

Yeraltısularında Arsenik Kirliliği: Kaman (Kırşehir, Türkiye) Örneği

*¹Tülay EKEMEN KESKİN, ²Feyza GİRİŞEN and ³Zeynel BAŞIBÜYÜK

*¹Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Karabük, Türkiye

²Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Karabük, Türkiye

³Ahi Evran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kırşehir, Türkiye

Özet:

Kaman (Kırşehir) güneyindeki yeraltısularının hidrojeokimyasal özelliklerini ve iz element kirliliğini dikkate alan bu çalışmada bölgedeki suların As, F, NO₃, NH₄, U ve Sb konsantrasyonlarının Türk İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik ve Dünya Sağlık Örgütü İçme Suyu Standartlarındaki sınır değerleri aştığı saptanmıştır. 15 ayrı su noktasında gözlenen ve bazı sularda içme suyu standartlarını onlarca kat aşan As kirliliği bölge için en büyük problem kaynağını oluşturmaktadır. Sular etkisiyle kayaç ve maden yataklarından doğal yıkanma, madencilik faaliyetleri sırasında yapılan tahribatlar, tarımsal faaliyetler sırasında kullanılan böcek ve ot ilaçları (pestisitler) vb. doğal ve antropojenik kirlilik kaynaklarının bölgedeki yeraltısularının kirlenmesinde etkili olduğu düşünülmektedir. Çalışma alanındaki suların elektriksel iletkenlik (EC) değerleri 126-1994 µS/cm arasında, değişirken; pH değerleri 7.29-8.58 arasında değişmekte, yükseltgenme-indirgenme potansiyeli (Eh) değerleri ise 222-494 mV arasında, arasında değişmektedir.

Anahtar Kelimeler: Su-kayaç etkileşimi, yeraltısuyu kirliliği, Kaman (Kırşehir)

Arsenic Contamination in Groundwater: a Case Study from Kaman (Kırşehir, Turkey)

¹Tülay EKEMEN KESKİN, ²Feyza GİRİŞEN and ³Zeynel BAŞIBÜYÜK

¹University of Karabük, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Karabük, Turkey

²University of Karabük, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering, Karabük, Turkey

³University of Ahi Evran, Faculty of Engineering, Department of Geological Engineering, Kırşehir, Turkey

