

## Görgü Pb-Zn Yatağı Civarındaki Maden Atıklarının Yüze ve Yeraltı Sularına Etkisi (Malatya-Türkiye)

Muhammed Kutluhan SUROĞLU<sup>1</sup>, Hatice KARA<sup>2\*</sup>, Leyla KALENDER<sup>3</sup>

<sup>1</sup>MASKİ Genel Müdürlüğü, 4400, Malatya, Türkiye

<sup>2,3</sup>Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 23119 Elazığ, Türkiye

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-5349-6666>

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0003-3441-9865>

<sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0001-6078-428X>

\*Sorumlu yazar: haticekara@firat.edu.tr

### Araştırma Makalesi

### ÖZET

#### Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 19.03.2021

Kabul tarihi: 23.06.2021

Online Yayınlanma: 15.12.2021

#### Anahtar Kelimeler:

Malatya

Pb-Zn yatakları

Su kimyası

Bu çalışma ile Görgü (Malatya) Pb-Zn yatağı çevresinde yer alan yüze ve yer altı sularının element derişimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Önceki çalışmalarda yatak civarında toprak, pasa ve bitki jeokimya çalışmaları yapılmış olup, cevherleşmelerin etkileri araştırılmıştır. Ancak yüze ve yeraltı suları çalışılmamıştır. Bu çalışma ile aynı bölgeden alınan farklı suların kimyasal ve fiziksel özellikleri incelenmiş ve cevherleşme etkileri araştırılmıştır. Yedi farklı noktadan alınan su örnekleri, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (İTASHY) açısından değerlendirildiğinde; Elemendik Gölet suyu ve Pb-Zn yatağının 500 m altı keson kuyu suyunun, Toplam Koliform bakteri içeriğinin hayvansal atıklar nedeniyle yüksek olduğu belirlenmiştir. Keson kuyu örneğinin, Fe ve Cu içeriklerinin, karşılaştırılan standarda göre iki kat daha fazla, iletkenlik ve bulanıklık değerleri ise 602µS/cm ve 1,91 NTU ile ölçülen en yüksek değerler olduğu belirlenmiştir. Yüksek element derişimine sahip toprak ve pasa örneklerinin, aynı örnek noktalarından alınan su örneklerini etkilediği düşünülmektedir. Su örnekleri içerisindeki yüksek metal içeriğinin, Pb-Zn yatağı ve onun pasalarının ayrışması sonucu, kolay çözülebilen iyonların sular içerisine taşındığı ve anyonik kompleks ve birçok iyonik bileşikler oluşturarak zenginleşmiş olabileceği düşünülmektedir.

## The Effect of Mining Wastes on Surface and Groundwaters around Görgü Pb-Zn Deposits (Malatya-Turkey)

### Research Article

### ABSTRACT

#### Article History:

Received: 19.03.2021

Accepted: 23.06.2021

Published online: 15.12.2021

#### Keywords:

Malatya

Pb-Zn deposits

Water chemistry

In this study includes determination of the element concentrations in the surface and groundwater around of the Pb-Zn deposit in Görgü (Malatya). In previous studies, soil, mine wastes and plant geochemistry studies were conducted in the vicinity of the mine deposit and the effects of mineralizations were investigated on them. However, surface and groundwater were not studied. In this study, chemical and physical properties of different source of waters from the same region were investigated and the effects of mineralization were investigated. When the water samples taken from seven different points are evaluated in terms of the Regulation on the Water for Human Consumption (ITASHY); It was determined that total coliform bacteria content of Elemendik Pond water and sub-caisson well water 500m far from Pb-Zn deposition is high due to animal wastes. High Fe and Cu contents were determined within the caisson well water sample. The highest values are increase more than two folds compared to the standard values, and its conductivity and turbidity values are 602µS/cm and 1.9 NTU. The conductivity and turbidity values are the highest of the values measured at the cassion well site. Soil and mine waste samples with high element concentration are thought to affect water samples taken from the same sample sites. It is considered that the easily soluble

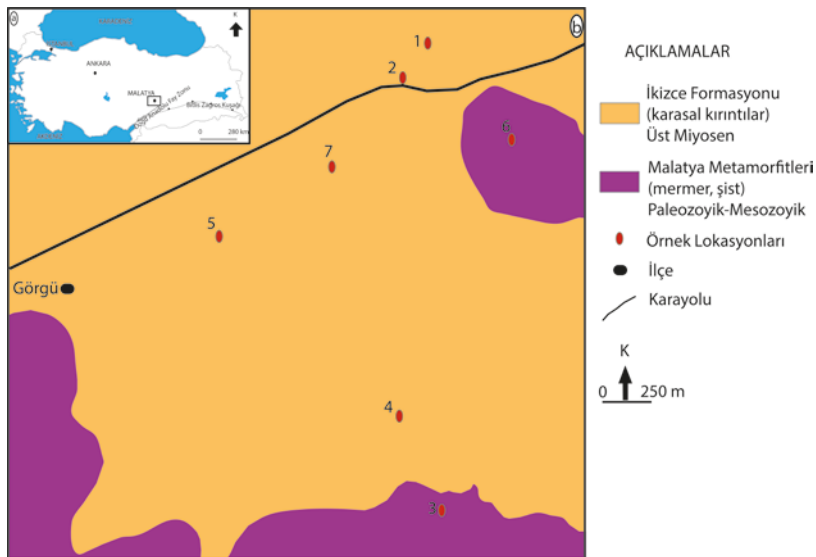
ions are transported to aqueous due to the weathered of the Pb-Zn deposit and its wastes, and formed anionic complexes and a number of ionic components in aqueous solutions.

**To Cite:** Suroğlu MK., Kara H., Kalender L. G6rg6 Pb-Zn Yatağı Civarındaki Maden Atklarının Y6zey ve Yeraltı Sularına Etkisi (Malatya-T6rkiye). Osmaniye Korkut Ata 6niversitesi Fen Bilimleri Enstit6s6 Dergisi 2021; 4(3): 283-303.

## Giriş

Çalışmanın konusunu G6rg6 Pb-Zn yatağındaki madencilik faaliyetlerinden kaynaklı pasaların yer altı ve y6zey suları 6zerine etkileri oluşturmaktadır. Çalışma alanı, Malatya ilinin Yeşilyurt ilçesine bağlı G6rg6 k6y6n6n 9 km g6neydoğusunda ve 1/25000 6lçekli Malatya L40- a4 paftasında yer almaktadır (şekil 1). Çalışma alanında, toprak 6rnekleri 6zerine etkileri araştırılmış ve topraktaki Au, Mn, Sn, Cu, Sb, Rb ve Sr değerlerinin doğal ayrışma nedeniyle pasalardan daha fazla olduğu belirlenmiştir (Kalender ve ark., 2009). Gerek y6zey ve gerekse yer altı suları pasaların ve maden yataklarının ayrışmasında 6nemli bir fakt6rd6r. Kullanım açısından sadece insanlar için değil ekosistemi oluşturan t6m bitki ve hayvanlar için yaşamın temel unsurlarından biri olup sosyal ve ekonomik değerli olan doğal bir kaynaktır. Su kaynaklarının doğal yoldan (jeojenik) ve insan kaynaklı (antropojenik) olarak kirlenmesi direkt ve indirekt olarak canlı yaşamını etkilemektedir (Varoş ve şekerci, 2018; G6nhan, 2014).

Çalışma alanının yakın çevresinde yer alan k6ylerde, yer altı ve y6zey suları içme ve tarımsal amaçlı olarak kullanılmaktadır. G6rg6 Pb-Zn yatağı T6rkiye'nin 6nemli ve tarihi bir maden yatağıdır. Bu yatak 1964'lerden beri işletilmekte ve flatasyonla zenginleştirme yapılmaktadır. Bilindiği gibi, sular y6zeye çıktığı yerlerde ve buldukları akiferlerde, toprak içerisinde bulunan elementleri b6nyelerine alıp uzun s6re taşıyabilir veya uygun fiziksel koşullarda 6kelebilmelerine olanak sağlarlar. Bu nedenle, bu çalışmada, G6rg6 Pb-Zn yatağı ve çevresinden su 6rnekleri alınarak, bu iyonların konsantrasyonları incelenerek, su-cevherleşme ve çevresel etkiler arasındaki jeokimyasal ilişkiler değerlendirilerek, hem G6rg6 Pb-Zn cevherleşmesi yakınında ve hem de bu cevherleşme civarında ve uzak alanlarda su 6rneklerinin element derişimi belirlenerek, elde edilecek bulguların maden yatağından kuzeye doğru ve yatak çevresinde bulunan y6zey ve yer altı suları içerisinde iyon dağılımları ve standart değerler ile karşılaştırılarak element derişimlerin çevresel etkileri ortaya çıkarılacaktır.



