

# Yoğunağaç-Karakoçan ve Dedebeğ-Mazgirt sıcak ve mineralli sularının Peri Çayı Suyu üzerine etkileri The impacts of the Yoğunağaç-Karakoçan ve Dedebeğ-Mazgirt thermal and mineral waters on the Peri Stream Water

Özlem ÖZTEKİN-OKAN<sup>1</sup>, Leyla KALENDER<sup>2</sup>, Bahattin ÇETİNDAG<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jeoloji Müh. Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye.  
ooztekin@firat.edu.tr, leylakalender@firat.edu.tr, bchetindag@firat.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 14.02.2018, Kabul Tarihi/Accepted: 18.05.2018

\* Yazışılan yazar/Corresponding author

doi: 10.5505/pajes.2018.08058

Araştırma Makalesi/Research Article

## Öz

Bu çalışma ile farklı iki dönemde (Mayıs/Eylül), Peri Çayı akım yönü boyunca, bölgede yer alan Yoğunağaç- Karakoçan ve Dedebeğ- Mazgirt sıcak ve mineralli sularının, soğuk sular üzerine etkisi belirlenmiştir. Mayıs ayında, incelenen sıcak ve mineralli suların Peri Çayına karışım noktasında iyon ve bazı bileşiklerin dağılımları, K, Al, Cu, Mn, Pb azaldığını, Cl, Mg, HCO<sub>3</sub>, Ca, Na, SO<sub>4</sub>, As, B, Ba, Fe, Sb ve Sr değerlerinin ise arttığını göstermektedir. Aynı lokasyondan, Eylül ayında alınan su örneğinde ise sıcak ve mineralli suların etkisiyle Peri Çayı'nda Cl, Mg, HCO<sub>3</sub>, Ca, Na, B, Mn, Al ve Sb içeriği yükselirken, SO<sub>4</sub>, K, Pb, Fe ve Sr içeriğinin düştüğü görülmektedir. Mayıs ayında yağışların fazla olması nedeni ile iyon çeşitliliğinin arttığı belirlenmiştir. Hesaplanan doygunluk indislerine bağlı olarak, Peri ve Ohi Çayları ile sıcak ve mineralli suların özellikle hematit ve götit gibi Fe bileşenli minerallere aşırı doygun oldukları belirlenmiş ve yüksek Fe içeriğinin akarsular ile sıcak ve mineralli suların volkanik, sedimanter ve metamorfik kayalarla olan etkileşiminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Suların kaolinit ve illit gibi kil minerallerine doygunlukları ise bölgedeki etkin tektonizmaya ilişki olarak kırık ve çatlak yüzeylerinde oluşan kil mineralleri ile suların etkileşimi sonucu olmalıdır. Peri Çayı suyu ile sıcak ve mineralli suların karışım noktasından alınan su örneği, kıta içi su kaynakları ortalamalarına göre değerlendirildiğinde, yüksek Ca, Mg, Na, K, Cl, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>, Al, Mn ve Pb içerikleri bakımından düşük kaliteli su sınıfı içerisinde yer almaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Peri Çayı, Sıcak ve mineralli sular, Jeokimya

## Abstract

In this study, the effects of the thermal and mineral waters in Yoğunağaç-Karakoçan and Dedebeğ-Mazgirt on the surface waters along the direction of the Peri Stream were determined that the samples were taken in two different periods (May/September). The distributions of the studied ions and some complex ions at the mixture setting Peri Stream and thermal and mineral waters are shown to decrease of K, Al, Cu, Mn and increase of Cl, Mg, HCO<sub>3</sub>, Ca, Na, SO<sub>4</sub>, As, B, Ba, Fe, Sb and Sr in May, while increasing of Cl, Mg, HCO<sub>3</sub>, Ca, Na, B, Mn, Al and Sb, decreasing SO<sub>4</sub>, K, Pb, Fe and Sr in the Peri stream water in September. While increasing of ion diversity due to rain fall during in May. According to the calculated saturation indices, Peri, Ohi streams and thermal and mineralized waters are oversaturated with minerals containing Fe, such as goethite and hematite. High Fe concentrations in stream and thermal and mineral waters should be related to the dissolution of Fe-bearing minerals in volcanites, sedimentary rocks and metamorphites. Oversaturation of the waters with clay minerals such as illite and kaolinite is related with the dissolution of clay minerals occurred in fractures and faults related with the active tectonism in the study area. The Peri Stream water sample when mixed with thermal and mineral waters, is classified as low quality water in terms of its contents of Ca, Mg, Na, K, Cl, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>, Al, Co, Mn, P and Pb when assessed according to the averages of intra-continental water resources.

**Keywords:** Peri stream, Thermal water, Geochemistry

## 1 Giriş

İnceleme alanı, Elazığ İli'ne bağlı Karakoçan İlçesi'nin kuzeybatısında Yoğunağaç (Kolan) ve Tunceli İli Mazgirt İlçesi Dedebeğ (Bağın) köyleri içerisinde 38°51'4050"K enlemleri ile 39°53'4124D boylamları arasında yer almaktadır. Kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu akan Peri Çayı, Munzur Irmağı ile birleşerek Fırat Nehri'nin oluşturduğu Keban Baraj Gölü'nde son bulmaktadır. Bu çalışma, Karakoçan ve Mazgirt ilçelerinde yeralan sıcak ve mineralli suların kimyasal bileşimlerinin, Peri Çayının kimyasal bileşimi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla planlanmıştır (Şekil 1a; 1b). Bu çalışmaya konu olan sıcak ve mineralli suların hidrojeokimyasal özellikleri, kökenleri ve oluşum mekanizmaları Öztekin Okan [1] tarafından detaylı olarak çalışılmıştır. Çalışmada, sıcak suların genç volkanik faaliyetlerin etkisiyle oluştuğu ve akifer formasyonun Keban Metamorfiteri olduğu belirtilmiştir. Sıcak ve mineralli sular ve traverten oluşumları arasındaki hidrojeokimyasal ve jeokimyasal ilişki, Karakoçan ve Mazgirt bölgesindeki travertenlerin, bölgesel tektonizma ile yakından ilişkili olduğunu ortaya koymuştur [2],[3].



Şekil 1(a): Peri Çayı vadisi. (b): Set tipi traverten oluşumları.

