

KAMAN (KIRŞEHİR) KUZEYİNİN HİDROJEOLÖJİK İNCELEMESİ

*¹Tülay EKEMEN KESKİN, ²Bahadır SUBAŞI, ³Zeynel BAŞIBÜYÜK

¹ Karabük Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü 78050 Karabük, TÜRKİYE

² Karabük Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü 78050 Karabük, TÜRKİYE

³ Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü 40100 Kırşehir, TÜRKİYE

Özet

Bu çalışma farklı kökenli kayalara, yakın zamanda terkedilmiş demir ve florit madenlerine ve tarımsal faaliyetlere sahip Kaman (Kırşehir, Türkiye) kuzeyinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanında siyenitten oluşan Buzlukdağ Siyeniti ve kumtaşı, çakıltası, tuf, kireçtaşı ve çamurtaşından oluşan Kızılırmak Formasyonu başlıca akifer özelliği gösteren kayaları oluşturmaktadır.

Çalışma alanında yer alan siyenitlerden boşalan bazı kaynaklarda (KMK-9, KMK-17) As, F, U konsantrasyonları, kırıntılı kayalardan boşalan bazı kaynaklarda (KMK-3, KMK-5, KMK-6, KMK-7, KMK-8) As, NH₄ konsantrasyonları, siyenit ve metamorfik kayalardan boşalan bazı kaynaklarda (KMK-18, KMK-19) As konsantrasyonu, siyenitlerden boşalan kaynak ve kırıntılı kayalarda açılmış olan bir kuyunun birleşiminden oluşan çeşmeden boşalan KMK-2 suyunda ise F, U, NH₄ konsantrasyonları Sağlık Bakanlığı (2005) de verilen içme suyu standartlarını aşmaktadır. Ayrıca kırıntılı kayalarda açılan bazı kuyularda (KMK-4, KMK-10) NO₃ ve NH₄ konsantrasyonları, siyenitlerden (KMK-14) ve siyenit ve metamorfik kayacıktağında boşalan (KMK-16) kaynaklarda U konsantrasyonu, KMK-15 kaynağında (siyenit) ise F konsantrasyonu limit değerleri aşmaktadır. Yapılan arazi çalışması ve analitik deney sonuçları kayaların bozunması, kayalar ve cevherlerin (demir, florit) çözünmesi, ve/veya madencilik ve tarımsal faaliyetlerin çalışma alanındaki suların fizikokimyasal proseslerini etkilediğini göstermektedir. Sulardaki bu kirleticiler insanlar, hayvanlar ve bitkiler için büyük risk oluşturabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Su-kayaç etkileşimi, hidrojeoloji, su kirliliği, su kalitesi, Kaman (Kırşehir)

Abstarct

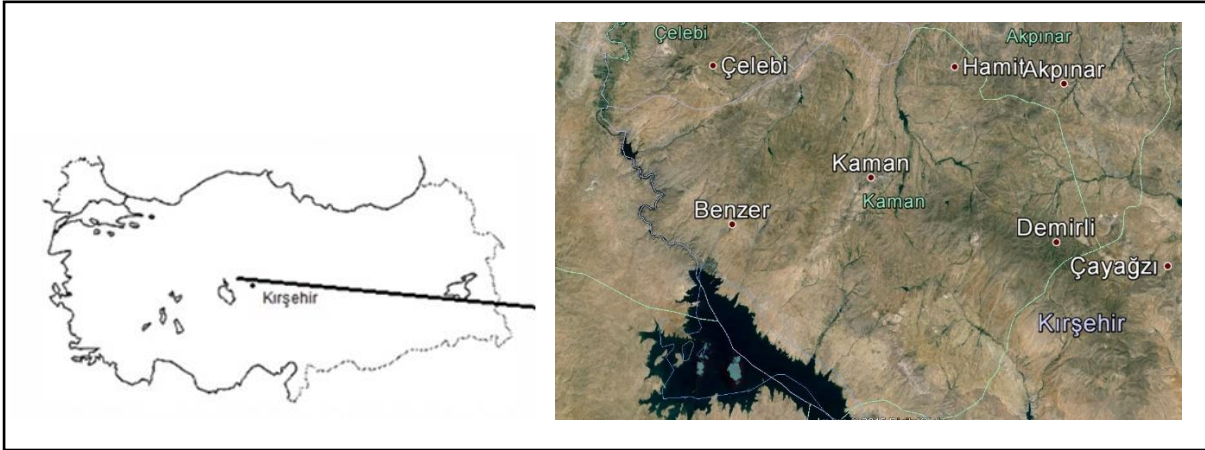
The present study conducted in north of Kaman (Kırşehir) regions of Turkey, which has rocks with different origin, recently abandoned iron and fluorite mines and agricultural activity. The units indicating aquifer characteristics in the study area are Buzlukdağ Synite and Kızılırmak Formation consist of sandstone, conglomerate, tuff, limestone and mudstone.

