

İZOTOP ÖZELLİKLERİNİN KULLANILARAK SU-KAYAÇ ETKİLEŞİMİNİN İNCELENMESİ: ALAŞEHİR ALT HAVZASI ÖRNEĞİ

Serhat TONKUL

İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye

Celalettin ŞİMŞEK

Dokuz Eylül Üniversitesi, Torbalı Meslek Yüksek Okulu, İzmir, Türkiye
celalettin@deu.edu.tr

Alper BABA

İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye
alperbaba@iyte.edu.tr

(Makalenin geliş tarihi: 05.08.2019, Makalenin kabul tarihi: 16.10.2019)

ÖZ

Yeraltı su kaynakları yenilenebilir kaynaklar olmasına karşın, havzalarda aşırı çekim baskısı nedeniyle akiferlerde yeterince depolanamamakta ve depolama rezervi sürekli olarak azalmaktadır. Bu bağlamda son yıllarda yeraltısuyunun sürdürülebilir verimliliğinin artırılması için kalite ve miktarın belirlenmesine yönelik olarak yüzey ve yeraltısuyu sistemleri arasındaki ilişkinin detaylı olarak çalışılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Yüzey ve yeraltısuları arasındaki ilişkinin ortaya konulmasında en çok kullanılan özelliklerden birisi de izotoplardır. İzotoplar yeraltısuları ile kayalar arasındaki etkileşimini (su-kayaç ilişkisi) anlamada büyük öneme sahiptir. İzotoplar ile suların izledikleri yollar ve kökenleri hakkında önemli bilgiler alınabilmektedir. Özellikle, jeotermal bir sistemin bulunduğu bölgede, jeotermal rezervuar sıcaklığını tahmin etmede yardımcı olabilen bu izotoplar, aynı zamanda jeotermal bir sistemin evrimini de ortaya çıkarmaktadır.

Türkiye'nin batısında yer alan ve ülkenin %2'sini oluşturan Gediz Havzası, önemli bir jeotermal potansiyelin olduğu alan konumundadır. Bu çalışma kapsamında çalışma alanındaki suların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin kullanılarak, Alaşehir alt (Manisa) havzasında yüzey ve yeraltısuyu sistemleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, Alaşehir alt havzasında 25 farklı noktada araştırma kuyuları açılmış olup, bu kuyulardan yağışlı ve kurak dönemde alınan yeraltısuyu örnekleri ile bu alandaki yağmur suyu örnekleri üzerinde laboratuvar ortamında, 2017 ve 2018 yılına ait numunelerin izotopik özellikleri değerlendirilmiştir. Buna göre, çalışma sahası ve çevresinde yeraltısularının 2017 ve 2018 yıllarına ait yağışlı ve kurak dönem $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$ ve $\delta^3\text{H}$ izotop dağılımlarına bakıldığında genel olarak suların önemli bir kısmının meteorik kökenli olduğu anlaşılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Alaşehir, yeraltısuyu, hidrojeoloji, izotop

INVESTIGATION OF WATER-ROCK INTERACTION USING ISOTOPE DATA: CASE STUDY: ALAŞEHİR SUB-BASIN

ABSTRACT

Although the groundwater resources are renewable sources, due to excessive gravity pressure in the basins, they cannot be stored in the aquifers sufficiently and the storage reserve is continuously decreasing. In this context, in recent years, in order to increase the sustainable efficiency of groundwater, the relationship between surface and groundwater systems is needed to be studied in detail to determine the quality and quantity. Isotopes are one of the most commonly used features in revealing the relationship between surface and groundwater. Important information can be obtained about isotopes and their paths and origins. In particular, in the region where a geothermal system exists,

these isotopes, which can help to estimate the temperature of the geothermal reservoir, also reveal the evolution of a geothermal system.

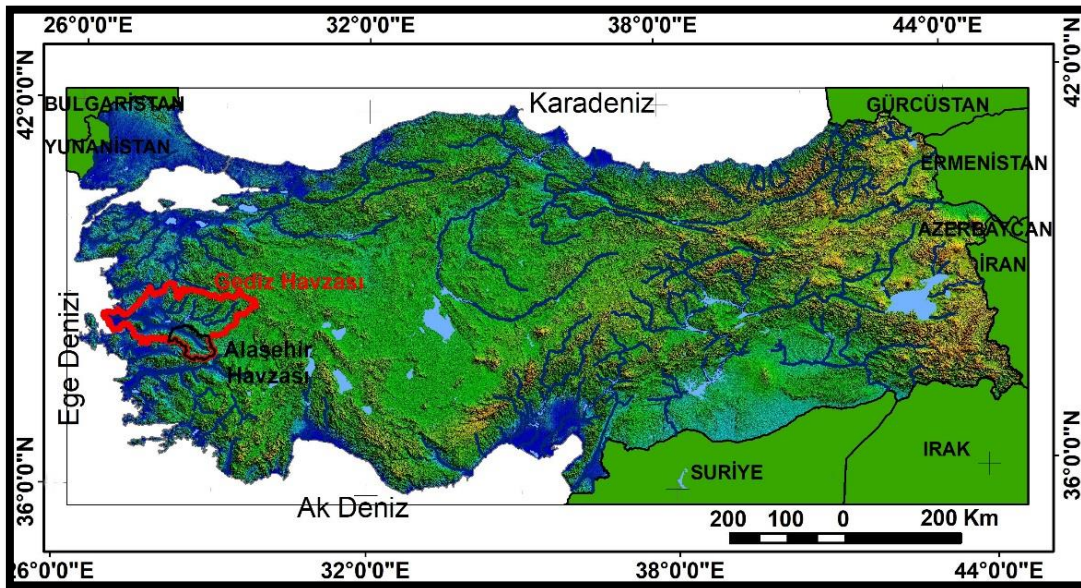
Gediz Basin which has an important geothermal potential constitutes 2% of the country's position. The aim of this study is to determine the relationship between surface and groundwater systems in the Alaşehir sub (Manisa) basin by using the physical and chemical properties of the waters in the study area. Within the scope of the study, research wells were drilled in 25 different points in the Alaşehir sub-basin and the physical, chemical and isotopic properties of the samples belonging to 2017 and 2018 were measured on the groundwater samples taken from these wells in rainy and dry periods and rainwater samples in this area. When the isotope distributions of $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$, $\delta^3\text{H}$ in the rainy and dry period of 2017 and 2018 are considered, it is understood that a significant part of the waters are meteoric in general.