Bu çalışmalar traverten oluşumlarının, sağ yanal doğrultu atımlı Karakoçan Fay Zonu ve sol yanal doğrultu atımlı Pamuklu Fay Zonunu takip ettiğini göstermiştir. Aynı çalışmada, litojeokimyasal ve biyojeokimyasal özellikler bakımından Mn, As, Co, Cu ve Zn içeriklerinin sırasıyla 4094; 753.3; 14.3; 4.9; 4.7 ppm olduğu, hesaplanan  $\delta^{18}O_{H_2O}$  izotop bileşim değerleri eski ve güncel travertenleri oluşturan suların sıcaklığının 17°C düştüğünü ve yaygın alg türlerinin ise travertenlerde; Cyanophyta (mavi/yeşil alg) ve Chlorophyceae (yeşil alg), sülfürce zengin sıcak sularda ise *Oscillatoria* alg türlerinin yaygın olarak görüldüğü belirtilmektedir. Çalışma alanı civarında, son yıllarda, Fırat ve Dicle Nehir suları jeokimyası

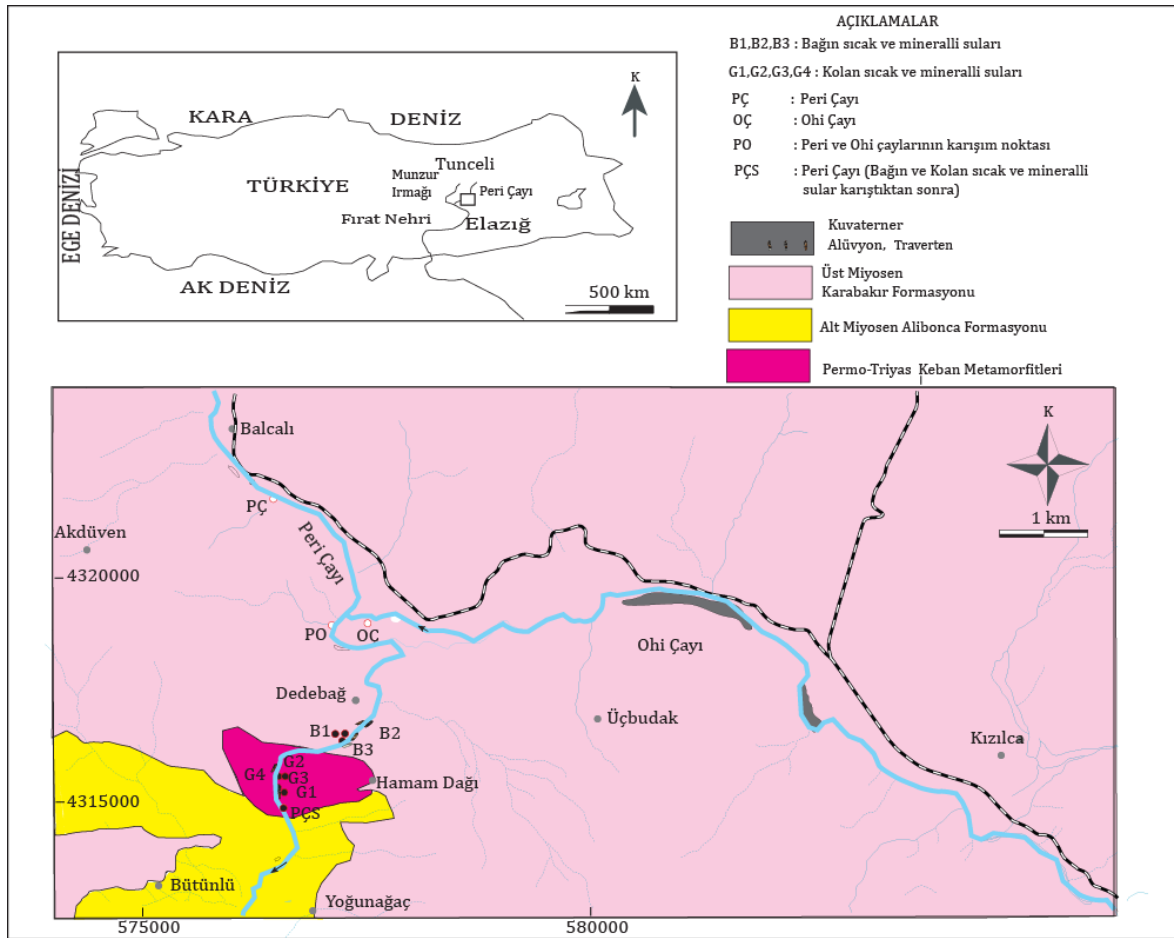
üzerine, yapılan onlarca çalışma bulunmaktadır. Bunlardan bazıları Dicle ve Fırat Nehirlerinde, alabalık üretim çiftliklerinin geliştirilmesine yardımcı olmak amacıyla su ürünleri fakültelerinin tarafından yapılırken, bazıları ise Elazığ civarında yer alan binlerce yıldan günümüze kadar işletilen Keban simli kurşun yatakları, Maden bakır yatakları ve irili ufaklı birçok cevherleşmenin, Fırat Nehri sediment ve su jeokimyası ve çevresel etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır [4]-[6].

Fırat Nehri akım yönü boyunca nehir sedimentleri ve suyunda NTE (Nadir Toprak Element) dağılımlarını ve bu dağılımlar üzerine litolojik birimlerin doğal ayrışma koşullarında etkisi araştırılmıştır [6]. Kalender ve Çiçek Uçar [5] tarafından, bölgesel çaptaki irili ufaklı cevherleşmelerin doğal yollar ile ayrışmaları sonucunda drenaj ağları boyunca Fırat Nehir sedimentleri üzerindeki etkisi; eşik değerler hesaplanarak ve kirlilik indeksleri kullanarak toksik metal kaynak alanları çevresel etkileri belirlenmiştir. Normal ve log-normal dağılım sunan jeokimyasal verilerin temel değer-eşik değer hesaplama metotları üzerine son yıllarda yapılan çalışmalar ışığında, doğal ortamlardan elde edilen verilerin medyan ve standart sapma değerlerinin aritmetik ortalama ve standart sapmaya göre hesaplanandan daha etkili olabileceği belirtilmiştir [7], [8]. Yukarıda bahsedilen çalışmalar, kayaç ve minerallerin doğal ayrışma ve alterasyon ürünlerinin, yüzey suyu kimyası üzerine etkili olduğunu göstermektedir. Ancak bu çalışma ile sadece doğal ayrışma yolu ile değil aynı zamanda, sıcak ve minerali su

kimyasının, Peri Çayı suyu kimyasal bileşimi üzerine etkisi belirlenecektir.