**şekil 1.** Çalışma alanının a) yer bulduru, b) su 6rnek lokasyonu ve jeoloji haritası (MTA, 1987)

## Materyal ve Metot

İnceleme alanı içerisinde 6 km<sup>2</sup> lik alanda tespit edilen gölet, keson kuyu ve sondajlar olmak üzere 7 noktadan su numuneleri 7 adet nitrik asitli ve 7 adet de yalnızca su numunesi olmak üzere 14 adet steril kap içerisine alınmış örnekler (G1-G5) ile Cafana/Görgü istasyonu (G6) ve Yılanlı mevki (G7) sondaj kuyu örnekleri alınmış ve MASKİ analiz laboratuvarlarında kimyasal, fiziksel ve biyolojik analizleri yapılmıştır. Su örneklerinde, elektriksel iletkenlik, pH değerleri Thermo Orion Versa Star Pro Benchtop Multiparameter Meter marka multimetre cihazı ile ölçülürken, bulanıklık ölçümleri otomatik 1-3 noktalı kalibrasyon imkanına ve kalibrasyon aralığı izleme özelliğine sahip neflometrik ölçümler yapabilen WTW Turb 550 Türbidimetre cihazı, serbest klor ise Orbeco Hellige marka Komparatör ile yapılmıştır. Kuyudan alınan su numunelerinin laboratuvar ortamına getirilmesi esnasında soğuk zincir uygulamasına dikkat edilmiş olup su örnekleri kimyasal analizler bitinceye kadar +4°C sıcaklıktaki soğutucuda saklanmıştır. Kimyasal parametrelerden magnezyum ve kalsiyum (İyon Kromatografisi Dionex 5000), toplam sertlik, toplam alkalinite, karbonat, bikarbonat miktarı titrimetrik yöntemlerle belirlenirken, nitrit,- nitrat (İyon Kromatografisi Dionex 5000) amonyak, fosfor, bakır, çinko, kobalt, nikel, florür, alüminyum, potasyum, demir, manganez, silisyum, molibden, analizleri ICP OES Perkinelmer Optima 2100 DV cihazında Thermo Scientific Orion hazır su analiz kitleri kullanılarak yapılmıştır. Mikrobiyolojik analizler için içme sularının fekal koliform oluşturup oluşturmadığına aynı gün içerisinde laboratuvar ortamında hızlı bir şekilde kontrol edilmiştir. Analizlerde Sartorius marka membran filtre düzeneği ve besi yerleri (TS EN ISO 9308-1) kullanılmıştır. Su numunesinin 100 ml'si membran filtreden geçirilip sonrasında membran filtre seçici bir besi yerine konulmuş, inceleme yapılan bakteri türüne göre 36±2°C ve 44±1°C sıcaklıkta 21±3 saat ve 44±4 saat inkübe edilerek tipik koloniler sayılmıştır.

## Jeolojik Konum

Bölgede temelde kireçtaşı ve mermerlerden oluşan Permo-Karbonifer yaşlı Malatya Metamorfileri (Önal ve ark., 1990; Cengiz ve ark., 1999) yer almaktadır. Bunlar şistlerle ara katkılı olarak bulunmaktadır (Önal ve ark., 1990; Sağıroğlu, 1988; Gözübol ve Önal, 1986). İnceleme alanında geniş bir yayılım gösteren oldukça kırıklı, kıvrımlı ve kendi içerisinde ekaylı bir yapıya sahip Malatya Metamorfileri'nin tabanından tavanına kadar düzenli bir istif tespit edilememiştir (Güdücü, 1994). Sağıroğlu (1988), inceleme alanında metamorfizma izine rastlamadığını ancak bölgedeki kayaçları önceki araştırmacılar gibi Malatya Metamorfileri adı altında topladığını belirtmiştir. Malatya Metamorfileri andezitik volkanik kayaçlarla kesilen volkano-sedimanter birim tarafından üzerlenir (Önal ve ark., 1990; Cengiz ve ark., 1999 ). Çalışma alanında yer alan volkanitler işletme yakınında dar bir alanda yüzlek vermektedir (Sağıroğlu, 1988). Açık işletme ile desandre arasında yüzeyleme gösteren yaklaşık K 300 B doğrultusunda ve 10-15 m genişliğinde bir alanda yüzeylenmektedir. Tamamen cevherleşmiş ve altere olmuş şekilde bulunduğundan arazide kumlu kireçtaşı veya cevherleşmiş sleyt ile karıştırılmaktadır. Volkanik kayaçlar morumsu gri renkleri ve konsantrik alterasyon zonları veya sarımsı krem renkleri ve mangan dentritikleri ile diğer birimlerden ayrılabilir. Bazı yerlerde gaz boşluğuna benzer 1-2 mm çapında küresel boşluklar da içermektedirler.

Arazideki yayılımı fay zonlarına yerleşmiş olarak gözlenir. Bu yerleşme cevherleşmeden önce olması gerekir. Çünkü fay zonu ve volkanikler daha sonra tamamen cevherleşmiş ve altere olmuştur (Sağiroğlu, 1988). İnceleme alanının Kuzey bölümünde geniş bir alanda, yer yer yamaç alüvyon, molozları ve toprak örtüsünden oluşan birim bulunmaktadır. İnceleme alanında kuzeye doğru gittikçe toprak örtüsünün kalınlığı artmaktadır. Cevherleşmeler Malatya Metamorfileri'ni kesen fay zonları içerisinde yer almaktadır.

## **Bulgular**

İnceleme alanındaki G1 nolu (Elemendik Gölü) örneğin analiz sonuçları, "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik" değerleri ile karşılaştırıldığında; Kimyasal olarak iyon ve anyonik komplekslerin standart değerlerin altında kaldığı görülmektedir. Fiziksel olarak elektriksel iletkenliğin 371,1  $\mu\text{S/cm}$ , pH= 8, bulanıklık 0,85 NTU olarak ölçülmüştür. Söz konusu göl suyunun sertlik derecesi 20,1  $\text{Fs}^\circ$  olarak ölçülmüştür. Biyolojik veriler, E. Coli içeriğinin 13 KOB/100mL, toplam koliform bakteri oranının ise > 100 KOB/100 ml olduğunu göstermektedir (Tablo 1).

G2 (Dolum tesisi sondaj kuyusu) nolu örneğin analiz sonuçları, "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik" değerleri ile karşılaştırıldığında; Kimyasal olarak iyon ve anyonik komplekslerin standart değerlerin altında kaldığı görülmektedir. Fiziksel olarak elektriksel iletkenliğin 435,5  $\mu\text{S/cm}$ , pH= 7,5, bulanıklık 0,56 NTU olarak ölçülmüştür. Alkalinite 185mg/L ve sertlik 23  $\text{Fs}^\circ$  ( $\text{CaCO}_3$ ) olarak belirlenmiştir. Biyolojik veriler, E. Coli toplam koliform bakteri oranı saptanmamıştır (Tablo 2).

G3 (Köy evi sondaj kuyusu) nolu örneğin analiz sonuçları, "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik" değerleri ile karşılaştırıldığında; Kimyasal olarak Al 202  $\mu\text{g/L}$  > 200  $\mu\text{g/L}$ , Fe 120  $\mu\text{g/L}$ , Cu 21  $\text{mg/L}$  > 2  $\text{mg/L}$ , olduğu anyonik komplekslerin standart değerlerin altında kaldığı ancak Nitrat ( $\text{NO}_3$ ) değerinin 26  $\text{mg/L}$  ile normal değer olan 50  $\text{mg/L}$ 'ye diğer örneğe göre daha yakın olduğu görülmektedir. Fiziksel olarak elektriksel iletkenliğin 451  $\mu\text{S/cm}$ , pH= 7,5, bulanıklık 2,5 NTU>1 olarak ölçülmüştür. Alkalinite 155mg/L ve sertlik 20,5  $\text{Fs}^\circ$  ( $\text{CaCO}_3$ ) olarak belirlenmiştir. Biyolojik veriler, toplam koliform bakteri oranı 1 KOB/100 mL olarak saptanmıştır (Tablo 3).

G4 (Maden yatağı yüzey suyu) nolu örneğin analiz sonuçları, "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik" değerleri ile karşılaştırıldığında; Kimyasal olarak Al 169  $\mu\text{g/L}$  ~ 200  $\mu\text{g/L}$ , Fe 56  $\mu\text{g/L}$ , Cu 17  $\text{mg/L}$  > 2  $\text{mg/L}$ , olduğu anyonik komplekslerin standart değerlerin altında kaldığı. Fiziksel olarak elektriksel iletkenliğin 442  $\mu\text{S/cm}$ , pH= 7,8, bulanıklık 1,44 NTU>1 olarak ölçülmüştür. Alkalinite 155  $\text{mg/L}$  ve sertlik 20,5  $\text{Fs}^\circ$  ( $\text{CaCO}_3$ ) olarak belirlenmiştir. Biyolojik veriler, toplam koliform bakteri oranı 33 KOB/100 mL olarak saptanmıştır (Tablo 4).

G5 (Maden yatağı 500 m altı keson kuyu) nolu örneğin analiz sonuçları, "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik" değerleri ile karşılaştırıldığında; Kimyasal olarak Al 140  $\mu\text{g/L}$  ~ 200  $\mu\text{g/L}$ , Fe 435  $\mu\text{g/L}$  > 200  $\mu\text{g/L}$ , Cu 22  $\text{mg/L}$  > 2  $\text{mg/L}$  F 1, 24  $\text{mg/L}$  ~ 1,5  $\text{mg/L}$ , olduğu belirlenmiştir. Bu örnekte Fe, Cu, B ve F içeriği diğer örneklere göre daha yüksektir. Standart değerler ile karşılaştırıldığında ise Fe ve Cu değerlerinin iki kattan fazla arttığı görülmektedir. Anyonik komplekslerin standart değerlerin altında kaldığı. Fiziksel olarak elektriksel iletkenliğin 602  $\mu\text{S/cm}$ , pH= 7,8, bulanıklık 1,91 NTU>1 olarak ölçülmüştür.

