

KÜÇÜKDOĞANCA (KEŞAN-EDİRNE) KÖMÜR SAHALARINDAKİ YÜZEY VE YER ALTI SULARININ FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE SU KALİTESİ

Cemile ERARSLAN*

ÖZET

Bu çalışmada Küçükdoğanca ve yakın çevresindeki kömür sahalarının yüzey ve yeraltı sularına etkisi, suların fizikokimyasal özellikleri kapsamında ele alınmış ve sular, içilebilirlik ve sulama suyu olarak kullanılabilirlik açısından değerlendirilmiştir. Bu amaçla bölgedeki 9 adet aktif ve terkedilmiş kömür sahasından ve sahalarla yakın bölgelerdeki 17 adet kuyu ve çeşmelerden alınan toplam 26 adet su örneğine ait veriler değerlendirilmiştir. Suların pH, Eh, EC, tuzluluk, çözülmüş oksijen değerleri ve ana ve iz element analiz sonuçları, sularda kömür madenciliğinden kaynaklı her hangi bir toksik iz element kirliliğinin olmadığını, bölgede Kömür Maden Drenajının (Asit Maden Drenajı) oluşmadığını, suların büyük bir kısmının iz element içeriklerinin TS266 içme suyu standartlarında verilen limit değerlerin altında kaldığını, kömür sahalarından alınan 5 örnek hariç suların iyi kalitede sulama suyu olduğunu ortaya koymuştur. Ele alınan veriler, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'ne Yüksek Lisans Tezi olarak sunulmuş ve Mayıs 2010 da kabul edilmiş olan "Küçükdoğanca (Keşan-Edirne) Bölgesi ve Yakın Çevresindeki Kömür Yataklarının Yüzey ve Yer Altı Sularına Etkisi" başlıklı tezden alınmıştır. Tez çalışması İTÜ BAP birimi tarafından desteklenmiştir (proje no: 33292).

GİRİŞ

Bu makalede verileri değerlendirilen "Küçükdoğanca (Keşan-Edirne) Bölgesi ve Yakın Çevresindeki Kömür Yataklarının Yüzey ve

Yer Altı Sularına Etkisi" başlıklı tez çalışması kapsamında, aktif ve terk edilmiş kömür sahalarının yer altı ve yüzey sularına olası etkileri, Küçükdoğanca kömür sahalarından alınan kömür ve kömür sahalarının içinden ve yakın çevresinden alınan su örneklerinin analiz sonuçlarının birlikte değerlendirilmesiyle ortaya konmuştur. Yüzey ve yer altı su örnekleri Mart 2010 döneminde alınmıştır. Örnek noktaları: suları içme ve temizlik amaçlı kullanılan çeşme ve kuyular, Muzalı Göleti ve terk edilmiş açık kömür sahalarında oluşmuş göllerden ve faal yer altı kömür işletmelerinden boşaltılan deşarj sularından alınmıştır. Suların sıcaklık, pH, Eh, iletkenlik (EC), tuzluluk (NaCl) ve çözülmüş oksijen (DO) değerleri arazide sırasıyla Crison User Manual pH-meter PH 25, Crison User Manual Conductivity Meter CM 35 ve Crison OXI 45P cihazları ile yerli yerinde (in-situ) ölçülmüştür. Asidite ve alkalinite değerleri sırasıyla Aquamerck 1.11108.0001 ve Aquamerck 1.11109.0001 kodlu test kiti ile arazide ölçülmüştür. Örneklerin ana ve iz element içerikleri ACME (Kanada) laboratuvarında ICP-MS yöntemiyle, anyonlar ise İzmir Yüksek Teknolojiler Enstitüsü laboratuvarlarından IC yöntemi ile analiz ettirilmiştir.

Küçükdoğanca bölgesi ülkemizin önemli kömür sahalarından biridir. Bölgede halen çok sayıda firma kömür üretmekle birlikte iç piyasaya satmakta, az miktarda da Yunanistan'a ihraç etmektedir. Üretimi yapılan kömür, kömürleşme derecesine ve ASTM standartlarına göre alt bitümlü kömür sınıfına girmektedir. Kömürlerin başlıca sülfür minerali Pirittir, ortalama Toplam S değeri ise %2,02 dir (Erarslan ve Örgün, 2010, 2013; Erarslan ve diğerleri 2011). Kömürlerin iz element değerleri Ketris ve Yudovich (2009) tarafından yayınlanan dünya kömür ortalama değerleriyle karşılaştırılmış ve Küçükdoğanca bölgesi kömürlerinin Ni, Cr, Ti ve V açısından zenginleşmiş olduğu ortaya konmuştur (Erarslan ve Örgün, 2013).