## 2 Analitik yöntemler

Çalışma alanından, Mayıs ve Eylül aylarında, yedi adet sıcak ve minerali su ve Peri Çayı (PÇ), Ohi Çayı (OÇ) suyu, Peri-Ohi karışım noktasından sonra (PO) ile Peri Çayı çıkışı (PÇS) olmak üzere toplam dört farklı noktadan dere suyu örneği alınmıştır (Şekil 2). Alınan örneklerde, sıcaklık (T:°C), pH ve elektriksel iletkenlik (Eİ:  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) değerleri, YSI marka portatif çoklu parametre ölçüm cihazı ile arazide ölçülmüştür. Tüm su örnekleri, anakatyon ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^{+}$  ve  $\text{K}^{+}$ ) ve iz element analizleri için, 125 mL'lik polietilen şişelerde 0.45  $\mu\text{m}$  boyutunda filtrelerden geçirildikten sonra 1 mol % 65'lik  $\text{HNO}_3$  (MerckTM ultra pure) ilave edilerek hazırlanmıştır. Katyon analizleri, ICP-OES (Inductively Coupled Plasma- Optic Emission Spectrometer) analitik yöntem kullanılarak yapılmıştır. Ana anyon ( $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{Cl}^{-}$ ,  $\text{NO}_3^{-}$  ve  $\text{NO}_2^{-}$ ) analizleri için alınan örnekler, 0.45  $\mu\text{m}$  filtrelerden geçirilerek polietilen şişelerde muhafaza edilmiştir ve herhangi bir koruyucu ilave edilmemiştir. Ana anyon analizleri için IC (Ion Chromatography) analitik yöntem kullanılmıştır. Tüm su örneklerinde, ana katyon ve iz element analizleri Kanada ACME laboratuvarlarında yapılmıştır. Su örneklerinin bikarbonat ( $\text{HCO}_3$ ) içerikleri arazide örnek alım noktalarında, titrasyon yöntemi ile belirlenmiştir.



Şekil 2: Çalışma alanının yer bulduru, örnek lokasyon ve jeoloji haritası.

Elde edilen tüm kimyasal analiz sonuçları Tablo 1; 2 ve 3'te verilmiştir. Elazığ ve Tunceli Elazığ ve Tunceli illerine ait uzun süreli meteorolojik verilere göre, Elazığ (1938-2016 yılları arası) ve Tunceli (1963-2016 yılları arası) illeri için en yüksek ortalama aylık yağış miktarı sırasıyla Nisan ve Mart aylarında, en düşük ortalama yağış miktarı ise Ağustos ayında

belirlenmiştir [9],[10]. Meteorolojik veriler ışığında, bölgenin ulaşım, güvenlik ve coğrafik koşulları göz önünde bulundurularak su örneklemeleri kurak dönemi temsil edecek şekilde Eylül ayında, yağışlı dönemi temsil edecek şekilde Mayıs ayında yapılmıştır.

Tablo 1: Mayıs (2008) ayı sıcak ve mineralli su örneklerine ait sıcaklık (T:°C), pH, Eİ (µS/cm) ana anyon, katyon (\*: mg/L) ve iz element (µg/L) analiz sonuçları.

	B1	B2	B3	G1	G2	G3	G4	Ortanca
T	37.50	38.00	38.00	26.90	44.00	44.40	28.80	38.00
pH	6.22	6.06	6.40	6.10	6.39	6.40	6.08	6.22
Eİ	4860.00	4022.00	4871.00	2917.00	4091.00	3948.00	2834.00	4022.00
Cl*	134.00	123.00	130.00	118.00	184.00	184.00	112.00	130.00
SO <sub>4</sub> *	188.00	181.50	186.10	151.70	191.70	191.50	145.50	186.10
HCO <sub>3</sub> *	2989.53	2895.91	3007.97	1819.36	3213.06	3141.95	1727.14	2989.53
Ca*	644.21	622.54	640.92	372.39	673.11	660.66	362.02	640.92
Mg*	118.58	113.48	116.17	78.53	120.96	120.36	76.57	116.17
Na*	312.57	304.25	312.04	239.65	388.00	378.59	230.24	312.04
K*	85.00	79.23	82.74	57.00	97.63	93.47	57.10	82.74
Al	91.00	109.00	94.00	107.00	193.00	128.00	346.00	92.00
As	2332.40	2207.80	2248.60	4893.40	2769.70	3186.00	5933.30	109.00
B	8099.00	7336.00	7610.00	6623.00	10503.00	9679.00	6623.00	2769.70
Ba	143.00	129.25	141.82	179.90	184.40	188.50	181.18	7610.00
Cu	21.40	18.30	20.80	7.70	44.50	5.70	9.10	94.90
Fe	3897.00	2487.00	2757.00	6527.00	2754.00	4194.00	9049.00	18.30
Ge	6.77	6.04	6.32	5.20	7.83	8.10	5.15	3897.00
Mn	51.55	47.10	55.39	32.84	59.87	56.13	49.12	859.10
Pb	7.60	15.10	2.50	3.70	33.60	6.80	19.00	200.00
S*	107.00	81.00	93.00	59.00	92.00	96.00	58.00	312.53
Sb	137.29	83.80	17.69	162.58	100.61	34.54	36.66	83.80
Si*	22.88	20.96	21.08	15.65	23.14	21.88	16.52	21.08
Sr	9687.46	8320.17	8977.70	6804.10	10066.30	10187.00	6544.60	8977.70

Tablo 2: Eylül (2008) ayı sıcak ve mineralli su örneklerine ait sıcaklık (T: °C), pH, Eİ (µS/cm) ana anyon, katyon (\*: mg/L) ve iz element(µg/L) analiz sonuçları.

	B1	B2	B3	G1	G2	G3	G4
T	37.90	38.80	38.40	27.50	44.30	43.70	30.30
pH	6.21	6.38	6.48	6.31	6.44	6.31	6.19
Eİ	4953.00	4144.00	4164.00	3500.00	4544.00	4513.00	3348.00
Ca*	487.86	606.29	630.84	380.43	581.24	638.70	335.76
Mg*	94.10	116.30	120.19	84.17	107.95	115.44	78.83
Na*	234.26	286.91	299.14	245.48	310.83	329.40	230.48
K*	59.89	73.82	76.27	60.54	74.68	78.65	55.98
Cl*	105.00	118.00	125.00	127.00	144.00	148.00	124.00
SO <sub>4</sub> *	250.00	180.00	180.00	170.00	210.00	190.00	160.00
HCO <sub>3</sub> *	2140.12	2853.95	2959.04	1883.12	2731.50	3026.37	1669.80
Al	89.00	105.00	112.00	64.00	123.00	139.00	174.00
As	1966.80	2220.00	2390.40	2480.50	2436.10	2590.60	2989.30
B	5825.00	7676.00	7502.00	6677.00	7948.00	8356.00	6228.00
Ba	105.94	128.99	129.94	148.54	157.37	162.11	154.00
Cu	12.70	8.20	19.30	16.70	9.50	11.80	9.00
Fe	3006.00	2601.00	3447.00	2245.00	3326.00	3280.00	3299.00
Mn	38.92	43.74	51.15	28.07	48.57	49.66	40.36
Pb	7.80	4.30	5.80	5.00	7.10	9.30	5.30
S*	65.00	77.00	78.00	65.00	78.00	80.00	65.00
Sb	202.57	74.64	169.31	121.38	312.51	390.26	554.58
Si*	15.62	18.68	20.16	15.99	18.17	18.75	15.91
Sr	6634.09	8038.27	8248.05	7293.16	8642.21	8660.51	6992.17

Tablo 3: Mayıs (2008) ve Eylül (2008) ayları Peri ve Ohi Çayı sularına ait sıcaklık (T: °C), pH, Eİ (µS/cm) ana anyon, katyon (\*: mg/L) ve iz element(µg/L) analiz sonuçları.

