

Oba Çayı Alt Havzasının (Antalya, Türkiye) Hidrojeolojisi ve Su Kaynaklarının Hidro-kimyasal İncelenmesi

Şehnaz Şener^{1*} ve Erhan Şener²

¹Jeoloji Mühendisliği / Mühendislik Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

² Uzaktan Algılama Arş. ve Uygulama Merkezi Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

*(sehnazsener@sdu.edu.tr)

Özet – Günümüzde, artan nüfus, sanayileşme, kentleşme vb. gibi bazı önemli faktörler nedeniyle yüzeysel veya yeraltında suyun bulunabilirliği ve kalitesi bozulmaktadır. Bu nedenle, mevcut su kaynaklarının kimyasal ve kalite özelliklerinin belirli periyodlarla izlenmesi ve ihtiyaç durumunda gerekli koruma önlemlerinin alınması zorunludur. Çalışma alanı olan Oba çayı alt havzası, Antalya havzası içerisinde yer almakta olup Alanya yerleşim merkezinin kuzey-kuzeydoğusunda bulunmaktadır. Alt havzanın hidrojeolojik yapısının incelenerek havza içerisindeki su kaynaklarının kimyasal özelliklerinin belirlenmesi bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Bu kapsamda, öncelikle çalışma alanının jeolojik özellikleri incelenmiştir. Genel olarak metamorfik ve karbonatlı kayaların yüzeyletiği havzada alüvyon birim gözeneli akiferi, karbonatlı birimler ise karstik akiferi oluşturmaktadır. Bölgede yüzeyleyen Çandır Formasyonu, Dolomit Üyesi, Elikesik Şist Birimi, Kargacık Şist Birimi ve Kuvarsit Üyesi ise çatlaklı akifer birim olarak sınıflandırılmıştır. Çalışma alanında sürekli akış gösteren akarsu Oba Çayıdır. Kocabağ Dere, Çatak Deresi ve Gedikharman Dere sürekli akışa sahip olan diğer yüzey suları olup Oba Çayın yan kollarını oluşturmaktadır. Çalışma alanındaki su kaynaklarının hidro-kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla, Ekim-2021 (kurak dönem) döneminde Oba çayından ve yeraltı sularından toplam 6 adet su örneği alınmış ve kimyasal analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, suların tamamı Ca-HCO₃'lü sular fasiyesindedir. Su örnekleri genel olarak içme suyu olarak kullanılabilir özelliktedir. Ancak, suların pH değerleri sınır değer olarak verilen 8.5'in üzerindedir. Yeraltı sularının EC değerleri ise yüzey sularına nazaran oldukça yüksek ölçülmüştür. Bunun yanı sıra Oba çayından alınan su örnekleri sulama suyu olarak kullanılabilir özelliktedir.

Anahtar Kelimeler – Oba Çayı, Hidrojeoloji, Hidro-Kimya, Yeraltı suyu, Su Kalitesi

I. GİRİŞ

Su kaynaklarının kimyasal özelliklerinin ve kalitesinin değerlendirilmesi, insan faaliyetlerinin su ekosistemleri üzerindeki etkisini anlamak için çok önemlidir. Ayrıca, insanların en temel ihtiyacı olan suyun kullanılabilirliği de ancak fiziksel ve kimyasal özelliklerinin ortaya konulması ile belirlenebilir. Kırsal alanlardaki aşırı pestisit ve gübre kullanımı, çiftlik hayvanlarının ve kümes hayvanlarının atık sularının deşarjı gibi sık gözlenen insan faaliyetleri [1], [2], [3], evsel atık sular, hasarlı ve/veya düzenli çalışmayan kanalizasyon toplama ve arıtma tesisleri [4], nüfus artışı ile bağlantılı

olarak her geçen gün kentsel alanların büyümesi ve sürekli artan kentleşme [5], [6] ve çeşitli endüstriyel faaliyetler [7], [8] su kaynaklarının kalitesinin bozulmasına yol açmaktadır [9], [10].