As, F, U concentrations of many spring (KMK-9, KMK-17) discharging from syenites, As, NH₄ concentrations of many spring (KMK-3, KMK-5, KMK-6, KMK-7, KMK-8) discharging from clastics, As concentrations of many springs (KMK-18, KMK-19) discharging from syenites and metamorphic rocks, and U, NH₄ concentrations of one water (KMK-2) discharging as a fountain consisting of a combination of a well that was opened in the clastics and discharging from syenites as a spring the study area exceed the limits of Ministry of Health-2005 Standard. In addition, NO₃ and NH₄ concentrations in many wells (KMK-4, KMK-10) (clastics), U concentrations in many springs (KMK-14 (syenites), KMK-16 (contact of syenites-metamorphic) and F concentration in one spring (KMK-15 (syenites)) exceed the limit values. The results of field measurements and analytic experiments showed that the weathering of rocks, dissolution from mines (iron and fluoride) and rocks and/or mining and agricultural activities in the study area strongly influenced the physicochemical processes in the waters. These pollutants in water can pose a great risk to humans, animals and plants.

Key Words: Water-rock interaction, hydrogeology, water contamination, water quality, Kaman(Kırşehir)

1. Giriş

Su yeraltında çok farklı derinliklerde bulunmakta ve suyun bileşimi içerisinde geçtiği kayalar tarafından tayin edilmektedir [1]. Şekil 1’de yer bulduru haritası verilen çalışma alanı 945 km² yüzölçümüne sahip olup, bölgede çoğunluğu yakın zamanda terkedilmiş irili ufaklı maden işletmeleri bulunmaktadır. Yeraltı suyu kirliliğini dikkate alan bu çalışmada Kırşehir ili Kaman ilçesi kuzeyinde yer alan ve farklı kökenli kayalar, demir ve florit madenlerini ve tarımsal faaliyetleri temsil ettiği düşünülen 19 farklı noktada su örneklemeleri ve yerinde ölçümler yapılmıştır. Yapılan arazi çalışmaları ile bölgenin jeolojisi hakkında fikir sahibi olunmuş örnekleme yapılan kaynak ve kuyularının hangi jeolojik birimler ile temas ettiği tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışma alanı içerisinde yakın zamana kadar işletilmiş fakat şimdi terkedilmiş durumda olan florit ve demir cevherleşmelerinden florit cevherleşmesi damar tipi cevherleşmeler şeklinde gelişmekte ve bölgeye intrüzif olarak gelen Kampanien-Maestriyen yaşlı Buzlukdağ Siyenitoyidi kırık çatlakları içerisinde 60-70 cm damarlar halinde bulunmaktadır [2]. Florit cevherlerinin oluşumundan asıl sorumlu olan birim ise siyenit içerisinde daha genç bir faz olan ve florit içeren siyenit kuvars yapısıdır [3]. Demir cevherleşmesinin oluşumu ise iki şekilde açıklanmaktadır. Bunlardan ilki, Palezoik yaşlı Bozçaldağ Formasyonu mermerleri ile Kretase yaşlı Baranadağ Formasyonu granitleri arasında oluşan skarn zonu ve mermer birimler içerisindeki kırık çatlak yapılarında dolaşan hidrotermal eriyiklerden çökelen demir cevherleridir. Bir diğer mekanizma ise granit birimler ile Jura-Kretase yaşlı gabro birimler arasındaki fay zonlarında dolaşan hidrotermal eriyiklerin çökeltiltiği demir yapılarıdır [4].