	PC Mayıs	OC Mayıs	PÇS Mayıs	PC Eylül	OC Eylül	PO Eylül	PCS Eylül	1.sınıf- 4.Sınıf Ortanca	Dicle Nehri Ortanca	Fırat Nehri Ortanca
T	15.80	19.70	15.50	13.40	19.40	17.90	18.50	-	-	-
pH	6.20	6.60	6.30	6.46	6.46	7.83	7.82	-	-	-
Eİ	272.80	412.50	323.00	224.40	878.00	465.00	379.80	-	-	-
Ca*	51.32	57.93	79.12	63.91	63.99	66.87	59.00	10-100*	46.61	49.70
Mg*	12.72	14.02	12.80	13.96	15.12	16.83	15.21	2.4*	9.11	-
Na*	15.29	24.90	10.44	18.27	17.27	38.15	25.77	4.7*	6.43	24.10
K*	1.38	5.45	2.18	1.75	1.82	6.35	4.02	0.1*	1.44	-
Cl*	4.70	11.80	4.80	7.80	11.00	17.00	14.00	3.9*	20.7	21.00
SO <sub>4</sub> *	22.10	11.10	19.30	23.00	39.00	11.00	20.00	4.9*	23.2	-
HCO <sub>3</sub> *	216.98	282.21	300.90	261.76	243.86	340.50	269.56	30.5*	153.8	-
NO <sub>3</sub> *	7.65	7.41	2.39	2.46	0.11	2.70	1.66	1.0*	2.49	-
S*	9.00	3.00	8.00	9.00	13.00	4.00	6.00	2-10 <sup>®</sup>	-	15
Si*	6.432	22.265	9.172	9.071	5.468	21.755	13.514	-	-	2.292
Al	261.00	179.00	474.00	1108.00	30.00	53.00	53.00	1.5-75*	-	157.00
As	2.20	39.80	15.10	10.80	12.60	38.50	21.00	20-100 <sup>®</sup> 300-	-	3.60
B	38.00	128.00	54.00	76.00	68.00	182.00	125.00	1000 <sup>®</sup>	-	118.00
Be	< 0.05	< 0.05	0.30	0.15	< 0.05	< 0.05	< 0.05	-	-	-
Ba	34.01	17.52	47.91	51.37	40.07	18.56	28.33	1000- 2000 <sup>®</sup>	-	38.23
Br	8.00	25.00	25.00	12.00	30.00	64.00	48.00	-	-	-
Co	1.73	0.74	3.86	9.22	5.56	33.74	6.62	10-200 <sup>®</sup>	+0.36	0.25
Cs	0.07	0.54	0.49	0.14	0.33	0.55	0.29	-	-	-
Cu	6.40	25.50	104.80	10.70	7.10	7.10	7.00	2-18* 300 -	+0.075	5.60
Fe	228.00	419.00	397.00	1182.00	411.00	131.00	26.00	5000 <sup>®</sup>	+0.45	178
Li	2.60	19.60	5.10	4.60	5.50	25.40	14.20	-	-	6.90
Mn	22.92	87.97	62.98	122.82	20.27	28.98	19.29	0.05*	-	20.43
P	70.00	442.00	139.00	128.00	50.00	541.00	261.00	5-100 <sup>®</sup>	-	837
Pb	4.60	8.40	27.40	5.60	6.20	13.20	8.90	0.1-82*	-	0.50
Rb	1.36	9.42	2.97	2.63	2.94	9.95	6.00	-	-	1.31
Sb	27.71	221.32	49.40	52.07	24.12	297.43	207.18	-	-	0.70
Sn	0.20	0.18	0.24	0.24	0.28	0.32	0.26	-	-	-
Sr	539.45	358.46	650.82	719.51	906.56	414.14	551.56	-	-	-
U	0.44	0.92	0.91	0.58	0.66	0.86	0.72	-	-	-
Zn	8.50	27.40	584.50	13.90	32.60	23.20	20.40	45-120*	+0.1	5.00
Zr	0.13	0.22	0.34	0.15	0.04	0.13	0.09	-	-	0.07

\*: Gölal medyan/ortanca değerleri Meybeck ve Helmer 1989'dan [14] alınmıştır, +: Karadede, 2007'den, [15]; 1.sınıf-4. sınıf yzey suyu ortalaması Enderlein vd. 2010'dan, [16] ve<sup>®</sup>: Kita içi su kaynakları sınıflaması (TSE, 1988; 17); Dicle Nehir suyu değerleri Varol ve diğ. (2013)'den, [4]; Fırat Nehir suyu değerleri Kalender ve Aytimur, 2017'den [6] alınmıştır.

### 3 Genel jeoloji

Sismik bakımdan dnyanın en aktif bölgelerinden biri olan ve Akdeniz Deprem Kuşağı içerisinde yer alan Türkiye, Afrika-Arabistan ve Avrasya levhaları arasındaki kıtasal çarpışmadan kaynaklanan karmaşık bir deformasyon alanıdır. Bu deformasyonlar, kıvrımlı-ters faylı kuşaklarını, sütur zonlarını, aktif doğrultu atımlı ve normal fayları ayrıca bu faylanmalara bağlı havzaları oluşturmaktadır. Günümüzden yaklaşık 3 my önce Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin aktif hale geçmesi ile bölge yeni bir geometri kazanmıştır. Karakoçan Fay Zonu'nun oluşumu da bu tektonik aktivitelere bağlı olarak

gerçekleşmiştir. Söz konusu bu fay zonunana bağlı, sıcak ve mineralli su kaynakları oluşmakta ve su çıkışlarının görüldüğü yerlerde zamana ve topoğrafyaya bağlı olarak travertenler çökelmektedir. İnceleme alanında yapılan ayrıntılı çalışmalar sonucunda, bölgede Paleozoyik'ten Senozoyik'e kadar uzanan yaş aralığında farklı özellikte dört birim haritalanmıştır (şekil 2). Bunlar alttan üste doğru. Permo-Triyas yaşlı Keban Metamorfitleri. Alt Miyosen yaşlı Alibonca Formasyonu. Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Karabakır Formasyonu ve Kuvaterner yaşlı alüvyonlardır (şekil 2).

