



BEYŞEHİR (KONYA) OVASININ HİDROJEOLJİK VE HİDROJEOKİMYASAL İNCELEMESİ

Şehnaz ŞENER*, Nuri TAŞTEKİN

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

Anahtar Kelimeler

*Beyşehir ovası,
Hidrojeoloji,
Hidrojeokimya,
Yeraltısuyu.*

Öz

Bu çalışmada Beyşehir (Konya) ovasının hidrojeolojisi incelenmiş, havza içerisindeki göl suyu ve yeraltısularının hidrojeokimyasal özellikleri araştırılmıştır. Çalışma alanında bulunan otokton ve allokton konumlu jeolojik birimler 1/50.000 ölçekli jeoloji haritası üzerinde gösterilmiştir. Jeolojik birimler hidrojeolojik özellikleri bakımından geçirimli, yarı geçirimli ve geçirimsiz birimler olarak sınıflandırılmış ve bölgenin hidrojeoloji haritası hazırlanmıştır. Çalışma alanındaki göl ve yeraltısularının hidrojeokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla su örnekleri alınarak kimyasal analizleri yapılmıştır. Bu analizlerden elde edilen sonuçlara göre, bölgedeki sular, Ca-Mg-HCO₃ ve Ca-HCO₃'lü su tipindedir. Analiz sonuçları TSE-266 ve WHO tarafından belirtilen içme suyu limit değerleri ile karşılaştırıldığında genel olarak bütün su kaynakları içilebilir özelliktedir. Ancak bölgesel olarak As ve Fe konsantrasyonlarının limit değerlerin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanındaki su kaynaklarının sulama suyu olarak ise kullanılabilir özellikte olduğu belirlenmiştir.

HYDROGEOLOGIC AND HYDROGEOCHEMICAL INVESTIGATION OF BEYŞEHİR (KONYA) PLAIN

Keywords

*Beyşehir plain,
Hydrogeology,
Hydrogeochemical,
Groundwater.*

Abstract

In this study, hydrogeology of the Beyşehir (Konya) plain and hydrogeochemical properties of the lake and groundwater were investigated. The allochthonous and autochthonous geological units in the study area were examined and shown on a 1 / 50.000 scale geological map. Geological units are classified as permeable, semi-permeable and impermeable units in terms of their hydrogeological properties and hydrogeological map of the region was prepared. In order to determine the hydrogeochemical properties of the lake and groundwater in the study area, water samples were taken and analyzed. According to the results obtained from these analyzes, the waters in the region are Ca-Mg-HCO₃ and Ca-HCO₃ water type. As a result of the analysis results, all water sources are generally drinkable compared to the drinking water limit values specified by TSE-266 and WHO. However, it was determined that As and Fe concentrations were above the limit values locally. It has been determined that the water resources in the study area can be used as irrigation water.

Alıntı / Cite

Şener, Ş., Taştekin, N., (2019). Beyşehir (Konya) Ovasının Hidrojeolojik ve Hidrojeokimyasal İncelemesi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 7(3), 647-661.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

Ş. Şener, 0000-0003-3191-2291
N. Taştekin, 0000-0002-4151-7626

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	19.03.2019
Revizyon Tarihi / Revision Date	16.04.2019
Kabul Tarihi / Accepted Date	19.04.2019
Yayın Tarihi / Published Date	15.09.2019

* İlgili yazar / Corresponding author: sehnazsener@sdu.edu.tr, +90-246-211-1324 / 3085

1. Giriş

Küresel ölçekte büyük bir öneme sahip olan su kaynakları insan yaşamının en temel ihtiyaçlarından birisidir. Sonsuz bir kaynak gibi düşünülen suyun dünyadaki toplam miktarı 1,4 milyar km³tür ve bu miktarın % 97,5'i tuzlu su olup denizlerde ve okyanuslarda bulunmaktadır (<http://ga.water.usgs.gov>). Başka bir ifadeyle dünyadaki toplam su miktarının sadece %2,5'lik kısmı kullanılabilir durumda tatlı sudur. Tatlı suyun ise %69,5'lik kısmı buzul halde, yaklaşık % 30,1'i yeraltısuyu, % 0,4'lük kısmı ise göller, yüzey suları, sulak alanlar, atmosfer, toprak ve canlılarda bulunmaktadır.

Günümüzde, nüfus artışına bağlı olarak suya olan ihtiyacın artması, kullanım ve koruma planlamalarında gözlenen hatalar ve iklim değişimlerinin etkisiyle mevcut su kaynakları kullanılabilirlik özelliklerini kaybetme eğilimindedir. Miktar ve kalite bakımından çeşitli faktörlerin tehdidi altında olan su kaynaklarını korumak ve sürdürülebilir yönetimini sağlayabilmek amacıyla farklı kurumlar ve üniversiteler bünyesinde birçok çalışma yapılmaktadır. Yüzey sularının kalite izlemeleri ile çevresel kirleticilerin su kaynakları üzerindeki olumsuz etkileri net olarak gözlenebilmektedir (Tomar, 2009; Aksoy vd., 2006; Nas vd., 2008). Bu durumda su ihtiyacını karşılamada yeraltısuları daha da önemli hale gelmektedir. Yeraltısularının ana beslenme kaynağı ortama düşen yağış olup, kimyasal bileşimleri ise akifer ortamda bulunan litolojik birimlere bağlı olarak değişmektedir. Yeraltısuları kullanım özelliklerine göre içme, sulama, sanayi vb. gibi amaçlarda yoğun olarak kullanılmaktadır (Sargin, 2010).

Bu çalışmada, Beyşehir (Konya) ovasının hidrojeolojik incelemesi yapılarak bölgedeki su kaynaklarının (göl ve yeraltısuyu) hidrojeokimyasal özellikleri ve kullanılabilirlik durumu araştırılmıştır. Çalışma alanında büyük oranda tarım ve hayvancılık faaliyetleri yapılmakta olup, bu faaliyetlerin su kaynakları üzerindeki etkileri tam olarak bilinmemektedir. Bu durum söz konusu çalışmayı bilimsel açıdan özgün, bölge halkı ve yerel yöneticiler bakımından önemli kılmaktadır.

2. Bilimsel Yazın Taraması

Türkiye'nin en büyük tatlı su gölü olan Beyşehir Gölü'nün de içerisinde bulunduğu çalışma alanı daha önce farklı araştırmacılar tarafından, bölgenin jeolojik özellikleri, Beyşehir Gölü'nün hidrolojisi, su kalitesi, balık popülasyonu, gölde balık üretimi ve balıkçılık faaliyetleri, gölün kullanım amaçları, göl ve çevresinin iklimsel özellikleri, su toplama alanındaki sektörel faaliyetler (tarım, turizm, balıkçılık, hayvancılık vb.), flora ve fauna özellikleri bakımından incelenmiştir. Ayrıca, Beyşehir Gölü'nün su seviyesi ve su

kaynaklarının geliştirilmesi konularında modelleme çalışmaları yapılmıştır (Ezer, 2003; Anonim 1995, 1999; Doğan vd., 2013).

Beyşehir Gölü'nün batısında Anamas Dağları grubu, kuzeydoğu ve doğusunda Sultandağları grubu, kuzeyinde ve güneyinde ise Beyşehir-Hoyran-Hadım Napları yüzeylemektedir. Beydağları Otoktonu ve Antalya Napları, havzanın batı sınırında yer almaktadır. Ayrıca çalışma alanında Miyosen-Kuvaterner yaş aralığında bulunan Neotokton birimler olarak genç litolojik birimler gözlenmektedir (Tüstaş, 1999).

Beyşehir Gölü drenaj sahası yaklaşık 4200 km²'dir. Yapılan hesaplamalara göre, Göl'e yılda ortalama 2.131x10⁶ m³ su gelmektedir. Bu su, muhtelif kökenli kaynakların, doğrudan göl yüzeyine düşen yağışların ve akarsulardan göle boşalan suların eseridir. Diğer yandan, yağışlarla ve bazı kaynaklarla sağlanan sular çeşitli derelerle Beyşehir Gölü'ne boşalmaktadır (Biricik, 1982). Beyşehir ovası su kaynakları bakımından oldukça zengin olmasına rağmen su kullanımının kontrolsüz oluşu, su kalitesinin havza içerisindeki kirleticilerden olumsuz etkilenmesi ve su yönetim planlamalarında gözlenen eksiklikler bölgedeki başlıca problemlerdir (Hoşafcioğlu 2007).

Çalışma alanında evsel nitelikli atık suların bertaraf yöntemi incelendiğinde, fosseptik kullanan yerleşimler %58,49'luk bir oranla birinci sırada yer almaktadır. Bunu, %32,07'lik bir oranla kanalizasyon şebekesi ile atık suları topladıktan sonra fosseptik çukurlarını kullanan yerleşimler takip etmektedir. Son sırada ise %9,43'lük bir oranla sadece kanalizasyon şebekesi olan yerleşimler bulunmaktadır. Toplam nüfusun %75,68'ine ait sıvı atıklar hiçbir arıtmaya tabi tutulmadan alıcı ortama karışmaktadır. Bölgedeki katı atıklar ise, ayrıştırma yapılmadan düzensiz bir şekilde dökülmektedir (Tüstaş, 1999).