Şekil 1. İnceleme alanı ve yakın çevresinin yer bulduru haritası

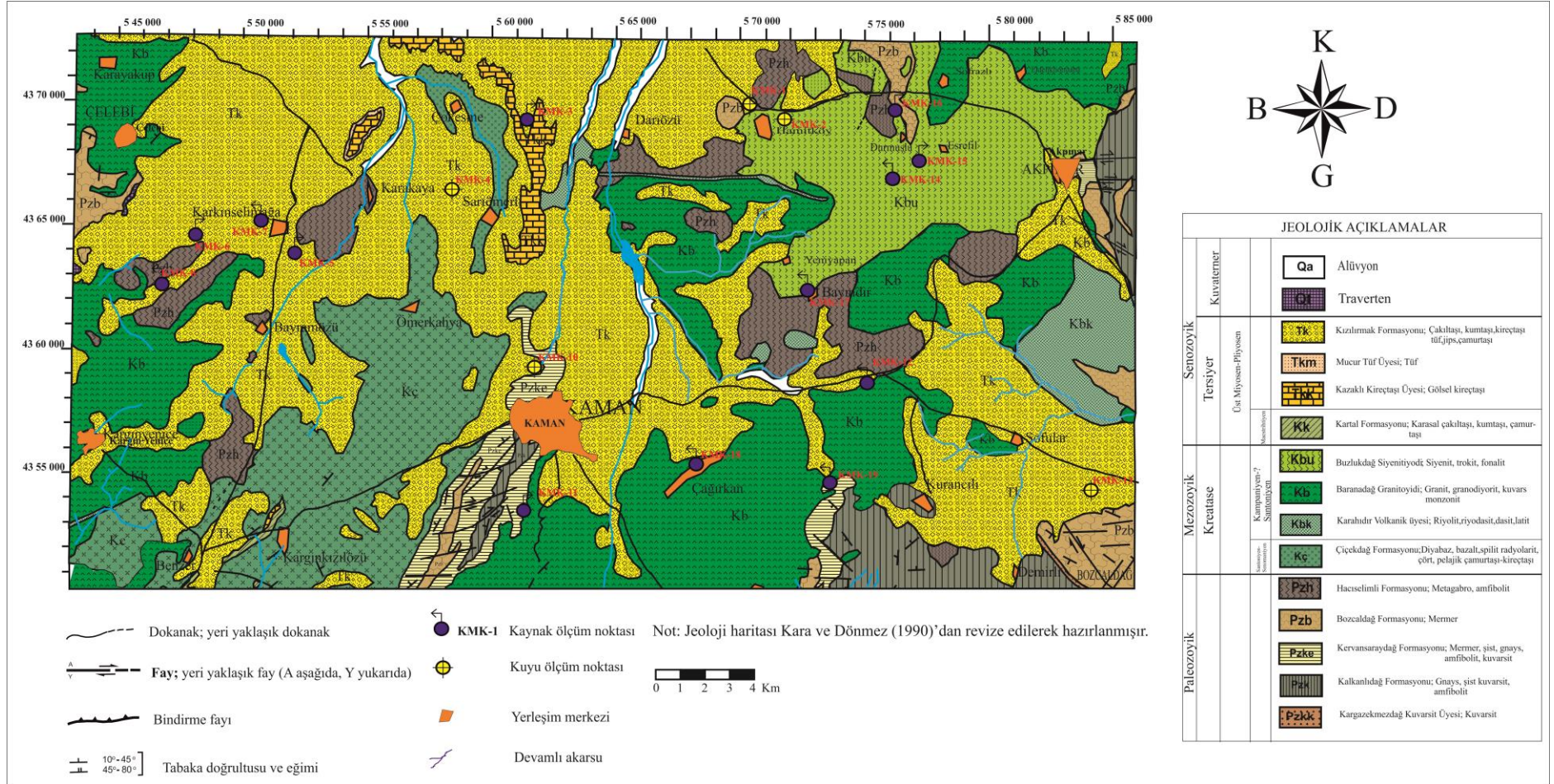
2. Materyal ve Metod

Kırşehir ili Kaman kuzeyinin hidrojeolojisi konu alan arazi çalışmaları Haziran 2016 yılında başlamıştır. Kurak dönemde yapılan arazi çalışmaları esnasında 19 noktadan major ve iz element analizleri için su numuneleri alınmış ve yine bu noktalarda elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözünmüş madde (TDS), yükseltgenme-indirgenme potansiyeli (ORP-Eh), pH, sıcaklık (T), debi değerleri yerinde ölçülmüştür. Ayrıca kimyasal amaçlı olarak su örnekleri alınmış ve alınan su numuneleri polietilen şişelere konulmuş, laboratuvara çok kısa sürede

ulaştırılmış ve bu esnada 4°C de buzdolabında saklanmıştır. Major anyon-kasyon analizleri Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakóltesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Su Kimyası Laboratuvarında, yüksek performanslı iyon kromatoğrafi cihazı kullanılarak yapılmıştır. İz element analizleri ise Kocaeli Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği ICP-MS Laboratuvarında ICP-MS (endüktif eşlenik plazma kütle spektrometresi) kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen analiz sonuçları kullanılarak sular Türk İnsani Tüketim Amaçlı Sular Yönetmeliği (Sağlık Bakanlığı, 2006) [5] ve Dünya Sağlık Örgütü Standartları (WHO-2006) [6] 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 yüzeaylenen en yaşlı birim Paleozoyik yaşlı gnays, kuvarsit, amfibolit ve yer yer demirli kuvarsit düzeyleri içeren Kalkanlıdağ Formasyonu içerisinde yer alan Kargasekmezdağ Kuvarsit Üyesi'dir. Kalkanlıdağ Formasyonu üzerine mermer, şist, gnays, amfibolit, kuvarsit içeren Kervansaraydağ Formasyonu ve bu formasyonun üzerine ise çört amfibolit-amfibolitişist arayüzeyleri içeren mermer biriminden oluşan Bozçaldağ Formasyonu gelmektedir. Bozçaldağ Formasyonu üzerine gelen Hacıselimli Formasyonu ise bölgeye sil ve dayk şeklinde gelmiş olup metamorfizma geçirerek metagabro ve amfibolite dönüşmüştür. Bu metamorfitlerin üzerine Üst Kreatese yaşlı diyabaz, bazalt, pelajik çamurtaşı-kireçtaşı içeren Çiçekdağ Formasyonu tektonik olarak gelmiştir. Bu formasyon ise Kampaniyen-Maestriyen yaşlı intrüzifler tarafından kesilmektedir. Bu intrüzifler bölgede geniş yüzeaylenmeler gösteren granitoid ve siyenitoid olarak tanımlanan birimlerdir ve Baranadağ Granitoidi ve Buzlukdağ Siyenitoidi olarak isimlendirilmektedirler. Ayrıca Baranadağ Granitoidinin kenar bölgelerinde gelişen ve riyolit, riyodasit, dasit ve latit birimlerinden oluşan yapı Karahıdır Volkanit Üyesi olarak adlandırılmaktadır. İntrüzifler üzerine uyumsuzluk ile gelen Maestrihtiyen yaşlı Kartal Formasyonu karasal çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı birimlerinden oluşmaktadır. Çalışma alanında geniş yer kaplayan katmansız, bloklu, çakıllı, kumlu karasal çamurtaşları Kızılırmak Formasyonu olarak tanımlanmaktadır. Bölgede meydana gelen genç tektonik hareketlerin etkisiyle ortaya çıkan sıcak ve soğuk sulardan çökelen travertenler ve akarsuların etkisiyle ova ve vadilere çökelen alüvyonal birimler bölgenin en genç birimlerini oluşurmaktadır [7]. İnceleme alanı içerisindeki akifer özelliği gösteren birimler tuf, jips, anhidrit, killi kireçtaşı, çakıltaşı ve çamurtaşından oluşan Kızılırmak Formasyonu, siyenit'den oluşan Buzlukdağ Siyenitoidi, mermer, şist, gnays, amfibolit ve kuvarsit içeren Kervansaraydağ Formasyonu ve granitlerden oluşan Baranadağ Granitoidi'dir. Bu birimler genellikle kırık-çatlaklı akifer özelliği göstermektedir.