### 3.1 Keban Metamorfileri

İnceleme alanının en yaşlı birimi olan Keban Metamorfileri, Hamam Dağı ve çevresi ile Dedebağ Köyü'nün güneyinde Peri Çayı'nın sağ sahilinde yüzeylenmektedir. Bölgesel ölçekte bakıldığında, mermer, rekristalize kireçtaşı-kalkışit, metakonglomera ve kalkfillitlerden oluşan bir litolojiyle temsil edilen Keban Metamorfileri, inceleme alanında, oldukça masif rekristalize kireçtaşlarından oluşmaktadır. Kireçtaşları koyu sarı, açık kahverengi, grimsi renkli, taze kırık yüzeyleri ise beyaz renklidir. Çoğunlukla kaba, masif görünüşlü olan bu birim orta-kalın tabakalanma göstermekte olup, oldukça kırıklı ve çatlaklıdır. Keban Metamorfileri'ne ait rekristalize kireçtaşlarında karstlaşma kırık ve faylarla denetlenmekte, yüzeyden derinlere doğru gidildikçe artmaktadır. Keban rekristalize kireçtaşlarında oluşan çatlak ve karstik boşluklar çoğunlukla kalsit kristallerince doldurulmuştur. Geç Kretase sonlarından Pliyosen başlarına kadar devam eden bölgesel sıkışma hareketleri sonucunda, kendisinden daha genç olan birimler üzerine itilmiştir.

### 3.2 Alibonca formasyonu

Elazığ'ın kuzeyindeki alanlarda Arapgir, Ağın, Çemişgezek, Pertek ve Kovancılar çevrelerinde oldukça geniş yüzeylemeler veren Alibonca Formasyonu inceleme alanında Hamam Dağı'nın güneyinde yaygın olarak izlenmektedir. Alt Miyosen yaşlı Alibonca Formasyonu Permo-Triyas yaşlı Keban Metamorfileri üzerine açılı uyumsuzlukla gelmektedir. Genel olarak tabanda kalın tabakalı ve yer yer masif yapıları kireçtaşları ile başlayan birim, üst düzeylerine doğru kumtaşı ara seviyeleri içeren marnlara geçer. Bazı yerlerdeki yüzeylemelerinde, birimin tabanında kırmızı renkli konglomeraların bulunduğu gözlenir. Alüvyal yelpaze fasiyeslerini karakterize eden bu konglomeralar, kireçtaşları ile yanıl-düşey ilişkilidir. Kireçtaşlarından alınan örnekler üzerinde paleontolojik tayinler yapılmış ve aşağıdaki fosil topluluğu belirlenmiştir (*Miogypsinasp.*, *Alg.*, *Heterosteginasp.*, *Miogypsina sp.*, *Miogypsinoides sp.*, *Spiroclypeus sp.*, *Miogypsina sp.*, *Amphisteginasp.*, *Lepidocyclina sp.*, Det: Niyazi Avşar). Bu fosil topluluğuna göre birimin yaşı Alt Miyosen olarak belirlenmiştir [3].

### 3.3 Karabakır formasyonu

İnceleme alanında, en geniş yayılıma sahip olan Karabakır Formasyonu, Alibonca Formasyonu'nun üzerine açılı uyumsuzlukla gelmektedir. Daha yaşlı birimleri uyumsuzlukla örten bu formasyon, Pliyo-Kuvaterner yaşlı çökellerle uyumsuz olarak üzerlenir. Bu geniş yayılıma sahip yüzeylemelerinde yerel litolojik farklılıklar sunar. Elazığ yakın çevresi ve Karakoçan-Kovancılar-Çaybağı yöresinde karasal volkanizma ürünleri, bazalt, tuf, aglomera, kumtaşı, çamurtaşı, kıltaşı, kireçtaşı ve marnlardan oluşmuş ve bunlarla yanıl-düşey ilişkili akarsu-göl çökellerinden oluşmaktadır. Çalışma alanı ve yakın çevresinde çakıltaşı, kumtaşı, kireçtaşı, tuf, tüfit, aglomera, bazalt ve andezitlerle temsil edilmektedir. Formasyonun yaşı önceki çalışmalara göre Üst Miyosen-Pliyosen olarak benimsenmiştir [3], [11].

### 3.4 Alüvyonlar

Peri Çayı ve yan kolu olan Ohi Çayı yatağında yüzeyleme veren alüvyonlar, tutturulmamış çakıl, kum ve kil depolanmalarından oluşmaktadır. Özellikle bu akarsuların taşkın ovası düzlüklerinde haritalanabilecek boyutta olan eski ve yeni alüvyonların kalınlığı yer yer 20 m'ye ulaşmaktadır. Alüvyonlar, bu bölgede bulunan kayaların ayrışmasından türemektedir.

Bununla birlikte, Hamamdağı çevresinde, Peri Çayı tarafından derince aşındırılan alanlarda küçük ölçekli traverten oluşumları görülmektedir. Pliyo-Kuvaterner yaşlı travertenler, kendisinden yaşlı tüm birimler üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır.

## 4 Hidrojeoloji

### 4.1 Sıcak ve mineralli su kaynakları

İnceleme alanı içerisinde Yoğunağaç ve Dedebağ sıcak ve mineralli su kaynakları bulunmaktadır. Bu suların sıcaklıkları 26.9-44.4 °C aralığında; pH'ları 6.06 ile 6.48 arasında; elektriksel iletkenlikleri (EI) ise 2834 ile 4953 µS/cm arasında değişmektedir (Tablo 1; 2). Peri Çayı suyunun sol sahilinde yer alan Yoğunağaç sıcak ve mineralli su kaynakları ile sağ sahilinde yer alan Dedebağ sıcak ve mineralli su kaynakları, Hamam Dağı antiklinalinin çekirdek kısmında, K10°B doğrultulu açılma çatlakları boyunca birkaç noktadan çıkmaktadırlar. Yoğunağaç sıcak ve mineralli su kaynaklarının hacim/zaman yöntemiyle ölçülen debisi 11.5 l/s'dir [1]. Dedebağ sıcak ve mineralli su kaynakları Tunceli'nin Mazgirt İlçesi Dedebağ (Bağın) Köyü sınırları içerisinde yer almaktadır. Bağın sıcak ve mineralli su kaynaklarının hacim/ zaman yöntemiyle ölçülen ortalama debisi 7.2 l/s'dir ve debi ölçümleri Mayıs ayında gerçekleştirilmiştir.