3. Materyal ve Yöntem

Beyşehir Ovası Konya ve Isparta illeri içerisinde bulunmaktadır. Bölgeye kuzeyden Isparta karayolu, güneydoğudan ise Konya-Antalya karayolu ile dört mevsim kolaylıkla ulaşılabilir.



Şekil 1. Çalışma alanının yerbulduru haritası

Çalışma alanı içerisinde bulunan Beyşehir Gölü, 37°-45'K 31°-30'D koordinatları arasında, Konya kapalı havzasının güney batısında yer almaktadır (Babaoğlu, 2007).

Beyşehir Gölü yüzölçümünün yaklaşık olarak %80'ni (523 km²) Konya il sınırı içerisinde olup geriye kalan %20'lik (130 km²) kısmı ise Isparta il sınırları içerisinde yer almaktadır. Beyşehir Gölü drenaj havzasının yüzölçümü yaklaşık 4200 km² olup göl ortalama su kotunda 722 km² yüzey alanı ile Türkiye'nin en büyük tatlı su gölüdür. Beyşehir Gölü, Sultan Dağları ile Anamas Dağları arasında faylar etkisinde gelişmiş tektonik oluşumlu bir göldür (Doğan vd., 2013). Çalışma alanı içerisinde Şarkikaraağaç, Hüyük, Beyşehir ve Yenişarbademli ilçe merkezleri ve bu ilçelere bağlı çok sayıda köy bulunmaktadır.

Beyşehir Gölü, su ürünleri açısından ekonomik değeri yüksek bir göl olmakla birlikte önemli bir kuş üreme, barınma, beslenme ve konaklama merkezi olması bakımından bölge için ekolojik bir denge unsurudur. Gölün maksimum uzunluğu 42 km, en geniş yeri ise 23 km'dir (Doğan vd., 2013).

Çalışma alanının, farklı araştırmacılar tarafından yapılan jeolojik/litolojik inceleme sonuçları ve arazi gözlemlerinden yararlanılarak hazırlanan jeoloji haritası Şekil 2'de verilmiştir. Bölgede yüzeyleyen her bir litolojik birimin hidrojeolojik özellikleri dikkate alınarak akifer birimler ayırtlanmış ve bölgenin hidrojeoloji haritası hazırlanmıştır. Beyşehir ovasındaki yeraltısuyu ve göl suyunun hidrojeokimyasal özelliklerini, kalitesini ve kullanım özelliklerini belirlemek amacıyla Ekim (2015) döneminde 9 adet yeraltısuyu, 1 adet göl su örneği

alınmıştır. Suların sıcaklık (T), elektriksel iletkenlik (EC) ve hidrojen iyonu aktivitesi (pH) değerlerini belirlemek için gerçekleştirilen in-situ ölçümlerinde çok parametrelili portatif su kalitesi ölçüm cihazları kullanılmıştır. Su örneklerinin katyon analizleri, Bureau Veritas Mineral (Kanada) laboratuvarı'nda ICP-MS cihazı ile, anyon analizleri ise SDÜ Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi laboratuvarında spektrofotometrik ve titrimetrik yöntemler kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen analiz sonuçları kullanılarak, çalışma alanındaki suların iyon özellikleri ve kullanım (içme ve sulama) özellikleri incelenmiştir.

4. Araştırma Bulguları

4.1. Genel Jeoloji

Çalışma alanındaki jeolojik birimlerin litolojik özellikleri ve stratigrafik ilişkisi incelendiğinde, bölgede farklı yaş ve litolojiye sahip çok sayıda jeolojik birim yüzeylenmekte olduğu görülmektedir. Bu birimler yaşlıdan gence doğru; Çaltepe formasyonu (Eç), Sultandede formasyonu (Eos), Eldeş formasyonu (Pe), Kasımlar formasyonu (Trk), Dikmen Napı (Trjdi), Menteşe dolomiti (Trm), Hacılabaz kireçtaşı (Jkh), Marmaris peridotiti (Kmo), Karaböğürtlen formasyonu (Kka), İbradi grubu (Ti), Bağkonak formasyonu (Tmb), Erenlerdağı volkanik karmaşığı (Te), Yarıkkaya formasyonu (Tpy), Yamaç molozu (Qym) ve alüvyon (Qal)'dur. İnceleme alanında ayırtlanan jeolojik birimler, otokton ve allohton konumlu olmak üzere iki grup altında toplanmıştır.

Çaltepe formasyonu, başlıca dolomit ve dolomitik rekrystalize kireçtaşlarından oluşmaktadır. Çaltepe formasyonuna ait kireçtaşları kahve-gri, beyaz-gri, sarımsı-kahve, kahve ve siyah renklindedir. Birim genellikle masif ve bol kırıklı çatlaklıdır. Yer yer gözlemlenen yumrulu kireçtaşları ise kırmızı kahve, yeşil renkli, sert ve tabakalı olarak gözlenmektedir (Elitok, 2000). Çaltepe formasyonunu oluşturan karbonatların toplam kalınlığı 130-150 m arasında değişmektedir (Zedef, 1987). Çaltepe formasyonu Sultandağ kesiminde yer alan kaya birimleri içinde en yaşlısı olup bunun üzerinde uyumlu olarak Üst Kambriyen-Alt Ordivisiyen yaşlı Sultandede formasyonu yer almaktadır (Cengiz, 1997; Elitok, 2000).

İnceleme alanında Sultandağları masifinin en yaygın oluşuğu olarak metakonglemera, metakumtaşı, metakuvarsit ve kristalize kireçtaşı arakatlılıları içeren fillitler mostra verir. Bu istif Demirkol vd., (1977)'nin adlanması dikkate alınarak "Sultandede formasyonu" olarak tanımlanmıştır. Birimin yaşı Üst-Kambriyen - Alt-Ordivisiyen olarak kabul edilmiştir (Elitok, 2000)

Eldes formasyonu ince, orta ve kalın tabakalı, fosilli kireçtaşı, dolomit, kuvarsit, silttaşı, kumtaşı araldanmasından oluşmaktadır. Birim, inceleme alanının doğusundaki Kızılören bölgesinde yüzeylenir. Formasyon alttaki birimlerin üzerine paralel uyumsuzlukla gelmektedir (Atılğan ve Topçam, 1975). Kumtaşı, kiltası, silttaşı, kireçtaşı ve konglomeradan oluşan Kasımlar formasyonu, inceleme alanının batısındaki, Kurucuova ile Dedegöl dağı arasında yüzeylenir. Formasyon ince-orta-kalın tabakalı, gri, siyah, sarımsı kahve renklerde, yer yer bitümlü kiltası, silttaşı ve kumtaşlarından oluşur. Silt ve kiltaları yapraklanma nedeniyle yer yer şeyl karakteri kazanmıştır. Kumtaşları içerisinde volkanik kırıntılar bulunur. Ayrıca, bazı alanlarda alterasyon zonları ve bu zonlarda da beyaz, kirli beyaz renkli kuvars ve kalsit gelişmiştir. Bu formasyonun bölgedeki kalınlığı 1200-1500 m. arasında değişmektedir (Atılğan ve Topçam, 1975). Mentese dolomiti genel olarak dolomit, dolomitik kireçtaşı, megalodonlu kireçtaşları olup, Leylek Kireçtaşları ile tedrici geçişlidir. Kalınlığı ise 800-900 metre arasındadır. Megalodonlu kireçtaşları ise yaklaşık 250 metre kalınlıktadır (Tüstaş, 1999).

Hacılabaz formasyonu dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşından meydana gelmektedir. Birimin tabanında dolomit ve dolomitik kireçtaşları, dolomitler üzerinde volkanit düzeyli boksit seviyesi ve bunlar üzerinde de yer yer boksit düzeyli dolomit arakatlı kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşları yer almaktadır (Elitok, 2000). Birimin yaşı daha önceki çalışmalarda Dogger- Üst Kretase olarak saptanmışsa da Demirkol (1981) Hacılabaz formasyonu üzerinde Alt Eosen'e kadar kesiksiz bir karbonat çökelişi gözlemlenmiş ve farklı isimlerle ayırtlamıştır. Bu nedenle birimin yaşı Dogger- Alt Eosen olarak kabul edilmiştir.