Şekil 2. Çalışma alanı ve yakın çevresinin jeolojisi

4. Su Kimyası

Çalışma alanındaki kaynak ve kuyuların debileri kurak dönemde 0.032-3.32 L/s arasında; elektriksel iletkenlik değerleri 164-672 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında; Eh değerleri 256.9-649 mV arasında; pH değerleri ise 7.65-8.15 arasında değişmektedir (Tablo 1).

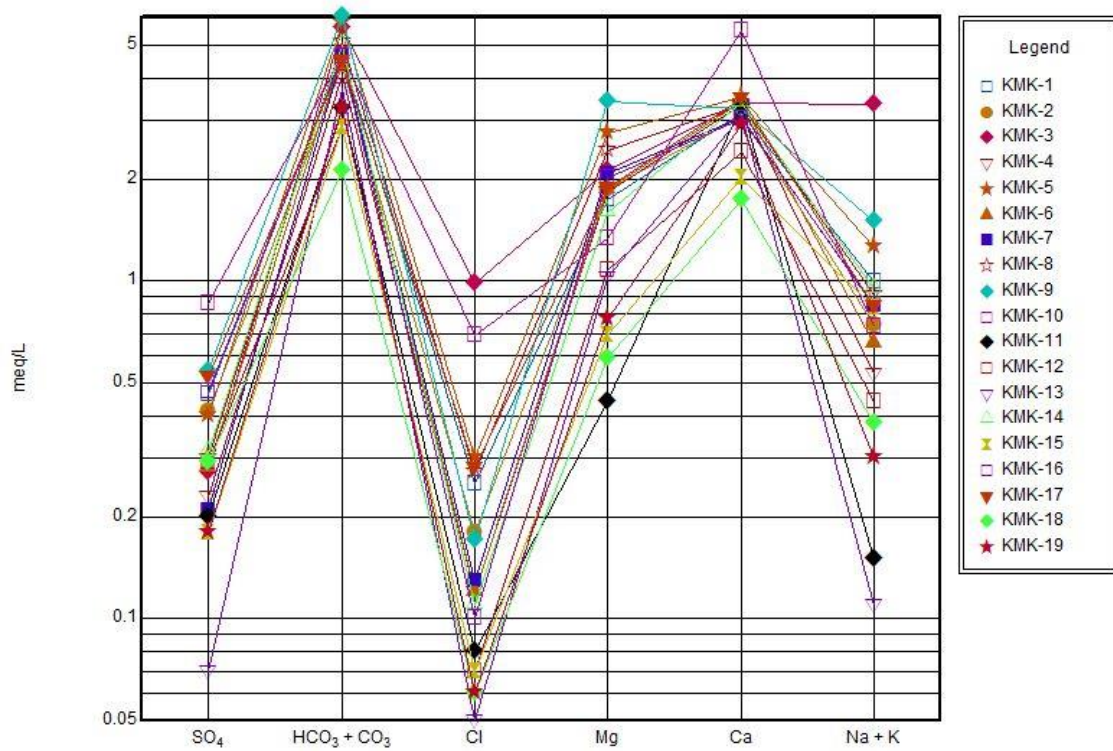
İnceleme alanındaki yeraltısularında arsenik değerleri 0.4-27.4 $\mu\text{g}/\text{L}$ (ppb) (Tablo 2) arasında değişmekte olup kırıntılı kayalardan oluşan Kızılırmak Formasyonundan boşalan KMK-3, KMK-5, KMK-6, KMK-7, KMK-8, siyenitlerden oluşan Buzlukdağ Siyenitoyidinden boşalan yakın çevresinde terkedilmiş florit madeni bulunan KMK-17, granitlerden oluşan Baranadağ Granitoyidinden boşalan KMK-18, metamorfik (Kervansaraydağ) birimler ve granit (Baranadağ) kantağından boşalan KMK-19'un konsantrasyonları 10 $\mu\text{g}/\text{L}$ (ppb) olan standart değerini aşmaktadır. Ayrıca Baranadağ Granitoyidinden boşalan yakın çevresinde terkedilmiş demir madeni bulunan KMK-9 kaynağı standardı aşmamakla birlikte sınır değere çok yakın bir değere sahiptir. Uzun süreli arsenik tüketimi vücutta deri hastalıkları, solunum, böbrek, mide, kalp rahatsızlıkları, kan bozuklukları ve şeker hastalığı gibi sorunlara sebep olmaktadır [8]. Ayrıca çocuklarda büyüme sorunlarına ve zeka geriliğine sebep olabileceğine dair çalışmalar bulunmaktadır [9]. Bölgenin yeraltısularında uranyum değeri 0.6-36.9 $\mu\text{g}/\text{L}$ (ppb) (Tablo 2) arasında değerler almakta olup KMK-9, KMK-17, siyenitlerden boşalan kaynak ve kırıntılı kayalarda açılmış olan bir kuyunun birleşiminden oluşan çeşmeden boşalan KMK-2 ve ayrıca siyenit (Buzlukdağ) ve metamorfik (Bozçaldağ ve Hacıselimli) kantağından boşalan, yakın çevresinde terkedilmiş demir madeni bulunan KMK-16'nın uranyum konsantrasyonları sınır değer olarak belirlenen 15 $\mu\text{g}/\text{L}$ 'yi aşmaktadır. Ayrıca yine siyenitlerden boşalan KMK-14 noktası 14.9 $\mu\text{g}/\text{L}$ (ppb) ile standart değerine çok yakın değer göstermektedir. Uzun süreli ve yüksek miktarda uranyum tüketimi böbrek rahatsızlıklarına sebebiyet vermekte ayrıca radyoaktif bir element olmasından dolayı çok düşük bir ihtimalde olsa kanser riski taşımaktadır [10].