Sözkonusu kirletici faktörlerin su kaynakları üzerindeki etkilerini net bir şekilde ölçebilmek ve su kalitesini kapsamlı olarak ortaya koyabilmek için suyun fiziksel, kimyasal, biyolojik ve mikrobiyolojik parametrelerinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Suların majör iyon kimyasının bilinmesi su kalitesinin değerlendirilmesinde ve kullanım olanaklarının belirlenmesinde son derece

önemlidir [11], [12], [13], [14]. Bu çalışmada, Antalya havzası içerisinde bulunan Oba Çayı alt havzasının hidrojeolojik özellikleri incelenerek, yüzey ve yeraltı sularının majör iyon kimyası ortaya konulmuş ve su kalitesi değerlendirilmiştir.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

A. Çalışma Alanı

Oba Çayı alt havzası ülkemizin 25 nehir havzasından biri olan Antalya havzası içerisinde yer almaktadır. Havza yaklaşık 90 km²'lik bir alana kaplanmaktadır. Havzanın deniz sınırı Alanya yerleşim alanının doğusunda başlar kuzeydoğuya doğru üst kotlarda Asmaca, Bademağacı, Obaalaçamı, Değirmendere, Kızılcashehir köylerini içerisine alacak şekilde devam eder (Şekil 1).

Havzanın en önemli yüzey suyu Oba çayıdır. Bunun dışında çok sayıda karstik kaynaklardan su ihtiyacı karşılanmaktadır. Havza içerisinde, Kadıpınarı, Çıplaklı-Sugüzü ve Obaalaçamı kaynakları en önemli olan kaynaklardır.



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası

B. Örnekleme ve Analiz Yöntemleri

Ekim-2021 (kurak dönem) döneminde toplam 6 adet su örneği (3 adet yüzey suyu, 3 adet yeraltı suyu) alınmış ve her örneğin koordinatları GPS'e kaydedilmiştir. Numunelerin alınmasında, yürürlükten kaldırılan Orman ve Su İşleri Bakanlığının (Türkiye) "Yüzey suyu, yeraltı suyu

ve sediman numunesi alma ve biyolojik numune alma Tebliği"nde tanımlanan su kaynaklarından kimyasal analiz için numune alma koşulları dikkate alınmıştır. Böylece örneklemeden doğabilecek hatalar ortadan kaldırılmıştır. Sahada numune alımı sırasında hidrojen iyonu konsantrasyonu (pH), toplam çözülmüş katı madde (TDS; mg/L), elektriksel iletkenlik (EC; μ S/cm) ve sıcaklık (T; °C), değerleri YSI Professional Plus marka çok parametrelili taşınabilir su kalitesi ölçüm cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Anyon ve katyon analizleri için aynı lokasyondan iki farklı su örneği alınmıştır. Örneklerden birisinin içerisinde asit eklenerek pH'ı düşürülmüştür. Örnekler karanlık ve soğuk ortamda muhafaza edilerek en kısa sürede laboratuvar ortamına getirilmiştir. Su numunelerinin kimyasal analizleri, SDÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü Jeotermal Enerji Laboratuvarı'nda (Isparta, Türkiye) yapılmıştır. Katyon konsantrasyonlarını analiz etmek için endüktif olarak eşleşmiş plazma kütle spektrometresi (ICP-MS) kullanılmıştır. Sülfat, klorür, karbonat ve bikarbonat analizleri için Jeotermal Enerji Laboratuvarında titrimetrik ve baryum sülfat bulanıklığı (sadece SO₄ için) yapılmıştır. Ayrıca, su numunelerinin hesaplanan şarj-denge hatası, kabul edilebilir sınır olan %5'ten azdır.