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü - İstanbul

SULARIN FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Küçükdoğanca kömür sahalarından ve yakın çevresinden alınan su örneklerinin in-situ parametrelerine ait istatistik veriler çizelge 1'de topluca verilmiştir. Kömür sahalarından gelen sulara ortalama sıcaklık 14,4 °C, pH 7,57, EC 2627,50 µS/cm, NaCl 1336,88 mg/l, asidite 1,16 mmol/l, alkalinite 12,18 mmol/l ve DO 8,12 mg/l olarak bulunmuştur; Çeşme ve kuyu sularında ise bu değerler, ortalama sıcaklık 11,92°C, pH 7,29, EC 1179,11 µS/cm, NaCl 583,22 mg/l, asidite 0,88 mmol/l, alkalinite 8,82 mmol/l ve DO 5,2 mg/l'dir (Erarslan ve diğerleri, 2012). Görüldüğü gibi, kömür

sahalarından alınan örneklerin değerleri, bu sahaların dışında kalan çeşme ve kuyu sularının değerlerinden yüksektir. Ancak kömür sahası örnekleri, en önemli kirlilik göstergesi olan pH, Eh, EC değerleri bakımından dünyadan ve ülkemizden örneklerle karşılaştırıldığında, Küçükdoğanca örneklerinin bu parametre değerlerinin düşük olduğu görülmektedir (Gündüz ve diğerleri, 2007; Silva ve diğerleri, 2011). Örneklerin in-situ değerlerinin saha bazında değişim haritaları hazırlanmış ve düşük pH, yüksek EC, yüksek tuzluluk ve yüksek asidite değerleri kömür sahaları örtüşürken, yüksek alkalinite değerlerinin hem kömür sahaları hem de volkanik kayaların bulunduğu alanlar ile örtüştüğü görülmüştür.

Çizelge 1- Suların arazide ölçülen parametrelerinin istatistiksel özeti

	T (°C)	pH	Eh (mV)	EC (µS/cm)	Tuzluluk (NaCl,mg/l)	Asidite (mmol/l)	Alkalinite (mmol/l)	DO (mg/l)
<i>Kömür sahası içinde kalan örnekler (9 örnek)</i>								
Min.	9,1	6,55	-123	1528	758	0,5	6,4	3,23
Mak.	18	8,29	19	4470	2300	5,4	19,1	11,2
Ort.	14,44	7,57	-	2627,5	1336,88	1,16	12,18	8,12
<i>Kömür sahaları dışındaki Çeşme ve kuyu örnekleri (17 örnek)</i>								
Min.	11,2	7,06	-30	708	343	0,5	6,7	2,4
Mak.	14,2	7,57	-4	1638	1050	2,5	15,3	11,7
Ort.	11,92	7,29	-24,4	1179,11	583,22	0,88	8,82	5,2
<i>İçme suyu limitleri</i>								
TS266 ^t	12	6,5-8,5	-	-	-	-	-	8
TS266 ^{miv}	25	6.5<->9.2	-	2000	-	-	-	-

TS 266: Türkiye içme suyu standardı, ^t: tavsiye edilen değer; ^{miv}: maksimum izin verilen değer.

Kömürler, içerdikleri pirit ve pirotin gibi sülfür mineralleri ve toksik olabilen ana ve iz element içerikleri nedeniyle (Al, Fe, Mn, F, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, P, Pb, Sb, Se, Sn, Th, V, U, Zn, gibi) çeşitli çevre problemlerine neden olmaktadır (Finkelman, 1995; Finkelman ve Gross, 1999). Özellikle terkedilmiş kömür sahalarında meydana gelen kömür maden drenajının en önemli sebebi, kömürün sülfür mineral içeriğidir. Atmosferik koşullarda Pirit'in (FeS₂) oksijen ve su ile etkileşimi, ortamın pH değerini düşürten bir dizi reaksiyon üretir (Blodau, 2006; Cravotta, 2008; Gündüz et al, 2007). Durdurulması çok zor bu reaksiyonlar sonucunda da pH değeri düşük (3.5 >), toksik elementler açısından aşırı zenginleşmiş kirlili