Yoğunağaç ve Dedebağ sıcak ve mineralli sularının akifer formasyonu Keban Metamorfileri'ne ait rekristalize kireçtaşları olup, birim bölgedeki etkin tektonizmaya bağlı olarak oldukça çatlaklı ve kırıklı yapıdadır. Alibonca Formasyonuna ait killi ve marnlı seviyeler ise sıcak su akiferinin örtü kayaçlarıdır. Çalışma alanında sıcak su kaynaklarının ısı kaynağı, Üst Miyosen- Pliyosen yaşlı volkanizmayı oluşturan ve derinlerde soğumakta olan magmatik sokulumdur. Sıcak ve mineralli sular ile soğuk sular arasında bir karışım olup soğuk suların sıcak sulara karışım oranı, karışım modelleri yardımıyla, ortama %32-34 olarak belirlenmiştir [1]. Yapılan jeotermometre çalışmaları ile sıcak suların hazne kaya sıcaklığı maksimum 78 °C olarak hesaplanmıştır [12]. Bu sıcaklığa bağlı olarak inceleme alanındaki jeotermal sistem düşük sıcaklıklı sistemler sınıfındadır [13].

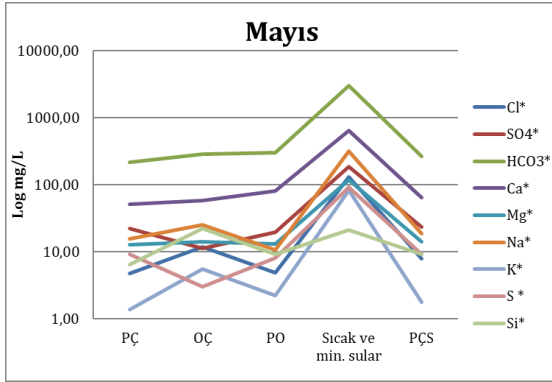
Tablo 1 ve 2'de sırası ile Mayıs (2008) ve Eylül (2008) aylarına ait sıcak ve mineralli suların fiziksel ve kimyasal analizleri görülmektedir. Genel olarak Eylül ayında suların sıcaklık, EI ve pH değerleri, Mayıs ayı değerlerinden yüksektir (Tablo 1; 2). Sıcak ve mineralli suların özellikle EI değerlerinde belirlenen değişim, yukarıdaki paragrafta da belirtildiği gibi soğuk suların karışımı ve yağışların etkisiyle oluşmaktadır. Çalışma alanındaki sıcak ve mineralli suların detaylı hidrojeokimya incelemeleri Öztekin Okan, 2004 [1] ile Öztekin Okan ve Çetindağ, 2005 [12] tarafından yapılmıştır.

### 4.2 Peri çayı su jeokimyası

İnceleme alanı içerisinde sıcak ve mineralli suların karıştığı en önemli yüzey suyu Peri Çayı'dır. Çalışma alanının doğusunda Ohi Çayı suyunun Peri Çayı'na karışımı, Peri Çayı'nın su miktarını artırmaktadır. Peri Çayı akım yönü boyunca akarsu yatağının sağ ve sol sahilinde gözlenen traverten oluşumları, sıcak ve mineralli suların gerek akarsu yatağı çevresinden ve gerekse akarsu yatağı tabanından Peri Çayı suyuna karıştığını göstermektedir. Peri ve Ohi Çay sularının Mayıs ayı sıcaklık ortalamaları 16.11 °C ve Eylül ayı ortalamaları ise 18.6 °C olarak hesaplanmıştır (Tablo 3).

## 5 Bulgular ve tartışma

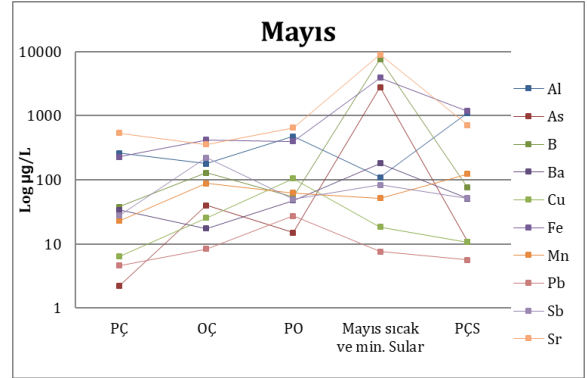
Yeraltı sularının akarsu akımına birincil düzeyde katkıda bulunduğu düşük akım periyotlarında, mineralizasyondan dolayı akarsularda iletkenliğin genel olarak yüksek olduğunu, buna karşılık yağışların başlaması ve akımın artmasıyla birlikte iletkenliğin azaldığını tespit edilmiştir [18]. USEPA 1997 [19] tarafından yüzey suların elektriksel iletkenliğinin su akışları vasıtasıyla bölgenin jeolojisi tarafından birinci derecede etkilendiğini, sıcaklığın artmasıyla elektriksel iletkenliğin arttığı belirtilmiştir. Çalışma alanı içerisinde örneklenen yüzey suyu örneklerinin Eİ değerleri genel olarak yağışlı dönemi temsil eden Nisan ayında, kurak dönemi temsil eden Eylül ayına oranla daha düşüktür. Yağışlı dönemde akarsularda Eİ değerlerinin düşük olması yağışlarla birlikte meydana gelen seyrelmeyle ilişkilidir. Ayrıca yağışlı dönemde sıcak ve mineralli suların, Peri Çayı'nın Eİ değerine belirgin bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Kurak dönemde akarsularda belirlenen yüksek Eİ değerleri ise, bu dönemde azalan akım hızı ve buna bağlı olarak artan akarsu-yan kayaç etkileşimi ile ilişkilidir. Bu dönemde, PO örnekleme noktasından sonraki PÇS noktasında Eİ değerinin daha yüksek olması Peri ve Ohi çaylarının birleşim noktasından sonra akarsuya hem yamaçlardan hem de akarsu tabanından karışan sıcak ve mineralli suların akarsuyun Eİ üzerindeki etkisinin olduğunu düşündürmektedir (Tablo 3). Şekil 3 ve 4'te Mayıs ayında alınan su örneklerinde, ana iyon ve diğer iz element değişimleri görülmektedir.



Şekil 3: Mayıs ayı Peri Çayı anaiyon değişimi.