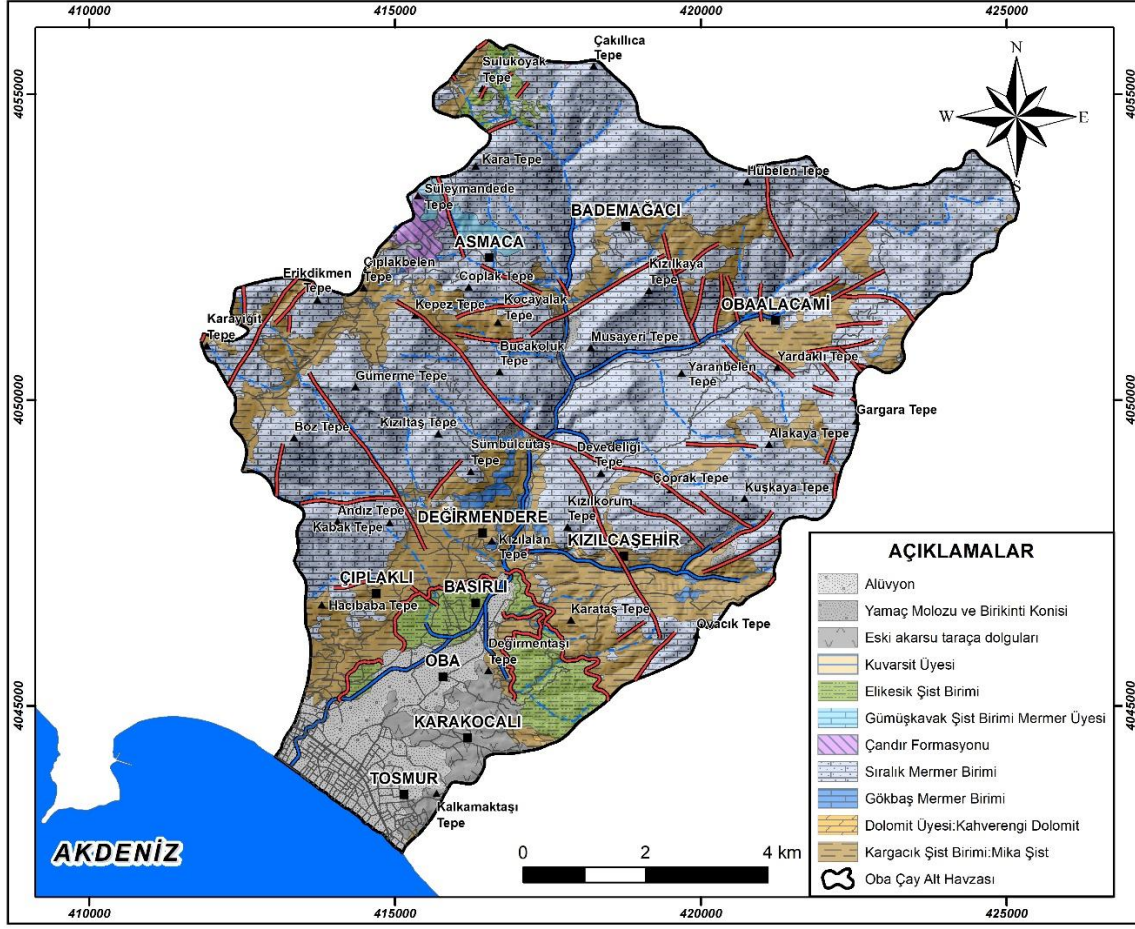
III. BULGULAR

A. Çalışma Alanının Jeolojisi

Çalışma alanında gözlenen litolojik birimler Antalya birliği, Alanya birliği, Neotokton kayalar ve Örtü kayalar olarak dört ana gruba ayrılırlar. En altta Antalya birliği kayaları yer alır. Antalya birliği üzerine tektonik olarak Alanya birliği kayaları gelir. Neotokton kayalar olarak tanımlanan Miyosen ve Miyosen sonrası denizel karakterli kayalar ise stratigrafik bir dokanakla her iki birimin de üzerine gelir. En üstte ise karasal ortamda oluşmuş örtü birimleri yer alır. Çalışma alanını içeren Oba Çayı Alt Havzasının 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası Şekil 2'de sunulmuştur. Bölgede farklı yaş ve litolojiye sahip stratigrafik birimler yüzeylenmektedir. Bölgede ayrılan litolojik birimler Kargacık Şist Birimi, Dolomit Üyesi, Gökbaşı Mermer Birimi, Sıralık Mermer Birimi,

Çandır Formasyonu, Gümüşkavak Şist Birimi, Elikesik Şist Birimi, Kuvarsit Üyesi'dir. Tüm bu birimlerin üzerinde Kuvaterner örtü birimleri olan

Alüvyon, yamaç molozu ve Eski Akarsu Taraça Dolguları bulunmaktadır [15].