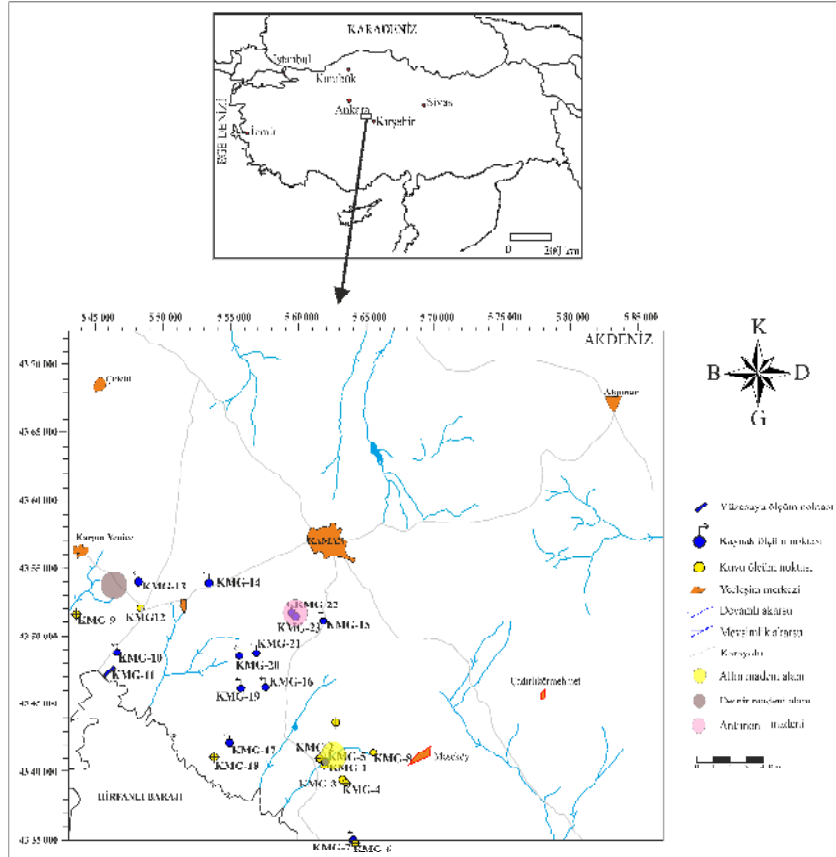
Abstract

In this study, considering the hydrogeochemical properties and trace element pollution of the groundwater in the south of Kaman (Kırşehir), As, F, NO₃, NH₄, U and Sb concentrations of waters in the region exceed the maximum limit concentrations in the Turkish Standards for Water Intended For Human Consumption and World Health Organization Regulations. As contamination found in 15 different water tens of times exceed drinking water regulations is a big problem for the region. It is thought that natural and anthropogenic pollution sources due to natural washing of rocks and mines, destroys by mining activity, insects and herbicides (pesticides) used during in agricultural activities, etc are effective in contamination of the groundwater in the region. The electrical conductivity (EC) values of the waters in the study area range between 126-1994 µS/cm, the pH values range between 7.29 to 8.58 and the oxidation-reduction potentials (Eh) range between 222 to 494 mV.

Key words: Water-rock interaction, groundwater contamination, Kaman (Kırşehir)

1. Giriş

Yeraltında çeşitli derinliklerde bulunabilen suyun bileşimi, temas ettiği kayalar tarafından kontrol edilmektedir [1]. Şekil 1’de yer bulduru haritası verilen çalışma alanı yaklaşık 939 km² yüzölçümüne sahip olup, bölgede değişik kökenli kayalar ve genellikle magmatik kayalar ile ilişkili olarak oluşmuş, büyük çoğunluğu yakın zamanda terkedilmiş irili ufaklı maden işletmeleri bulunmaktadır. Ayrıca bölgede yoğun tarımsal aktiviteler gerçekleştirilmektedir. Kırşehir iline bağlı Kaman ilçesinin güneyinde bulunan yeraltısularının su kirliliğinin incelenmesini konu alan bu çalışmada farklı kökenli kayaları, altın, demir ve antimon madenlerini ve tarımsal alanları temsil ettiği düşünülen 23 adet (proje bütçesi nedeniyle yağışlı dönemde 9 adet) su noktasında ölçüm ve örneklemeler yapılmıştır. Bölgedeki cevherleşmeler çoğunlukla magmatik ve metamorfik kayaların kırık çatlaklarında damar şeklinde çökelmiş olup, demir ve antimon yatakları yakın zamanda terkedilmişlerdir. Altın madeni ise araştırma aşamasındadır.



Şekil 1. İnceleme alanı ve yakın çevresinin yer bulduru haritası

2. Materyal ve Metod

Arazi çalışmaları Haziran 2016 yılında başlamış ve Mayıs 2017’de tamamlanmıştır. Kurak dönemde 23 adet, yağışlı dönemde proje bütçesi nedeniyle 9 adet olmak üzere yapılan arazi çalışmaları esnasında majör iyonlar, iz element, trityum ve oksijen-18 ve döteryum analizleri

için su numuneleri alınmış ve yine bu noktalarda elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözünmüş madde (TDS), yükseltgenme-indirgenme potansiyeli (ORP-Eh), pH, sıcaklık (T) ve debiler yerinde ölçülmüştür. Kimyasal ve izotopik analizler için su örnekleri çift vidalı polietilen şişelere alınmıştır. Örnekler hızlı bir şekilde laboratuvara gönderilene kadar 4 °C sıcaklıktaki buzdolabında saklanmış olup, iz element analizleri için suların pH'ları 2'nin altına düşürülmüştür. Majör anyon ve katyon analizleri Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Su Kimyası Laboratuvarında, yüksek performanslı iyon kromatografi cihazı kullanarak yapılmış olup, trityum ve oksijen-18 - döteryum analizleri sırasıyla yine aynı üniversite ve aynı bölümün Çevresel Trityum Laboratuvarı ve Uluslararası Karst Su Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi (UKAM) Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. İz element analizleri ise çift plasma kütle spektrometresi (ICP-MS) kullanılarak Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Su Kimyası Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen analiz sonuçları kullanılarak sular Türk İnsani Tüketim Amaçlı Sular Yönetmeliği (Sağlık Bakanlığı, 2006) [2] ve Dünya Sağlık Örgütü Standartları (WHO-2006) [3] ile karşılaştırmaları yapılarak içme suyuna uygun olup olmadıkları belirlenmiştir. Ayrıca suların fiziksel ve kimyasal özellikleri kullanılarak çeşitli grafikler ve diyagramlar kullanılmıştır. Bu veriler yardımıyla suların fasiyesi saptanmıştır.