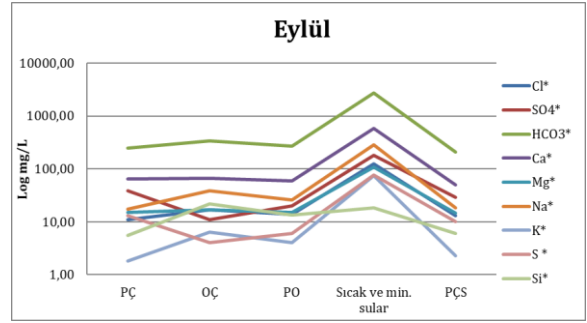
Şekil 3'te Peri Çayı sularında S ve SO<sub>4</sub> içeriğini Ohi Çayı ile karışmadan önce daha yüksek olduğu, ancak Ca, K, Mg, Na ve HCO<sub>3</sub> içeriğinin düşük olduğu görülmektedir. Akım yönü boyunca Peri Çayı'na sıcak ve mineralli suların karışması, K hariç, sözkonusu ana iyon içeriklerini bir miktar yükseltmiştir (Şekil 3). Her iki örnek noktasının, Karabakır Formasyonu sınırları içerisinde olması, benzer kimyasal özellikler taşımaları bakımından önemli görülmektedir. Ancak S ve SO<sub>4</sub> içeriğinin Peri Çayı su örneğinde yüksek olmasının nedeninin, sıcak ve mineralli su kaynaklarının çalışma alanı kuzey batısına doğru varlığını sürdürdüğüne işaret etmektedir. Ohi Çayı suyunun HCO<sub>3</sub> ve ana kanyonlar bakımından daha zengin olması ise akım yönü boyunca dere suyunun kireçtaşı, kumtaşı, marn ve volkanitlerle tepkimeye girmesi ile ilgili olmalıdır. Mayıs ayında, incelenen iz elementler açısından, As, Pb, Cu, Sb, B ve Fe konsantrasyonu OÇ'ye göre daha düşüktür. OÇ'deki daha yüksek konsantrasyonlardaki PÇ'nin ve Ohi çaylarının karışımından sonra Pb, Cu, ve Sr değerleri artarken, Fe, Mn, B, Sb ve As, değerlerinde azalma gözlenmektedir (Şekil 4). Sıcak ve mineralli suların Peri Çayı ile karışımı Pb, Cu, Mn, ve Al değerlerini azaltırken diğer iz element derişimlerini artırmıştır.

Sıcak ve mineralli suların karışımından sonra Peri Çayı çıkış suyunda, Cu dışında diğer elementlerce başlangıç noktasına göre artış görülmektedir.



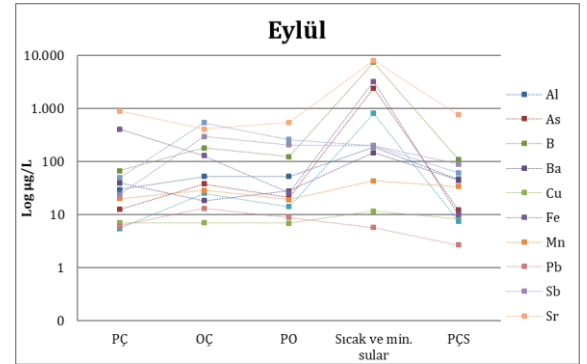
Şekil 4: Mayıs ayı Peri Çayı iz element değişimi.

Eylül ayı Peri Çayı, ana iyon ve iz element dağılımları Şekil 5 ve 6'da verilmiştir. Peri Çayı'na Ohi Çayı karıştıktan sonra, Peri Çayı sularında, K, Na, HCO<sub>3</sub>, ve Mg değerleri yükselmiş ancak, SO<sub>4</sub> ve S değerleri azalmıştır (Şekil 5).



Şekil 5: Eylül ayı Peri Çayı ana iyon değişimi.

Sıcak ve mineralli suların karışımı ile, Peri Çayı çıkış sularında, Mg ve Cl içeriğinde bir miktar yükselme gözlenmiştir. Eylül ayı Peri Çayı sularında iz element dağılımı; Peri Çayı ve Ohi Çayı karıştıktan sonra, Fe, Sr ve Ba içeriği azalırken Cu değerleri neredeyse sabit kalmakta ancak, Sb, B, Al, As, Mn ve Pb içeriklerinde başlangıç bileşimine göre artış görülmektedir (Şekil 6). Peri Çayı suları ile sıcak ve mineralli suların karışımı ise, B, Mn, Al, ve Sb içeriğinin yükselmesine Pb, Fe ve Sr içeriğinin düşmesine neden olmaktadır (Şekil 6).



Şekil 6: Eylül ayı Peri Çayı iz element değişimi.

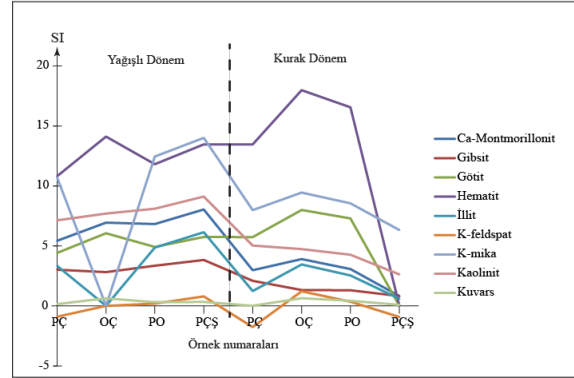
Sıcak ve mineralli suların Mayıs ayına oranla, Eylül ayında Mg ve Cl derişimi üzerinde artışa neden olduğu görülmektedir. Eylül ayında Peri Çayı sularında Mg ve Al derişimlerinin Mayıs ayına göre yükseldiği anlaşılmaktadır (Şekil 5; 6).

Eylül'de alınan sıcak ve mineralli su örneklerinin element içeriklerinin Peri ve Ohi Çayı suları üzerine etkisi, istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Mayıs ayında sıcak ve mineralli suların kimyasal bileşimi ile Peri Çayı, Ohi Çayı, Peri- Ohi Çayı karışımı ve Peri Çayı çıkış suları arasındaki korelasyon katsayıları  $r=0.49$ ;  $r=0.29$ ;  $r=0.24$  ve  $r=0.19$  olarak belirlenmiştir. Eylül ayında sıcak ve mineralli suların kimyasal bileşimi ile Peri Çayı, Ohi Çayı, Peri- Ohi Çayları karışımı ve Peri Çayı çıkış suları arasındaki korelasyon katsayıları sırasıyla,  $r=0.47$ ;  $r=0.27$ ;  $r=0.46$  ve  $r=0.55$  olduğu görülmektedir. Bu verilere göre, Mayıs ayında sıcak ve mineralli suların Peri Çayı sularının kimyasal bileşimi üzerinde, Eylül ayına göre biraz daha etkili olduğu söylenebilir.

İncenen akarsular ile sıcak ve mineralli suların yağışlı ve kurak dönemlerdeki mineral doygunluk indisleri PhreeQC (20) programı yardımıyla hesaplanmıştır (Tablo 4). Çalışma alanı içerisindeki sıcak ve mineralli sular ile akarsular genel olarak hem yağışlı hem de kurak dönemde Ca- montmorillonit, gibsit, götit, hematit, illit, K-feldspat, K-mika, kaolinit ve kuvars minerallerine doygun olup bunları çöktürme eğilimindedirler.

Akarsulardan farklı olarak sıcak ve mineralli sular her iki dönemde de kalsit ve dolomit minerallerine de doygundur.