Keywords: Alaşehir, groundwater, hydrogeology, isotopes

1 ÇALIŞMA ALANI

Gediz Havzası Türkiye'nin yaklaşık %2'sini kaplayan en önemli havzalardan bir tanesidir. Çalışma alanı olan Alaşehir alt havzası ise Gediz havzasının güneydoğu kesiminde konumlanmış olup ve havzanın %15.81'ini oluşturmaktadır (Şekil 1). Alaşehir alt havzası, Alaşehir ve Salihli arasında kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda uzanan 140 km uzunluğunda ve 15 km genişliğindedir. Alaşehir alt havzasının toplam drenaj alanı 2710,51 km² olup oldukça geniş bir alana sahiptir. Havzanın güneyinde Büyük Menderes Havzası, kuzeyinde Gediz havzasının

diğer bir alt havzası olan ve Demirköprü Barajı'nın drenaj alanı olan Üst Havza yer almaktadır. Tipik bir çöküntü havza konumunda olan Alaşehir alt havzasının kotu deniz seviyesinden 83 m ile 2155 m arasında değişmektedir. Havzanın üst kesimleri Bozdağ ve Seyran dağları ile çevrilidir. Çalışma alanı, sanayi kenti ve tarımsal sulamanın fazlaca yapıldığı bölge konumundadır. Tarımsal sulama için kullanılan su havzadaki yeraltısularından, havzanın batısında yer alan Avşar Barajı'ndan ve güneyindeki Derbent Barajı'ndan sağlanmaktadır.



Şekil 1 - Alaşehir Havzasının Gediz Havzası içerisindeki lokasyonu

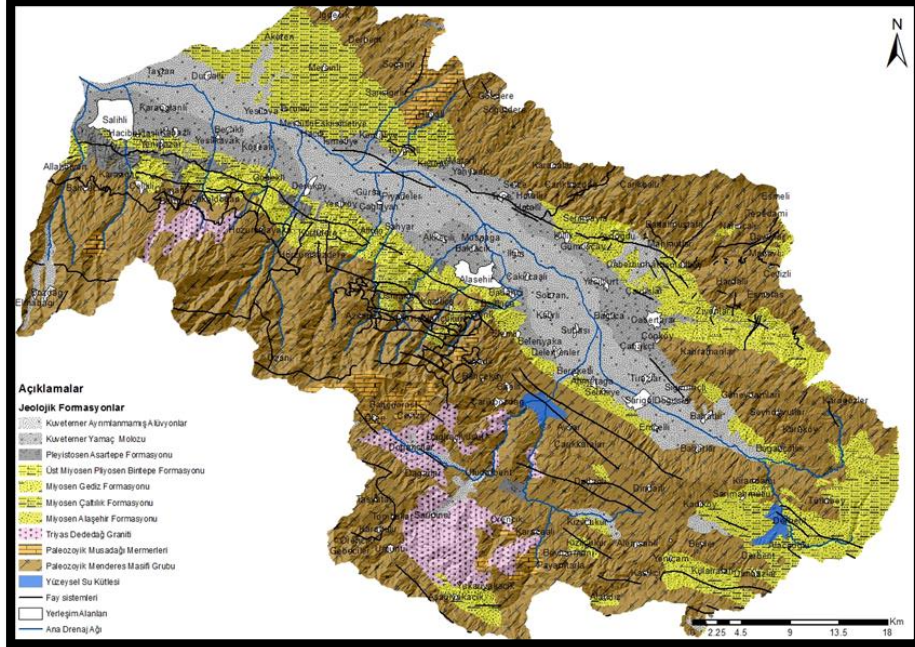
2 JEOLJİ

Alaşehir Havzası içerisinde kalan bölümün stratigrafisi konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır (Çiftci, 2007; Emre, 1996; Deniz vd., 2002; Erdoğan ve Güngör, 2004; Seyitoğlu vd., 2002; Yılmaz vd., 2000). Bu çalışmalarda aynı

