yüksek değerlerin bölgedeki alterasyon zonlarında süngerimsi kütleler halinde gözlenen kükürt oluşumları ile ilgili olduğu düşünülmektedir (Şekil 5).

Mineralli su kaynağından alınan örnekte Na 33,00 mg/l, K 6,80 mg/l, Mg 357,80 mg/l, Ca 197,80 mg/l,

NO<sub>3</sub> 6,33 mg/l, HCO<sub>3</sub> 1317,60 mg/l, Cl 16,21 mg/l, SO<sub>4</sub> 740,35 mg/l olarak ölçülmüştür. Mineralli su kaynağı örneği ise ölçülen bu parametreler bakımından TS-266 (2005), İTASHY (2005), WHO (2006) ve EPA (2002) standart değerleri ile uyumlu olup, sadece SO<sub>4</sub> miktarı sınır değerinin üzerindedir.

740,35 mg/l olarak ölçülmüştür. Mineralli su kaynağı iken, yüzey suyu örnekleri sadece SO<sub>4</sub> miktarı bakımından SKKY (1998)'e göre IV. kalite sular sınıfındadır. Benzer şekilde mineralli su örneği SO<sub>4</sub> içeriği bakımından SKKY (1998)'e göre IV. kalite sular sınıfındadır.

Yeraltısuyu örnekleri ölçülen parametreler bakımından SKKY (1998)'e göre I. kalite sular sınıfında

**Tablo 2.** Alınan örneklerin hidrojeokimyasal analizleri (değerler mg/l cinsinden belirtilmiştir)

Sıra no	Örnek no	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Si	Pb <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>
1	GB-1	99,00	2,25	23,25	27,15	12,44	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2	GB-2	43,75	2,35	31,05	50,80	8,62	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
3	GB-3	35,25	2,45	37,35	68,30	6,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
4	GB-4	33,80	2,60	32,75	73,35	5,67	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
5	GB-5	32,25	2,20	29,25	72,70	5,54	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
6	GB-6	31,20	1,90	24,40	70,95	5,41	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
7	GB-14	52,40	6,20	218,20	122,40	15,60	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<b>0,33</b>
8	GB-7	9,55	1,60	25,75	60,60	3,73	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
9	GB-8	33,40	6,40	250,20	384,00	11,06	<0,01	<0,01	<0,01	0,12	<0,01	0,21
10	GB-9	27,40	6,20	270,40	369,00	7,56	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,17
11	GB-10	4,80	6,60	385,20	507,80	1,18	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,19
12	GB-12	3,60	7,20	458,40	530,00	1,40	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	<0,01	0,17
13	GB-13	28,60	5,60	90,80	103,00	2,63	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,17
14	GB-15	2,00	5,00	396,20	488,20	2,60	<0,01	<0,01	<0,01	0,13	<0,01	0,19
15	GB-11	33,00	6,80	357,80	197,80	14,92	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,18
	TS 266, 2005	200	-	-	-	-	0,01	-	2	0,20	0,05	0,20
	WHO, 2006	200	-	-	-	-	0,01	-	2	0,20	0,40	-
	EPA, 2002	-	-	-	-	-	0,01	-	1	0,20	0,05	0,30
	İTASHY, 2005	200	-	-	-	-	0,01	-	2	0,20	0,05	0,20