**Tablo 1.** G1 (Elemendik Göleti) kodlu kuyu suyu örneğine ait kimyasal, fiziksel ve biyolojik analiz sonuçları

Parametreler	Metod	Birim	Deney Sonucu	İTASHY
Alüminyum (Al)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	131	200
Amonyum (NH <sub>4</sub> )	TS ISO EN 14911	mg/L	0,024	0,5
Bakır (Cu)	TS EN ISO 11885:2013	mg/L	0,018	2
Bor (B)	TS EN ISO 11885:2013	mg/L	0,033	1
Bromür (Br-)	TS EN ISO 10304-1	mg/L	0,016	-
Bulanıklık	SM 2130 B	NTU	0,85	1
Çinko (Zn)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	348	-
Demir (Fe)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	0	200
Florür (F)	TS EN ISO 10304-1	mg/L	0,09	1,5
Fosfat (PO <sub>4</sub> )	TS EN ISO 10304-1	mg/L	0,038	-
Gümüş (Ag)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	0	-
İletkenlik	SM 2510 B	µS/cm	371,1	2500
Kadmiyum (Cd)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	0	5
Kalsiyum (Ca <sup>+2</sup> )	TS ISO EN 14911	mg/L	59,92	-
Klorür (Cl)	TS EN ISO 10304-1	mg/L	2,629	250
Kobalt (Co)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	0	-
Kurşun (Pb)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	0	10
Lityum (Li)	TS ISO EN 14911	mg/L	<0.02	-
Magnezyum (Mg)	TS ISO EN 14911	mg/L	12,21	-
Mangan (Mn)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	0	50
Nikel (Ni)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	0	20
Nitrat (NO <sub>3</sub> )	TS EN ISO 10304-1	mg/L	7,246	50
Nitrit (NO <sub>2</sub> )	TS EN ISO 10304-1	mg/L	0,017	0,5
pH	SM 4500 H+ B	-	8,000	6,5-9,5
Potasyum (K)	TS ISO EN 14911	mg/L	1,014	-
Sodyum (Na)	TS ISO EN 14911	mg/L	2,831	200
Sülfat (SO <sub>4</sub> )	TS EN ISO 10304-1	mg/L	13,61	250
Toplam Alkalinite	SM 2320 B	mg/L	119,9	-
Toplam Krom (T-Cr)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	0	50
Toplam Sertlik (CaCO <sub>3</sub> )	SM 2340 B	Fs°	20,0675	-
E-Koli	TS EN ISO 9308-1	KOB/100mL	13	0
Toplam Koliform Bakteri	TS EN ISO 9308-1	KOB/100mL	>100	0

**Tablo 2.** G2 (sondaj kuyu suyu dolun tesisi) örneği kimyasal, fiziksel ve biyolojik analiz sonuçları

Parametreler	Metod	Birim	Deney Sonucu	İTASHY
Alüminyum (Al)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	84	200
Amonyum (NH <sub>4</sub> )	TS ISO EN 14911	mg/L	0,007	0,5
Bakır (Cu)	TS EN ISO 11885:2013	mg/L	0,019	2
Bor (B)	TS EN ISO 11885:2013	mg/L	0,031	1
Bromür (Br <sup>-</sup> )	TS EN ISO 10304-1	mg/L	0,029	-
Bulanıklık	SM 2130 B	NTU	0,56	1
Çinko (Zn)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	579	-
Demir (Fe)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	0	200
Florür (F)	TS EN ISO 10304-1	mg/L	0,115	1,5
Fosfat (PO <sub>4</sub> )	TS EN ISO 10304-1	mg/L	0,001	-
Gümüş (Ag)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	0	-
İletkenlik	SM 2510 B	µS/cm	435,5	2500
Kadmiyum (Cd)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	0	5
Kalsiyum (Ca <sup>+2</sup> )	TS ISO EN 14911	mg/L	71,02	-
Klorür (Cl)	TS EN ISO 10304-1	mg/L	4,685	250
Kobalt (Co)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	0	-
Kurşun (Pb)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	0	10
Lityum (Li)	TS ISO EN 14911	mg/L	<0,02	-
Magnezyum (Mg)	TS ISO EN 14911	mg/L	12,76	-
Mangan (Mn)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	0	50
Nikel (Ni)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	0	20
Nitrat (NO <sub>3</sub> )	TS EN ISO 10304-1	mg/L	18,4	50
Nitrit (NO <sub>2</sub> )	TS EN ISO 10304-1	mg/L	0,002	0,5
pH	SM 4500 H+ B	-	7,540	6,5-9,5
Potasyum (K)	TS ISO EN 14911	mg/L	1,06	-
Sodyum (Na)	TS ISO EN 14911	mg/L	5,338	200
Sülfat (SO <sub>4</sub> )	TS EN ISO 10304-1	mg/L	20,4	250
Toplam Alkalinite	SM 2320 B	mg/L	184,58	-
Toplam Krom (T-Cr)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	0	50
Toplam Sertlik (CaCO <sub>3</sub> )	SM 2340 B	Fs°	23,0717	-
E-Koli	TS EN ISO 9308-1	KOB/100mL	0	0
Toplam Koliform Bakteri	TS EN ISO 9308-1	KOB/100mL	0	0

**Tablo 3.** G3 (Köy evi sondaj kuyu suyu) örneği kimyasal, fiziksel ve biyolojik analiz sonuçları

Parametreler	Metod	Birim	Deney Sonucu	İTASHY
Alüminyum (Al)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	<b>202</b>	200
Amonyum (NH <sub>4</sub> )	TS ISO EN 14911	mg/L	-	0,5
Bakır (Cu)	TS EN ISO 11885:2013	mg/L	<b>21</b>	2
Bor (B)	TS EN ISO 11885:2013	mg/L	0,046	1
Bromür (Br <sup>-</sup> )	TS EN ISO 10304-1	mg/L	0,136	-
Bulanıklık	SM 2130 B	NTU	<b>2,57</b>	1
Çinko (Zn)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	234,1	-
Demir (Fe)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	120	200
Florür (F)	TS EN ISO 10304-1	mg/L	0,178	1,5
Fosfat (PO <sub>4</sub> )	TS EN ISO 10304-1	mg/L	<0,001	-
Gümüş (Ag)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	0	-
İletkenlik	SM 2510 B	µS/cm	450,9	2500
Kadmiyum (Cd)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	0	5
Kalsiyum (Ca <sup>+2</sup> )	TS ISO EN 14911	mg/L	66,51	-
Klorür (Cl)	TS EN ISO 10304-1	mg/L	13,89	250
Kobalt (Co)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	0	-
Kurşun (Pb)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	0	10
Lityum (Li)	TS ISO EN 14911	mg/L	<0,02	-
Magnezyum (Mg)	TS ISO EN 14911	mg/L	9,347	-
Mangan (Mn)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	3	50
Nikel (Ni)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	0	20
Nitrat (NO <sub>3</sub> )	TS EN ISO 10304-1	mg/L	25,91	50
Nitrit (NO <sub>2</sub> )	TS EN ISO 10304-1	mg/L	0,017	0,5
pH	SM 4500 H+ B	-	7,580	6,5-9,5
Potasyum (K)	TS ISO EN 14911	mg/L	0,677	-
Sodyum (Na)	TS ISO EN 14911	mg/L	15,61	200
Sülfat (SO <sub>4</sub> )	TS EN ISO 10304-1	mg/L	13,42	250
Toplam Alkalinite	SM 2320 B	mg/L	155,455	-
Toplam Krom (T-Cr)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	0	50
Toplam Sertlik (CaCO <sub>3</sub> )	SM 2340 B	Fs°	20,5221	-
E-Koli	TS EN ISO 9308-1	KOB/100mL	0	0
Toplam Koliform Bakteri	TS EN ISO 9308-1	KOB/100mL	1	0

**Tablo 4.** G4 (Pb/Zn maden yatağı yzzey suyu) rneği kimyasal, fiziksel ve biyolojik analiz sonuçları

Parametreler	Metod	Birim	Deney Sonucu	İTASHY
Alüminyum (Al)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	<b>169</b>	200
Amonyum (NH <sub>4</sub> )	TS ISO EN 14911	mg/L	0,1	0,5
Bakır (Cu)	TS EN ISO 11885:2013	mg/L	<b>17</b>	2
Bor (B)	TS EN ISO 11885:2013	mg/L	0,021	1
Bromür (Br <sup>-</sup> )	TS EN ISO 10304-1	mg/L	0,02	-
Bulanıklık	SM 2130 B	NTU	<b>1,44</b>	1
Çinko (Zn)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	456	-
Demir (Fe)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	56	200
Florür (F)	TS EN ISO 10304-1	mg/L	0,142	1,5
Fosfat (PO <sub>4</sub> )	TS EN ISO 10304-1	mg/L	<0,001	-
Gümüş (Ag)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	0	-
İletkenlik	SM 2510 B	µS/cm	441,9	2500
Kadmiyum (Cd)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	0	5
Kalsiyum (Ca <sup>+2</sup> )	TS ISO EN 14911	mg/L	59,65	-
Klorür (Cl)	TS EN ISO 10304-1	mg/L	1,988	250
Kobalt (Co)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	0	-
Kurşun (Pb)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	17	10
Lityum (Li)	TS ISO EN 14911	mg/L	<0,02	-
Magnezyum (Mg)	TS ISO EN 14911	mg/L	22,5	-
Mangan (Mn)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	9	50
Nikel (Ni)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	0	20
Nitrat (NO <sub>3</sub> )	TS EN ISO 10304-1	mg/L	15,59	50
Nitrit (NO <sub>2</sub> )	TS EN ISO 10304-1	mg/L	0,002	0,5
pH	SM 4500 H+ B	-	7,840	6,5-9,5
Potasyum (K)	TS ISO EN 14911	mg/L	0,493	-
Sodyum (Na)	TS ISO EN 14911	mg/L	1,872	200
Sülfat (SO <sub>4</sub> )	TS EN ISO 10304-1	mg/L	42,13	250
Toplam Alkalinite	SM 2320 B	mg/L	132,042	-
Toplam Krom (T-Cr)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	0	50
Toplam Sertlik (CaCO <sub>3</sub> )	SM 2340 B	Fs°	24,2875	-
E-Koli	TS EN ISO 9308-1	KOB/100mL	0	0
Toplam Koliform Bakteri	TS EN ISO 9308-1	KOB/100mL	<b>33</b>	0