Şekil 2. Çalışma alanının jeoloji haritası

B. Bölgesel Hidrojeoloji

Oba çayı alt havzasının içerisinde bulunduğu Antalya Havzası, ülkemizin güneyinde, Akdeniz bölgesinde yer almaktadır. Havzanın su potansiyeli oldukça yüksek olup başlıca yüzey suları Düden çayı, Aksu çayı, Boğaçay, Manavgat çayı, Köprüçay, Kargı çayı, Karpuz çayı, Alara ve Dim çayları ile Oba çayıdır.

Havzanın kuzey sınırında Sultandağları bulunmaktadır. Doğusunda Toroslar ve Alanya ilçesi, batı sınırında ise Beydağları ile sınırlanmıştır. Antalya körfezi Antalya havzasının güney sınırını oluşturmaktadır. Havzanın Isparta iline doğru uzanan üst bölümünde en önemli yüzey suyu Eğirdir ve Kovada gölleridir. Ayrıca, bu bölümde yalvaç, Pupa, Hoyran ve Korkuteli çayları ile çok sayıda mevsimlik dere bulunmaktadır. Havza yaklaşık

2.021.340 ha yüzey alanına sahiptir ve bu alan ülkemizin yüzölçümünün % 3'üne karşılık gelmektedir [16].

C. Litolojik birimlerin hidrojeolojik özellikleri

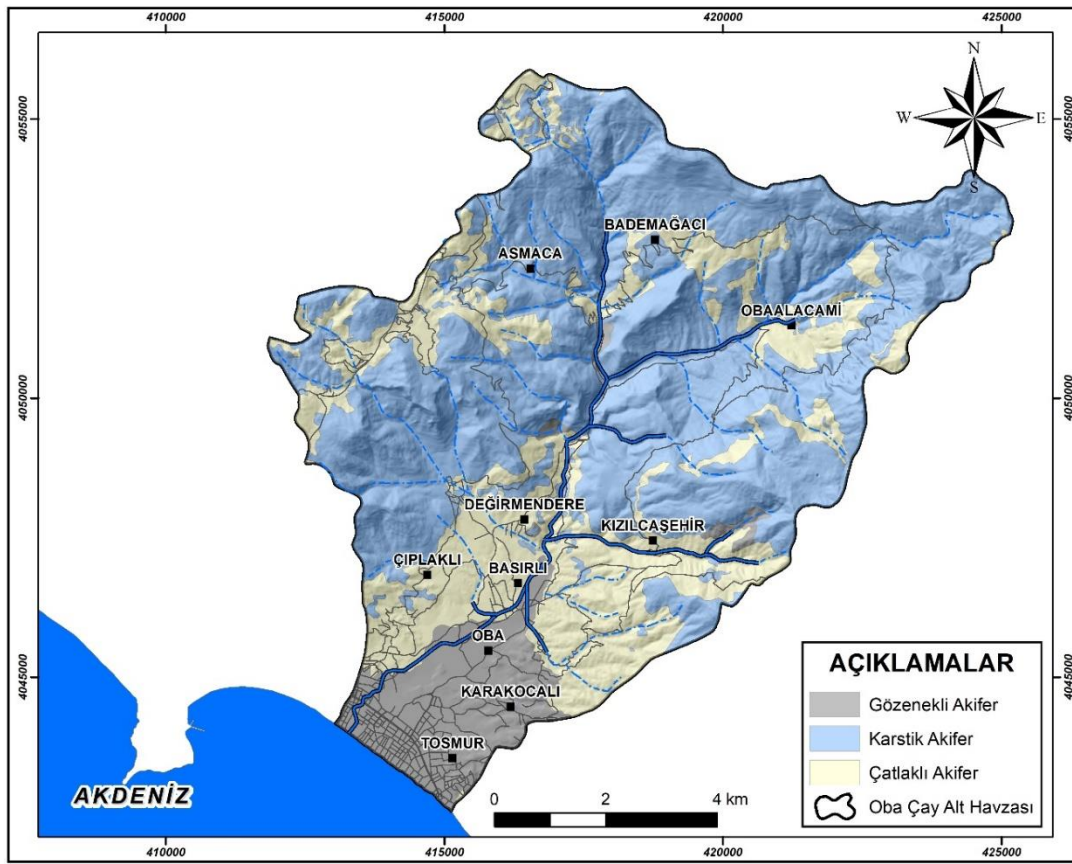
Çalışma alanında bulunan jeolojik birimler hidrojeolojik özelliklerine göre ayırtlanmış ve bölgenin hidrojeoloji haritası hazırlanmıştır (Şekil 3). Litolojik birimler fiziksel özellikleri ve akifer olabilme potansiyellerine göre gözenekli akifer, karstik akifer ve çatlaklı akifer olarak sınıflandırılmıştır. Ruhsat sahası çevresinde yüzeyleyen alüvyon, yamaç molozu ve birikinti konisi ile eski akarsu taraça dolguları gözenekli akiferi; Sıralık Mermer Birimi, Gökbaş Mermer Birimi ve Gümüşkavak Şist Birimine ait Mermer üyesi karstik akifer birimi; Çandır Formasyonu,