sular meydana gelir. Dolayısıyla, pH değeri, suların korozif veya toksik olduğunun gösteren en önemli parametredir (Cravotta 2008). Düşük pH (pH <3.5) ve yüksek Eh (Eh >500 mV) koşullarında, kömür ve kömürün yan kayacında bulunan ana ve iz elementler hızlı ve yoğun olarak serbestleşerek sucul ortama geçerler (Silva ve diğerleri, 2011). Bu veriler ışığında çalışmada elde edilen sonuçlar irdelendiğinde, kömürlerin toplam sülfür içeriğiyle de uyumlu olarak, kömür sahalarında ölçülen pH değerlerinin TS266 da verilen içme suyu limitleriyle uyumlu olduğu ve kömür maden drenajı oluşturma potansiyelinin olmadığı açıkça görülmektedir.

Suların pH-Eh koşullarına bağlı olarak, kömür sahası sularının anyon ve katyon değerlerinde de anormal bir durum saptanmamıştır. Anyon değerleri kömür sahalarından alınan sulara ortalama, HCO_3 706,92 mg/lit, NO_2 0,33 mg/lit, NO_3 16,27 mg/lit, SO_4 969,79 mg/lit, Cl 62,80 mg/lit ve F 0,19 mg/lit olarak ölçülmüştür. Çeşme ve kuyu sularında ise HCO_3 540,58 mg/lit, NO_2 0,14 mg/lit, NO_3 89,70 mg/lit, SO_4 125,04 mg/lit, Cl 46,98 mg/lit ve F 0,35 mg/lit olarak ölçülmüştür. Suların ana katyon değerleri kömür sahalarından alınan sulara ortalama, Ca 185,69 mg/lit, Mg 132,07 mg/lit, Na 328,94 mg/lit, K 9,3 mg/lit olarak ölçülmüştür. Çeşme ve kuyu sularında bu değerler sırasıyla, 92,14 mg/lit, 82,63 mg/lit, 63,04 mg/lit, 2,67 mg/lit olarak ölçülmüştür. SO_4 değeri hariç, Kömür sahası örneklerinin değerlerinin, kuyu ve çeşme sularının değerlerinden çok yüksek olmaması, kömür madenciliğinin yeraltı suları açısından bölgede çok etkin olmadığını gösterebilir.

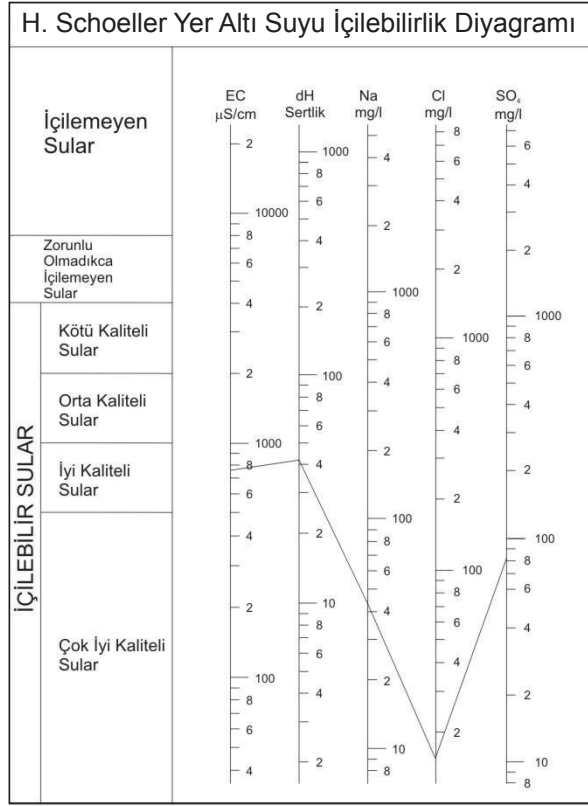
Suların iz element analizleri yapılmış, ölçülen parametrelerden sağlık açısından risk teşkil ettiği kabul edilen As, Be, Cd, Co, Hg, Mn, Ni, Pb, U, Th değerleri tablolar ve diyagramlarda değerlendirilmiş, sonuçlar TS266 standartlarıyla karşılaştırılmıştır. Değerlendirmeler sonucunda suların, kimyasal parametrelerinde anomali teşkil eden Ni, Cr, As, Mn, U ve Se değerlerinin kömür sahalarıyla örtüştüğü; kömür sahaları ve kömür sahalarına yakın su noktalarından alınan örneklerde bu değerlerin içme suyu standartlarında belirtilen limit değerlere yaklaştığı ve bazı kömür sahası örneklerinde Ni ve Mn elementlerinin içme suları için belirlenmiş olan sınır değerlerini aştıkları ortaya çıkmıştır. Maksimum Mangan (Mn) değeri kömür sahasında 1185 $\mu\text{g/lit}$ (ort.167 $\mu\text{g/lit}$) ve kuyu ve çeşme sularında 204 $\mu\text{g/lit}$ (ortalama 38.55 $\mu\text{g/lit}$) olarak ölçülmüştür. Nikel (Ni) değerleri ise kömür sahasında maksimum 55.8 $\mu\text{g/lit}$ (ort.