**Tablo 5.** G5 (ana yatak 500 m altı keson kuyu) kimyasal, fiziksel ve biyolojik analiz sonuçları

Parametreler	Metod	Birim	Deney Sonucu	İTASHY
Alüminyum (Al)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	140	200
Amonyum (NH <sub>4</sub> )	TS ISO EN 14911	mg/L	0,029	0,5
Bakır (Cu)	TS EN ISO 11885:2013	mg/L	<b>22</b>	2
Bor (B)	TS EN ISO 11885:2013	mg/L	0,094	1
Bromür (Br)	TS EN ISO 10304-1	mg/L	0,044	-
Bulanıklık	SM 2130 B	NTU	<b>1,91</b>	1
Çinko (Zn)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	357	-
Demir (Fe)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	<b>435</b>	200
Florür (F)	TS EN ISO 10304-1	mg/L	<b>1,239</b>	1,5
Fosfat (PO <sub>4</sub> )	TS EN ISO 10304-1	mg/L	<0,001	-
Gümüş (Ag)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	0	-
İletkenlik	SM 2510 B	µS/cm	602	2500
Kadmiyum (Cd)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	0	5
Kalsiyum (Ca <sup>+2</sup> )	TS ISO EN 14911	mg/L	69,42	-
Klorür (Cl)	TS EN ISO 10304-1	mg/L	4,409	250
Kobalt (Co)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	0	-
Kurşun (Pb)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	0	10
Lityum (Li)	TS ISO EN 14911	mg/L	0,055	-
Magnezyum (Mg)	TS ISO EN 14911	mg/L	34,37	-
Mangan (Mn)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	0	50
Nikel (Ni)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	0	20
Nitrat (NO <sub>3</sub> )	TS EN ISO 10304-1	mg/L	12,77	50
Nitrit (NO <sub>2</sub> )	TS EN ISO 10304-1	mg/L	0,007	0,5
pH	SM 4500 H+ B	-	7,790	6,5-9,5
Potasyum (K)	TS ISO EN 14911	mg/L	0,675	-
Sodyum (Na)	TS ISO EN 14911	mg/L	19,95	200
Sülfat (SO <sub>4</sub> )	TS EN ISO 10304-1	mg/L	37,72	250
Toplam Alkalinite	SM 2320 B	mg/L	214,119	-
Toplam Krom (T-Cr)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	0	50
Toplam Sertlik (CaCO <sub>3</sub> )	SM 2340 B	Fs°	31,6758	-
E-Koli	TS EN ISO 9308-1	KOB/100mL	0	0
Toplam Koliform Bakteri	TS EN ISO 9308-1	KOB/100mL	>100	0

**Tablo 6.** G6 kodlu Cafana (Görgü) istasyonu kuyu suyu örneğine ait kimyasal, fiziksel ve biyolojik analiz sonuçları

Parametreler	Metod	Birim	Deney Sonucu	İTASHY
Alüminyum (Al)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L		200
Amonyum (NH <sub>4</sub> )	TS ISO EN 14911	mg/L	< 0.01	0,5
Bakır (Cu)	TS EN ISO 11885:2013	mg/L		2
Bor (B)	TS EN ISO 11885:2013	mg/L		1
Bromür (Br <sup>-</sup> )	TS EN ISO 10304-1	mg/L	0,044	-
Bulanıklık	SM 2130 B	NTU	0,13	1
Çinko (Zn)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L		-
Demir (Fe)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L		200
Florür (F)	TS EN ISO 10304-1	mg/L	0,047	1,5
Fosfat (PO <sub>4</sub> )	TS EN ISO 10304-1	mg/L	< 0.001	-
Gümüş (Ag)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L		-
İletkenlik	SM 2510 B	µS/cm	396,4	2500
Kadmiyum (Cd)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L		5
Kalsiyum (Ca <sup>+2</sup> )	TS ISO EN 14911	mg/L	60,24	-
Klorür (Cl)	TS EN ISO 10304-1	mg/L	1,762	250
Kobalt (Co)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L		-
Kurşun (Pb)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L		10
Lityum (Li)	TS ISO EN 14911	mg/L	< 0.02	-
Magnezyum (Mg)	TS ISO EN 14911	mg/L	13,09	-
Mangan (Mn)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L		50
Nikel (Ni)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L		20
Nitrat (NO <sub>3</sub> )	TS EN ISO 10304-1	mg/L	1,971	50
Nitrit (NO <sub>2</sub> )	TS EN ISO 10304-1	mg/L	0,006	0,5
pH	SM 4500 H+ B	-	7,810	6,5-9,5
Potasyum (K)	TS ISO EN 14911	mg/L	13,09	-
Sodyum (Na)	TS ISO EN 14911	mg/L	2,203	200
Sülfat (SO <sub>4</sub> )	TS EN ISO 10304-1	mg/L	19,72	250
Toplam Alkalinite	SM 2320 B	mg/L	178,04	-
Toplam Krom (T-Cr)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L		50
Toplam Sertlik (CaCO <sub>3</sub> )	SM 2340 B	Fs°	20,5142	-
E-Koli	TS EN ISO 9308-1	KOB/100mL	0	0
Toplam Koliform Bakteri	TS EN ISO 9308-1	KOB/100mL	0	0

**Tablo 7.** G7 kodlu Yılanlı Mevkii kuyu suyu örneğine ait kimyasal, fiziksel ve biyolojik analiz sonuçları

Parametreler	Metod	Birim	Deney Sonucu	İTASHY
Alüminyum (Al)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L	-	200
Amonyum (NH <sub>4</sub> )	TS ISO EN 14911	mg/L	<0,01	0,5
Bakır (Cu)	TS EN ISO 11885:2013	mg/L		2
Bor (B)	TS EN ISO 11885:2013	mg/L		1
Bromür (Br <sup>-</sup> )	TS EN ISO 10304-1	mg/L	0,017	-
Bulanıklık	SM 2130 B	NTU	21,9	1
Çinko (Zn)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L		-
Demir (Fe)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L		200
Florür (F)	TS EN ISO 10304-1	mg/L	0,105	1,5
Fosfat (PO <sub>4</sub> )	TS EN ISO 10304-1	mg/L	0,023	-
Gümüş (Ag)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L		-
İletkenlik	SM 2510 B	µS/cm	403,4	2500
Kadmiyum (Cd)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L		5
Kalsiyum (Ca <sup>+2</sup> )	TS ISO EN 14911	mg/L	55,02	-
Klorür (Cl)	TS EN ISO 10304-1	mg/L	2,859	250
Kobalt (Co)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L		-
Kurşun (Pb)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L		10
Lityum (Li)	TS ISO EN 14911	mg/L	< 0.02	-
Magnezyum (Mg)	TS ISO EN 14911	mg/L	15,22	-
Mangan (Mn)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L		50
Nikel (Ni)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L		20
Nitrat (NO <sub>3</sub> )	TS EN ISO 10304-1	mg/L	7,425	50
Nitrit (NO <sub>2</sub> )	TS EN ISO 10304-1	mg/L	0,002	0,5
pH	SM 4500 H+ B	-	7,550	6,5-9,5
Potasyum (K)	TS ISO EN 14911	mg/L	0,852	-
Sodyum (Na)	TS ISO EN 14911	mg/L	6,295	200
Sülfat (SO <sub>4</sub> )	TS EN ISO 10304-1	mg/L	14,7	250
Toplam Alkalinite	SM 2320 B	mg/L	148,76	-
Toplam Krom (T-Cr)	TS EN ISO 11885:2013	µg/L		50
Toplam Sertlik (CaCO <sub>3</sub> )	SM 2340 B	Fs°	20,0967	-
E-Koli	TS EN ISO 9308-1	KOB/100mL	0	0
Toplam Koliform Bakteri	TS EN ISO 9308-1	KOB/100mL	0	0

**Tablo 8.** Çalışma alanından alınan örneklere ait analiz sonuçları. Kimyasal analiz sonuçları: mg/L; İletkenlik  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; Toplam sertlik  $\text{Fs}^\circ$ ; Bulanıklık NTU; Toplam koliform bakteri KOB/100mL.