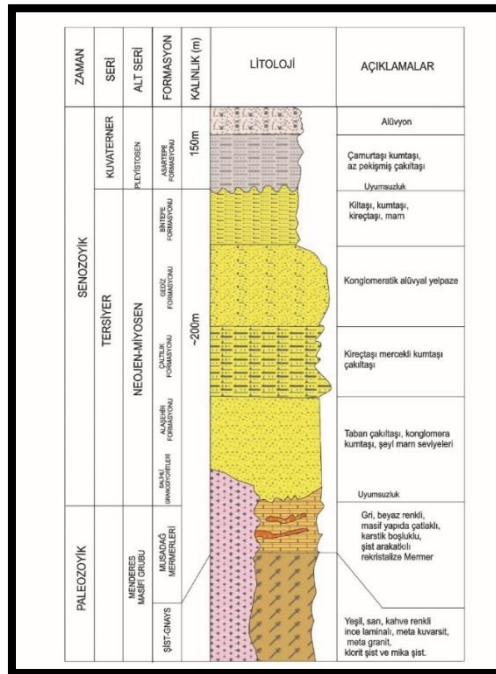
istife ait formasyonlara çok farklı yaşlarda isim ve yaş verilmiştir. Bunlardan İztan ve Yazman (1990) tarafından yapılan adlandırma çok az bir değişiklik ile günümüze kadar gelmiştir. Bu çalışmaya göre, havzada petrol amaçlı yapılan

sismik çalışmalarla birleştirilerek, havza modeli ortaya çıkarılmıştır. Bunlara ek olarak, DSİ tarafından havzada yapılan hidrojeolojik etüt kapsamında da tüm çalışmalar birleştirilerek alanın jeolojisi detaylı bir şekilde ele alınmıştır (DSİ, 2014). Bu raporlar doğrultusunda, havzada Miyosen öncesi temel kayalarını Menderes

Masifi'ne ait metamorfik kayalar oluşturur. Havzanın Miyosen-Kuvaterner tortul dolgusunu Alaşehir formasyonu ve güncel alüvyonlar oluşturmaktadır (Şekil 2). Çalışma alanının genelleştirilmiş kolon kesiti ise Şekil 3'te sunulmuştur.



Şekil 2 - Çalışma alanının jeoloji haritası (DSİ, 2014'ten değiştirilerek)



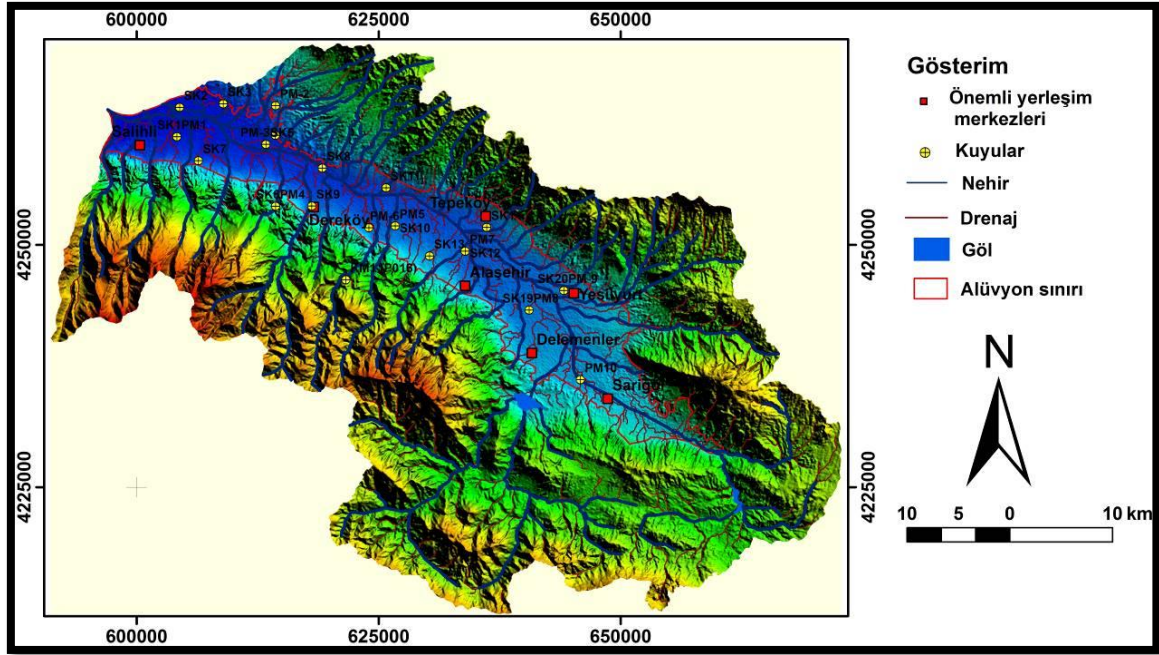
Şekil 3 - Çalışma alanının genelleştirilmiş kolon kesiti (Çiftçi ve Bozkurt, 2009'dan değiştirilerek)

3 MATERYAL METOT

3.1 Su Numunesi Alımı

Çalışma alanındaki yaygın yeraltısuyu bulunduran birimler hem antropojenik (tarım gibi) hem de jeolojik süreçlerle (jeotermal kaynaklar gibi) ilişkili kirleticilere maruz kalmaktadır (Baba ve Murathan, 2012). Su noktaları seçilirken alanda kirleticilerden etkilenmemiş alanlar dikkate alınmıştır. Çalışma kapsamında açılan araştırma ve pompaj kuyularından kurak ve yağışlı dönemleri temsil etmesi amacıyla Mayıs 2017, Eylül 2017, Mart 2017 ve Nisan 2018

dönemlerin örneklemeleri yapılmış, yeraltısuyu ve yüzey sularının özellikleri ortaya konmuştur. Alınan örnek noktalarının dağılımı Şekil 4'te sunulmuştur. Bölgedeki suların izotopik özellikleri değerlendirilmiştir. Elde edilen verilerden suların birbiri ile ilişkisi ve kökenleri için Oksijen ($\delta^{18}\text{O}$)/döteryum ve trityum ($\delta^2\text{H}$)/elektriksel iletkenlik diyagramları kullanılmıştır.