**Tablo 2.** (devam) (değerler mg/l cinsinden belirtilmiştir)

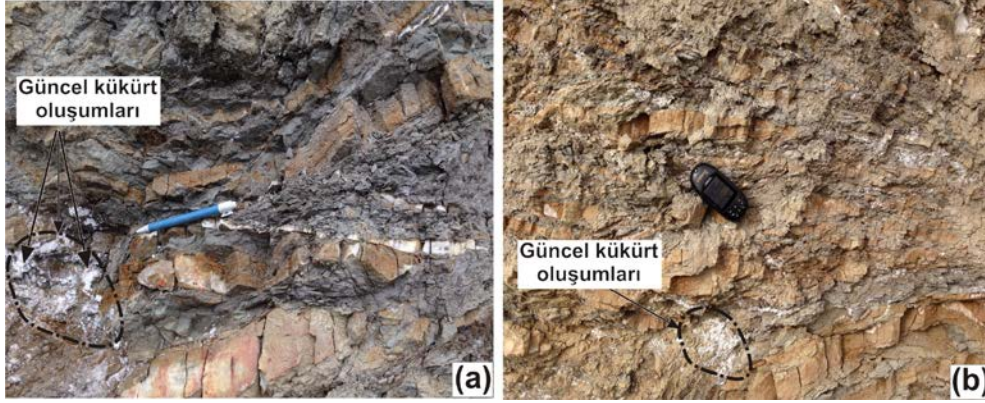
Sıra no	Örnek no	Sb	As	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	F <sup>-</sup>
1	GB-1	<0,01	<0,01	0,07	<0,01	24,0	408,83	<0,2	9,20	6,60	1,22
2	GB-2	<0,01	<0,01	10,02	<0,01	-	433,10	<0,2	11,89	23,56	0,50
3	GB-3	<0,01	<0,01	25,86	<0,01	-	445,30	<0,2	15,60	29,22	0,49
4	GB-4	<0,01	<0,01	21,30	<0,01	-	433,10	<0,2	14,04	23,08	0,20
5	GB-5	<0,01	<0,01	7,63	<0,01	-	439,20	<0,2	7,31	15,66	0,18
6	GB-6	<0,01	<0,01	7,67	<0,01	-	433,10	<0,2	6,21	12,57	0,25
7	GB-14	<0,01	<0,01	8,57	<0,01	-	598,00	<0,2	17,36	<b>646,95</b>	1,09
8	GB-7	<0,01	<0,01	1,46	<0,01	-	311,20	<0,2	5,20	29,27	0,14
9	GB-8	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	408,83	<0,2	11,21	<b>1470,21</b>	0,70
10	GB-9	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	319,03	<0,2	10,86	<b>1558,46</b>	0,88
11	GB-10	<0,01	<0,01	4,85	<0,01	-	305,00	<0,2	11,19	<b>2255,93</b>	1,18
12	GB-12	<0,01	<0,01	6,14	<0,01	-	262,30	<0,2	9,41	<b>2572,19</b>	1,48
13	GB-13	<0,01	<0,01	3,54	<0,01	-	244,00	<0,2	8,47	<b>388,77</b>	0,69
14	GB-15	<0,01	<0,01	13,02	<0,01	-	396,63	<0,2	12,27	<b>2130,32</b>	<b>1,54</b>
15	GB-11	<0,01	<0,01	6,33	<0,01	-	1317,60	<0,2	16,21	<b>740,35</b>	1,39
	TS 266, 2005	0,005	0,01	50	0,50	-	-	-	250	250	1,50
	WHO, 2006	0,005	0,01	50	0,50	-	-	-	250	250	1,50
	EPA, 2002	0,006	0,01	45	-	-	-	-	250	250	2,00
	İTASHY, 2005	0,005	0,01	50	0,50	-	-	-	250	250	1,50

Çalışma alanından alınan tüm su örneklerinde Cu, Pb, Zn, Al, Mn, Sb analizleri de yapılmış ve ölçülebilir değerler altında (<0,01 mg/l) bulunmuştur. Yüzey sularında Fe içeriği <0,01-0,21 mg/l arasında, 1 adet sondaj kuyusunda ise 0,33 mg/l ölçülmüştür. Yeraltısularında As değerleri yapılan ölçümlerde ölçülebilir değer altında (<0,01 mg/l) belirlenmiştir. Çalışma alanında temeli filiş birimi oluşturmaktadır. Arsenik oluşumları da bu geçirimsiz filiş birimi içinde bulunmakta ve Burdur fay zonu kırık ve çatlakları içinde

gözlenmektedir. Alüvyonda açılan kuyuların sığ derinlikte olması ve yüzeysel suların beslenmesi nedeniyle sulara arseniğin bulunmadığı düşünülmektedir. Yüzeysel sular da arsenik konsantrasyonu ölçülebilir sınır değerinin altında (<0,01 mg/l) belirlenmiştir. Özellikle GB-12 ve GB-15 nolu lokasyonlar cevherleşmeye en yakın yüzey suyu örnek alım noktalarıdır. Bu bölgede topografya oldukça dik olup, yağış suları beklemeksizin akmakta ve dolayısı ile litolojik birimler ve cevherleşme arasında etkileşim