20.3 $\mu\text{g/lit}$) ve kuyu ve çeşmelerde maksimum 6.1 $\mu\text{g/lit}$ (ort. 2.43 $\mu\text{g/lit}$) olarak ölçülmüştür.

SULARIN İÇİLEBİLİRLİKLERİ

Suların pH değerleri, TS266'da içme suları için verilen limit değerleriyle karşılaştırılmış ve değerlerin limit değerlerin sınırları içinde kaldığı görülmüştür (Çizelge 1). Çeşme ve kuyu sularının anyon ve katyon değerleri, NO_3 ve Mg değerleri hariç, TS266' da verilen içme suyu limitlerine uyumlu çıkarken, kömür sahası örneklerine ait değerler limit değerleri aşmıştır. NO_3 değerlerindeki artış, bölgede tarımsal amaçlı kullanılan kimyasalların bir sonucudur. Nispeten yüksek Mg değerleri ise bölgede yaygın bazik volkanik kayaçların ve dolomitik kireçtaşlarının sonucu olarak yorumlanmıştır. Kömür sahaları ve kömür sahalarına yakın su noktalarından alınan örneklerde iz element miktarlarının içme suyu standartlarında belirtilen limit değerlere yaklaştığı; sınırlı sayıda kömür sahası örneklerinin Ni ve Mn içeriklerinin içme suları için belirlenmiş (20 $\mu\text{g/lit}$ Ni ve 50 $\mu\text{g/lit}$ Mn) sınır değeri geçtikleri görülmüştür. Diğer kuyu ve çeşme sularının, iz element düzeyleri içme suları için belirlenmiş limit değerlerin altında kaldığı için, içilebilir nitelikte oldukları ortaya konmuştur.

Suların sertlik değerleri Fransız sertlik skalasına göre hesaplanmıştır. Bu hesaplama göre ortalama değerlerin kömür sahasındaki suların çok sert, çeşme ve kuyu sularının ise sert sular sınıfına girdiği belirlenmiştir. Çeşme ve kuyu suları EC, sertlik, tuzluluk, Cl ve SO_4 değerlerine göre Schoeller'in içilebilirlik diyagramlarında değerlendirilmiş; buna göre suların baskın olarak iyi kaliteli sular sınıfına girdiği görülmüştür. İyi-çok iyi kaliteli suları temsilen rastgele seçilmiş bir örneğe ait Schoeller içilebilirlik diyagramı şekil 1'de verilmiştir.



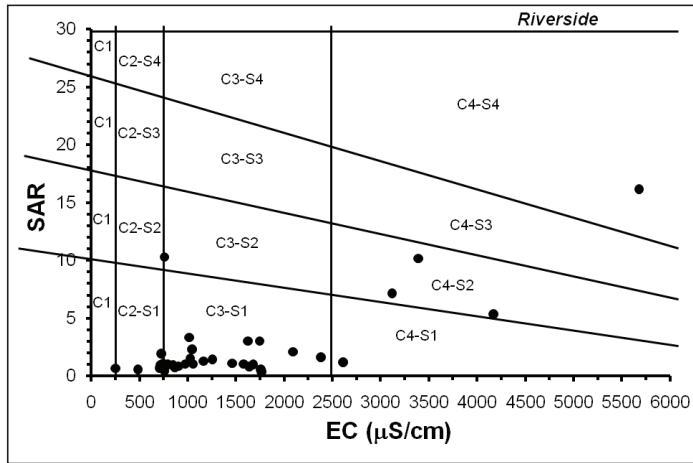
Lokasyon:11, Mart 2010

Şekil 1- İyi-çok iyi kaliteli sular sınıfında yer alan bir örneğin Schoeller içilebilirlik diyagramındaki Konumu