Şekil 4 - Su numunelerinin alındığı noktalar

3.2 Yeraltısularının İzotop Özellikleri

Oksijen-18 ($\delta^{18}\text{O}$) ve döteryum ($\delta^2\text{H}$) izotopları hidrojeolojide çok kullanılan duraylı izotoplardır. Duraylı izotoplardan ^{18}O ve ^2H hidrolojik şartların belirlenip akışkanı etkileyen işlevlerin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Bu izotoplar birbirleriyle orantılı olarak değişmektedir. Oksijen yerkabuğunda en fazla rastlanan elementtir ve genellikle kayaç rezervuarlarında daha yüksek miktarda bulunmaktadır. ^{18}O 'in tersine, ^2H genelde mineral ve kayaçlardan çok sularda bulunmaktadır. Bu iki izotopun zıt yapısı, yüksek sıcaklıklı sistemlerde suyun izotopik değerlendirmesi açısından büyük önem taşımaktadır. $\delta^{18}\text{O}$ değerlerine sahip oluşu ise suların yeraltı dolaşımını sırasında yan kayaçlar ile etkileşimde bulunmasına bağlanmaktadır. Ayrıca yükseklik arttıkça suların $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ değerleri sistematik olarak azalır.

Doğada oksijen üç farklı duraylı izotopa sahipken (^{16}O , ^{17}O , ^{18}O), hidrojen ise iki farklı duraylı izotopa sahiptir (^1H , ^2H). Bu izotoplar jeotermal sular ile kayaçlar arasındaki etkileşimi (su-kayaç ilişkisi) anlamada büyük öneme sahiptir. Bu izotoplar ile suların izledikleri yollar ve kökenleri hakkında önemli bilgiler alınabilmektedir. Özellikle, jeotermal bir sistemin bulunduğu bölgede, jeotermal rezervuar sıcaklığını tahmin etmede yardımcı olabilmektedir. Aynı zamanda bu izotoplar, jeotermal bir sistemin evrimini ortaya çıkarmaktadır. H_2^{16}O ve D_2^{18}O izotopları jeotermal bir sistemi yorumlamada doğrudan ilgilenilmesi gereken iki izotoptur. Çünkü, H_2^{16}O izotopunun, D_2^{18}O izotopuna göre daha yüksek buhar basıncı vardır. Böylece su buharlaştığı zaman, buhar ^{16}O ve H bakımından zenginleşirken, ^{18}O ve ^2H sıvı halde kalır.

Suyun izotopik bileşimi, Standart Ortalama Okyanus Suyu (SMOW) referans alınarak değerlendirilmektedir. Standart Ortalama Okyanus Suyu (SMOW), Craig (1961) tarafından

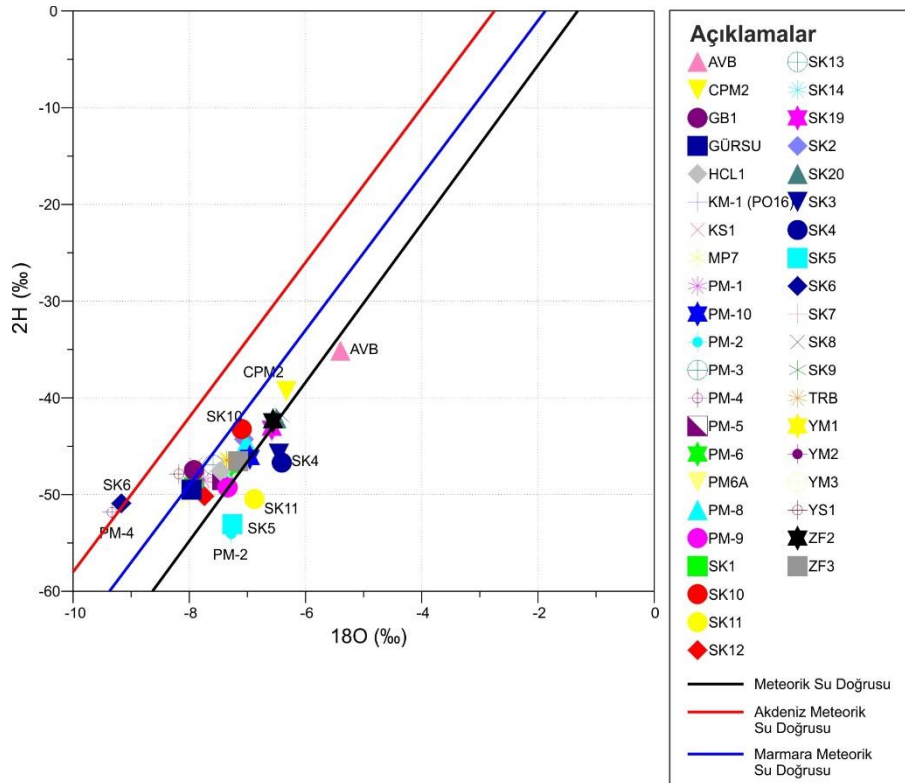
rapor edilen suyun tüm izotop oranlarına karşı uluslararası standart olarak kabul edilir ve Eşitlik 1 ve 2'deki fonksiyon ile ifade edilir:

$$\delta^{18}\text{O} = \left[\frac{(^{18}\text{O}/^{16}\text{O}_s) - (^{18}\text{O}/^{16}\text{O}_{\text{SMOW}})}{(^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{SMOW}}} \right] \times 1000 \quad [1]$$