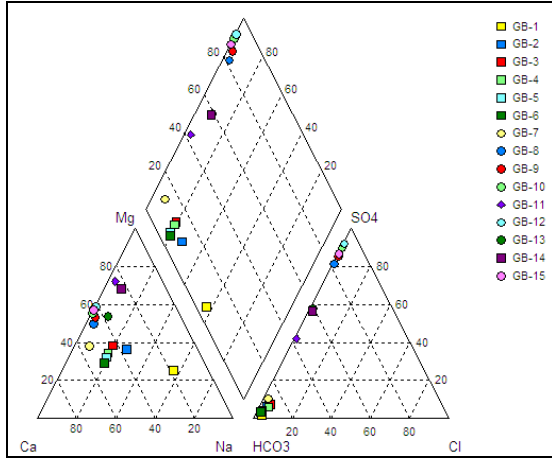
yeterli oranda gelişmemektedir. Çalışma alanı içerisinde arsenik oluşumlarının geniş alanlarda yüzeyleme vermemesi ve arsenik çözünürlüğüne katkıda bulunacak koşulların da (Eh-pH koşulları gibi) sağlanamaması nedeniyle sularda arsenik içeriğine

rastlanmadığı düşünülmektedir. Belirtildiği gibi arsenik oluşumları geniş bir alanda yüzeyleme vermemekte ve daha derinlerde arsenik oluşumlarının varlığı hakkında mevcut bilgi de bulunmamaktadır.



Şekil 5. Çalışma alanı içinde Yelliyatak tepe civarında gözlenen güncel kükürt oluşumları

İyonların topluca tek bir diyagramda görüntüleme kolaylığı açısından hidrojeolojide oldukça sık kullanılan diyagramlardan biri olan Piper diyagramına göre genel olarak yeraltısularının Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> tipli sular, yüzey sularının ise genel olarak Mg-Ca-SO<sub>4</sub> tipi sular fasiyesinde olduğu belirlenmiştir (Şekil 6).

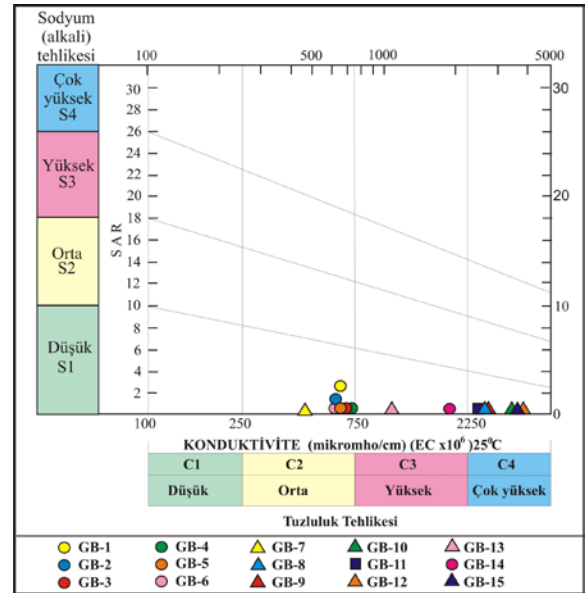


Şekil 6. Alınan sulara ait Piper (Piper, 1944) diyagramı (■: sondaj kuyusu, ●: yüzey suyu, ◆: mineralli su)

Suların sulamaya uygunluğunun belirlenmesi amacıyla yapılan ABD tuzluluk diyagramına göre sondaj suyu örnekleri C2S1 sınıfına girmektedir. C2S1 sınıfı sular, orta tuzlu, tuzluluk tehlikesi içermeden ve sodyum tehlikesi oluşturmadan tüm bitkiler için kullanılabilen sulardır. Yüzey suyu örnekleri ise çok fazla tuzlu ve sodyumlu su olarak sınıflandırılan C4S1 sınıfına grubunda olup sulamaya uygun olmayan sulardır (Şekil 7).