SULARIN SULAMA SUYU OLARAK KULLANILABİLİRLİKLERİ

Örnekler, sulama amaçlı kullanılan suların sınıflandırılmasında yaygın olarak kullanılan Riverside diyagramında değerlendirilmiştir. Ör-

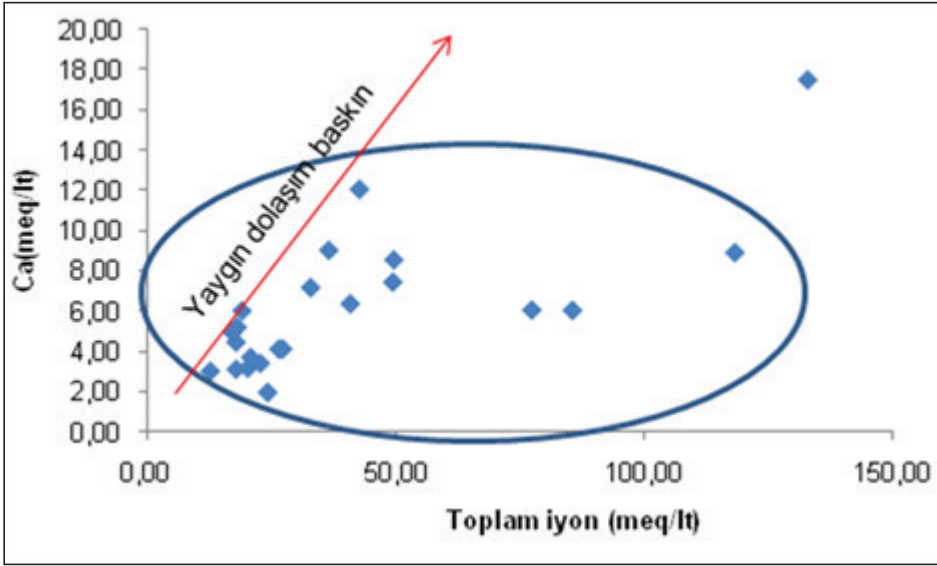
neklerin Riverside diyagramında ağırlıklı olarak yüksek tuz-düşük Na konsantrasyonuna sahip suları temsil eden C3-S1 alanına düşmüştür (Şekil 2). Kömür sahalarıyla ilişkili olan örneklerin bir kısmı, diyagramın şüpheli- kullanılabılır ve kullanılamaz alanlarına düşmüştür.



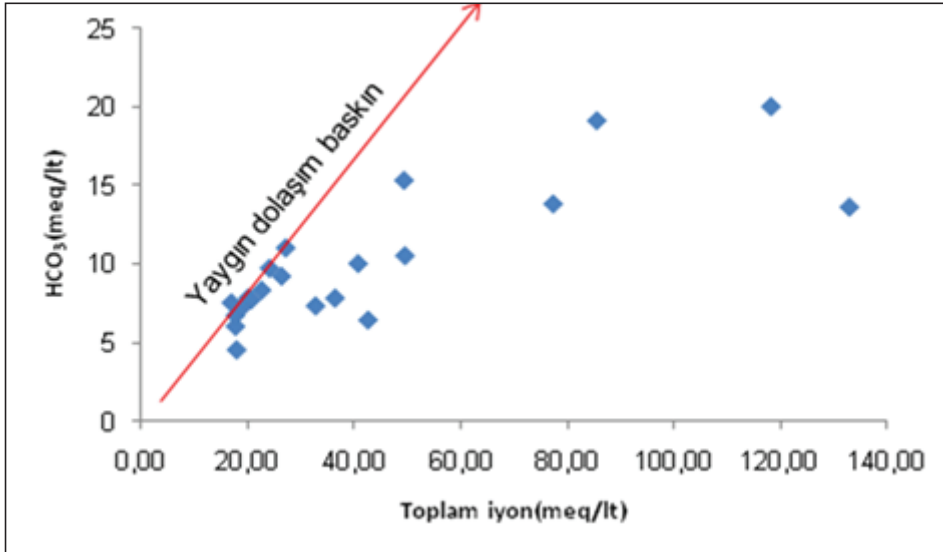
Şekli 2- Suların Riverside Diyagramındaki Konumu