Çalışma alanında rastlanan bir diğer kirlilik ise florür (Tablo 1) kirliliğidir. Bayındır bölgesi terkedilmiş florit madeni yakınında bulunan ve siyenitlerden boşalan KMK-17, 3.35 mg/L değeri ile sınır değeri iki kat aşmaktadır. Sırasıyla Büğüz demir madeni ve Durmuşlu demir madeni yakınlarında yer alan ve siyenitlerden boşalan KMK-9 ve KMK-15 kaynaklarında da florür değerleri standart değerinin üzerinde bulunmaktadır. Florür tüketimi genelde dişlerde rahatsızlıklara yol açmakta ve iskelet sisteminde kemik yapısını bozabilmektedir [11]. As, U ve F kirliliklerinin beraber gözlemlendiği kaynaklar çoğunlukla magmatik kayalardan boşalan ve yakın çevresinde maden yatakları bulunan sulardır. Bu kirliliklerin sebebinin kayaların ve maden yataklarının sular etkisiyle doğal olarak yıkanması ve/veya madencilik faaliyetleri olduğu düşünülmektedir.

Ayrıca bölgede 8 farklı su örneğinde (KMK-1, KMK-2, KMK-3, KMK-5, KMK-6, KMK-7, KMK-8, KMK-10) NH_4 ve 2 farklı su örneğinde KMK-3, KMK-4) NO_3 (Tablo 1) kirliliği saptanmıştır. Kırıntılı birimlerden boşalan KMK-1, KMK-3, KMK-5, KMK-6, KMK-7, KMK-8 kaynaklarında aynı zamanda As kirlilikleri de gözlenmektedir. Çevresinde yoğun tarımsal faaliyet gerçekleştirilen bu kaynaklardaki As ve NH_4 kirliliklerinin ana sebebinin bilinçsiz bir şekilde kullanılan gübreler ve pestisitlerin olduğu düşünülmektedir. KMK-10 kuyusu Kaman ilçesinin içme ve kullanma suyunun sağlandığı bir kuyudur. Benze şekilde kırıntılı birimlerden boşalan KMK-3 Kaynağı ve KMK-4 Kuyusunda NO_3 değeri standart değerinin üzerinde değerler göstermektedir. NO_3 'ün insan vücuduna etkisi özellikle bebeklerde ölüme yol açan mavi bebek sendromudur. Vücuda giren nitrat bebek midesinde

nitrite indirgenmekte, dolaşım sistemindeki hemoglobini okside ederek oksijen taşınmasını engellemekte ve ölüme varan sonuçlara yol açabilmektedir [12].

Çalışma alanı içerisinde alınan numunelerden elde edilen major anyon ve katyon analiz sonuçlarına göre oluşturulan ve suların fasiyeslerine bağlı özellikleri anlamamızı sağlayan yarı logaritmik (Scholler 1955 [13], Scholler 1962 [14]) diyagram Şekil3'de, Piper (üçgen) diyagram (Piper 1944 [15]) ise Şekil 4'de verilmiştir. Piper diyagramına göre çalışma alanındaki suların büyük bölümü Ca-HCO₃ fasiyesinde yer almaktadır. Kızılırmak FormasyonundanboşalanKMK-3, KMK-5 ve Baranadağ Granitoyidin'den boşalan KMK-9 kaynakları ise karışık tipte kaynaklar olup Na-Ca-Mg-HCO₃ tipindedir.