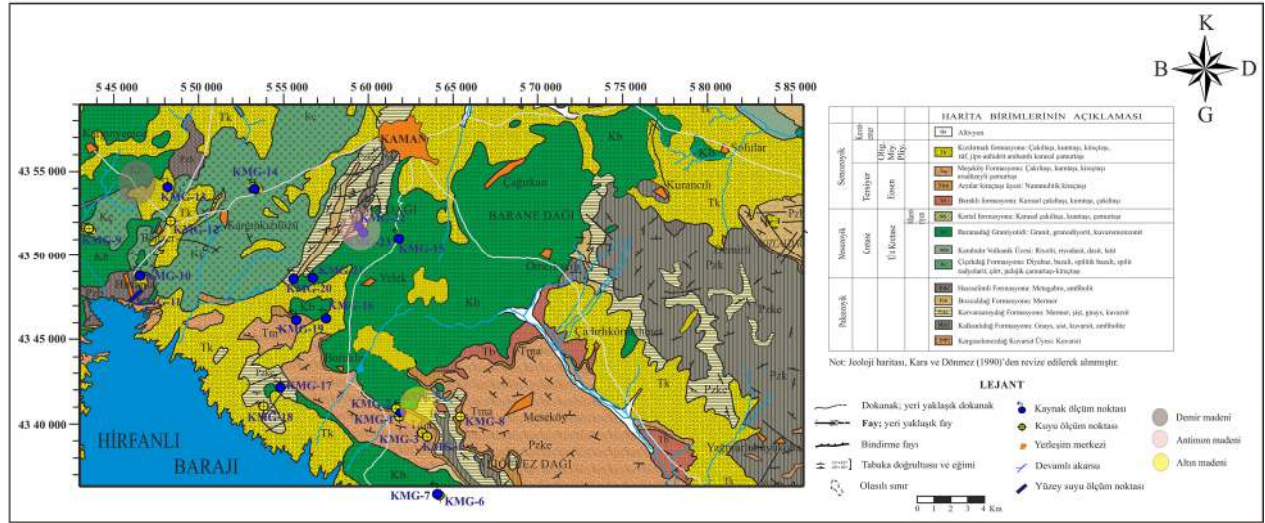
3. Jeoloji ve Hidrojeoloji

Şekil 2'de jeoloji haritası verilen inceleme alanında yüzeyleyen en yaşlı birim Paleozoyik yaşlı gnays, kuvarsit, amfibolit ve yer yer demirli kuvarsit düzeyleri içeren Kalkanlıdağ Formasyonu olup bu formasyon üzerine yine metamorfik birimlerden oluşan Kervansaraydağ, Bozçaldağ, Hacıselimli Formasyonları gelmektedir. Bu metamorfitlerin üzerine Üst Kretase yaşlı diyabaz, bazalt, pelajik çamurtaşı-kireçtaşı içeren Çiçekdağ Formasyonu tektonik olarak gelmiştir. Bu formasyon ise Kampaniyen-Maestriyen yaşlı intrüziyonlar tarafından kesilmektedir. Bu intrüziyonlar bölgede geniş yüzeylemeler gösteren granitoid ve siyenitoid olarak tanımlanan birimlerdir ve Baranadağ Granitoidi olarak isimlendirilmektedirler. Intrüziyonlar üzerine Üst Kretase ve Tersiyer yaşlı sedimanter kayaçlar gelmektedir. Çalışma alanında geniş yer kaplayan Tersiyer yaşlı çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı ve kireçtaşları Kızıllırmak ve Meşeköy formasyonları olarak tanımlanmaktadır. Bölgede meydana gelen genç tektonik hareketlerin etkisiyle ortaya çıkan ve akarsuların etkisiyle ova ve vadilere çökelen alüvyonal birimler bölgenin en genç birimlerini oluşturmaktadır [4]. İnceleme alanı içerisindeki akifer özelliği gösteren birimler kumtaşı, çakıltası, çamurtaşı ve kireçtaşı seviyelerinden oluşan Meşeköy ve Kızıllırmak formasyonları taneli akifer özelliği gösterirken, granitlerden oluşan Baranadağ Granitoidi ve mermer, şist, kuvarsitlerden oluşan Kervansaraydağ Formasyonu kırık-çatlaklı akifer özelliği sunmaktadırlar.