Dolomit Üyesi, Elikesik Şist Birimi, Kargacık Şist Birimi ve Kuvarsit Üyesi ise çatlaklı akifer birimi başlıkları altında toplanarak aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Gözenekli Akifer: Alüvyon, yamaç molozu ve eski taraça dolguları gözenekli gevşek yapılarından dolayı önemli akifer özelliği taşımaktadır. Çalışma alanında kıyı bölgelerde geniş alanlarda yayılıma sahip olan birim gevşek tutturulmuş kil, silt, kum, çakıl ve blok boyutundaki malzemeden ve bunların farklı kombinasyonlarından oluşmaktadır. Özellikle çakıl ve kumlu seviyelerinde yeraltı suyu

bulundurabilme kapasitesinden dolayı çalışma alanında gözenekli akiferi oluşturmaktadır.

Karstik akifer: Bölgede yüzeleyen Sıralık Mermer Birimi, Gökbaş Mermer Birimi ve Gümüşkavak Şist Birimine ait Mermer üyesi karstik akifer birimi oluşturmaktadır. Kireçtaşları sahip oldukları kırıklı-çatlaklı ve kartlaşmaya bağlı olarak karstik boşluklu yapılarından dolayı önemli ölçüde akifer özelliği sunarlar. Bu birim bölgede ruhsat sahasının çevresinde, doğu, batı ve kuzeyinde en geniş yayılıma sahiptir.



Şekil 3. Çalışma alanının hidrojeoloji haritası

Çatlaklı akifer: Bölgede yüzeleyen Çandır Formasyonu, Dolomit Üyesi, Elikesik Şist Birimi, Kargacık Şist Birimi ve Kuvarsit Üyesi çatlaklı akifer birim olarak sınıflandırılmıştır. Bu birimler bünyelerinde yopun ve geniş çatlak ve kırıklara sahiptirler. Bu çatlak sistemleri içerisinde önemli ölçüde yarıtsuyu bulundurabilmeleri ve yeraltısuyunun hareketine de izin verebilmeleri sebebiyle akifer birim olarak ayrılanmışlardır. Çatlaklı akifer birim ruhsat sahasının güneyinde

Değirmendere, Çıplaklı, Basırlı ve Kızılcaşehir civarında geniş alanlarda yüzeleyenmektedir.

D. Yüzey ve yeraltısularının hidro-kimyası

Bölgede bulunan su noktalarına ait kimyasal analiz sonuçları Tablo 1’de verilmiştir. O-1, O-2, ve O-3 nolu örnekler Oba çayını temsil ederken, K-1, K-2 ve K-3 nolu örnekler çalışma alanındaki sondaj kuyularından alınmış ve bölgenin yeraltısuyunu temsil etmektedir. Su örneklerinin alındığı

Sulama sularının kalitesinin belirlenmesinde, suların içerisindeki çözünebilen tuzların toplam konsantrasyonları dikkate alınarak sular özgül elektriksel iletkenliği açısından sınıflandırılmıştır. Suların toplam tuz içeriğine göre sınıflaması Tablo 3’de verilmiştir. Çalışma alanındaki su kaynaklarının yerinde ölçümler ile belirlenen EC değerlerine göre K1 ve K2 nolu sular yüksek tuzlu sular sınıfında, K3 nolu su ise orta tuzlu sular sınıfındadır.