	G1 (Gölet)	G2 (Kuyu)	G3 (Kuyu)	G4 (Pb Kaynak)	G5 (Kuyu)	G6 (İstasyon)	G7 (Kuyu)	Pasa (mg/Kg)	Toprak (mg/Kg) Yakın	Toprak (Mg/Kg) Uzak
Alüminyum (Al)	0,131	<b>0,084</b>	<b>0,202</b>	<b>0,169</b>	<b>0,14</b>	0	0	0	18000	
Bakır (Cu)	0,018	0,019	21	17	22	0	0	20	32,5	30,6
Bor (B)	0,033	0,031	0,046	0,021	0,094	0	0			
Bromür (Br-)	0,016	0,029	0,136	0,02	0,044	0,044	0,017			
Çinko (Zn)	0,348	<b>0,579</b>	<b>0,234</b>	<b>0,456</b>	<b>0,357</b>	0	0	6199	3407	407,9
Demir (Fe)	0	<b>0</b>	0,12	<b>0,056</b>	<b>0,435</b>	0	0		47000	34900
Florür (F)	0,09	0,115	0,178	0,142	1,239	0,047	0,105			
Fosfat ( $\text{PO}_4$ )	0,038	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,023		0,1	0,12
Kalsiyum ( $\text{Ca}^{+2}$ )	59,92	71,02	66,51	59,65	69,42	60,24	55,02		59000	63000
Klorür (Cl)	2,629	4,685	13,89	1,988	4,409	1,762	2,859			
Kurşun (Pb)	0	0	0	<b>0,017</b>	0			10000	4131	279
Lityum (Li)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,055	<0,02	<0,02	5,34	9,6	16,07
Magnezyum (Mg)	12,21	12,76	9,347	22,5	34,37	13,09	15,22		12000	
Mangan (Mn)	0	0	<b>0,003</b>	<b>0,009</b>	0	0	0	761	1724	933,1
Potasyum (K)	1,014	1,06	0,677	0,493	0,675	13,09	0,852		2700	4000
Sodyum (Na)	2,831	5,338	15,61	1,872	19,95	2,203	6,295		1000	1000
Sülfat ( $\text{SO}_4$ )	13,61	20,4	13,42	42,13	37,72	19,72	14,7		5700	900
Amonyum ( $\text{NH}_4$ )	0,024	0,007	0	0,1	0,029	0,01	0,01			
Nitrat ( $\text{NO}_3$ )	7,246	18,4	25,91	15,59	12,77	1,971	7,425			
Nitrit ( $\text{NO}_2$ )	0,017	0,002	0,017	0,002	0,007	0,006	0,002			
Bulanıklık	0,85	0,56	2,57	1,44	1,91	0,13	21,9			
Toplam Alkalinite	119,9	184,58	155,455	132,042	214,119	178,04	148,76			
İletkenlik	371,1	435,5	450,9	441,9	602	396,4	403,4			
pH	8	7,54	7,58	7,84	7,79	7,81	7,55			
Toplam Sertlik ( $\text{CaCO}_3$ )	20,0675	23,0717	20,5221	24,2875	31,6758	20,5142	20,0967			
E-Koli	13	0	0	0	0		0			
Top. Koliform Bakteri	>100	0	1	33	>100		0			

**Tablo 9.** Cevherleşme alanı yakın çevresinde alınan toprak örnekleri ile ilgili bazı istatistiksel veriler (Ag, Au ve Hg ppb; Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, P, S, Ti %; diğerleri ppm) (Kırat, 2017)

Element	Min	Max	A. Ort	Medyan	S.Sapma	Element	Min	Max	AOrt	Medyan	S.Sapma
Ag	22064	64	4193	2474	4607	Mn	<b>7231</b>	<b>618</b>	<b>1724</b>	<b>1502</b>	1025
Al	<b>2,9</b>	<b>0,4</b>	<b>1,8</b>	<b>2</b>	0,6	Mo	130	0,56	7,7	2,2	19,5
As	65,2	5,4	19,9	12,4	14,6	Na	<b>0,001</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	<b>0,004</b>	0,002
Au	2,5	0,2	1,1	1,1	0,5	Nb	0,84	0,04	0,28	0,26	0,17
Ba	2072	56,7	874	817	497	Ni	104	28	74	77	17,5
Be	1,9	0,3	0,9	1,0	0,3	P	<b>0,26</b>	<b>0,04</b>	<b>0,1</b>	<b>0,08</b>	0,05
Bi	0,23	0,05	0,15	0,16	0,04	Pb	8852	170	4131	4160	2742
Ca	<b>19,2</b>	<b>1</b>	<b>5,9</b>	<b>4,3</b>	4,3	Rb	19,9	5,1	10,9	10,3	3,7
Cd	571	1	111	83	137	S	<b>2,4</b>	<b>0,02</b>	<b>0,19</b>	<b>0,07</b>	0,37
Ce	56,9	15,1	34,6	33,3	9,5	Sb	1,35	0,11	0,48	0,42	0,31
Co	57	12	26	26	6	Sc	8	3,3	6,06	6,1	1,05
Cr	79	21	56	61	17,6	Se	9,8	0,3	2	1,3	2,22
Cs	3,8	0,4	0,9	0,7	0,5	Sn	1,5	0,4	0,7	0,7	0,18
Cu	41,8	21,4	32,5	32,9	4,7	Sr	108	23	53	52	19
Fe	<b>8,6</b>	<b>2,4</b>	<b>4,7</b>	<b>4,8</b>	1,2	Te	0,11	0,02	0,04	0,03	0,02
Ga	7,9	1,3	5,0	5,6	1,7	Th	5	1,9	3,16	3,2	0,69
Hg*	197	17	50	39	32,1	Ti%	0,03	0,002	0,01	0,01	0,01
Hf	0,14	0,02	0,08	0,08	0,03	Tl	13,9	0,12	2,96	1,79	3,36
In	0,10	0,02	0,04	0,04	0,01	U	2,1	0,3	0,78	0,65	0,4
K	<b>0,48</b>	<b>0,12</b>	<b>0,27</b>	<b>0,27</b>	0,08	V	126	18	65	63,5	16,4
La	32,6	7,5	15,8	14,8	5,4	Y	68	10,5	19,4	18,7	7,9
Li	<b>17,8</b>	<b>1,1</b>	<b>9,6</b>	<b>11,0</b>	4,7	Zn	<b>9956</b>	<b>174</b>	<b>3407</b>	<b>2264</b>	2937
Mg	<b>4,9</b>	<b>0,3</b>	<b>1,2</b>	<b>0,8</b>	1	Zr	5	1,1	3,14	3,1	0,99

Alkalinite 214 mg/L ve sertlik 31,67 Fs° (CaCO<sub>3</sub>) olarak belirlenmiştir. Biyolojik veriler, toplam koliform bakteri oranı > 100 KOB/100 mL olarak saptanmıştır (Tablo 5).

G6 (Cafana /Görgü İstasyonu) nolu örneğin analiz sonuçları, "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik" değerleri ile karşılaştırıldığında; Kimyasal olarak yapılan iyon analizlerinin standart değerlerin altında olduğu görülmektedir. Fiziksel olarak elektriksel iletkenliğin 396,4 µS/cm, pH= 7,8, bulanıklık 0,13 NTU<1 olarak ölçülmüştür. Alkalinite 178 mg/L ve sertlik 20,51 Fs° (CaCO<sub>3</sub>) olarak belirlenmiştir. Biyolojik veriler, toplam koliform bakteri oranı saptanmamıştır (Tablo 6). G7 nolu (Yılanlı mevkii kuyu suyu örneği) örneğin analiz sonuçları, "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik" değerleri ile karşılaştırıldığında; Kimyasal olarak yapılan iyon analizlerinin standart

değerlerin altında olduğu görülmektedir. Fiziksel olarak elektriksel iletkenliğin 403  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , pH= 7,5, bulanıklık 21,9 NTU>1 olarak ölçülmüştür. Alkalinite 148mg/L ve sertlik 20,04 Fs° (CaCO<sub>3</sub>) olarak belirlenmiştir. Biyolojik veriler, toplam koliform bakteri oranı saptanmamıştır (Tablo 7).

## Tartışma

İnceleme alanından alınan su örnekleri Tablo 8’de verilmiştir. Tablo 9, Tablo 10 ve Tablo 11’de ise daha önce yapılan Görgü Pb-Zn yatağı civarında yapılan pasa ve toprak (cevherleşmeye yakın ve uzak alanlarda bulunan) örnekleri kimyasal analiz sonuçları verilmiştir (1-10). Su örneklerinde yapılan metal analizleri (Al, Cu, Zn, Fe, P, Ca, Pb, Li, Mn, Mg, K ve Na) pasa ve Pb-Zn yatağına yakın ve uzak alanlardan alınan toprak örnekleri ile karşılaştırılmıştır. Tablo 9 ve Tablo 10’da karşılaştırılan değerler koyu (bold) olarak işaretlenmiştir.