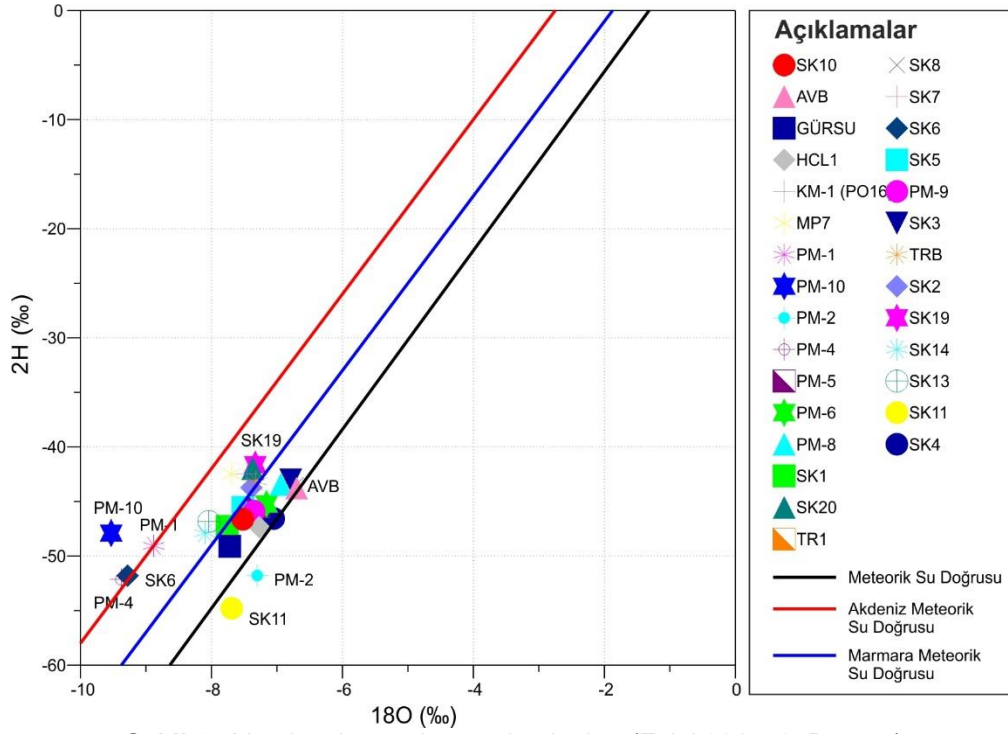
$$\delta^2\text{H} = \left[\frac{(^2\text{H}/\text{H}_s) - (^2\text{H}/\text{H}_{\text{SMOW}})}{(^2\text{H}/\text{H})_{\text{SMOW}}} \right] \times 1000 \quad [2]$$

Jeotermal bir sistemi etkileyen fiziksel ve kimyasal süreçler, $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ izotoplarının dağılımlarının bir diyagram üzerinde gösterilmesiyle daha iyi anlaşılabilir. Bu amaçla, çalışma kapsamında, 2017 yılında örneklenen yeraltısularının yağışlı dönem (Mayıs 2017_1. Dönem) ve kurak (Eylül 2017_2. Dönem) dönemine ait $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ izotop dağılımları ile 2018 yılında örneklenen yeraltısularının yağışlı dönem Mayıs 2018 (Mayıs 2018_3. Dönem) dönemine ait $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ izotop dağılımları elde edilmiştir (Şekil 5-7). Alaşehir alt havzasındaki yeraltısularına ait oksijen ve döteryum grafiklerinde meteorik su doğrusundan sapmalarını karşılaştırmak amacıyla Akdeniz ve Marmara meteorik su doğruları da kullanılmıştır. Buna göre, Oksijen ve döteryum grafiklerine bakıldığında yeraltısularının meteorik kökenli