Tablo 3. Suların toplam tuz içeriğine göre sınıflaması [18]

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

IV. TARTIŞMA

Genel majör iyon analiz sonuçlarına göre belirlenen su tipleri ise tüm su örneklerinde Ca-HCO₃ ve olarak belirlenmiştir. Yeraltısularında gözlenen yüksek miktarlardaki kalsiyum ve karbonat bölgede geniş yayılma sahip olan kireçtaşı, dolomit, mermer gibi karbonatlı kayaçların varlığı neticesinde kaya-su etkileşimi prosesinin bir sonucu olarak gelişmektedir. Bölgedeki tüm su kaynakları benzer su kimyasına sahip olup genel olarak aynı su tipine sahiptirler.

Çalışma alanından alınan su örneklerinin majör iyon kimyasına bağlı olarak kullanım özelliklerinin değerlendirilmesinde öncelikle su örneklerinin analiz sonuçları TSE-266 [19] ve Dünya Sağlık Örgütü [20] tarafından belirtilen içme suyu limit değerleri ile karşılaştırılmıştır. Buna göre su örneklerinin tamamının pH değerleri (> 6.5-8.5) bakımından içme suyu olarak kullanıma uygun olmadığı, diğer tüm parametreler bakımından su örneklerinin tamamının içme suyu standartları limit değerlerine göre içilebilir özellikte olduğu belirlenmiştir. İncelenen su örnekleri SAR değerlerine göre sulama suyu olarak kullanılabilir özelliktedir. Ancak, EC değerlerine göre değerlendirildiğinde K1 ve K2 nolu sular tuza dayanıklı bitki yetiştirmede kullanılabilirken, K3

nolu su örneğinin ise sulamada kullanılamaz olduğu belirlenmiştir.

V. SONUÇLAR

Birincil bir doğal kaynak ve değerli bir ulusal varlık olan su, ekosistemin ana bileşenini oluşturmaktadır. Su kaynakları başlıca nehirler, göller, buzullar, yağmur suları, yeraltı suları vb. şeklinde bulunmakta olup içme suyu ihtiyacının yanı sıra tarım, hayvancılık, ormancılık gibi ekonominin çeşitli sektörlerinde de hayati bir rol oynamaktadır. Bu çalışmada, Oba çayı havzasının hidrojeolojik özellikleri ve su kaynaklarının kimyasal ve kalite durumu incelenmiştir. Havza sınırları içerisinde bulunan karbonatlı kayaçlar bünyesinde yeraltısuyu bulduran karstik akifer özelliğindedir. Bu karbonatlı kayaçlar genellikle dağlık bölgede geniş yayılım göstermekte ve bazı bölgelerde ise metamorfik birimler ile dokanak yaparak bu birimler içerisinde kütleler halinde bulunmaktadır. Bu çatlaklı/karstik akifer sistemler içerisinde bulunan yeraltısuları genellikle kaynaklar vasıtası ile yüzeye çıkmaktadır. Çalışma alanında yüzeyleyen alüvyon, yamaç molozu ve eski taraça dolguları gözenekli gevşek yapılarından dolayı önemli akifer özelliği taşımaktadır. Daha üst kotlarda yüzeyleyen Sıralık Mermer Birimi, Gökbaş Mermer Birimi ve Gümüşkavak Şist Birimine ait Mermer üyesi karstik akifer birimi oluşturmaktadır. Yüzey ve yeraltısularının kimyasal analiz sonuçlarına göre sular başlıca Ca-HCO₃ su tipine sahiptir. İçmesuyu yönetmelikleri ile belirlenen limit değerler ile kıyaslandığında suların pH dışında diğer tüm parametreler bakımından içme suyu kullanımına uygun olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, K-1 nolu su örneği dışındaki tüm su örnekleri genel olarak sulama suyu olarak kullanıma uygundur.

KAYNAKLAR

- [1] S.B. Bricker, J.G. Ferreira, C. Zhu, J.M. Rose, E. Galimany, G. Wikfors, C. Saurel, R.L. Miller, J. Wands, P. Trowbridge, R. Grizzle, Role of shellfish aquaculture in the reduction of eutrophication in an urban estuary. *Environmental science & Technology*, vol. 52(1), pp.173-188, 2018.
- [2] W. Tang, Y. Pei, H. Zheng, Y. Zhao, L. Shu, H. Zhang, Twenty years of China's water pollution control: Experiences and challenges. *Chemosphere*, vol. 295, pp.133875, 2022.
- [3] Ş. Şener, E. Şener, A. Davraz, Evaluation of water quality using water quality index (WQI) method and GIS in Aksu River (SW-Turkey). *Science of the Total Environment*, vol. 584, pp.131-144, 2017.