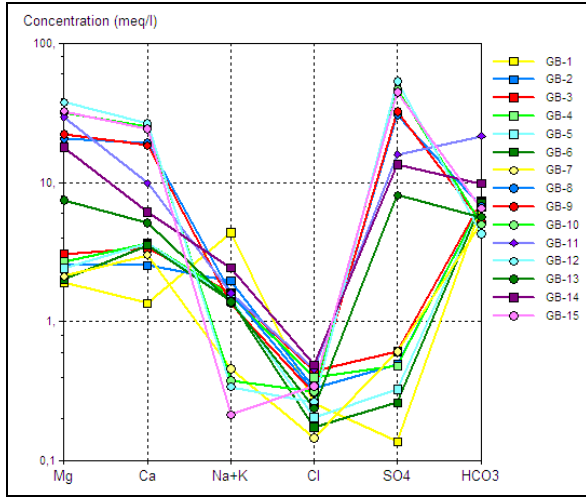
Yarı logaritmik Schoeller diyagramına göre yüzey suyu örneklerinin hakim iyon dağılımı katyonlar için Mg>Ca>Na+K, anyonlar için SO<sub>4</sub>>HCO<sub>3</sub>>Cl şeklindedir. Sondaj suyu örnekleri ise genel olarak benzer özellikler göstermekte olup hakim iyon dağılımı

katyonlar için Ca>Mg>Na+K, anyonlar için HCO<sub>3</sub>>SO<sub>4</sub>>Cl şeklinde dizilim sunmaktadır (Şekil 8).



Şekil 7. Alınan sulara ait ABD tuzluluk laboratuvarı (Richards, 1954) diyagramı (●: sondaj kuyusu, ▲: yüzey suyu, ■: mineralli su)





**Şekil 8.** Alınan sulara ait Schoeller yarı logaritmik (Schoeller, 1962) diyagramı (■: sondaj kuyusu, ●: yüzey suyu, ◆: mineralli su)

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Araştırma sahasında filiş karakteri gösteren Kayıköy formasyonu ve Kızıltepe filiş otokton birimler, Likya naplarına ofiyolitik kayalar içerir. Gökçebağ karmaşığı da alloktan birim olarak yer almaktadır. Hidrojeolojik olarak bu filiş birimleri ve ofiyolitik birim geçirimsiz özellik sunmaktadır. Bölgedeki suların hidrojeokimyasal özelliklerini belirlemek için toplam 15 adet su örneği alınmıştır. Elde edilen hidrojeokimyasal analiz sonuçları Piper diyagramında değerlendirildiğinde genel olarak yeraltısularının Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> tipli sular, yüzey sularının ise genel olarak Mg-Ca-SO<sub>4</sub> tipi sular fasiyesinde olduğu görülmektedir. Sulamaya uygunluğunu belirlemek için hazırlanan ABD tuzluluk diyagramına göre yeraltısuyu örnekleri orta tuzlu, tuzluluk tehlikesi içermeden ve sodyum tehlikesi oluşturmadan tüm bitkiler için kullanılabilen sular grubu olan C2S1 sınıfına girmektedir. Yüzey suyu örnekleri ise çok fazla tuzlu ve sodyumlu su olarak sınıflandırılan C4S1 sınıfına grubunda olup sulamaya uygun olmayan sulardır. Benzer şekilde suları sınıflamada kullanılan yarı logaritmik Schoeller diyagramına göre yüzey suyu örneklerinin hakim iyon dağılımı katyonlar için Mg>Ca>Na+K, anyonlar için SO<sub>4</sub>>HCO<sub>3</sub>>Cl şeklindedir. Yeraltısuyu örnekleri ise genel olarak benzer özellikler göstermekte olup hakim iyon dağılımı katyonlar için Ca>Mg>Na+K, anyonlar için HCO<sub>3</sub>>SO<sub>4</sub>>Cl şeklinde dizilim sunmaktadır.

Çalışma alanında temeli filiş birimi oluşturmaktadır. Arsenik oluşumları da bu geçirimsiz filiş birimi içinde bulunmakta ve Burdur fay zonu kırık ve çatlakları içinde gözlenmektedir. Çalışma alanı içinde bulunan arsenik oluşumlarının yüzey ve yeraltısularına etkisini belirleyebilmek için yapılan ölçümlerde As miktarı ölçülebilir sınır değerinin altında (<0,01 mg/l) çıkmıştır. Alüvyonda açılan kuyuların sığ derinlikte olması ve yüzeysel sulardan beslenmesi nedeniyle sularda arseniğin bulunmadığı düşünülmektedir. Ayrıca arseniğin geniş bir alanda yüzeyleme vermemekte ve

daha derinlerde arsenik oluşumlarının varlığı hakkında mevcut bilgi bulunmamaktadır.