İbradi Grubu, Üst Paleosen – Lütesiyen yaşlı kireçtaşı, kumlu-killi kireçtaşı, konglomera, kumtaşı, kiltası ve silttaşlarından oluşur. İbradi grubunun tabanında bulunan kireçtaşları Bakalasay formasyonu, daha üst seviyelerde gözlenen kırıntılı tortullar ise Çarıryayla formasyonu olarak adlandırılmıştır. Söz konusu formasyonlar çalışma alanında dar alanlarda gözlemlendiğinden bir bütün olarak ele alınarak İbradi grubu adı altında incelenmiştir (Atılğan ve Topçam, 1975). Bağkonak Formasyonu, pembe, kırmızı, yeşil renkli, gevşek tuturulmuş, kaba çakıltası, kumtaşı silttaşı seviyelerinden oluşmakta olup Şarkikaraağaç ilçesinin kuzeyinde yüzeylenmektedir. Birimin kalınlığı 250 metre civarındadır. Bağkonak formasyonu, Sultandede formasyonu üzerine açılmalı uyumsuzlukla gelir (Atılğan ve Topçam, 1975). Bağkonak formasyonuna ait paleontolojik bulgular inceleme alanı içerisinde tespit edilmemiş, bununla beraber bölge dışında yapılan çalışmalarda bu birimin yaşının en azından Üst-Miyosen olabileceği düşünüldükten bu şekilde kabul edilmiştir (Demirkol, 1977).

Erenlerdağı Volkanik Karmaşığı andazit, riyolit, riyodasit, dasit, ignimbrit, tuf ve aglomeradan oluşmaktadır. Bu yöredeki volkanitler, çeşitli yaşta volkanik kayalardan oluşmuştur. Bu volkanik kayalar birbirleri ile karmaşık halinde bulunmaktadır. Erenlerdağı Volkanik Karmaşığı, Aşağıçığıl ve Argıthanı formasyonlarındaki çökellerle, yer yer geçişli dokanıklara sahiptir. İnceleme alanının doğusunda yer alan bu volkanitler, lavlar ve tüfler olarak ayrılmaktadır (Atılğan ve Topçam, 1975). Pliyosenin en üst seviyesini oluşturan Yarıkkaya formasyonu, kireçtaşı, killi kireçtaşı araldanmalı, oldukça sert, yer yer kömür bantlı olup, inceleme alanının kuzeybatısında yer alan Göksöğüt yerleşiminin kuzeydoğusundaki Sayalık Tepe ve Akpınar Tepe arasında yüzeylenmektedir. Yaklaşık kalınlığı 120 metre civarındadır (Tüstaş, 1999).

İnceleme alanında oluşumları günümüzde de devam eden, çakıl, kum, kil, silt boyutunda çökel birimler Alüvyon ve Yamaç molozunu oluşturmaktadır. Bu birimler kendisinden yaşlı bütün birimler üzerine uyumsuz olarak yerleşmiş ve bu nedenle Kuvaterner yaşlı olduğu kabul edilmiştir (Yazıcıoğlu, 2007).

Bölgeye yerleşmiş allokon birimlerden olan Dikmen napı, şeyl, kumtaşı, kireçtaşı ve dolomitten oluşan ofiyolit birliği ve bunun üzerinde tektonik dokanıklı bulunan Genektepe birliğinden oluşmaktadır. Genektepe birliği, Karbonifer kireçtaşlarını, Triyas-Jura yaşlı şeyl, kumtaşını ve Jura yaşlı kireçtaşlarını kapsamaktadır. İnceleme alanının güneyinde Dikmen ve Genek tepeleri civarı birim net olarak gözlenmektedir (Tüstaş, 1999).

Marmaris peridotiti yeşil, açık yeşil, koyu yeşil renkli harzburgit, serpantinleşmiş harzburgit-dunit ve az oranda dunitlerden oluşur. Yer yer diyabaz dayıkları ile kesilmişlerdir. Birim içindeki serpantinler genelde tektonik zonlarda izlenir. Bunlar parlak siyah, yeşil, mavi vb. renkler gösterir. (Tüstaş, 1999). Alt ve üst ilişkisi tektonik olan birimin kalınlığı en fazla 800 metredir. İnceleme alanının kuzeybatısında, Belceğiz-Yenicekale arasında, Gölgecik Dağı ve Kızıldağ'da görülmektedir (Atılğan ve Topçam, 1975)

Karaböğürtlen formasyonu değişik boyutta serpantin, volkanit, radyolarit, kireçtaşı vb. bloklar içeren kırıntılı kayalardan oluşmuştur. Birim, aşırı deformasyon nedeniyle kaotik bir yapı gösterirken sedimanter yapıları belirsizdir. Egemen kaya türü yeşil, gri, bordo, kirli sarı vb. renklerde kumtaşı, kiltası, silttaşı ve konglomeradır. Yer yer kumlu-killi karbonat düzeyleri gözlenmektedir. İnceleme alanında alt ve üst ilişkisi tektonik olan formasyonun kalınlığı 0-400 metre arasında değişmektedir. Bünyesinde fosil saptanamayan formasyon Üst Senoniyen yaşlı kabul edilmiştir (Atılğan ve Topçam, 1975; Tüstaş, 1999).

Bölge yapısal özelliklerini neotektonik dönem ve özellikle Isparta Büklümü'nün oluşum mekanizması içerisinde kazanmıştır. Çalışma alanı Paleozoyik'ten günümüze kadar olan birçok orojenez hareketinden etkilenmiş ve daha çok son dönemlerde gerçekleşen orojenik olaylar daha öncekilerin etkilerini çoğunlukla silmiştir (Örmeci, 2005). Anamasdağ grubunun Mesozoyik ve Tersiyer yaşlı formasyonlarında karbonatlarındaki tabakalanmalar yer yer iyi korunmuş olup kalın karbonatlardan oluşan bu örtüde karstlaşma sebebiyle tabakalanmaların büyük bir kısmının bozulduğu gözlenmiştir (Elitok, 2000).

Beyşehir Gölü'nün oluşumunda iki büyük eğim atımlı fayın rolü olmuştur. Bu faylardan birincisi Sultandağları ile göl arasında, diğeri ise Anamas Dağları ile göl arasındadır. Bu faylarla gölün bulunduğu alan çökmüş, dağların bulunduğu alan ise yükselmiş olup Beyşehir Gölü bir graben gölü özelliği kazanmıştır (Ayhan vd., 1996).

4.2. Hidrojeoloji

Çalışma alanı içerisindeki birimlerin fiziksel ve hidrojeolojik özellikleri dikkate alınarak yapılan sınıflandırma sonucunda bölgenin hidrojeoloji haritası hazırlanmıştır (Şekil 3).

Geçirimli Birim 1 (Gç1): Çalışma alanında alüvyon ve yamaç molozu silt, kil, kum ve çakıl boyutundaki tutturulmamış malzemelerin oluşturduğu taneli birimler olup yayılımı ve verimi fazla olan gözenekli akiferi (oluşturmaktadır). Gözenekli akifer en büyük yüzey alanını kuzeyde Şarkikaraağaç havzasında vermekte, güneye doğru uzanarak Beyşehir Gölü kıyılarına kadar uzanmaktadır. Alüvyon, Beyşehir Gölü doğusunda kıyı şeridi boyunca güney doğru uzanım göstermektedir.

Geçirimli Birim 2 (Gç2): Yaygın ve verimli karstik akifer olarak tanımlanabilecek Çaltepe formasyonunu oluşturan Çaltepe kireçtaşları, Hacılabaz formasyonuna ait Hacılabaz kireçtaşları ile Menteşe dolomiti, dolomitik kireçtaşı ve megalodonlu kireçtaşları bu birim içerisinde elen alınmıştır. Bu birimler sahip oldukları kırık, çatlak ve erime boşluklarından dolayı karstik akifer özelliği taşımaktadırlar.

Yarı geçirimli birim 1 (Gy1): Çalışma alanında bulunan Eldeş formasyonu, Kasımlar formasyonu, İbradi grubu, Bağkonak formasyonu, Yarıkkaya formasyonu ve Dikmen napı; kumtaşı, kireçtaşı, çakıltaşı, dolomit, konglomera gibi geçirimli birimlerin araldanmasından oluşmaktadır. Birimler içerisindeki çamurtaşı ve kiltası araldanmaları bu formasyonların geçirgenlikleri azalmakta ve tam bir akifer özelliği gösterememektedir. Bu birimler içerisinde sınırlı miktarda yeraltısuyu bulunmaktadır.

Yarı geçirimli birim 2 (Gy2): Erenlerdağı Volkanik Karmaşığı andazit, riyolit, ignimbrit, tuf ve aglomera gibi volkanik kayalardan oluşmaktadır. İnceleme alanının doğusunda yer alan volkanik birimler birbirleri ile karmaşık ilişki içinde bulunmakta olup su depolama ve iletme özelliği kısıtlı olduğundan yarı geçirimli birim 2 olarak sınıflandırılmıştır.

Geçirimsiz Birim 1 (Gz1): İnceleme alanının kuzeyinde bulunan Sultandede formasyonu içerisinde bulunan metakonglomera, metakumtaşı, metakuvarsit ve kristalize kireçtaşlarından dolayı geçirimsiz birim olarak sınıflandırılmıştır.