**Tablo 10.** Cevherleşmenin uzak noktalarından alınan toprak örneklerine ait bazı istatistiksel veriler (Ag, Au ve Hg ppb; Ca, Fe, K, Na, P, S %; diğerleri ppm) (Kırat, 2017)

Element	Min	Max	A. Ort	Medyan	S.Sapma	Element	Min	Max	A. Ort	Medyan	S.Sapma
Ag	21	2508	124,5	59	340,4	Na	<b>0,002</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	0,002
As	5,60	21,90	10,10	8,65	3,66	Nb	0,13	0,90	0,38	0,35	0,16
Au	0,20	5,40	1,79	1,50	0,98	Ni	52,60	143,40	99	100,25	20,33
Be	0,60	1,80	1,19	1,20	0,30	P	<b>0,03</b>	<b>0,17</b>	<b>0,06</b>	<b>0,05</b>	0,03
Bi	0,12	0,33	0,22	0,22	0,05	Pb	<b>24,9</b>	<b>7081,7</b>	<b>279,0</b>	<b>63,7</b>	981,3
Ca	<b>0,87</b>	<b>23,47</b>	<b>6,30</b>	<b>4,42</b>	5,50	Rb	7,6	34,3	20,9	20,8	6,2
Cd	0,34	53,88	2,22	0,68	7,35	S	0,02	0,07	0,03	0,02	0,01
Ce	21,2	77,4	44,8	43,8	12,8	Sb	0,02	1,29	0,29	0,18	0,27
Co	12,7	35,9	22,4	23,2	4,6	Sc	3,60	8,80	6,25	6,35	1,34
Cs	0,50	1,77	1,07	1,06	0,35	Se	0,10	0,70	0,36	0,40	0,14
Cu	<b>17,8</b>	<b>54,9</b>	<b>30,6</b>	<b>30,2</b>	<b>6,8</b>	Sn	0,40	1,50	0,96	1,00	0,27
Fe	<b>2,10</b>	<b>5,76</b>	<b>3,49</b>	<b>3,54</b>	<b>0,73</b>	Sr	20,4	234,9	60,4	47,0	42,6
Ga	4,30	11,20	7,46	7,30	1,63	Te	0,02	0,07	0,03	0,03	0,01
Hf	0,04	0,26	0,15	0,15	0,05	Th	2	7,40	4,54	4,60	1,52
Hg	7	33	18,89	19	5,34	Tl	0,08	1,74	0,22	0,19	0,22
In	0,02	0,05	0,03	0,03	0,01	U	0,20	1	0,42	0,40	0,14
K	<b>0,14</b>	<b>0,67</b>	<b>0,40</b>	<b>0,40</b>	<b>0,11</b>	V	35	84	58,45	58,50	11,61
Li	<b>9,50</b>	<b>23,20</b>	<b>16,07</b>	<b>16,05</b>	<b>3,41</b>	Y	8,96	24,13	15,55	15,57	3,49
Mn	<b>468</b>	<b>1634</b>	<b>933,1</b>	<b>916</b>	<b>268,2</b>	Zn	<b>58,3</b>	<b>9094,9</b>	<b>407,9</b>	<b>124,6</b>	1303,8
Mo	0,41	3,51	0,98	0,76	0,59	Zr	2,40	10,40	6,43	6,25	2,18

Şekil 2a ve 2b’de farklı kaynaklardan alınan su örnekleri ile aynı bölgeden alınan ve önceki çalışmalardan (Kalender ve ark., 2009; Kırat, 2009; Kırat, 2017) elde edilen pasa ve toprak örnekleri ile karşılaştırılması görülmektedir. Şekil 2a’da normal dağılım grafiği verilmiştir. Ancak su içerisindeki element konsantrasyon değerleri toprak ve pasa örneklerine göre oldukça düşük olduğu görülmektedir. Şekil 2’de, maden yatağına yakın ve uzak toprak örneklerinde; Fe, Ca, K,’un birlikte arttığını, pasa ve yatağına yakın toprak örneklerinde Pb-Zn’nun % 10’un altında fakat eşit oranda arttığını göstermektedir.

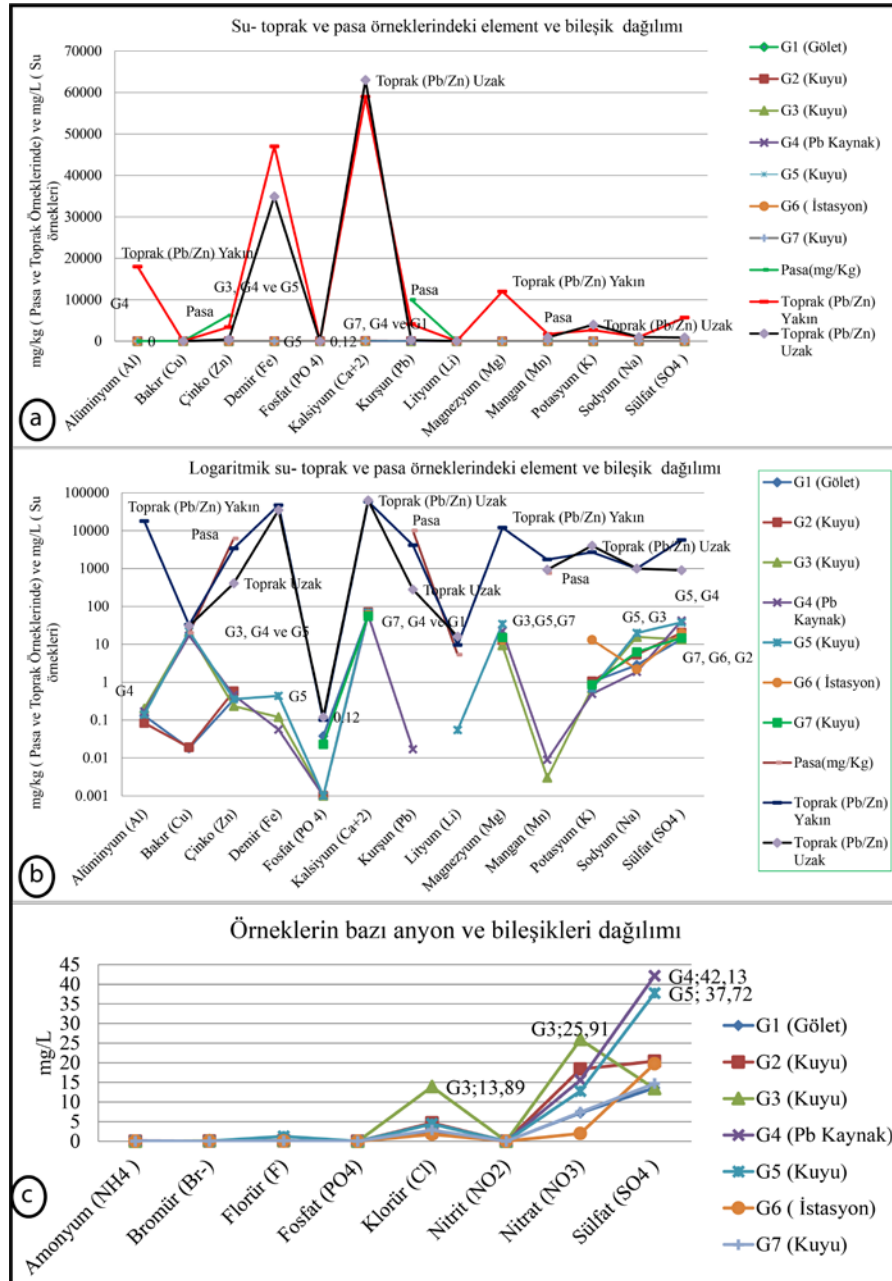
Al ve Mg’un maden yatağına yakın topraklarda diğer örneklere göre yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum yatak çevresinde altere magmatik kütleden kaynaklanmış olmalıdır. Zira bu alterasyon ürünleri Mg ve Al’ca zengin kil mineralleri şeklinde görülmektedir. Çanakkale civarında yapılan çalışmalarda Pb-Zn yatakları çevresinde kalk-silika alterasyonların cevherleşmeye yakın yerlerde klorit, epidot ve karbonat ve kil minerallerine dönüştüğü belirtilmektedir (Demirela ve ark., 2014). Cevherleşmeden uzak topraklarda Ca’un, cevherleşmeye yakın topraklara göre daha fazla olması Malatya Metamorfileri’nin meta-karbonatlarının toprak bileşimlerinde, ayrışma etkisinin fazla olmasını işaret etmektedir. Pb-Zn yatağına yakın toprak örneklerinde, yüksek sülfat içeriği görülmektedir. Pasalarda direk sülfat analizi yapılmamış ancak yüksek Pb-Zn değerleri pasalarda yatağına yakın toprak örneklerinden daha yüksek değerlerde sülfürün varlığına işaret etmektedir. Şekil 2b’de çalışma alanından alınan su, maden yatağına yakın ve uzak toprak ve pasa örneklerine ait logaritmik dağılım grafiği görülmektedir.