Gölbaşı (Isparta) çevresinde bulunan yüzey ve yeraltısuları hidrojeokimyasal açıdan ulusal ve uluslararası içme suyu standartları ile karşılaştırılmış, elde edilen analiz sonuçlarına göre sondaj suyu ve yüzey suyu örneklerinin ölçülen parametreler bakımından TS-266 (2005), İTASHY (2005), WHO (2006) ve EPA (2002) standart değerleri ile uyumlu olduğu, sadece yüzey sularında SO<sub>4</sub> miktarlarının sınır değerinin (250 mg/l) üzerinde olduğu belirlenmiştir. Yeraltısuyu örnekleri ölçülen parametreler bakımından SKKY (1998)'e göre I. kalite sular sınıfında iken sadece SO<sub>4</sub> miktarı bakımından yüzey suyu örnekleri IV. kalite sular sınıfındadır. Mineralli su kaynağı örneği ise ölçülen parametreler bakımından TS-266 (2005), İTASHY (2005), WHO (2006) ve EPA (2002) standart değerleri ile uyumlu olup, sadece SO<sub>4</sub> miktarı sınır değerinin üzerindedir. Benzer şekilde mineralli su örneği de SO<sub>4</sub> içeriği bakımından SKKY (1998)'e göre IV. kalite sular sınıfındadır.

#### 5. Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK 2209/A - Üniversite Öğrencileri Yurt İçi Araştırma Projeleri Destek Programı (2013/1. dönem) tarafından desteklenmiştir. Yazarlar maddi desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederler. Ayrıca yazarlar, çalışmanın arazi ve laboratuvar çalışmalarındaki tüm katkılarında dolayı Jeo. Yük. Müh. Ümit MEMİŞ'e ve çalışmaya katkılarında dolayı Gökhan SAYIN ve Enes TUNCER'e teşekkür ederler.

#### 6. Kaynaklar

- Atabey, E., 2005. Tıbbi Jeoloji. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, 88, 194s., Ankara.
- Calmbach, L., 1999. AquaChem Computer Code-Version 3.7: Aqueous geochemical analyses, plotting and modelling. Waterloo Hydrogeologic, Waterloo, Ontario, Canada, 184 p.
- Canıyılmaz, S., 2005. Arsenic Removal from Groundwater by Fe-Mn Oxidation and Microfiltration, MS Thesis, University of Pittsburgh, Pittsburgh, PA.
- Çakmakçı, M., Başpınar, A.B., Balaban, Ü., Uyak, V., Koyuncu, İ., Kınacı, C., 2008. İçme Sularında Arsenik ve Giderme Yöntemleri, Kent Yönetimi, İnsan ve Çevre Sorunları'08 Sempozyumu, 3-6 Kasım 2008, İstanbul.
- DMİ web, 2014. <http://www.dmi.gov.tr/veridegerlendirme/yillik-toplam-yagis-verileri.aspx?m=burdur#sfB> (erişim tarihi: 25.03.2014)
- DSİ, 2013. Gönen-Gölbaşı Göleti ve Sulaması Mühendislik Jeolojisi Planlama Raporu. 54s.