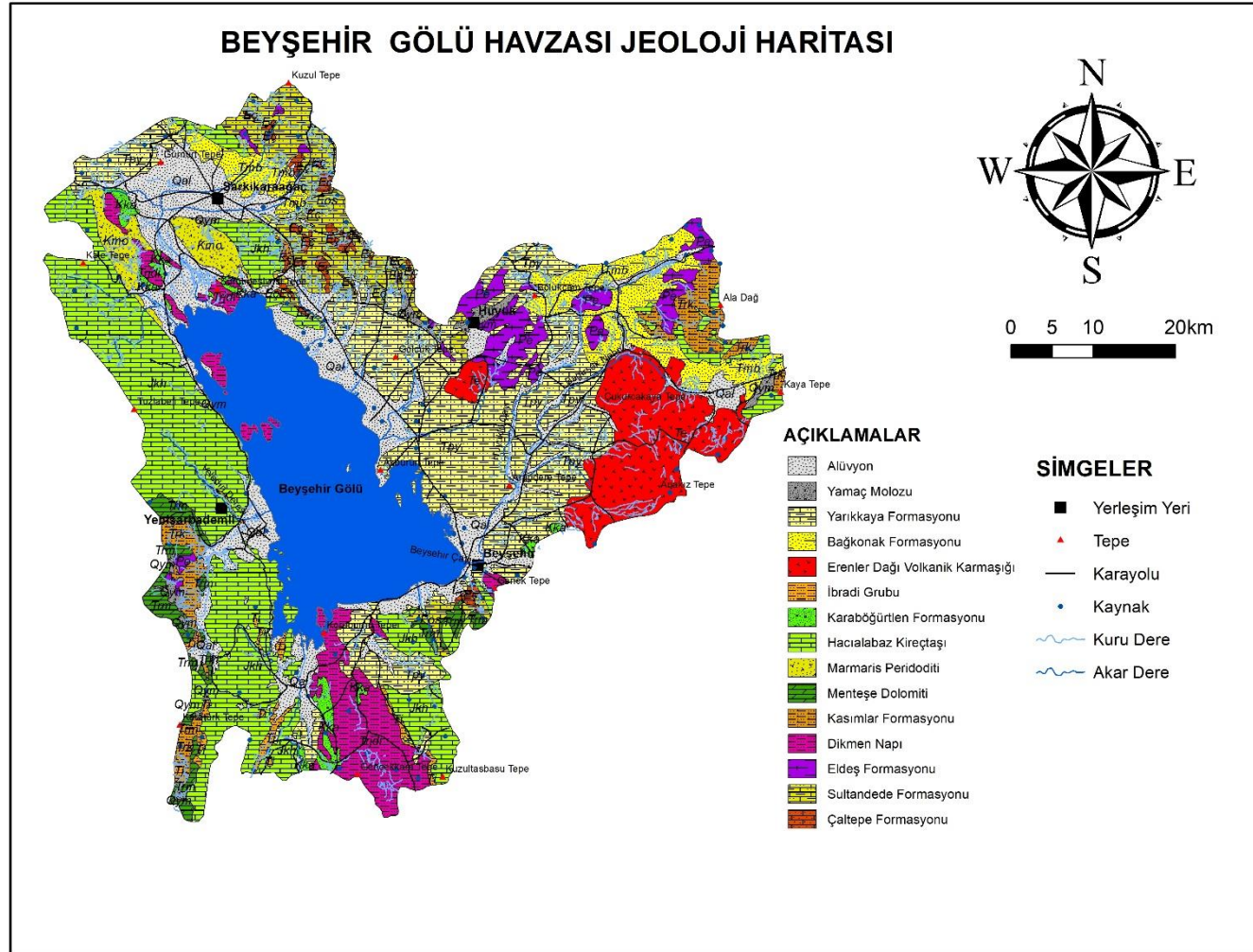
Birim içerisinde bulunan rekristalize kireçtaşı ve mermerler düşük miktarda yeraltı suyu bulundurmalarına rağmen, birim metamorfik kökenli olması nedeniyle geçirimsiz olarak kabul edilmiştir. Birim özellikle Beyşehir gölü kuzeyinden doğusuna kadar uzanım gösteren geniş bir alanda yüzeylenmektedir.

Geçirimsiz Birim 2 (Gz2): Marmaris Peridotiti genelde harzburjit, serpantinleşmiş harzburjit ve dunitlerden oluşmakta olup serpantin ve peridotitler kırık ve çatlaklarında az miktarda su bulundurabilir. Ancak, alanda yayılımlarının olmaması ve birimi oluşturan diğer litolojilerin de yeraltısuyu bulundurmamaları nedeniyle peridotitler geçirimsiz birim olarak ayırtlanmıştır.

Geçirimsiz birim 3 (Gz3): Karaböğürtlen formasyonu değişik boyutta serpantin, volkanit, radyolarit, kireçtaşı vb. bloklar içeren kırıntılı kayalardan oluşmuştur. Bu litolojik birimlerin bünyesinde yeraltısuyu bulundurmamasından dolayı geçirimsiz birim olarak kabul edilmiştir.

Beyşehir ovasında sulama amaçlı çok sayıda sondaj kuyuları ve sığ kuyular bulunmaktadır. DSİ tarafından açılmış olan sondaj kuyularının derinlikleri 59 - 140 m arasında, statik seviyeleri 0,20 - 14 m, dinamik seviyeleri ise 5 - 76 m ve debileri 2,5 - 61,04 l/s arasında değişmektedir.

Çalışma kapsamında yeraltısuyu dinamiğine açıklık getirmek amacıyla Ekim (2015) döneminde mevcut sondaj kuyularında ve keson kuyularda yapılan ölçümler sonucunda yeraltısuyu seviyeleri belirlenmiş ve Şekil 3'de verilen hidrojeoloji haritası üzerinde gösterilmiştir. Buna göre bölgede yeraltısuyu akımı göle doğrudur. Tablo 1'de ölçüm yapılmış olan kuyuların numaraları, kuyu ağız kotları, yeraltısuyu derinliği ve hesaplanan yeraltısuyu seviye kotları verilmiştir.



Şekil 2. Çalışma alanının genel jeoloji haritası

Tablo 1. Beyşehir ovası yeraltısuyu statik seviye ölçümleri

Bölge	Kuyu No	Rakım (m)	YAS Derinlik (m)	YAS Kotu (m)
Sadıkıhacı	36795	1165	8.60	1154.60
Sadıkıhacı	36796	1178	10.75	1166.50
Sadıkıhacı	36797	1175	4.25	1171.50
Çukurağıl	42490	1237	6.60	1237.00
Doğanbey	42732	1230	28.70	1197.00

4.3. Hidrojeokimya

Beyşehir ovası yeraltısularının ve gölün hidrojeokimyasal yapısı ve kullanım özelliklerini belirleyebilmek için çalışma alanının farklı lokasyonlarından Ekim-2015 döneminde 9 adet yeraltısuyu örneği (B1, B2, B3, B4, B5, B6, B8, B9, B10) ve 1 adet göl suyu örneği (B7) alınmıştır. Su örneklerinin kimyasal analiz sonuçları Tablo 2 ve 3'de verilmiştir.

Suların genel iyon özellikleri kimyasal analiz sonuçları kullanılarak hazırlanan Piper (1944), Gibbs (1970) ve Chadha (1999) diyagramları ve Schoeller (1955) tarafından oluşturulmuş sınıflama tablosu kullanılarak değerlendirilmiştir. Suların kullanılabilirlik durumunun değerlendirilmesinde ise ulusal ve uluslararası standartların yanısıra H. Scholler İçilebilirlik, ABD tuzluluk ve Wilcox (1955) diyagramları kullanılmıştır. Ayrıca su kalitesi değerlendirmelerinde suların ağır metal ve azot türev konsantrasyonları dikkate alınmıştır.

Çalışma alanında su örneklerinin pH değerleri 6.34-8.3 arasında olup B1, B4, B8, B9, B10 asit karakterli, B2, B3, B5, B6, B7 bazik karakterli sular sınıfındadır. Örneklerin toplam sertlik değerleri 21.15 - 51.2 arasında değişmektedir. Bu değerlere göre çalışma alanındaki yeraltısuları sert-oldukça sert sular sınıfındadır. Beyşehir göl su örneğinin sertlik değeri ise 21,15 Fr° ile az sert sular sınıfındadır. Yenişarbademli, Sadıkıhacı ve Çukurağıl'da bölgelerinde yeraltısularının sertliği oldukça sert sular sınıfındadır. İlmen ve Sevindik'te ise sert sular sınıfında yer almaktadır (Tablo 4).