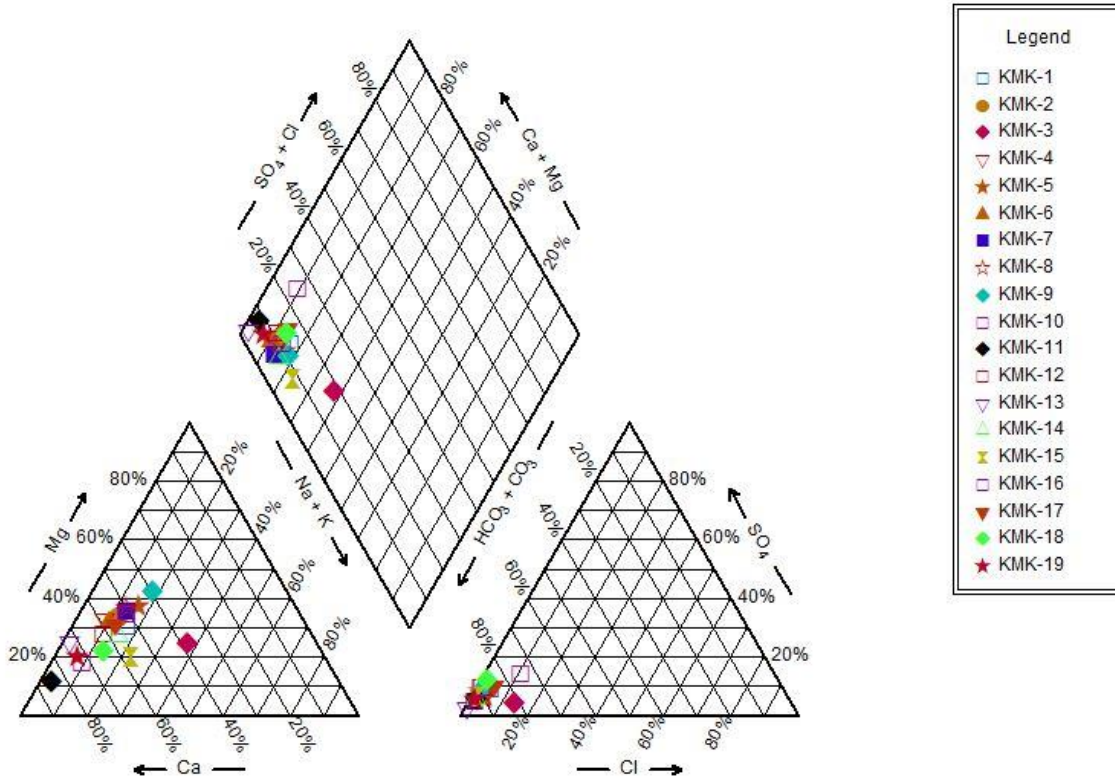
Şekil 3. Çalışma alanındaki kaynak sularının yarı logaritmik (Schoeller 1955, 1962) diyagramda karşılaştırılması

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

Kaynak	Tarih	EC(μ S/cm)	TDS(mg/L)	pH	Eh(mV)	T ($^{\circ}$ C)	Debi(L/s)	Na ⁺	K ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	F ⁻	NH ₄
KMK-1	28.06.2016	499	325	8.15	275	18.58	(-)	0.94	0.05	1.75	3.14	4.71	0.25	0.38	0.46	0,05	0,11
KMK-2	28.06.2016	461	299	8.11	283	19.71	(-)	0.72	0.02	1.87	3.08	4.41	0.18	0.24	0.41	0,08	0,05
KMK-3	28.06.2016	731	475	8.04	292	20.78	0.258	3.30	0.03	2.12	3.36	5.10	0.98	1.17	0.27	0,06	0,04
KMK-4	28.06.2016	481	313	8.15	302	19.98	(-)	0.52	0.01	1.84	3.35	4.12	0.12	0.91	0.23	0,03	0,02
KMK-5	28.06.2016	613	399	8.02	649	17.55	(-)	1.24	0.02	2.75	3.51	5.88	0.30	0.48	0.40	0,03	0,04
KMK-6	28.06.2016	488	317	8.14	367	17.34	(-)	0.63	0.02	1.86	3.42	4.71	0.12	0.46	0.28	0,02	0,04
KMK-7	28.06.2016	469	305	8.04	352	14.14	0.148	0.82	0.02	2.09	3.05	4.12	0.13	0.43	0.21	0,02	0,03
KMK-8	28.06.2016	529	344	7.94	334	14.13	3.32	0.87	0.04	2.43	3.35	5.20	0.27	0.37	0.30	0,04	0,07
KMK-9	28.06.2016	637	414	7.99	327	13.43	0.811	1.49	0.01	3.41	3.24	6.18	0.17	0.59	0.54	0,08	0,02
KMK-10	29.06.2016	624	406	7.65	313	16.01	(-)	0.66	0.07	1.34	5.52	4.90	0.69	0.63	0.86	0,00	0,07
KMK-11	29.06.2016	390	253	8.07	295	14.39	0.092	0.14	0.01	0.44	3.32	3.31	0.08	0.11	0.20	0,00	0,01
KMK-12	29.06.2016	314	204	7.92	301	13.85	0.232	0.42	0.02	1.08	2.42	2.94	0.07	0.43	0.29	0,02	0,01
KMK-13	29.06.2016	352	229	7.91	300	22.03	(-)	0.10	0.01	1.02	3.08	3.82	0.05	0.25	0.07	0,00	0,01
KMK-14	29.06.2016	457	297	8.05	257	14.15	0.397	0.93	0.02	1.59	3.36	5.10	0.11	0.01	0.31	0,07	0,01
KMK-15	30.06.2016	268	174	7.87	282	16.23	0.035	0.81	0.02	0.69	2.03	2.94	0.07	0.01	0.18	0,10	0,01
KMK-16	30.06.2016	459	298	7.8	279	16.51	0.145	0.83	0.02	2.03	3.03	4.80	0.10	0.19	0.47	0,05	0,03
KMK-17	30.06.2016	491	319	7.86	272	14.76	0.124	0.82	0.02	1.88	3.49	4.61	0.28	0.17	0.52	0,18	0,02
KMK-18	30.06.2016	199	131	8.03	275	15.42	2.97	0.37	0.01	0.59	1.74	2.16	0.06	0.01	0.29	0,01	0,01
KMK-19	30.06.2016	299	135	7.87	277	15.95	(-)	0.27	0.03	0.77	2.90	3.33	0.06	0.07	0.18	0,01	0,01