4. Su Kimyası

Çalışma alanındaki suların elektriksel iletkenlik (EC) değerleri, kurak dönemde 126-1994 mikrosimens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$) arasında, yağışlı dönemde 389-963 mikrosimens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$) arasında değişirken; TDS değerleri kurak dönemde 82-556 mg/L, yağışlı dönemde 253-626 mg/L arasında değişmektedir. pH değerleri kurak dönemde 7.86-8.58 arasında, yağışlı dönemde

7.29-7.73 arasında; yükseltgenme-indirgenme potansiyeli (Eh) değerleri ise kurak dönemde 222-494 mV arasında, yağışlı dönemde 284-346 mV arasında değişmektedir (Çizelge 1).



Şekil 2. İnceleme alanı ve yakın çevresinin jeolojik/hidrojeolojik haritası

Çalışma alanında yer alan kaynakların florür değerleri kurak dönemde 0 - 2.41 mg/L arasında, yağışlı dönemde 0 - 1.13 mg/L arasında değişmekte olup genellikle Türk İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik ve Dünya Sağlık Örgütü İçme Suyu Standartlarındaki üst sınır değeri olan 1.5 mg/L'yi aşmamakla birlikte terk edilmiş demir madeninin yakınında bulunan KMG-9 kuyusu 2.41 değeriyle sınırı 1.5 kat aşmaktadır. Çalışma alanında yer alan kaynakların nitrat (NO₃) değeri kurak dönemde 2.82 - 109.04 mg/L arasında, yağışlı dönemde ise 3.73 - 48.05 mg/L arasında değişmekte olup, üst sınır değeri olan 50 mg/L değerini aşan 3 kuyu (KMG-8, KMG-9, KMG-18) bulunmaktadır. Bu kuyular çakılta, kumta, çamurta gibi kırıntılı kayalarda (Meşeköy ve Kızılkaya formasyonları) açılmış ve etrafında tarımsal aktiviteler gerçekleştirilen sulardır. Bu kirliliğinin tarımsal faaliyetler sırasında kullanılan gübrelerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çalışma alanında yer alan örneklerinin amonyum (NH₄) değerleri kurak dönemde 0.09 - 0.90 mg/L arasında değişmektedir. Amonyumun (NH₄) üst sınırı olan 0.5 mg/L değerini aşan 7 su örneği (KMG-1, KMG-2, KMG-7, KMG-8, KMG-10, KMG-11, KMG-18) bulunmaktadır. KMG-11 hariç tüm sular kırıntılı kayalardan oluşan ve etrafında tarımsal aktiviteler gerçekleştirilen Kızılkaya ve Meşeköy Formasyonlarından boşalan sulardır. KMG-11 ise baraj suyudur ve bu kirliliklerin NO₃ da olduğu gibi tarımsal kaynaklı olduğu düşünülmektedir (Çizelge 1).

Çalışma alanındaki suların iz element analizleri Çizelge 2'de verilmiştir. Bu su örneklerinden bazılarının bazı elementlerin (As, Sb, U) biri ve/veya birkaçı açısından Türk İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (Sağlık Bakanlığı, 2005) ve Dünya Sağlık Örgütü İçme Suyu Standartları (WHO, 2006)'ni aşmaktadırlar. Arsenik (As) değerleri kurak dönemde 0.0003 - 0.3984 mg/L arasında değişmekte olup, yağışlı dönemde ise 0.00168 - 0.25669 mg/L arasında değişmektedir. KMG-1, KMG-2, KMG-3, KMG-4, KMG-5, KMG-6, KMG-7, KMG-8, KMG-9, KMG-11, KMG-13, KMG-18, KMG-21, KMG-22, KMG-23 sularında As konsantrasyonları standartlardaki 0.01 mg/L değerini aşmaktadır (KMG-9 sınırı aşmamakla birlikte çok yakın değere sahiptir). Özellikle magmatik ve metamorfik kayalar ile ilişkili olarak oluşan altın, demir ve antimon yataklarının bulunduğu alanlardan boşalan KMG-1, KMG-2, KMG-5, KMG-22 sularının As değerleri standartları çok fazla aşmıştır (Çizelge 2). Diğer As