Tablo 4. Suların sertliklerine göre sınıflandırılması (Şahinci 1991)

Fransız Sertliği (Fr°)	Su Sınıfı
0.0-7.2	Çok yumuşak
7.2-14.5	Yumuşak
14.5-21.5	Az sert
21.32.5	Oldukça sert
32.5- 54.0	Sert
>54.0	Çok sert

Suların elektriksel iletkenliği iyon bolluğuna ve varlığına, toplam iyon derişimine ve sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir ve iletkenlik, iyon konsantrasyonu ile doğru orantılıdır (Şahinci, 1991). Çalışma alanındaki su numunelerinin özgül elektriksel iletkenlik (EC) değerleri 388-868 $\mu\text{mho/cm}$ arasında değişmektedir. Çalışma alanındaki suların analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan SAR değerleri genel olarak 0.04-0.29 arasında; % Na değerleri ise 1.14-9.09 arasında değişmektedir.

Tablo 5'de verilen Schoeller (1955)'in yapmış olduğu sınıflamaya göre, Yenişarbademli, İlmen, Sadıkıhacı bölgelerinden ve Beyşehir gölünden alınan su örnekleri klorür miktarına göre "olağan klorürlü sular" sınıfında, sülfat miktarına göre "olağan sülfatlı sular" sınıfında ve karbonat, bikarbonat miktarına göre "olağan karbonatlı sular" sınıflarında yer almaktadırlar. Sevindik bölgesinden alınan numunelerin değerleri ise klorür miktarına göre "olağan klorürlü sular", sülfat miktarına göre "olağan sülfatlı sular" ve karbonat, bikarbonat miktarına göre "hiperkarbonatlı sular" sınıfında yer almaktadır.

Tablo 5. Schoeller (1955) klorür, sülfat, karbonat bikarbonat sınıflaması

Klorür Sınıflaması	Su sınıfı	Klorür Miktarı (mek/l)
	Hiperklorürlü Sular	> 700
	Klorotalasik Sular	420-700
	Klorürce Zengin Sular	140-420
	Orta Klorürlü Sular	40-140
	Oligoklorürlü Sular	15-40
Olağan Klorürlü Sular	< 15	
Sülfat Sınıflaması	Su sınıfı	Sülfat Miktarı (mek/l)
	Hiposülfatlı Sular	> 58
	Sülfatlı Sular	24-58
	Oligosülfatlı Sular	6-24
	Olağan Sülfatlı Sular	< 6
Karbonat-Bikarbonat Sınıflaması	Su sınıfı	Karbonat+Bikarbonat Miktarı (mek/l)
	Hiperkarbonatlı Sular	> 7
	Olağan Karbonatlı Sular	2-7
	Hipokarbonatlı Sular	< 2

Çalışma alanından alınan su örneklerine ait analiz sonuçları Piper diyagramı üzerinde gösterilerek numunelerin hidrojeokimyasal fasiyesleri belirlenmiştir (Şekil 4). Buna göre su örnekleri Ca-CO₃ ve Ca-Mg-HCO₃'lı sular fasiyesinde yer almaktadırlar. Çalışma alanındaki su kaynakları genel olarak kireçtaşı ve dolomit gibi kalkerli kayalar ile etkileşim halindedir ve baskın su tiplerinin söz konusu kayaç-su etkileşimi sonucunda geliştiği görülmektedir.

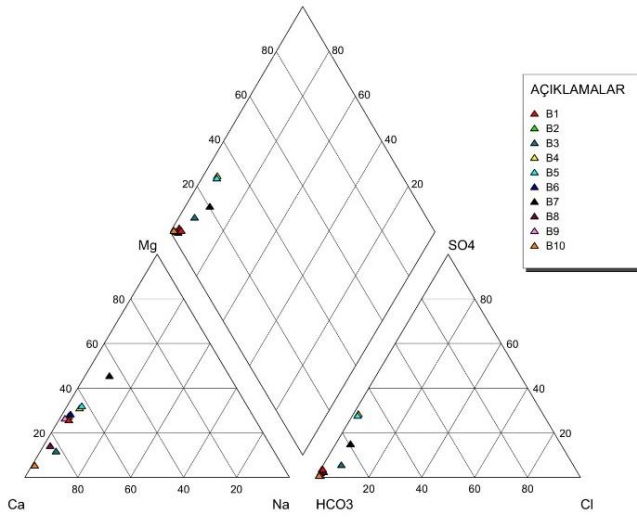
Tablo 2. Su örneklerinin kimyasal analiz sonuçları

No	Bölge	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	Sıc.	Sertlik	EC	pH	TDS	Na	SAR	Su Sınıfı
		mek/l	mek/l	mek/l	mek/l	mek/l	mek/l	mek/l	mek/l	° C		µmho/cm		mg/l	%		
B1	İlmen	5,21	1,86	0,29	0,02	0,07	0,23	0	6,9	16,3	35,35	579	6,97	353,9	3,92	0,15	CaMgHCO ₃
B2	İlmen	5,11	1,98	0,21	0,01	0,04	0,23	0	6,8	17	35,45	586	7,03	560	2,87	0,11	CaMgHCO ₃
B3	Sadıkhacı	5,42	0,75	0,39	0,18	0,35	0,26	0	4,5	14	30,85	575	7,14	434,4	5,78	0,22	CaHCO ₃
B4	Sevindik	7,05	3,37	0,59	0,08	0,2	2,89	0	7,19	21,5	51,2	868	6,97	784,9	5,32	0,25	CaMgHCO ₃ SO ₄
B5	Sevindik	6,4	3,23	0,58	0,07	0,22	2,85	0	7,4	17,3	48,15	860	7,24	532,6	5,64	0,26	CaMgHCO ₃ SO ₄
B6	Çukurağıl	4,38	1,77	0,2	0,004	0,05	0,1	0	6	17,8	30,75	524	7,16	487,6	3,14	0,11	CaMgHCO ₃
B7	Beyşehir Gölü	2,12	2,11	0,43	0,07	0,23	0,6	0,8	3,29	17	21,15	388	8,3	320,02	9,09	0,29	CaMgHCO ₃
B8	Yenişar.	4,02	0,66	0,12	1,17	0,12	0,13	0	6,32	16	23,4	420	6,67	285,3	2,01	0,07	CaHCO ₃
B9	Yenişar.	4,19	1,51	0,12	0,18	0,1	0,02	0	6,22	17,3	28,5	520	6,34	287,9	2	0,07	CaMgHCO ₃
B10	Yenişar.	5,51	0,29	0,07	0,26	0,07	0,03	0	7,65	16,5	29	540	6,54	303,8	1,14	0,04	CaHCO ₃

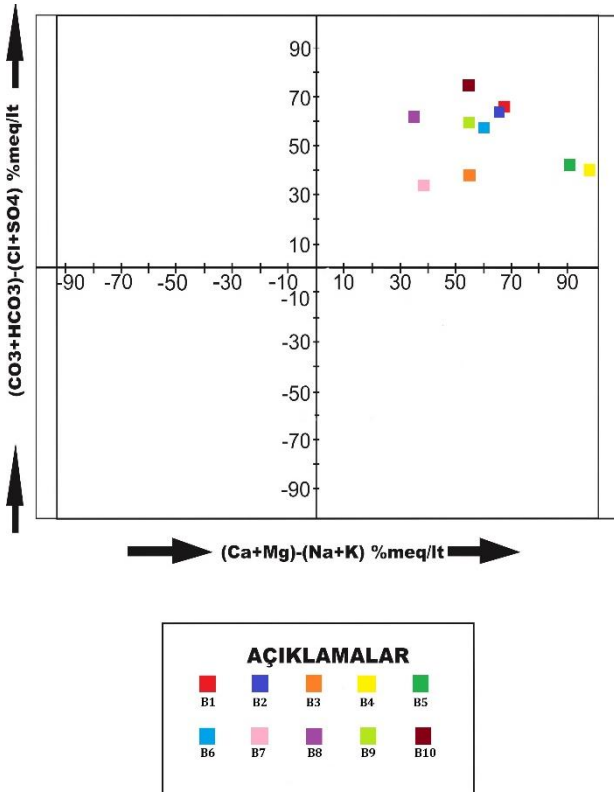
Tablo 3. Su örneklerinin ağır metal ve azot türevleri analiz sonuçları