Tablo 2. Çalışma alanındaki suların iz element sonuçları

Kaynak	Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	S	Sb	Se	Si	U	Zn
Birim	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppm	ppb	ppm
KMK-1	<0.01	<0.1	5.5	6.89	0.014	0.09	16.2	0.76	<0.1	<0.01	<0.1	6.91	1.94	<0.01	10.2	0.33	1.1	11.5	9.6	<0.01
KMK-2	<0.01	<0.1	2.4	4.85	<0.01	0.06	17.2	0.42	<0.1	<0.01	<0.1	4.85	1.33	<0.01	9.4	0.08	1.0	13.7	17.5	<0.01
KMK-3	<0.01	<0.1	11.7	6.93	0.015	0.09	20.3	1.03	<0.1	<0.01	<0.1	6.96	1.91	<0.01	6.0	0.04	1.5	9.0	8.0	<0.01
KMK-4	<0.01	<0.1	0.4	1.53	<0.01	0.09	14.3	0.36	<0.1	<0.01	<0.1	1.53	1.91	<0.01	5.5	0.03	0.8	8.1	2.4	<0.01
KMK-5	<0.01	<0.1	24.6	1.93	<0.01	0.08	19.7	0.52	<0.1	<0.01	<0.1	1.93	1.75	<0.01	8.7	0.17	1.3	9.0	5.4	<0.01
KMK-6	<0.01	<0.1	23.4	29.0	<0.01	0.10	16.7	0.40	<0.1	<0.01	<0.1	0.87	1.99	<0.01	6.2	0.34	0.7	12.8	2.9	<0.01
KMK-7	<0.01	2.14	19.4	153.4	<0.01	0.08	16.0	1.34	<0.1	<0.01	<0.1	1.69	1.99	<0.01	4.7	0.20	0.7	10.3	2.5	<0.01
KMK-8	<0.01	<0.1	12.7	82.9	<0.01	0.04	8.6	0.17	<0.1	<0.01	<0.1	1.74	0.42	<0.01	6.8	0.17	0.9	10.7	4.7	<0.01
KMK-9	<0.01	<0.1	9.1	64.4	<0.01	0.04	12.0	0.35	<0.1	<0.01	<0.1	4.69	0.46	<0.01	12.9	0.10	0.9	10.5	15.6	<0.01
KMK-10	<0.01	<0.1	7.9	88.0	<0.01	0.07	4.6	0.32	<0.1	<0.01	<0.1	0.33	1.20	<0.01	19.1	0.25	0.3	6.9	0.7	<0.01
KMK-11	<0.01	<0.1	1.1	10.3	<0.01	0.07	12.5	<0.01	<0.1	<0.01	<0.1	0.26	1.62	<0.01	4.4	0.18	0.1	6.2	2.6	<0.01
KMK-12	<0.01	<0.1	1.3	45.5	<0.01	0.05	9.3	0.05	<0.1	<0.01	<0.1	2.10	1.01	<0.01	6.0	0.04	0.4	10.6	3.3	<0.01
KMK-13	<0.01	<0.1	0.7	48.8	<0.01	0.02	5.7	0.39	<0.1	<0.01	<0.1	0.45	3.65	<0.01	1.8	0.03	0.1	3.9	0.6	<0.01
KMK-14	<0.01	<0.1	6.8	49.8	<0.01	0.07	17.3	0.56	<0.1	<0.01	<0.1	2.88	2.03	<0.01	6.1	0.20	0.3	11.1	14.9	<0.01
KMK-15	<0.01	<0.1	2.3	1.6	<0.01	0.03	9.3	0.07	<0.1	<0.01	<0.1	1.72	0.82	<0.01	3.9	0.14	0.4	12.8	13.1	<0.01
KMK-16	<0.01	<0.1	2.0	16.3	0.003	0.06	15.2	0.07	<0.1	<0.01	<0.1	2.64	1.39	<0.01	9.2	0.18	2.4	12.2	20.7	<0.01
KMK-17	<0.01	<0.1	10.5	7.6	0.011	0.09	15.4	0.10	<0.1	<0.01	<0.1	5.11	1.72	<0.01	9.8	0.28	0.7	13.1	36.9	<0.01
KMK-18	<0.01	<0.1	27.4	5.1	<0.01	0.02	6.2	0.10	<0.1	<0.01	<0.1	1.36	0.69	<0.01	5.4	0.06	0.3	11.2	2.3	<0.01
KMK-19	<0.01	<0.1	23.9	13.5	<0.01	0.05	10.2	0.12	<0.1	<0.01	<0.1	0.39	1.07	<0.01	3.1	0.06	0.3	11.2	1.2	<0.01