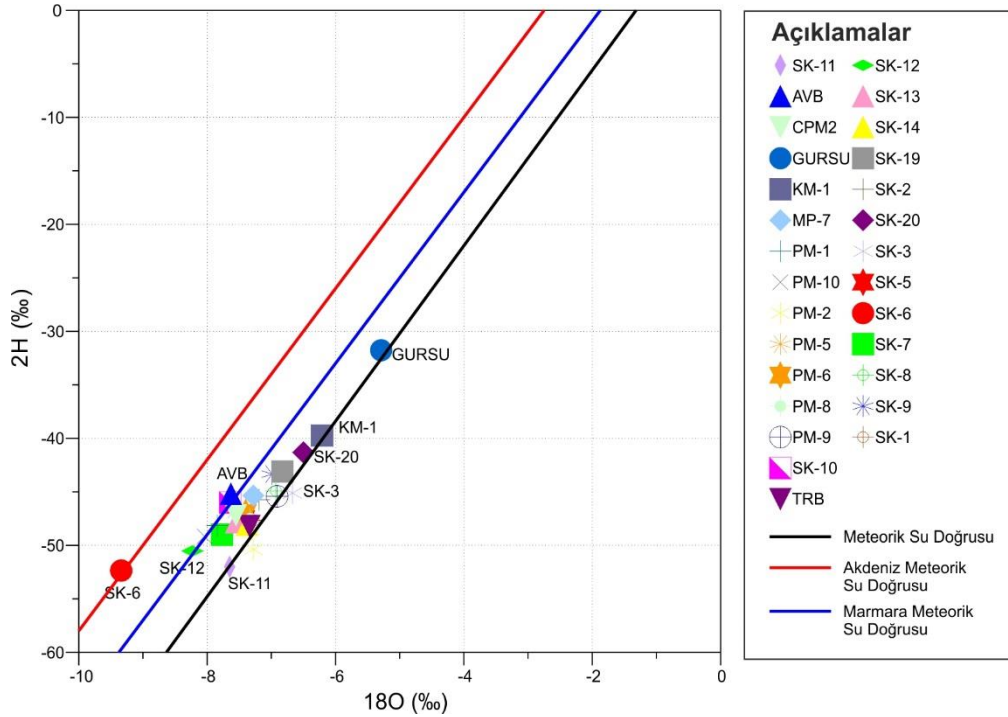
olduğu anlaşılmaktadır. Kaynakların Akdeniz meteorik su doğrusuna da ($\delta\text{D}=8 \cdot \delta^{18}\text{O} + 22$) yakın konumda yer almaları, yüksek buharlaşma etkisine sahip atmosferik su buharınca oluşan yağışların da bölgede etkin olduğunu göstermektedir. Ayrıca oksijen ve döteryum değerlerindeki daha negatif değerler SK-6, PM-4, PM-1, PM-10 gibi kuyuların daha yüksek kotlu alanlardan beslendiğini ifade etmektedir (Şekil 5-7). Ayrıca, bu kuyular meteorik su çizgisinden sapma göstererek oksijen bakımından kısmen zenginleşmiş, su kayaç etkileşiminin fazla olduğu derin dolaşimli kuyulardır. Ancak inceleme sahasında YM2, YM3, PM-2 gibi su örnekleri daha derin dolaşımıdır. Diğer su kaynakları ise daha sığ dolaşımıdır (Tonkul, 2018).



Şekil 5 - Yeraltısularının izotop dağılımları (Mayıs 2017_1. Dönem)

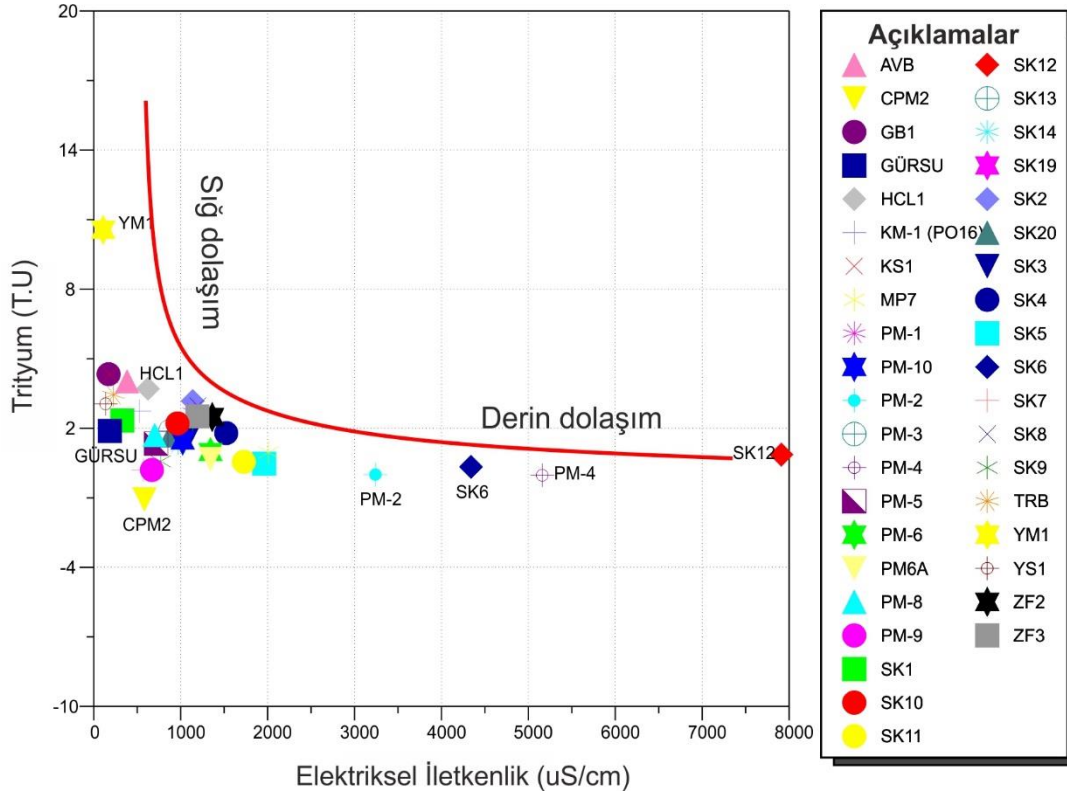


Şekil 6 - Yeraltısularının izotop dağılımları (Eylül 2017_2. Dönem)