kirliliği gözlenmiş sular ise çoğunlukla kırıntılı kayalardan oluşan Meşeköy ve Kızılırmak Formasyonundan boşalan ve üzerinde tarımsal aktiviteler gerçekleştirilen sulardır. Kırıntılı seviyelerin kaynak kayaları üst kotlardaki magmatik ve metamorfik kayalardır. Bahsedilen bu durumlardan dolayı sularda As kirliliğinin oluşmasında, doğal sular etkisiyle kayalardan ve maden yataklarından doğal yıkanma, tarımsal faaliyetler sırasında kullanılan böcek ve ot ilaçları (pestisitler), madencilik faaliyetleri sırasında yapılan tahribatlar vb. doğal ve antropojenik birçok kirlilik kaynağın etkili olabileceği düşünülmektedir. Uzun süreli arsenik tüketimi vücutta deri hastalıkları, solunum, böbrek, mide, kalp rahatsızlıkları, kan bozuklukları ve şeker hastalığı gibi sorunlara sebep olabilmektedir [5]. Ayrıca çocuklarda büyüme sorunlarına ve zeka geriliğine sebep olabileceğine dair çalışmalar bulunmaktadır [6].

Uranyum (U) konsantrasyonu kurak dönemde 0.00001 - 0.015 mg/L arasında, yağışlı dönemde ise 0.00171 - 0.01405 mg/L arasında değişmekte olup, kırıntılı kayalardan boşalan KMG-7 Kaynağı Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2006) standartlardaki 0.015 mg/L sınır değerine ulaşmıştır. Çalışma sahasında yer alan kaynaklarda antimon (Sb) değerleri, kurak dönemde 0.00003 - 0.01103 mg/L arasında değişmekte, yağışlı dönemde ise 0.00006-0.01166 mg/L arasında değişmektedir. Granit-mermer kontakından ve terkedilmiş antimon yatağı yakın bölgesinden boşalan KMG-22 Kaynağının Sb konsantrasyonu Türk ve Dünya İçme Suyu Standartlarında sırasıyla üst sınırı olan 0.005 ve 0.02 mg/L değerlerini aşmaktadır (Çizelge 2). KMG-22 ileriki zamanlarda Kaman Yelek köyünün içme suyu temininde kullanılması düşünülen bir kaynaktır.

5. Sonuçlar ve Tartışmalar

Kırşehir iline bağlı Kaman ilçesi güneyinde bulunan yeraltısularının su kalitesi ve kirliliğinin incelenmesini konu alan bu çalışmadan elde kimyasal analiz sonuçlarına göre, birçok yeraltısuyu F, NO₃, NH₄, As, U, Sb elementleri/iyonlarının biri veya birkaçı açısından Türk İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik ve Dünya Sağlık Örgütü İçme Suyu Standartlarındaki sınır değerleri aşmaktadırlar. 15 ayrı suda gözlenen ve bazen standartları onlarca kat aşan As kirliliği bölge için en büyük problem kaynağı olduğu düşünülmektedir. Kirliliğin en yoğun gözlemlendiği sular maden yatakları çevresindeki ve kaynak kayasını çoğunlukla üst kotlardaki magmatik ve metamorfik kayalardan alan kırıntılı birimlerden boşalan sulardır. Genel olarak bu kirliliklerin gözlenmesinde, doğal sular etkisiyle kayalar ve maden yataklarından doğal yıkanma, madencilik faaliyetleri sırasında yapılan tahribatlar ve tarımsal faaliyetler sırasında kullanılan böcek ve ot ilaçları (pestisitler) vb. doğal ve antropojenik birçok kaynağın etkili olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca Hirfanlı Barajı suyunu temsil eden KMG-11'in klorür ve sülfat değerleri Türk İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğinde verilen sınır değerleri aşmaktadır. Bu durum bölgede tuzluluk sorununu düşündürmektedir. Tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak yapıldığı alanlardan boşalan sularda saptanan As ve NH₄ kirliliklerinin ise kayalardan doğal yıkanmanın yanısıra aşırı gübre ve pestisit kullanımına bağlı olduğu düşünülmektedir. Terkedilmiş maden yataklarının rehabilite edilmesi ve özellikle tarımsal faaliyetler sırasında kullanılan gübre ve ilaçlarının kullanımı konusunda halkın yetkin kurumlar tarafından bilinçlendirilmesi önerilmektedir.