Yapılan incelemelerde suların fizikokimyasal parametrelerinin tamamen litoloji kontrollü belirlendiği ortaya konmuştur. Buna göre böl-

gede, yer altı sularında yaygın dolaşım ve yaygın beslenme egemendir (Şekil 3 ve 4).



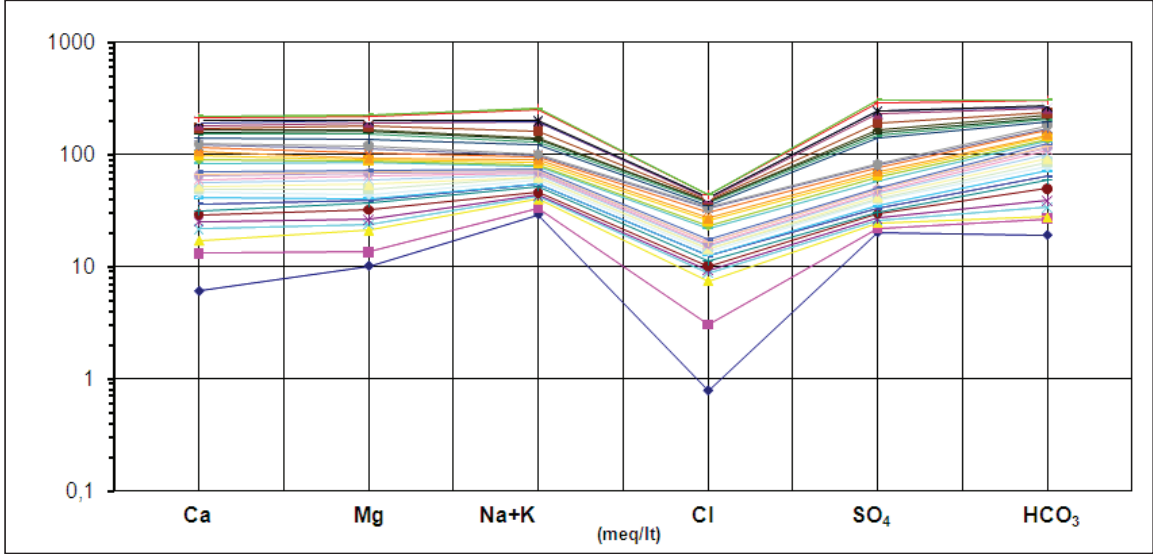
Şekil 3- Toplam İyon (TI)-Ca Diyagramında suların dağılımı



Şekil 4- Toplam İyon (TI)-HCO₃ Diyagramı

Suların beslenme ve dolaşım aşamasında ne tip kayalarla temas halinde olduğunu ortaya koymak için örneklerin anyon ve katyon

değerleri bu amaçla kullanılan yarı logaritmik Schoeller diyagramına uygulanmıştır (Şekil 5).



Şekil 5- Suların yarı-logaritmik Schoeller diyagramındaki konumları.

Bu şekilden de görüleceği gibi örneklerin $r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Mg} > r\text{Ca}$, $r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Ca} > r\text{Mg}$, $r\text{Mg} > r\text{Ca} > r(\text{Na}+\text{K})$ ve $r\text{Ca} > r\text{Mg} > r(\text{Na}+\text{K})$ katyon, $\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl}$, $\text{SO}_4 > \text{HCO}_3 > \text{Cl}$ ve $\text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4$ anyon dizilimi sergilediği ortaya konmuştur. Bu iyon dizilimleri Küçükdoğanca bölgesinde Mg açısından zengin Hisarlıdağ Volkanitleri ve Na, Mg ve Ca açısından zengin Osmancık ve Danişmen formasyonundaki killi-kumlu ve karbonatlı birimlerin suların fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesinde etkin olduğu ortaya çıkmıştır.