Şekil 4.Çalışma alanındaki kaynak sularının üçgen diyagramda (Piper, 1944) karşılaştırılması

5. Sonuçlar ve Tartışmalar

Kırşehir ile Kaman ilçesi kuzeyinde bulunan yeraltısularının su kalitesinin incelenmesi konu alan bu çalışmadan elde kimyasal analiz sonuçlarına göre 16 su örneğinin As, U, F, NH₄, NO₃ konsantrasyonları Türk İnsani Tüketim Amaçlı Sular Yönetmeliği ve Dünya Sağlık Örgütü Standartlarındaki limit değerleri aşmaktadır. Bu sulardan 9 tanesi As, 5 tanesi U, 3 tanesi F, 8 tanesi NH₄ ve 2 tanesi NO₃ kirliliklerini barındırmaktadır. Sulardan 5 tanesinde As ve NH₄ kirlilikleri beraber 2 tanesinde ise As, U, F kirlilikleri beraber gözlenmektedir. Özellikle yakın zamanda terk edilmiş florit ve demir cevherleşmelerinin yakınlarından boşalan sularda gözlenen As, U, F, kirliliklerinin su-kayaç etkileşiminden kaynaklı olduğu ve bu etkileşime madencilik faaliyetlerinin katkıda bulunduğu düşünülmektedir. Tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak yapıldığı alanlardan boşalan sularda saptanan As ve NH₄ kirliliklerinin ise 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.

6. Teşekkürler

Bu proje Karabük Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon Başkanlığı tarafından Yurtdışı Bilimsel Etkinliklere Destek Projesi olarak desteklenmiştir.

7. 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] Koç Ş, Özmen Ö. Bayındır, İshocacı, Yeniyapan ve Alışar (Kaman Kırşehir) Fluoritlerinin Sıvı Kapanım İncelemeleri. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2000; 13:2.
- [3] Doğan R, Ayaz E, Önenç L,D, Uçar K, Zimitoğlu O. Kırşehir Kuzeyindeki Mağmatik Kayaçlar ve Maden Yatakları. 55. Türkiye Jeoloji Kurultayı.
- [4] Demirtaş R, Özdemir A, Arabacı F. Kırşehir, Kaman, Büğüz 75644 nolu Demir Madeni Ruhsat Alanı Jeolojik Araştırma Raporu 2015.
- [5] Sağlık Bakanlığı, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara 2005.
- [6] WHO (World Health Organization), Guidelines for Drinking-Water Quality, Vol. 2, Health Criteria and Other Supporting Information, WHO Publications.,Genava, Switzerland 1984a.
- [7] Kara H, Dönmez M, 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Kırşehir J31 paftası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü yayınları, Ankara 2002.
- [8] Tchounwou PB, Patlolla AK, Centeno JA, Carcinogenic and Systemic Health effect Associated with Arsenic Exposure- A Critical Rewiew. *Toxicologic Pathology* 2003; 31: 575-588.
- [9] 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.
- [10] U.S. Department of Health and Human Services (Public Health Service), Agency for Toxic Substances and Disease Registry Division of Toxicology Information Branch, Atlanta Georgia, 1999; p 462.
- [11] Fawell J, Bailey K, Chilton J, Dahi E, Fewtrell L, Magara Y. Flouride in Drinking Water. World Health Organization, Iwa Publishing Inc; 2006; p. 134.
- [12] World Health Organization. Guidelines for Drinking-water Quality.Vol 1. 3d edition, WHO publishing; 2004; p. 417.
- [13] Schoeller H.,Geochimie des eaux sauterraines, Rev. Inst. Franc. Petrolei, Paris,1955; 10:3:181-213 and 1955; 10:4: 219-246.
- [14] Schoeller H.,Les Eaux souterraines, Mason et Cie, Paris 1962.
- [15] Piper A.M., A graphicalprocedure in thegeochemicalinterpretation of wateranalyses, American Geophysical Union Trans., 1944; 25: 914-923.