Çizelge 1. Çalışma alanındaki suların arazi ölçüm ve kimyasal analiz sonuçları (meq/L)

Su No	Tarih	EC (µS/cm)	TDS (mg/L)	PH	Eh (mv)	Stıcaklık (°C)	Debi (L/s)	Na ⁺	K ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	NH ₄ ⁺	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	F ⁻	NO ₂ ⁻
KMG-1	27.06.2016	549	357	8.58	221.7	16.39	1.26	0.78	0.08	1.67	4.17	0.00	0.00	4.80	0.38	0.14	0.89	0.02	0.03
"	04.05.2017	595	386	7.29	320.6	15.35	1.25	0.45	0.04	0.78	3.85	0.00	0.00	4.85	0.18	0.06	0.51	0.03	0.00
KMG-2	27.06.2015	439	285	8.32	238.6	19.23	0.20	0.49	0.05	1.21	3.66	0.00	0.00	4.31	0.25	0.14	0.42	0.01	0.03
KMG-3	27.06.2016	497	323	8.23	257.5	22.35	(-)	0.74	0.04	2.00	3.07	0.00	0.00	4.02	0.34	0.23	0.87	0.01	0.02
KMG-4	27.04.2016	502	326	8.15	255.9	15.24	1.19	0.58	0.04	1.82	3.80	0.00	0.00	4.22	0.29	0.32	0.87	0.01	0.02
KMG-5	27.04.2016	430	280	8.70	256.5	21.75	1.72	0.62	0.04	1.03	3.48	0.00	0.00	3.92	0.26	0.15	0.43	0.01	0.02
"	04.05.2017	506	331	7.43	283.9	16.49	(-)	0.33	0.02	0.67	3.54	0.00	0.00	4.37	0.16	0.11	0.35	0.00	0.00
KMG-6	27.04.2016	453	316	8.14	257.5	21.43	(-)	0.87	0.05	1.70	3.12	0.00	0.00	4.12	0.42	0.46	0.38	0.03	0.02
"	04.05.2017	504	328	7.46	334.4	15.74	(-)	0.45	0.02	0.83	3.25	0.00	0.00	4.27	0.20	0.18	0.22	0.04	0.00
KMG-7	27.04.2017	510	332	8.01	259.2	19.84	0.19	1.85	0.04	1.56	2.29	0.00	0.00	4.02	0.47	0.32	0.49	0.06	0.05
"	04.05.2017	550	358	7.35	335	13.64	0.27	1.06	0.02	0.91	2.83	0.00	0.00	4.47	0.26	0.17	0.31	0.06	0.00
KMG-8	27.04.2017	781	512	7.92	255.7	14.38	(-)	0.74	0.04	2.19	6.39	0.00	0.00	4.61	1.71	1.76	0.68	0.01	0.03
"	04.05.2017	511	332	7.38	308.2	14.45	(-)	0.29	0.02	0.64	3.70	0.00	0.00	4.27	0.17	0.21	0.21	0.00	0.00
KMG-9	28.04.2016	856	556	8.03	319.6	15.90	0.35	4.01	0.12	3.41	3.40	0.00	0.78	4.02	0.68	1.04	3.52	0.13	0.02
"	04.05.2017	963	626	7.76	318.5	13.45	0.31	1.86	0.07	1.81	3.40	0.00	0.00	4.56	0.40	0.49	2.27	0.05	0.00