Numune No	Bölge	Al	Mn	Cu	Zn	Pb	Hg	Cd	Se	S	As	Fe	Cr	Ni	NO ₂	NO ₃	NH ₄
		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l
B1	İlmen	6	0,16	17,1	1,1	0,2	<0,1	<0,05	<0,5	6	6,7	<10	1	<0,2	<0,01	6,36	<0,06
B2	İlmen	2	0,57	2	2,8	<0,1	<0,1	<0,05	<0,5	6	8,4	27	1,4	<0,2	<0,01	5,98	<0,06
B3	Sadıkhanı	28	4,33	8	7,1	0,8	<0,1	<0,05	<0,5	7	9,9	247	2	<0,2	<0,01	51,31	<0,06
B4	Sevindik	<1	0,1	3,1	1,8	<0,1	<0,1	<0,05	<0,5	49	14,7	<10	2,2	<0,2	<0,01	3,36	<0,06
B5	Sevindik	1	2,25	11,5	20,6	1,5	<0,1	<0,05	<0,5	48	13,7	11	1,9	<0,2	<0,01	4,17	<0,06
B6	Çukurağıl	3	0,12	1,3	2,4	<0,1	<0,1	<0,05	<0,5	2	11,8	<10	1,3	<0,2	<0,01	9,91	<0,06
B7	Beyşehir Gölü	195	16,94	1,7	1,8	0,6	<0,1	<0,05	<0,5	11	15,9	430	1,4	1,6	<0,01	0,16	<0,06
B8	Yenişarbademli	23	2,56	0,8	5,7	6,7	<0,1	<0,05	<0,5	4	2,4	26	1,7	4,3	<0,01	0,45	<0,06
B9	Yenişarbademli	20	2,06	0,5	3,9	2,9	<0,1	<0,05	<0,5	3	1,2	15	1,3	<0,2	<0,01	1,76	<0,06
B10	Yenişarbademli	17	1,42	0,9	4,2	5,6	<0,1	<0,05	<0,5	4	0,9	<10	1,9	1,8	<0,01	5,23	<0,06
TS266 (2005) mg/l		0,2	0,05	2	-	0,01	0,001	0,005	0,01	-	0,01	0,2	0,05	0,02	0,5	50	0,5
WHO (2008) mg/l			0,4	2	-	0,01	0,006	0,003	0,01	-	0,01	-	0,05	0,07	3	50	-

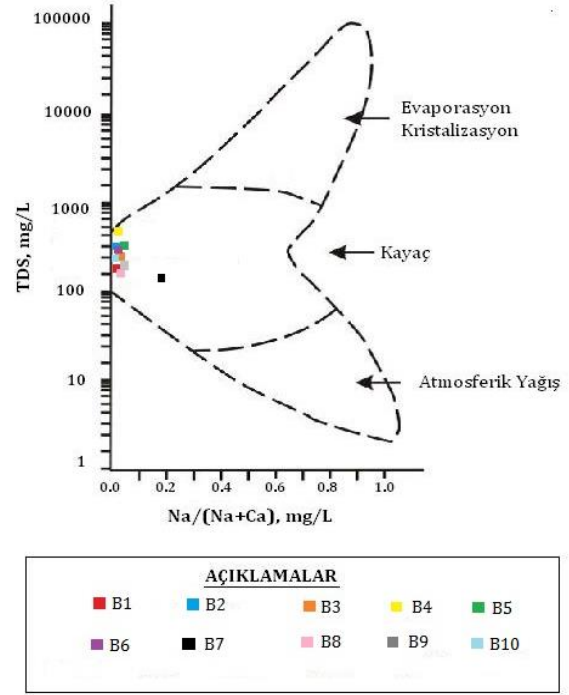
Çalışma alanındaki su örneklerinin kimyasal bileşiminin hangi işlem ve mekanizmalar sonucu değiştiğini belirleyebilmek için su örneklerinin TDS değeri ile $Na/(Na+Ca)$ oranları Gibbs diyagramı üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 6). Gibbs diyagramı üzerinde su tiplerinin gelişmesinde etkin olan süreç olan Evaporasyon/Kristalizasyon, Kayaç ve Atmosferik yağışın etkin olduğunu belirten 3 farklı alan tanımlanmıştır. Çalışma alanındaki su örneklerinin tamamı Gibbs diyagramında 'Kayaç Baskın' bölgesinde yer almakta ve suyun yapısındaki etkinin kayaç yapıcı minerallerin ayrışmasıyla oluştuğu görülmektedir.



Şekil 4. Piper diyagramı



Şekil 5. Chadha diyagramı



Şekil 6. Gibbs diyagramı

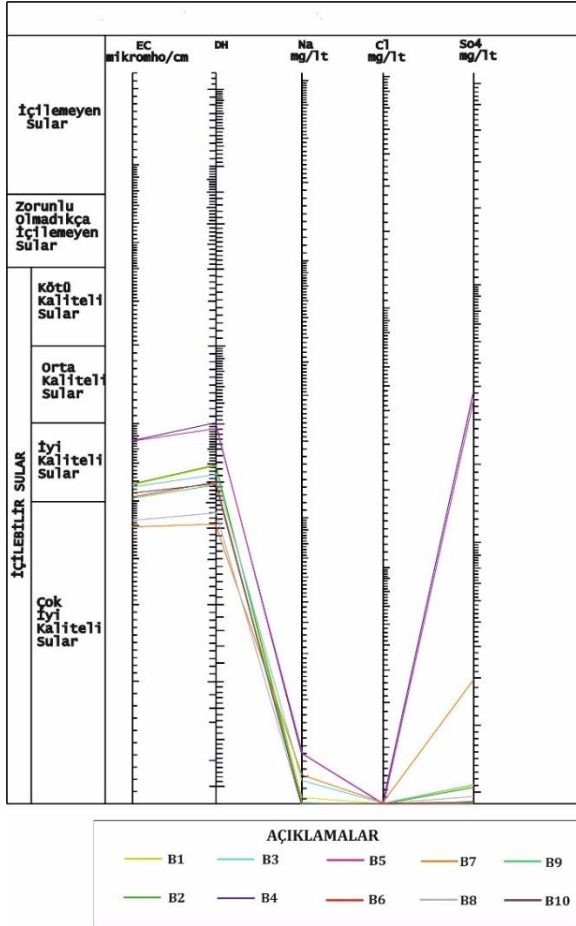
4.4. Suların Kullanım Özellikleri

Çalışma alanından alınan su örneklerinin kullanım özelliklerini değerlendirilmesinde öncelikle analiz sonuçları TSE-266 (2005) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2008) tarafından belirtilen içme suyu limit değerleri ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, çalışma alanında Sevindik (B4, B5) ve Çukurağıl (B6) bölgelerinden alınan yeraltı suyu örnekleri ve Beyşehir göl suyu (B7) As bakımından içme suyu olarak kullanıma uygun değildir.

Aynı şekilde göl suyu Fe parametresi bakımından; Sadıkhacı bölgesinden alınan yeraltı suyu örneği (B3) ise Fe ve NO_3 parametreleri bakımından içme suyu olarak kullanıma uygun değildir. As ve Fe parametrelerinin yeraltı suyu örneklerinde yüksek oranlarda ölçülmüş olması bölgedeki litolojik birimler ile kaya-su etkileşiminin bir sonucudur. Analiz sonuçlarında ortaya çıkan yüksek NO_3 konsantrasyonlarının ise bölgede yoğun olarak yapılan tarımsal faaliyetler ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, hazırlanan H.Schoeller içilebilirlik diyagramına göre, su örneklerinin tamamı 'İçilebilir Sular' sınıfında olup B4 ve B5 nolu örnekler "orta kaliteli sular" diğer örnekler ise "çok iyi kaliteli sular" sınıfındadır (Şekil 7).

Sulama suyu olarak kullanım özelliklerinin değerlendirilebilmesi için su örneklerinin SAR (Sodyum Adsorbsiyon Oranı), % Na, EC; RSC (Artıksal Sodyum Karbonat), MT (Magnezyum Tehlikesi) ve PI (Geçirgenlik İndeksi) değerlerinin hesaplanmasının yanı sıra ABD Tuzluluk laboratuvarı ve Wilcox

diyagramları hazırlanmıştır. Sular Sodyum Adsorbsiyon Oranlarına göre sulama suyu olarak kullanılabilirliği açısından dört sınıfa ayrılmıştır (Tablo 6). Çalışma alanındaki suların analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan SAR değerleri genel olarak 0.09 -0.13 arasında değişmekte olup 'çok iyi özellikte sulama suları' sınıfına girmektedir.



Şekil 7. H.Schoeller içilebilirlik diyagramı

% Na değerine göre çalışma alanındaki su örneklerinin tamamı 'çok iyi' sulama suyu sınıfındadır (Tablo 7). Sulama sularının kalitesinin belirlenmesinde, suların içerisindeki çözünebilir tuzların toplam konsantrasyonları dikkate alınarak sular özgül elektriksel iletkenlikleri açısından sınıflandırılmıştır.

Tablo 6. SAR' a göre sulama suyu sınıflaması (Şahinci, 1991; Erguvanlı ve Yüzer, 1987)

SAR %	Sulama suyu sınıfı
<10	Çok iyi özellikte sulama suları
10-18	İyi özellikte sulama suları
18-26	Orta özellikte sulama suları
>26	Kötü özellikte sulama suları

Tablo 7. % Na' a göre sulama suyu sınıflaması (Wilcox 1955)

% Na	Sulama suyu sınıfı
0-20	Çok İyi
20-40	İyi
40-60	İzin verilebilir
60-80	Şüpheli
>80	Uygun değil

Suların toplam tuz içeriğinin Ayers ve Westcost (1989)'a göre sınıflaması Tablo 8'de verilmiştir. Çalışma alanından alınan su örneklerinin EC değerleri 388-868 $\mu\text{mho/cm}$ arasında değişmektedir. Buna göre B4 ve B5 nolu suların yüksek tuzlu sular sınıfında olduğu diğer suların orta tuzlu sular sınıfında olup yıkama ile sulamada kullanılabilir özelliktedir.