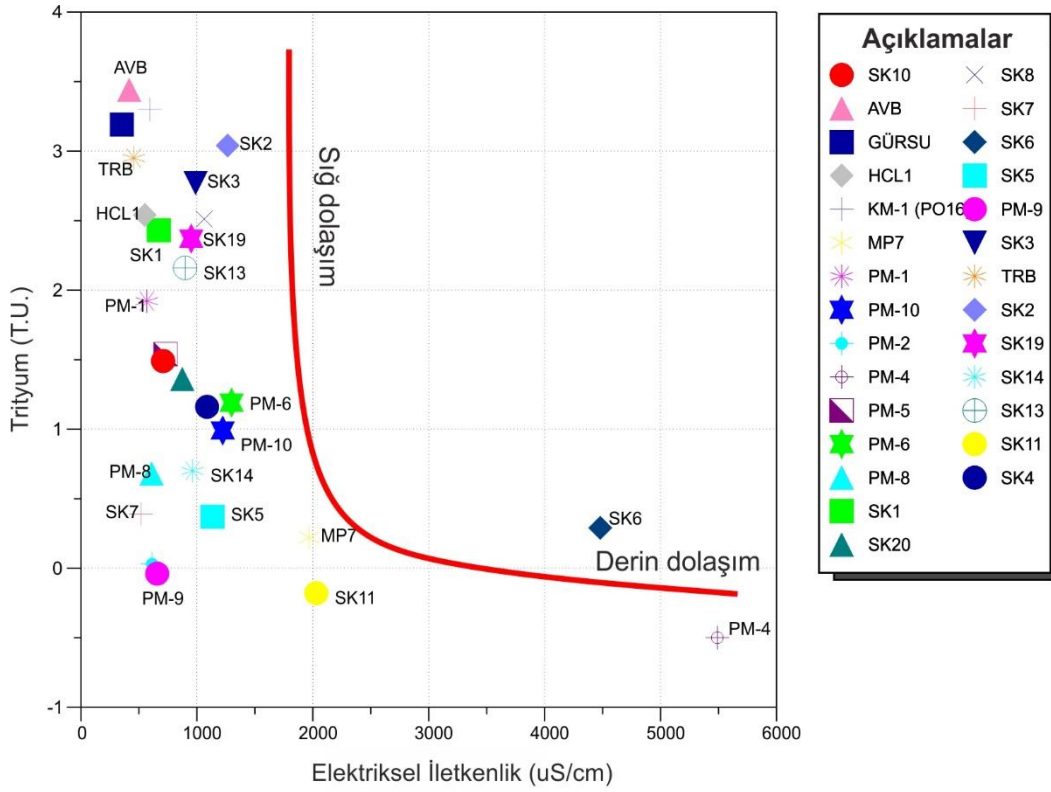


Şekil 7 - Yeraltısularının izotop dağılımları (Mayıs 2018_3. Dönem)

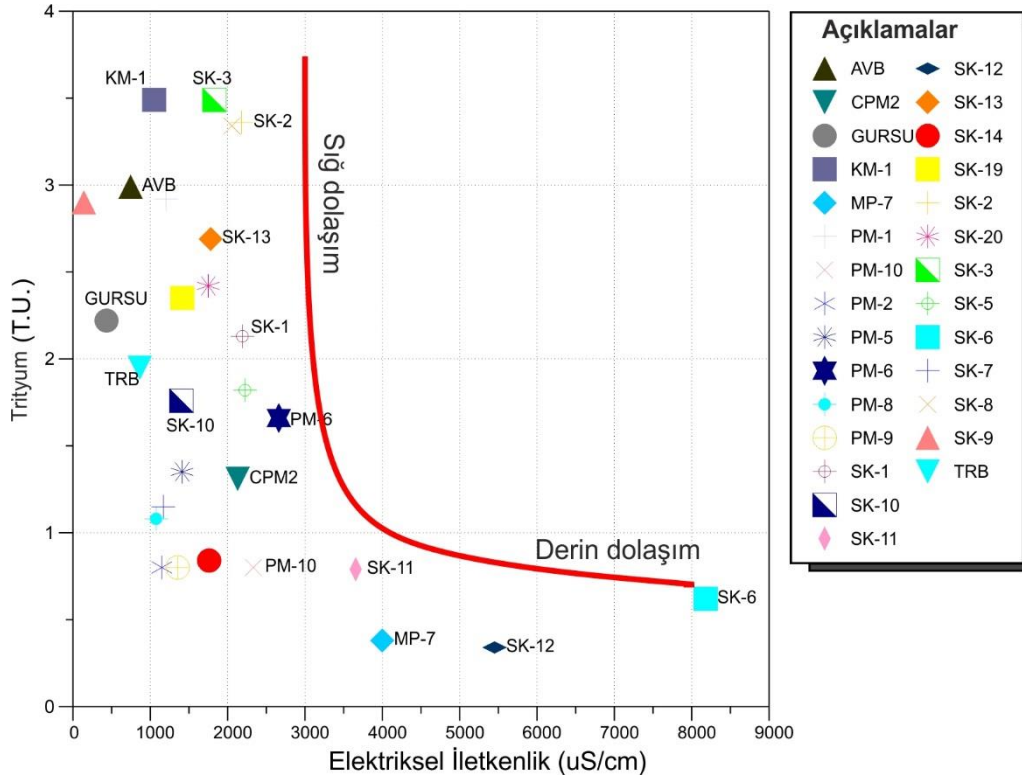
Ayrıca çalışma alanındaki suların yaşlarına ilişkin bilgi edinmek amacı ile Trityum (TU) analizleri yapılmıştır. Elde edilen verilere göre, su kaynaklarının önemli bir kısmının TU değerinin 5'e yakın olduğu görülmektedir. En yüksek TU değerleri (YM1, YM2 ve YM3) yağmur sularına ilişkin verilerdir. Diğer su kaynakları ise meteorik kökenli ve sığ dolaşımıdır. PM-2, PM-4, SK-6 ve SK-12 gibi su kaynakları ise daha derin dolaşımıdır. Hem elektriksel iletkenlik değerleri yüksek hem de TU değerleri düşük olan PM-4 gibi su kaynağı hem derin hem de su-kayaç etkileşiminin yoğun olduğunu göstermektedir (Şekil 8-Şekil 10). Her üç dönemde alınan sularda TU değerleri birbirine yakındır (Tonkul, 2018).