**Tablo 11.** Pasaların metal içeriği.\* ppb diğerleri ppm (Kalender ve ark., 2009)

Örnek	Ag*	Au*	As	Pb	Zn	Ba	Mn	Mo	Ni	Cd	Rb	Sb	Co	Cr	Th	Cu	U
1	137	0,4	0,4	739	526	257	345	0,35	94	2,7	0,9	0,02	58	78	3,1	8	0,8
2	437	0,2	0,6	2550	2045	345	241	0,55	79	9,99	2,1	0,03	30,5	98	3,2	13	0,7
3	18333	0,2	64	10000	10000	56,3	54	32,37	7,9	170	16,2	0,81	2,8	23	3,1	26	0,6
4	1139	0,2	1,3	4707	6873	634	481	0,89	72	33	3,1	0,08	33,	81	3,2	11	0,8
5	4152	0,2	7,1	10000	10000	1697	1189	2,7	70	121	9,1	0,33	25,4	66	3	21	0,9
6	968	0,4	0,7	4199	5260	473	387	0,48	73	25	2,5	0,08	29,5	75	3	12	0,8
7	836	0,3	4,4	3618	6473	497	952	1,04	68	33	8,6	0,25	24,5	65	2,6	18	0,7
8	1623	0,2	1,1	8984	7511	697	507	0,74	62	33	3,4	0,08	26,4	73	2,8	11	0,7
9	2506	0,2	4,3	10000	10000	1175	1093	1,37	71	62,4	7,5	0,2	26,1	71	3,7	25	0,6
10	4002	0,4	20	10000	10000	169	723	15	43	117	7,2	0,63	20,4	38	3,7	36	1,2
11	1666	0,2	4,5	315	732	83	7	6,2	1,2	3	12,7	0,12	0,4	14	5,7	8	0,1
12	8735	0,2	55	10000	10000	474	3153	23	35	323	7,7	1,35	25,2	41	2,6	51	1,7

G3, G4 ve G5 (Köy evi kuyu suyu, Pb-Zn ana yataktan alınan su ve anayatak 500 m altındaki örneklerde) Al içeriği düşük iken; bu örneklerde Cu değerleri yükselirken pasa ve yatağına yakın toprak örneklerinde Cu değerlerinin düştüğü görülmektedir. Ancak aynı örneklerde, Fe içeriğinin, toprak

örneklerin de de yüksek olduğu görülmektedir. Su örneklerindeki Ca içeriğinin G1 (Elemendik Göleti), G4 (ana yatak) ve G7 (Yılanlı Mevkii) toprak örnekleri ile benzerlik gösterdiği ve arttığı görülmektedir.



Şekil 2. a) Bazı metal ve sülfatın pasa, toprak ve su örneklerindeki normal dağılımı, b) Bazı metal ve sülfatın pasa, toprak ve su örneklerindeki logaritmik dağılımı, c) Su örneklerinin F, Cl ve anyonik kompleks dağılımı

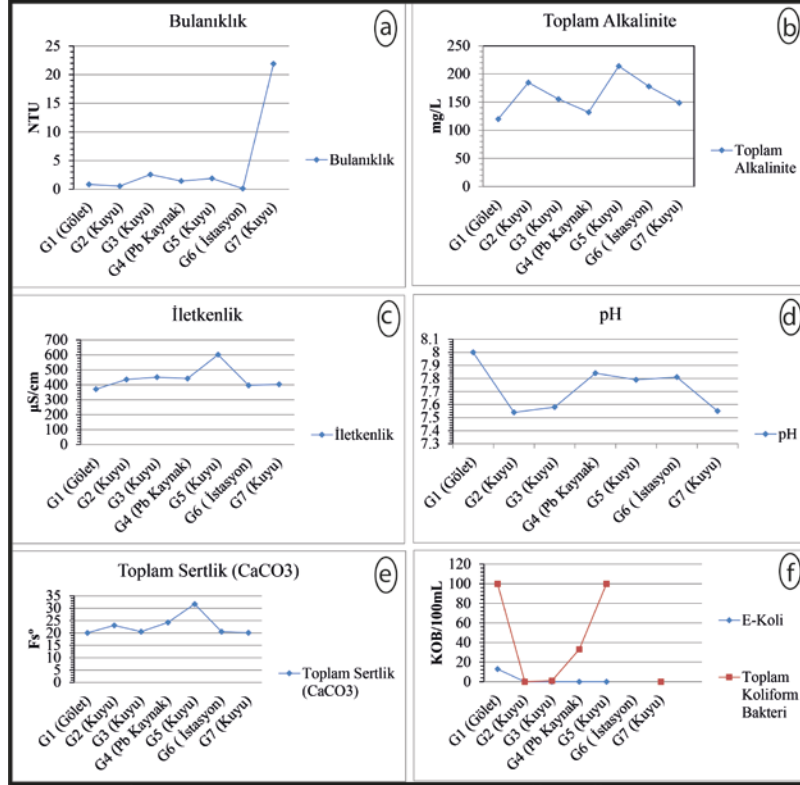
Su örneklerinin Ca'ca zenginleşmesine karasal kırıntıların neden olduğu düşünülmektedir. Mg içeriği açısından su örnekleri değerlendirildiğinde; G3 (Köy evi sondaj kuyusu), G5 (anayatak 500 m altı keson kuyu), G6 (Görgü İstasyon) ve G7 nolu örneklerin diğer örneklere göre daha zengin olduğu görülmektedir. Ancak G6 nolu örneğin majör katyonlardan Ca, Mg ve K üçlü birlikteliği açısından diğer su örneklerine göre ayırıcı bir özelliği olmalıdır. K'ca zenginleşirken Na miktarındaki düşüş aynı zamanda dikkat çekmektedir. Sülfat içerikleri bakımından G4 ve G5 daha yüksek ancak diğer örnekler



de bu değerlere yakın dağılım sunmaktadır (Şekil 2c). G5 nolu örnekte B (bor) iyonunun 0,94 mg/L olan değeri neredeyse izin verilebilir değer olan 1'e çok yakındır. Volkanik kökenli kaynak sular diğer kaynak sulara oranla daha fazla B ve kolemanit türünden boratlar olduğu düşünülmektedir. Silikatlarla ya da O<sub>2</sub> ile bileşik oluşturan, bor tuzları bileşikler de bulunmaktadır. Bor bileşiklerinin; Na, Ca ve Mg ile oluşturduğu bileşikler de yaygın olarak bulunmaktadır (Helvacı, 2005; Şaylı, 2000). Toprakta çözünebilir borun önemli bir kısmı borik asit (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) şeklindedir. Toplam B kapsamları 20-200 ppm arasında alınabilir. B fraksiyonu ise, 0,4-5 ppm arasında bulunur (Aktaş, 1995).

Tablo 8'de sulara nitrat (NO<sub>3</sub>) değerleri sırasıyla; G1'den G7'ye 7,2; 18,4; 25,91; 15,59; 12,77; 1,97; 7,42 mg/L olup bu değerler standart (İTASHY) arasındadır. Azot doğal sulara amonyak, nitrat ve nitrit iyonu halinde olurken, serbest atomu veya iyonları bulunmamaktadır (Güler, 1997). Şekil 2c'de en düşük nitrat değeri G6 nolu istasyonda ölçülmüştür. Bunu takiben G1 nolu gölet suyu nispeten düşük nitrat içermekte ancak en yüksek nitrat değeri köy evi sondaj kuyu suyunda görülmektedir. Aynı örneklerde Cl içeriğinin de yüksek olması; bakteriyel bulaşmanın, kanalizasyon ve hayvancılık atığı kirliliği sonucu sudaki amonyak klorla tepkimeye girerek monokloramin, dikloramin ve trikloramin yapı meydana getirmiş olabileceği ve sudaki serbest klorlardan daha kötü bir kokunun oluşması ile sonuçlanabilmektedir (Gray, 2015).

Şekil 3'de incelenen suların fiziksel özelliklerinin (bulanıklık, elektriksel iletkenlik, pH, toplam sertlik), toplam alkalinite ve E-koli ve Toplam Koliform bakteri dağılımları görülmektedir. Bulanıklık dağılımı G7 (Yılanlı Mevkii) kuyu suyu örneğinde en yüksek değere ulaşmıştır. Aynı su örneğine bakıldığında Nitrat (7,4 mg/L), Na (6,2 mg/L), Mg (15,22 mg/L) ve elektriksel iletkenlik değerinin (403,4 µS/cm) olarak ölçüldüğü, söz konusu su örneğinin belirtilen özellikteki değerlerin diğer örneklerden daha zengin olduğu söylenebilir (Şekil 3a). Toplam alkalinite G2 ve G5 nolu örnekte diğerlerine göre daha yüksektir. Doğal sulara bulunan CO<sub>3</sub>-2 ve HCO<sub>3</sub>- iyonlarını nötralize eden H<sup>+</sup> iyonları miktarına alkalinite denilmekte olup, suyun asitleri nötralize edebilme kapasitesi olarak tanımlanmaktadır. Farklı iki noktadan alınan örnekler karasal kırıntılar içerisinde olup karbonatın çözünerek sulara karışımını etkileyen faktörlere bağlı olarak alkalinitenin artmış olabileceği düşünülmektedir (Şekil 3b). En yüksek elektriksel iletkenliğin (602 µS/cm), G5 nolu örnek noktasında Pb-Zn maden yatağının 500 m altında keson kuyudan alınan su örneğinde olduğu görülmektedir. Madenden kaynaklı yüksek iyon derişimine sahip yüzeysel sularının topoğrafik yapıya uygun şekilde düzlüklerde yeraltında depolanmaya bağlı olduğu düşünülmektedir (Şekil 3c). G2, G3 ve G7 nolu kuyu sularında pH değerleri düşük (7,54; 7,58; 7,55) iken yüzey suyu G1, G4 ve G5 (8; 7,84; 7,79) nolu örneklerinde daha yüksektir. G6 nolu istasyonda yüzey suyu karışımından dolayı pH değerinin (7,81) arttığı görülmektedir (Şekil 3d). Toplam sertlik en yüksek; G5 nolu keson kuyudan alınan örnekte görülmektedir. Ca'un yüzey suları ile yatağın güneyinde bulunan Malatya Metamorfileri'nden taşınmış olabileceğini düşündürmektedir (Şekil 3e). E-Koli ve Toplam Koliform bakteri içeriği açısından alınan su örnekleri incelendiğinde, G1 Göl suyu ve G5 keson kuyunun diğerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Hayvansal atıkların biyolojik kirlenme üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir (Şekil 3f).