Tablo 8. Suların toplam tuz içeriğine göre sınıflaması (Ayers ve Westcot 1989)

Sınıf	EC	Açıklama
Düşük Tuzlu Sular	<250	Sulamada kullanılan en uygun sular
Orta Tuzlu Sular	250-750	Yıkama ile sulamada kullanılabilir
Yüksek Tuzlu Sular	750-2250	Tuza dayanıklı bitki yetiştirmede
Çok Yüksek Tuzlu Sular	>2250	Sulamada kullanılmaz

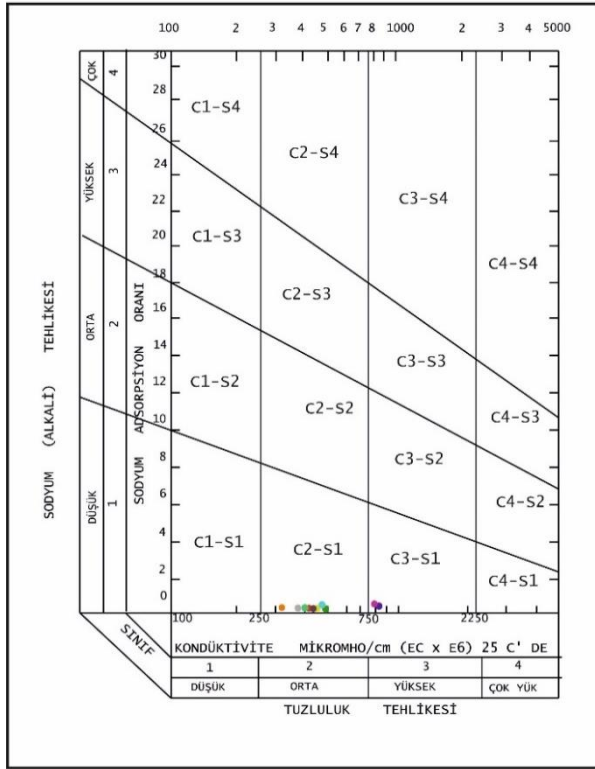
Tarımsal amaçlı kullanılan sularda karbonat ve bikarbonat içeriğinin zararlı etkisini belirlemek için Artıksal Sodyum Karbonat (RSC) değeri kullanılmaktadır (Eaton, 1950). RSC değeri 2.5'den büyük ise sulamaya uygun değil, 1.25 ile 2.5 arasında ise 'şüpheli', 1.25'den küçük ise 'iyi' sulama suyu sınıfındadır (Eaton, 1950). İnceleme alanındaki su örneklerinin RSC değerleri-3,23 ile 1,85 mek/l arasında değişmekte B8 ve B10 nolu numuneler iyi kaliteye sahip sular olup, diğer numuneler çok iyi sulama suyu sınıfında yer almaktadır. Suların Na, Ca, Mg ve HCO_3 değerlerini kullanarak hesaplanan PI değerine göre sulama suyu sınıflandırması Tablo 9'da verilmiştir. Çalışma alanında bulunan su örneklerine ait PI değerleri % 29,70 ile % 54,79 arasında değişmekte olup su sınıfının 'Sınıf II' kategorisinde olduğu görülmektedir.

Tablo 9. PI'ye göre sulama suyu sınıflaması (Raghunath 1987)

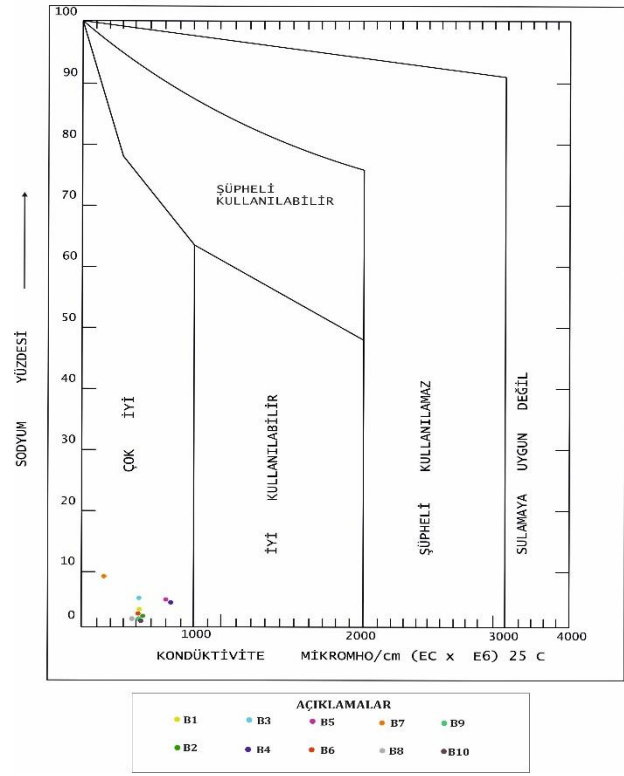
PI	Sulama suyu sınıfı
>%75	Çok İyi
%75-%25	İyi
<%25	Uygun değil

Sulama suyunda magnezyum iyonunun fazlalığı toprak alkalitesini artırarak kalitesini bozmakta ve ürün verimini olumsuz yönde etkilemektedir. Mg ve Ca iyon miktarları dikkate alınarak hesaplanan MT

değeri 50'den küçük ise sulama suyu olarak kullanıma uygun, 50'den büyük ise uygun değildir. Su örneklerinin hesaplanan MT değerleri % 5,0-% 49,88 arasında değişmektedir. Buna göre sular sulama suyu olarak kullanıma uygundur. ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramına göre sular 'C2S1-C3S1' sular sınıfında yer almaktadır (Şekil 8). Bu sınıflamaya göre sular orta derecede tuza ihtiyacı olan bitkiler için kullanılabilen orta tuzlulukta su ve sodyuma karşı duyarlı olan bitkiler dışında her türlü tarım için uygun olan az sodyumlu su özelliğindedir. Wilcox diyagramına göre ise suların "çok iyi kullanılabilir" sular olduğu belirlenmiştir (Şekil 9). Bu sonuçlar çalışma alanı ve yakın çevresindeki suların genel anlamda tüm sulama faaliyetlerinde kullanılabilir özellikte sular olduğunu göstermektedir.



Şekil 8. ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı



Şekil 9. Wilcox diyagramı

5. Sonuç ve Tartışma

Çalışma alanı içerisinde bulunan jeolojik birimler fiziksel ve hidrojeolojik özellikleri dikkate alınarak, alüvyon ve yamaç molozu geçirimli birim 1 (Gç1), Çaltepe formasyonu, Menteşe dolomiti, Hacılabaz kireçtaşı geçirimli birim 2 (Gç2), Eldes formasyonu, Kasımlar formasyonu, İbradi grubu, Bağkonak formasyonu, Yarıkkaya formasyonu, ve Dikmen napı yarı geçirimli birim 1 (Gy1), Erenlerdağı Volkanik karmaşığı yarı geçirimli birim 2 (Gy2), Sultandede formasyonu geçirimsiz birim 1 (Gz1), Marmaris peridotiti geçirimsiz birim 2 (Gz2), ve Karaböğürtlen formasyonu geçirimsiz birim 3 (Gz3) olarak sınıflandırılmıştır.

Çalışma alanının yeraltısuyu dinamiğini belirlemek için Ekim (2015) döneminde mevcut sondaj kuyularında ve keson kuyularda statik seviye ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm yapılan kuyuların yeraltısuyu seviyesi 4 m ile 29 m arasında değişmektedir. Yapılan ölçümler dikkate alındığında bölgedeki yeraltısuyu akımının Beyşehir gölüne doğru olduğu belirlenmiştir.

Beyşehir ovası yeraltısuları Schoeller (1955)'e göre sınıflandırıldığında, Yenişarbademli, İlmen, Sadıkhacı ve Beyşehir gölünün klorür miktarına göre "olağan klorürlü sular" sınıfında, sülfat miktarına göre "olağan sülfatlı sular" sınıfında ve karbonat, bikarbonat miktarına göre "olağan karbonatlı sular" sınıflarında yer almaktadırlar. Sevindik bölgesinden alınan su örnekleri ise klorür miktarına göre "olağan klorürlü sular", sülfat miktarına göre "olağan sülfatlı sular" ve karbonat, bikarbonat miktarına göre "hiperkarbonatlı

sular” sınıfında yer almaktadır. Piper diyagramına göre suların Ca-Mg-HCO₃ ve Ca-HCO₃ sular fasiyesinde olduğu görülmektedir. Çalışma alanında bulunan göl ve yeraltısularından alınan numunelerin analiz sonuçları TSE-266 ve WHO tarafından belirlenen limit değerler ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonuçlarına göre yeraltısularının bölgesel olarak As, Fe ve NO₃ konsantrasyonları bakımından limit değerlerin üzerinde olduğu ve içme suyu olarak kullanılamayacağı belirlenmiştir.