Şekil 8 - Sularda Trityum-Eİ ilişkisi (Mayıs 2017_1. Dönem)



Şekil 9 - Sularda Trityum-Eİ ilişkisi (Eylül 2017_2. Dönem)



Şekil 10 - Sulara Trityum-Eİ ilişkisi (Mayıs 2018_3. Dönem)

4 SONUÇLAR

2017 ve 2018 yıllarına ait yağışlı ve kurak dönem $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ izotop dağılımlarına bakıldığında genel olarak suların önemli bir kısmının meteorik kökenli olduğu anlaşılmaktadır.

Çalışma alanındaki suların oksijen ve döteryum grafiklerinde SMOW eğrisine yakın konumda bulunmaları, beslenme alanları aynı olan ya da aynı tür yağışlardan beslenen akifere ait örnekler olduğunu ifade etmektedir.

Çalışma alanındaki suların Trityum (TU) analizlerine göre su kaynaklarının önemli bir kısmının TU değerinin 5'e yakın olduğu anlaşılmıştır. En yüksek TU değerleri (YM1, YM2 ve YM3) yağmur sularına ilişkin verilerdir. Diğer su kaynakları ise meteorik kökenli ve sığ dolaşımındadır. PM-2, PM-4, SK-6 ve SK-12 gibi su kaynakları ise daha derin dolaşımındadır. Hem elektriksel iletkenlik değerleri yüksek hem de TU değerleri düşük olan PM-4 gibi su kaynağı hem derin hem de su-kayaç etkileşiminin yoğun olduğunu göstermektedir. Her üç dönemde alınan sulara TU değerleri birbirine yakındır.

5 TEŞEKKÜR

Bu çalışma, 115Y065 nolu TÜBİTAK Projesi kapsamında desteklenmiştir.

6 KAYNAKLAR

Baba, A., ve Murathan, A. 2012, The influence of geothermal fluid on groundwater quality in Alaşehir region, Manisa, Turkey, International Earth Science Colloquium on the Aegean Region, IESCA-2012, 1-5 October 2012, Izmir, Turkey, p.17.

Craig, H. (1961). Isotopic variations in meteoric waters. Science, 133(3465), 1702-1703

Çiftçi, N. B. (2007). Geological evolution of the Gedizgraben, SW Turkey: Temporal and spatial variation of the graben: Ph.D. thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, 290 p

Çiftçi, N.B., Bozkurt, E. (2009). Evolution of the Miocene sedimentary fill of the Gediz Graben, SW Turkey. Sedimentary Geology, 216, 49–79

Deniz O., Sözbilir H., Bozkurt E. (2002). Menderes Masifi ile Alt-Orta Miyosen Arasındaki Dokanak İlişkinin Niteliği Ve Tektonik Önemi: Alaşehir İlçesi Güneyinden Arazi Verileri, 55. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara

- DSİ (2014). DSİ 02 Bölge Gediz Havzası Yeraltısuyu Planlaması Hidrojeolojik Etüd Raporu, DSİ Ankara
- Emre, T. (1996). Gediz Grabeni'nin jeolojisi ve tektoniği. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 5, 171–185
- Erdoğan, B. ve Güngör, T. (2004). The problem of the core - cover boundary of the Menderes Masif and an emplacement mechanism for regionally extensive gneissic granite, Western Anatolia Turkey, *Turkish Journal Earth Science*, 13, 15–36
- İztan, H., Yazman, M., (1990). Geology and hydrocarbon potential of the Alaşehir (Manisa) area, western Turkey. *Proceedings of the International Earth Sciences Congress on Aegean Regions*, İzmir, pp. 327–338
- Seyitoğlu, G., Tekeli, O., Çemen, İ., Şen, Ş., Işık, V., (2002). The role of the flexural rotation/rolling hinge model in the tectonic evolution of the Alaşehirgraben, western Turkey. *Geological Magazine*, 139, 15–26
- Tonkul, S. (2018). Alaşehir Alt Havzasında Doğal Yeraltısuyu Beslenimi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi
- Yılmaz, Y., Genç, Ş.C., Gürer, O.F., Bozcu, M., Yılmaz, K., Karacık, Z. (2000). When did the western Anatolian grabens begin to develop In: Bozkurt E., Winchester J.A. ve Piper J.D.A. (eds), *Tectonics ve Magmatism in Turkey ve the Surrounding Area*. Geological Society of London, Special Publication, 173, 353–384