KMG-10	28.04.2016	801	521	8.08	494.4	24.19	(-)	4.16	0.03	2.16	3.19	0.00	0.98	4.31	1.43	0.67	1.48	0.05	0.05
KMG-11	28.04.2016	1994	10.0	8.05	372.2	16.22	(-)	6.62	0.16	4.27	8.57	0.01	0.00	2.95	7.47	0.01	7.39	0.01	0.04
KMG-12	28.04.2016	586	381	8.11	321.4	13.88	2.87	1.08	0.02	1.89	3.31	0.00	0.00	4.92	0.20	0.29	0.37	0.03	0.02
KMG-13	28.04.2016	516	335	8.01	322.4	14.67	(-)	0.99	0.08	1.97	3.17	0.00	0.59	4.02	0.15	0.50	0.41	0.03	0.02
"	04.05.2017	567	369	7.75	319.7	13.45	(-)	0.45	0.02	1.05	3.53	0.00	0.00	4.85	0.09	0.34	0.18	0.04	0.00
KMG-14	28.04.2016	502	326	8.09	323.8	18.32	(-)	0.68	0.01	2.18	3.35	0.00	0.39	4.31	0.10	0.64	0.27	0.02	0.01
KMG-15	29.04.2016	126	82	8.53	289.3	14.18	0.55	0.30	0.01	0.57	1.42	0.00	0.00	1.26	0.27	0.41	0.15	0.01	0.01
KMG-16	29.04.2016	508	330	8,07	307.2	18.63	(-)	0.53	0.02	1.50	4.14	0.00	0.00	4.90	0.13	0.46	0.34	0.03	0.03
KMG-17	29.04.2016	339	221	8.15	313.2	16.09	0.27	0.27	0.02	0.90	2.74	0.00	0.00	2.94	0.20	0.19	0.30	0.01	0.01
KMG-18	29.04.2016	826	537	7.99	311.7	19.48	(-)	2.17	0.04	2.60	5.06	0.00	0.00	4.22	1.77	1.78	1.31	0.03	0.03
"	04.05.2017	875	569	7.46	329.9	15.88	(-)	1.07	0.02	1.16	4.48	0.00	0.00	4.27	0.85	0.77	0.74	0.01	0.00
KMG-19	29.04.2016	465	302	8.17	314.4	23.56	(-)	0.36	0.02	1.48	3.84	0.00	0.00	4.31	0.17	0.47	0.38	0.01	0.01
KMG-20	29.04.2016	335	218	8.05	308.2	15.42	(-)	0.17	0.01	1.12	3.01	0.00	0.00	3.53	0.08	0.12	0.23	0.00	0.01
KMG-21	29.04.2016	318	207	8.17	305.7	18.57	(-)	0.09	0.01	0.36	3.53	0.00	0.00	3.53	0.06	0.06	0.16	0.00	0.01
KMG-22	29.04.2016	361	234	7.94	309.1	13.15	(-)	0.21	0.03	0.72	3.45	0.00	0.00	3.73	0.08	0.17	0.22	0.01	0.01
"	04.05.2017	389	253	7.59	346.4	11.37	0.04	0.15	0.01	0.37	3.45	0.00	0.00	3.88	0.04	0.09	0.15	0.01	0.00
KMG-23	29.04.2016	286	186	7.86	310.5	15.5	0.14	0.14	0.04	0.39	3.08	0.00	0.00	3.24	0.06	0.05	0.14	0.00	0.01