Şekil 3. Su örneklerinin fiziksel ve biyolojik parametrelerinin örnek noktalarına göre dağılımı

## Sonuçlar

Görgü Pb-Zn yatağı civarından alınan su örneklerinde yapılan bu çalışma ile; Elemendik Gölünden (G1) alınan örneğin analiz sonuçları, "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik"te (İTASHY) belirlenen standart değerler ile karşılaştırıldığında; kimyasal olarak iyon ve anyonik komplekslerin standart değerlerin altında kaldığı görülmektedir.

Fiziksel olarak; elektriksel iletkenlik, pH, bulanıklık ve sertlik değerlerinin ise İTASHY standartlarında olduğu görülmektedir. Fakat pH değeri yüzey suyu karışımına istinaden diğer analiz noktalarından daha yüksek bir değer olarak tespit edilmiştir.

Biyolojik olarak ise G1 ve G5 nolu örneklerde E-Koli ve koliform bakteri oranlarının standartların üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Suda bulunan bakterilerin hayvansal atıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Ca'nın diğer analiz sonuçlarına göre yüksek olması bölgedeki karasal kırıntılarından kaynaklanmakta olduğunu göstermektedir.

G5 nolu maden yatağı 500 m altı keson kuyu örneğinde; Fe ve Cu içeriğinin karşılaştırılan standart değere göre yaklaşık iki kat daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bu değerler toprak örnekleri ile uygunluk göstermektedir. Aynı örnekte; B ve F içeriklerinin diğer örneklere göre daha yüksek olması B değerlerinin neredeyse izin verilebilir sınır değerlere yakınlığı; B ve F'un Na, Mg ve Ca gibi alkali metaller ile tuz kompleksleri halinde sular içerisinde zenginleştiğine işaret etmektedir. Bu örnek noktasındaki en yüksek elektriksel iletkenliğin tespit edilmesinin ve Fe, Cu, B ve F elementlerinin yüksek değerli çıkmasının sebebi madenden kaynaklı yüksek iyon derişimine sahip yüzeysel sularının

topoğrafik yapıya uygun şekilde düşük kodlu alanlarda, yeraltında depolanmaya bağlı olduğu düşünülmektedir. Bu analiz sonuçlarına göre Ca'un, cevherleşmeye yakın topraklara göre daha yüksek değerde olması Malatya Metamorfiterleri'nin meta-karbonatlarının ayrışarak toprağa karışma etkisinin fazla olmasını işaret etmektedir.

İnceleme alanında bulunan Köy evi sondaj kuyusu (G3) örneğinin analiz sonuçları da İTASHY değerleri ile karşılaştırıldığında; Kimyasal olarak Al'nin standart değerlerden yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum yatak çevresinde altere magmatik kütlede kaynaklanmış olduğu düşünülmektedir. Aynı örnekte; anyonik kompleksler standart değerlerin altında kalmaktadır. Fiziksel olarak; elektriksel iletkenlik, Ph, bulanıklık ve sertlik değerlerinin ise İTASHY standartlarında olduğu görülmektedir. Biyolojik analiz sonuçlarına göre nitrat değerlerindeki artışın kaynağının hayvansal atıklar olduğu düşünülmektedir.

Maden yatağı yüzey suyu (G4) nolu örneğin analiz sonuçları, İTASHY değerleri ile karşılaştırıldığında; kimyasal olarak anyonik komplekslerin standart değerlerin altında kaldığı ve diğer örnek noktalarına göre Al, Zn, Fe, Pb elementlerinin değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Al ve Mg'un maden yatağına yakın topraklarda diğer örneklere göre yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum da yatak çevresinde altere magmatik kütlede kaynaklanmış olmalıdır.

Fiziksel olarak; elektriksel iletkenlik, pH, bulanıklık ve sertlik değerlerinin ise İTASHY standartlarında olduğu görülmektedir. pH değeri yüzey suyu karışımına istinaden diğer analiz noktalarından daha yüksek bir değer olarak tespit edilmiştir. Biyolojik veriler, toplam koliform oranının standartlardan yüksek olduğundan dolayı yine burada hayvansal atıklardan kaynaklı bir kirlenmeden bahsedilebilir. Ca'nın yüksek olması durumu ise Yeşilyurt Grubunun karasal kırıntılarından kaynaklanmaktadır.

Cafana/Görgü İstasyonu (G6) nolu örneğin analiz sonuçları, İTASHY değerleri ile karşılaştırıldığında; kimyasal olarak yapılan iyon analizlerinin standart değerlerin altında olduğu görülmektedir. Fiziksel olarak; elektriksel iletkenlik, pH, bulanıklık ve sertlik değerlerinin ise İTASHY standartlarında olduğu görülmektedir. Biyolojik veriler sonucunda ise toplam koliform bakteri oranı saptanmamıştır.

Yılanlı mevkii (G7) kuyu suyu örneği örneğin analiz sonuçları, İTASHY değerleri ile karşılaştırıldığında; kimyasal olarak yapılan iyon analizlerinin standart değerlerin altında olduğu görülmektedir. Fiziksel olarak; elektriksel iletkenlik, Ph, bulanıklık ve sertlik değerlerinin ise İTASHY standartlarında olduğu görülmektedir. Biyolojik veriler sonucunda toplam koliform bakteri oranı saptanmamıştır. Elemendik Göleti örneğindeki gibi bu örneğin analiz sonucunda da Ca'nın yüksek olması durumu bölgedeki karasal kırıntılarından kaynaklanmaktadır.

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

### **Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti**

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

## Kaynakça

- Aktaş M. Bitki besleme ve toprak verimliliği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü 1995, Ankara.
- Cengiz R., Yılmaz H., Türkyılmaz B. Malatya-Yeşilyurt-Cafana (Görgü) yakınındaki Çinkur'a Ait ÖİR:671 ve ÖİR:1714 Nolu Ruhsat Sahaları Ara Raporu. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü 1999, Ankara.
- Demirela G., Akıska S., Sayılı İS., Kuşçu İ. Çataltepe (Lapseki-Çanakkale) Pb-Zn±Cu±Ag yatağının jeolojisi ve alterasyon özellikleri. Deposit Yerbilimleri 2014; 35(2): 109-136.
- Gözübol AM., Önal M. Çat barajı isale tünelinin mühendislik jeolojisi ve kaya mekaniğinin incelenmesi ve Malatya Çelikhan alanının jeolojisi. Tübitak Projesi TBAG-647 1986.
- Güdücü A. 1:100 000 ölçekli açınsama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları serisi, Malatya L40 paftası. Yüksek lisans semineri (Yayınlanmamış), Fen Bilimleri Enstitüsü 1994.
- Güler Ç. Su kalitesi kitabı. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, 1. Baskı, 92, 1997, Ankara.
- Günhan Ö. Yeraltı sularının kalitesinin değerlendirilmesi açısından uygun bir metodoloji araştırması. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Uzmanlık Tezi 2014 Ankara.
- Gray NF. Estetik kalite. 21. İçme suyu kalitesi. (Ed. Mustafa Işık), Nobel Akademik Yayıncılık 2015; 519, Ankara.
- Helvacı C. Batı Anadolu'da arserik ve bor mineralleri ilişkisi ve sağlığa etkileri. 1. Tıbbi Jeoloji Sempozyumu Kitabı 2005; 74-92, Ankara.
- Kalender L., Kırat G., Bölücek C., Sağiroğlu A. Görgü (Malatya-Türkiye) Pb-Zn yatağının eski imalat pasalarının jeokimyası. Türkiye Jeoloji Bülteni 2009; 52(2): 239-254.
- Kırat G. Görgü (Yeşilyurt) Pb-Zn yatakları ve çevresindeki metallerin bitkilere yansımaları. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri, Doktora Tezi 2009; 288.
- Kırat G. Görgü (Yeşilyurt) Pb-Zn madeni çevresinde yetişen Pb-Zn-Cd akümülatör. Maden Teknik Arama Dergisi 2017; 155: 161-173.
- MTA. Malatya-Yeşilyurt-Görgü Köyü Zn-Pb-Ba yatağı maden jeolojisi raporu. Rapor No 8228, Maden Etüt Ve Arama Dairesi Başkanlığı 1987.
- Önal M., Tuzcu N., Helvacı C. Geological setting, mineralogy an origin of the Cafana (Malatya) Zn-Pb sulfide and carbonate deposit. E Anatolia, Turkey, in: Int. Earth Sci. Congress on Aegean Regions, Proceedings, ed: M. Y. Savaşın and A. H. Eronat, Izmir, D. E. University 1990; 1, 52-58.
- Sağiroğlu A. Cafana (Görgü) Malatya karbonatlı Pb-Zn yatakları. Ç.Ü. Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A- Yerbilimleri 1988; 5(1): 3-13.
- Şaylı BS. İnsan sağlığı ve bor mineralleri. Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Eti Holding Araştırma Projeleri Yürütücüsü, Mayıs 2000, Ankara, (www.bigadic.gov. tr).
- Varoş S., Şekerci M. Korkuteli ilçe merkezi (Antalya) su kaynaklarının su kalite indeksi (Wqı) yöntemi ile değerlendirmesi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi 2018; 6(1): 74-86.