- Duker, A.A., Carranza, E.J.M., Hale, M., 2005. Arsenic Geochemistry and Health. *Environment International*, 31, 631-641.
- EPA, 2002. U.S. EPA, Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Publish Health Assoc.
- Ertunç, A., Karagüzel, R., Yağmurlu, F., Türker, E., Keskin, N., 2001. Burdur Belediyesi Kent Merkezi ve Yakın Çevresinin Depremelliği ve Yerleşime Uygunluk Açısından İncelenmesi. SDÜ Mühendislik Mimarlık Fakültesi Araştırma Raporu, Isparta.
- Görmüş, M., Karaman, E., 1992. Facies Changes and New Stratigraphical-Paleontological Data in the Cretaceous-Tertiary Boundary Around Söbüdağ (Çünür-Isparta). *Geosound, Çukurova Univ.* 21, 43-57, Adana.
- Görmüş, M., Özkul, M., 1995. Gönen-Atabey (Isparta) ve Ağlasun (Burdur) Arasındaki Bölgenin Stratigrafisi. *SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1, 43-64, Isparta.
- Gutnic, M., Monod, O., Poisson, A., Dumont, J. F., 1979. *Geologie des Taurides Occidentales (Turquie)*. Mem. Soc. Geol. France, 137, 112 pp., Paris.
- He, Y., Zheng, Y., Ramnaraine, M., Locke, D.C., 2004. Differential Pulse Cathodic Stripping Voltammetric Speciation of Trace Level Inorganic Arsenic Compounds in Natural Water Samples, *Analytica Chimica Acta*, 511, 55-61.
- İTSHY, 2005. Sağlık Bakanlığı: İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, 17.02.2005 tarih ve 25730 sayılı Resmi Gazete.
- Karaman, E., 1986. Burdur Dolayının Genel Stratigrafisi: Akdeniz Üniv. Isparta Müh. Fak. Dergisi, 2, 23-36.
- Karaman, M. E., Meriç, E., Tansel, İ., 1988. Çünür (Isparta) dolaylarında Kretase-Tersiyer geçişi. *Akd. Üniv. Isparta Müh. Fak. Derg.*, 4, 80-100.
- Kumral, M., 2000. Isparta Bölgesinin Jeokimyasal Özellikleri ve Endüstriyel Hammadde Potansiyeli. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi (yayınlanmamış), 197s.
- Kuşcu, M., 1995. Gölbaşı (Isparta) Epitermal Arsenik Mineralizasyonunun Jeolojik Özellikleri: Türkiye Jeoloji Bülteni, 38 (2), 43-52.
- O'Day, P.A., 2006. *Chemistry and Minerology of Arsenic, Elements*, 2, 77-83.
- Özgüner, A. M., Fişekçi, A., Kılıç, L., Özgüner, E., Ölmez, M., Akıncı, A., Taş, N., 1989. Isparta-Keçiborlu kükürt yatakları maden jeolojisi raporu: MTA Genel Müd., Maden Etüd Dairesi Başkanlığı.
- Piper, A.M., 1944. A Graphic Procedure in Geochemical Interpretation of Water Analyses. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 25, 914-923.
- Pontius, F.W., Brown, K.G., Chen, C.J., 1994. Health Implications of Arsenic in Drinking Water. *Journal American Water Works Association*. 86 (9), 52-63.
- Richards, L. A., 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils in Agriculture Handbook 60*, U. S. Department of Agriculture, Washington, D.C.
- Sarız, K., 1985. Keçiborlu kükürt yataklarının oluşumu ve yörenin jeolojisi: Anadolu Üniv., Müh. Mim. Fak. Yayınları, No: 22.
- Schoeller, H., 1962. *Les Eaux Souterraines: Hydrologie Dynamique et Chimique; Recherche, Exploitation et Evaluation des Ressources v.1*, Massio et Cie, Paris, France, 642 p.
- SKKY, 1998. Su Kirliliği ve Kontrol Yönetmeliği, Resmi Gazete, 19919, 13-74.
- Standard Methods, 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21st edition, In: Eaton, A.D., Clesceri, L.S., Rice, E.W., Greenberg, A.E. (eds), American Public Health Association, Washington, D.C.
- TS-266, 2005. Sular - İnsani tüketim amaçlı sular, TS-266, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- WHO, 2006. World Health Organisation (WHO), *Guidelines for drinking water quality, First addendum to third edition, vol. 1, Recommendations*, WHO Publ., Geneva, 494 p.
- Yağmurlu, F., Savaşın, Y., Ergün, M., 1997. Relation of Alkaline Volcanism and Active Tectonism within the Evolution of the Isparta Angle, SW-Turkey. *The Journal of Geology*. 105, 717-728 s.
- Yalçınkaya, S., 1989. Isparta-Ağlasun (Burdur) dolaylarının jeolojisi. İ. Üniv. Fen Bilimleri Ens., Doktora tezi (yayınlanmamış), 176s., İstanbul.
- Yıldız, A., Toker, V., 1991. Çünür Köyü yöresindeki (Isparta kuzeyi) Üst Kretase-Eosen yaşlı birimlerin planktik foraminiferler ile biyostratigrafik incelemesi. *TJK Bülteni*, 34 (2), 43-58, Ankara.