Çizelge 2. Çalışma alanındaki suların iz element sonuçları

Su No	Tarih	As (ug/L)	Se (ug/L)	Rb (ug/L)	Mo (ug/L)	Cd (ug/L)	Ag (ug/L)	Ba (ug/L)	Sn (ug/L)	Sb (ug/L)	Hg (ug/L)	Tl (ug/L)	Pb (ug/L)	U (ug/L)
KMG-1	27.06.2016	69.3	1.5	0.26	1.66	<0.01	<0.01	29.8	<0.01	0.97	<0.01	<0.01	<0.01	1.6
“	04.05.2017	87.36	1.59	0.30	1.64	0.01	<0.01	40.1	<0.01	1.07	<0.01	<0.01	0.07	2.71
KMG-2	27.06.2016	398.4	0.8	0.13	1.14	<0.01	<0.01	52.2	<0.01	0.32	<0.01	<0.01	<0.01	3,0
KMG-3	27.06.2016	16.2	3.4	0.72	1.01	<0.01	<0.01	47.0	<0.01	0.78	<0.01	<0.01	<0.01	2.0
KMG-4	27.06.2016	23.1	2.1	0.69	0.88	<0.01	<0.01	32.7	<0.01	0.95	<0.01	<0.01	<0.01	1.2
KMG-5	27.06.2016	221.5	0.6	0.11	1.04	<0.01	<0.01	29.9	<0.01	0.27	<0.01	<0.01	<0.01	1.1
“	04.05.2017	256.69	1.06	0.28	1.04	<0.01	<0.01	58.2	<0.01	0.42	<0.01	<0.01	0.29	2.62
KMG-6	27.06.2016	30.7	1.2	0.89	1.97	<0.01	<0.01	42.2	<0.01	0.75	<0.01	<0.01	<0.01	4.6
“	04.05.2017	37.69	0.92	0.73	1.99	0.01	<0.01	45.5	<0.01	0.74	<0.01	<0.01	0.05	4.39
KMG-7	27.06.2016	43.3	0.5	0.32	7.55	0.022	<0.01	75.3	<0.01	0.12	<0.01	<0.01	<0.01	15.0
“	04.05.2017	38.53	0.44	0.31	7.26	0.03	<0.01	78.8	<0.01	0.13	<0.01	<0.01	0.05	14.05
KMG-8	27.06.2016	54.2	0.6	0.14	0.38	<0.01	<0.01	126.1	<0.01	0.16	<0.01	<0.01	<0.01	0.9
“	04.05.2017	68.10	0.63	0.16	0.48	<0.01	<0.01	102.4	<0.01	0.20	<0.01	<0.01	0.07	2.18
KMG-9	28.06.2016	9.8	4.5	0.29	9.70	0.040	<0.01	39.8	<0.01	0.11	<0.01	<0.01	<0.01	8.5
“	04.05.2017	8.48	4.28	0.30	9.17	0.05	<0.01	42.8	<0.01	0.13	<0.01	<0.01	0.06	7.98
KMG-10	28.06.2016	0.6	2.2	0.25	1.76	<0.01	<0.01	98.1	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	5.3
KMG-11	28.06.2016	11.2	0.7	4.83	2.83	<0.01	<0.01	68.9	<0.01	0.31	<0.01	<0.01	<0.01	2.0
KMG-12	28.06.2016	0.8	0.4	0.05	1.53	0.016	<0.01	86.6	<0.01	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	3.7
KMG-13	28.06.2016	14.4	0.9	0.56	2.43	<0.01	<0.01	62.8	<0.01	0.10	<0.01	<0.01	<0.01	4.1
“	04.05.2017	1.68	0.72	0.09	1.60	0.01	<0.01	72.4	<0.01	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	1.71
KMG-14	29.06.2016	0.6	0.6	0.09	0.80	<0.01	<0.01	27.8	<0.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	1.6
KMG-15	29.06.2016	0.3	0.2	1.78	1.05	<0.01	<0.01	8.9	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	0.1
KMG-16	29.06.2016	2.8	0.4	0.26	1.28	<0.01	<0.01	60.1	<0.01	0.11	<0.01	<0.01	<0.01	5.3
KMG-17	29.06.2016	6.2	0.4	0.17	0.52	<0.01	<0.01	14.0	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	0.7
KMG-18	29.06.2016	14.0	1.6	0.92	2.73	<0.01	<0.01	135.0	<0.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	10.3
“	04.05.2017	15.37	1.61	1.01	2.64	0.01	<0.01	137.5	<0.01	0.06	<0.01	<0.01	0.06	11.06
KMG-19	29.06.2016	2.5	0.5	0.10	0.73	<0.01	<0.01	30.2	<0.01	0.09	<0.01	<0.01	<0.01	3.1
KMG-20	29.06.2016	2.7	0.2	0.39	0.31	<0.01	<0.01	12.0	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	0.3
KMG-21	29.06.2016	20.5	0.1	0.30	0.16	<0.01	<0.01	8.3	<0.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	0.5
KMG-22	29.06.2016	119.6	0.4	0.05	0.85	<0.01	<0.01	4.6	<0.01	11.03	<0.01	<0.01	<0.01	1.2
“	04.05.2017	148.61	0.56	0.07	0.88	<0.01	<0.01	5.2	<0.01	12.66	<0.01	<0.01	<0.01	2.74
KMG-23	29.06.2016	11.7	0.2	0.08	0.86	<0.01	<0.01	15.4	<0.01	1.27	<0.01	<0.01	<0.01	4.1

6. Kaynaklar

- [1] Varol S, Davraz A, Varol E. Yeraltısuyu Kimyası ve Sağlığa Etkisinin Tıbbi Jeoloji Açısından Değerlendirilmesi. *Taf. Prev. Med .Bull.*, 2008; 7(4):351-356.
- [2] Sağlık Bakanlığı, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara 2005.
- [3] WHO, Guidelines for Drinking-Water Quality, First Addendum to Third Edition, 1, Recommendation. Geneva Switzerland 2006.
- [4] Kara H, Dönmez M, 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Kırşehir J31 paftası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü yayınları, Ankara 2002.
- [5] Tchounwou PB, Patlolla AK, Centeno JA, Carcinogenic and Systemic Health effect Associated with Arsenic Exposure- A Critical Review. *Toxicologic Pathology* 2003; 31: 575- 588.

[6] Wang SX, Wang ZH, Cheng XT, Li J, Sang ZP, Zhang XD, Han LL, Qiao XY, Wu ZH, Wang ZQ. Arsenic and Fluoride Exposure in Drinking Water: Children's IQ and Growth in Shanyin County, Shanxi Province, China. *Environmental Health Perspectives* 2007; 115(4): 643- 647.