- [4] M.A. Massoud, M. El-Fadel, M.D. Scrimshaw, J.N. Lester, Factors influencing development of management strategies for the Abou Ali River in Lebanon: I: Spatial variation and land use. *Science of the Total Environment*, vol. 362(1-3), pp.15-30, 2006.
- [5] N. Garipoğlu, Marmara Havzasında Kentleşme-Atık Su İlişkileri ve Alıcı Ortam Üzerindeki Etkileri, *Marmara Coğrafya Dergisi*, vol. (34), pp.147-159, 2016.
- [6] F. Salerno, V. Gaetano, T. Gianni, Urbanization and climate change impacts on surface water quality: Enhancing the resilience by reducing impervious surfaces. *Water Research*, vol. 144, pp.491-502, 2018.
- [7] Ş. Şener, E. Şener, A. Davraz, Assessment of groundwater quality and health risk in drinking water basin using GIS, *Journal of water and health*, vol. 15, 1 pp. 112-132, 2017.
- [8] Ş. Şener, S. Varol, E. Şener, Evaluation of sustainable groundwater utilization using index methods (WQI and IWQI), multivariate analysis, and GIS: the case of Akşehir District (Konya/Turkey). *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 28(35), pp. 47991-48010, 2021.
- [9] J. Xiao, L. Wang, N. Chai, T. Liu, Z. Jin, J. Rinklebe, Groundwater hydrochemistry, source identification and pollution assessment in intensive industrial areas, eastern Chinese loess plateau. *Environmental Pollution*, vol. 278, pp.116930, 2021.
- [10] E. Şener, Ş. Şener, S. Varol, Appraisal of groundwater quality with WQI and human health risk assessment in Karamık wetland and surroundings (Afyonkarahisar/Turkey). *Environmental Geochemistry and Health*, vol. 1-25, 2022.
- [11] Ş. Şener, D. Güneş, Aksu (Isparta) Ovası Yüzey ve Yeraltısularının Hidrojeokimyasal Özellikleri ve Su Kalitesi. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, vol. 21(6). 2015.
- [12] A. Bozdağ, Çumra (Konya) Ovasındaki Yeraltısularının Hidrojeokimyasal Özellikleri ve Sulama Suyu Kalitesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, vol. 5(3), pp.559-571, 2017.
- [13] Ş. Şener, E. Şener, A. Er, Gaziantep İli Yeraltısularının Hidrojeokimyasal Özellikleri ve Su Kalitesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, vol. 9(4), pp.1253-1266, 2021
- [14] N.E. Gümüş, Akarçay Akarsuyu (Afyonkarahisar) su kalitesi ve ağır metal kirliliği. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, vol. 6(1), pp. 120-127, 2021.
- [15] M. Şenel, MTA 1/100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Antalya-K11 Paftası, ANKARA. 1997.
- [16] DSİ, 2014. *Alanya Ovası Yeraltısuyu Planlama (Hidrojeolojik Etüt) Raporu*. Devlet Su İşleri 13. Bölge Müdürlüğü (Sima Jeo. Müh.Hiz.Mad.Sond.Tic.Ltd.Şti) Antalya.
- [17] L.A. Richards, *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. *USDA Agricultural Handbook*, No. 60. US Department of Agriculture, Washington DC, pp 160. 1954.
- [18] T.A. Bauder, R.M. Waskom, J.G. Davis, P.L. Sutherland, Irrigation water quality criteria. Fort Collins, CO: *Colorado State University Extension*. 2011.
- [19] TS-266, *Sular - İnsani tüketim amaçlı sular*, TS-266, Türk Standartları Enstitüsü, 25 s, Ankara. 2005.
- [20] WHO, *Guidelines for Drinking-Water Quality*. *WHO Library Cataloguing-in-Publication Data*, Fourth Edition Incorporating The First Addendum, 2017.