Çalışma alanındaki göl ve yeraltısularının sulamada kullanılabilirliğini belirlemek için sular Sodyum Adsorpsiyon Oranlarına (SAR), Geçirgenlik indeksi (PI), Magnezyum Tehlikesi (MT), Artıksal Sodyum Karbonat (RSC), Özgül Elektriksel İletkenlik (EC) ve Sodyum İyon Yüzdesi (%Na) değerlerine göre sınıflandırılmıştır. Çalışma alanındaki göl ve yeraltısularının analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan SAR değerleri genel olarak 0,04-0,26 arasında olup sular “çok iyi özellikte sulama suyu” sınıfındadır. Toplam tuz içeriğine göre bakıldığında ise B4 ve B5 nolu numuneler “yüksek tuzlu sular” sınıfında olup geriye kalan su numuneleri “orta tuzlu sular” sınıfında yer almaktadır. Geçirgenlik indeksine(PI)’e göre çalışma alanındaki sular “II. sınıf sular” sınıfını göstermektedir. Magnezyum tehlikesi (MT) için bölgedeki yeraltısularının MT değerleri <50 olduğundan sulama suyu için elverişli sulardır. Çalışma alanındaki su örneklerinin RSC değerlerine göre B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B9 numuneleri çok iyi kaliteye sahip I. Sınıf sular sınıfında olup, B8 ve B10 nolu numuneler ise iyi kaliteye sahip II. Sınıf sular sınıfındadır.

Teşekkür

Bu çalışma yüksek lisans tez çalışmasının bir ürünü olup, Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 4142-YL1-14 nolu proje kapsamında finansal olarak desteklenmiştir.

Conflict of Interest / Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar

Aksoy, A., Bulut, E., Yenilmez, F., 2006. Ulubat Gölü Ötrofikasyon Kontrolü için Maksimum Alıcı Ortam Fosfor Yüklerinin Belirlenmesi. TÜBİTAK Deniz Bilimleri ve Çevre Araştırmaları Grubu Projesi, 105s. Ankara.

Anonim, 1999, Beyşehir Gölü sulak alanı yüzeysu toplama havzası yönetim planı analitik etüd raporu, Cilt: 1,2,3,4,5, Tüstaş Sınai Tesisler A.Ş. Proje Daire Başkanlığı, Ankara.

Anonim. 1995. Isparta Yöresindeki Göllerin Hidrolik Denge Analizi, Tarım ve Köy işleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Fransa Cumhuriyeti Tarım ve Balıkçılık Bakanlığı, Ankara.

Atılgan, A., Topçam, A., 1975. Isparta – Şarkikaraağaç Ovası Hidrojeolojik Etüdü; DSİ Raporu, Ankara.

Ayers, R.S., Westcot, D.W., 1989. Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage, 29 Rev. 1, ISBN 92-5-102263-1.

Ayhan, A., Güzel, A., Küçüködük, M., Durak, Y., Obalı, O., Tütüncü, T., 1996. Beyşehir Gölü’nün Su Kaynaklarının Korunması, Kimyasal ve Bakteriyolojik Kirliliğinin Araştırılması; TÜBİTAK DEBAG-31/DPT No’lu Proje Sonuç Raporu, s.138.

Babaoğlu, M., 2007. Beyşehir Gölü’nün sorunları ve alınması gereken önlemler, Konya İl Genel Meclisi Beyşehir Gölü araştırma komisyonu raporu [Online],<http://www.mehmetbabaoglu.gen.tr/beygolresim/beysehirraporu.pdf>.

Cengiz, O., 1997. Şarkikaraağaç (Isparta) ve Hüyük – Doğanhisar (Konya) Arasındaki Barit Yatakları ve Oluşumu. Doktora tezi, SDÜ Fen Bil. Enst., Isparta (yayımlanmamış).

Chadha, D.K., 1999. A Proposed New Diagram For Geochemical Classification of Natural Water and Interpretation of Chemical Data. Hydrogeology Journal, 7, 431-439.

Demirkol, C., Sipahi, H., Çiçek, S., 1977. Sultandağın Stratigrafisi ve Jeoloji Evrimi. MTA. Enst., Raporu, 6305 (yayımlanmamış).

Demirkol, C., 1977. Yalvaç – Akşehir Dolayının Jeolojisi. S.Ü. Fen Fak. Böl., Doçentlik Tezi, 114 s.

Demirkol, C., 1981. Sultandağ kuzeybatısının jeolojisi ve Beyşehir – Hoyran Napı ile ilişkileri: Tübitak temel bilimler araştırma grubu. proje no: TBAG 382, 56 s., (yayımlanmamış).

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, U.S. Geological Survey, 2009. <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycle/turkish>.

Doğan, A., Başayığit, L., Soyaslan, İ.İ., Nas, B., 2013. Göl-Yeraltısuyu-İklim İlişkisinin Yeraltısuyu Akım Modeli ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Yardımıyla Belirlenerek Gölün Optimum Dinamik İşletme Modelinin Oluşturulması: Beyşehir Gölü Modeli, TÜBİTAK Proje No: 109Y271.

Eaton, F.M., 1950. Significance of carbonate in irrigationwater. SoilSci 69 (2):123-133.

Elitok, Ö., 2000. Şarkikaraağaç (Isparta) ve Çevresinin Jeoloji, Mineroloji ve Petrografisi. Doktora tezi, Süleyman Demirel Üniv., Fen Bil., Enst., Isparta (yayımlanmamış).

Erguvanlı, K., Yüzer, E., 1987. Yeraltısuları jeolojisi. İTÜ Maden Fakültesi yayınları, İstanbul.

- Ezer, A., 2003. Beyşehir Gölü yüzey su toplama havzası yönetim planı örneğinde ekolojik planlama yaklaşımı, Planlama, S: 2001/3, TMMOB Çevre Plancıları Odası Yayını, Ankara, 65-79.
- Gibbs, R., 1970. Mechanism Controlling World River Water Chemistry. Science 170,1088-1090.
- Hoşafcioğlu S, 2007. Beyşehir Gölü Havzası'nda Noktasal ve Noktasal Olmayan Kirlenici Kaynakların Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.
- Nas, B., Berktaş, A., Sevimli, F., Yağcı, K., Yılmaz, S., 2008. Beyşehir Gölü Koruma Eylem Planı. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Su ve Toprak Yönetimi Dairesi, 122s, Ankara.
- Örmeci, S., 2005. Şarkıkaraağaç Havzasının (Isparta) Hidrojeoloji İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Piper, A.M., 1944. A Graphic Procedure in Geochemical Interpretation of Water Analyses, American Geophysical Union Transactions 25, 914-923.
- Raghunath, H.M., 1987. Groundwater, 2nd edn. Wiley Eastern Ltd, New Delhi 563p
- Sargin, A.H., 2010. Yeraltı suları. DSİ Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı suları Dairesi Başkanlığı, 200s, Ankara.
- Schoeller, H., 1955. GechemieDesEauxSouterranes. ReviewInstutieFranc. Petrole, Paris, 3-4.
- Şahinci, A., 1991. Doğal Suların Jeokimyası. Reform Matbaası, 548s, İzmir.
- Tomar, A., 2009. Toprak ve Su Kirliliği ve Su Havzalarının Korunması. TMMOB İzmir Kent Sempozyumu, 333-345, İzmir.
- TS-266, 2005. Sular - İnsani tüketim amaçlı sular, TS-266, Türk Standartları Enstitüsü, 25 s, Ankara.
- Tüstaş Sınai Tesisler A.Ş. Projeler Daire Başkanlığı. 1999. Beyşehir Gölü Sulak Alanı Yüzey Su Toplama Havzası Yönetim Planı Analitik Etüd Raporu, Cilt.I.III.IV.Konya Valiliği Beyşehir Kaymakamlığı Mahalli İdareler ve Çevre Birliği Başkanlığı, Ankara.
- WHO 2008. World Health Organisation Guidelines for Drinking-water Quality, Third Edition Incorporating The First and Second Addenda, WHO Publication, Geneva, 668 p. 2008.
- Wilcox, L.V., 1955. Classification and use of irrigation water. USDA, Circular, Washington.
- Yazıcıoğlu D., 2007. Hüyük-İmrenler-Brunsz-Köşk (Beyşehir-Konya) Çevresinin Hidrojeoloji İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.
- Zedef, V., 1987. Selki -Çamlıca -İmrenler (Beyşehir) yöresinin jeolojisi, kil ve demir. Zuhurları, S.Ü.Fen Bil. Enst. Yüksek Lisans Tezi, Konya, 70s (yayımlanmamış).