Örnek lokasyonları dikkate alınarak suların SO_4 içeriğinin saha bazında değişimleri incelendiğinde, kömürlerin, suların SO_4 içeriği üzerinde etkili olduğu ileri sürülebilir.

SONUÇLAR

Kömür sahalarında, 6,55, 6,62, 6,8 gibi nispeten düşük pH değerleri ölçülmüş olsa da, bu

değerler bölgede kömür maden drenaj (CMD) etkisi oluşturabilecek kadar etkili değildir. Arazi çalışmaları sırasında CMD özelliğine sahip herhangi bir su oluşumu gözlenmemiştir.

Suların fizikokimyasal parametrelerinde anomali teşkil eden EC, Tuzluluk, SO_4 , Ni, Cr, As, Mn, U ve Se değerleri kömür sahaları ve kömür sahalarına yakın su noktalarından alınan örnekler aittir. Ancak bu örneklerin çoğunda değerler içme suyu standartlarında belirtilen limit değerlere yaklaşmış, ancak bir kaç kömür sahası örneğinde EC, SO_4 , Ni ve Mn değerleri limit değerleri aşmıştır.

Bu sonuçlar, Türkiye'nin önemli kömür havzalarından biri olan Trakya Havzası'nın güneybatısında yer alan Küçükdoğanca ve civarında, bu gün için çevre ve sağlık açısından risk teşkil edebilecek boyutta bir kirliliğin olmadığını ortaya koymuştur.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Blodau, C. 2006, A review of acidity generation and consumption in acidic coal mine lakes and their watershed. *Sci Total Environmental* 369:307-332
- Cravotta, A. C. 2008. Dissolved metals and associated constituents in abandoned coal-mine discharges, Pennsylvania, USA. Part 1: Constituent quantities and correlations. *Applied Geochemistry*, 23, 166–202.
- Erarlan, C. ve Örgün, Y. 2010. Kömürlerin İz Element İçeriklerinin Sağlık Üzerine Olası Etkisi; Trakya Havzası Örneği (Keşan-Edirne), 63. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, s.291.
- Erarlan, C., Örgün, Y. ve Bozkurtoğlu, E. 2011. Küçükdoğanca (Keşan-Edirne) Bölgesindeki Kömür Yataklarının Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesi, 64. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, s. 45.
- Erarlan C E., Örgün, Y. ve Bozkurtoğlu, E., 2012. "The effects of abandoned and active coal mines near Küçükdoğanca region (Keşan-Edirne) on Environment", 9th International Symposium on Environmental Geochemistry, 15-21 July 2012, Aveiro (Portekiz), Book of Abstracts, p.122.
- Erarlan, C., Örgün, Y. 2013. General Characteristics of Coals and Underclay in Keşan (Edirne), Turkey: A case study. 17th International Coal Preparation Congress Proceedings Book, Istanbul, 135-140.
- Finkelman, R.B. 1995. Modes of occurrence of environmentally sensitive trace elements of coal. In: Swaine, D.J., Goodarzi, F. (Eds.), *Environmental aspects of trace elements of coal*. Kluwer Academic Publishers, the Netherlands, pp. 24–50.
- Finkelman, R.B. ve Gross, M.K.P. 1999. The types of data needed for assessing the environmental and human health impacts of coal. *Int. J. Coal Geol.* 40, 91–101.
- Gündüz, O; Okumuşoğlu, D. ve Baba, A. 2007. Acidic mining lakes and their influence on water quality: a case study from Çan (Çanakkale)-Turkey. In: Trefry MG (ed) *Proceedings of the 6th groundwater quality conference (GW07: securing groundwater quality in urban and industrial environments)*, Fremantle, Western Australia
- Gürdal, G., 2007. Geochemistry of trace elements in Çan coal (Miocene), Çanakkale, Turkey. *Int. J. Coal Geol.* 74, 28–40.
- Ketris, M.P. ve Yudovich, Ya.E., 2009., Estimations of Clarkes for Carbonaceous biolithes: World averages for trace element contents in black shales and coals., *Int. J. Coal Geol.* 78, 135-148
- Langmuir, D. 1997. *Aqueous environmental geochemistry*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Silva, L. F. O; Wollenschlager, M. ve Oliveira, M.L. S., 2011. A preliminary study of coal mining drainage and environmental health in the Santa Catarina region, Brazil, *Environ Geochem Health*, 33:55–65