İncelenen akarsuların doygun olduğu K-mika, kaolinit, Ca-montmorillonit, gibsit ve illit minerallerinin doygunluk indisleri yağışlı dönemde; hematit ve götit minerallerine doygunluk indisleri ise kurak dönemde daha yüksektir. K-feldspat ve kuvars doygunluk indislerinde ise belirgin bir farklılık belirlenmemiştir (Şekil 7).



Şekil 7: Akarsulardaki minerallerin doygunluk indislerinin (SI) mevsimsel değişimleri.

Tablo 4. İncelenen akarsuların doygunluk indisleri (-: hesaplanmadı).

	Mayıs (2008)					Eylül (2008)				
	Doygunluk indisleri (SI)					Doygunluk indisleri (SI)				
	PÇ	OÇ	PO	Sıcak ve Mineralli Sular	PÇŞ	PÇ	OÇ	PO	Sıcak ve mineralli sular	PÇŞ
Albit	-2.3	-0.35	-1.58	-0.74	-0.67	-3.2	-0.43	-1.26	-1.00	-2.45
Anhidrit	-2.56	-2.83	-2.46	-1.16	-2.46	-2.22	-2.76	-2.53	-1.18	-2.42
Anortit	-2.58	-0.79	-1.26	-1.12	-0.23	-3.71	-1.38	-1.86	-1.33	-2.7
Ca-Montmorillonit	5.43	6.94	6.82	4.65	8.04	2.98	3.9	3.07	4.16	0.83
Kalsit	-1.5	-0.75	-1.16	0.25	-1.19	-	-	-	0.65	-
Kalsedon	-0.31	0.18	-0.15	-0.04	-0.13	-0.42	0.19	-0.02	-0.11	-0.37
Dolomit	-3.38	-1.84	-2.9	0.24	-2.86	-	-	-	1.06	-
Gibsit	3.02	2.82	3.35	2.12	3.83	2.09	1.33	1.31	2.01	0.83
Götit	4.42	6.06	4.92	6.70	5.75	5.74	8	7.29	6.70	-
Jips	-2.31	-2.59	-2.21	-1.01	-2.21	-1.98	-2.51	-2.29	-1.02	-2.18
Halit	-8.68	-8.09	-8.85	-6.08	-8.38	-8.27	-7.74	-7.99	-6.13	-8.17
Hausmanit	-25.52	-19.74	-23.54	-20.02	-21.91	-22.49	-11.45	-11.89	-19.86	-7.53
Hematit	10.81	14.11	11.81	15.45	13.46	13.46	17.98	16.55	15.46	-
İllit	3.34	-	4.86	3.74	6.14	1.24	3.46	2.54	3.31	0.6
K-feldspat	-0.9	-	0.2	0.86	0.79	-1.76	1.22	0.36	0.59	-0.92
K-mika	10.71	-	12.45	10.78	14.01	7.99	9.45	8.55	10.28	6.32
Kaolinit	7.13	7.7	8.1	5.81	9.12	5.03	4.74	4.27	5.45	2.63
Manganit	-9.32	-7.6	-8.6	-9.19	-7.82	-8.54	-4.27	-4.47	-9.14	-2.75
Pb(OH) <sub>2</sub>	-4.47	-3.73	-3.6	-4.84	-4.07	-3.15	-0.4	-0.56	-3.84	-0.47
Pirokroit	-9.38	-8.06	-8.76	-8.51	-8.14	-8.86	-5.96	-6.15	-8.17	-4.92
Pirolusit	-16.68	-13.9	-15.91	-13.19	-15.33	-15.03	-9.64	-9.75	-12.98	-7.75
Kuvars	0.15	0.63	0.31	0.35	0.34	0.02	0.64	0.43	0.28	0.09
CO <sub>2</sub>	-1.11	-1.23	-1.15	-0.39	-1.39	-1.18	-2.43	-2.49	-0.11	-3.12

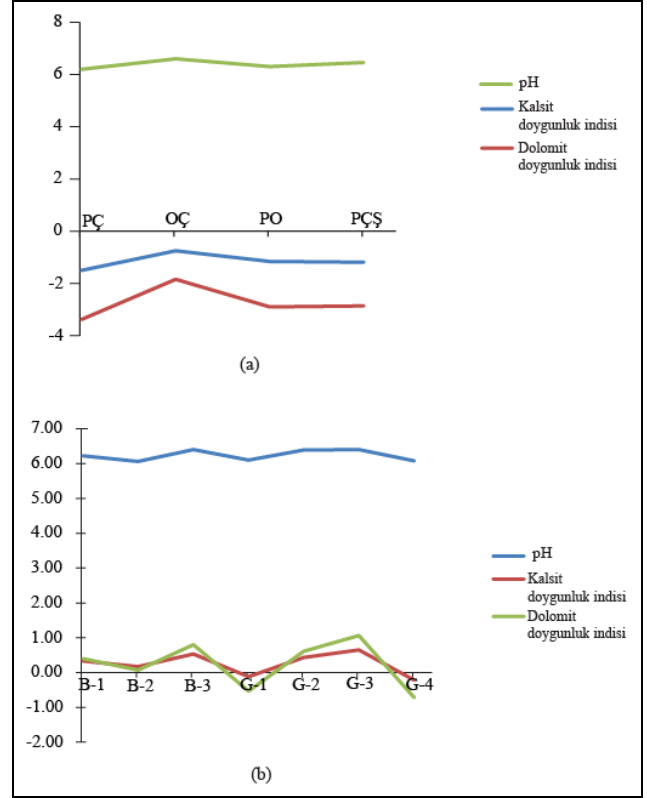
SI= 0 ise su, mineral ile denge halinde; SI<0 ise su minerale doygun değil ve minerali çözme eğiliminde; SI>0 ise su minerale doygun ve minerali çöktürme eğiliminde.

Sıcak ve mineralli suların Peri Çayı'na karışımından sonraki örneklem noktası PÇS'de hesaplanan doygunluk indisleri yağışlı dönemde daha yüksektir (Şekil 7). Bu durum, yağışlı dönemde artan yüzey suyu-kayaç etkileşimi, ayrışan malzemenin sellenme ile birlikte akarsulara taşınması ile açıklanabilir. Akarsu akımının daha düşük olduğu kurak dönemde, dere sularında bu minerallerin çökelimlerinin daha hızlı olduğunu söylemek mümkündür. Peri ve Ohi Çayları ile sıcak ve mineralli suların özellikle hematit ve götüt gibi Fe bileşenli minerallere aşırı doygun olmaları etkin su-kayaç etkileşim mekanizmasıyla ilişkilidir. Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı volkanitlerin  $Fe_2O_3$  bileşimi %8.82 [21], Keban Metamorfittleri'nin %4.58 [22], Alibonca Formasyonu'nun ise %3.75 olarak belirlenmiştir [23]. Bu veriler, incelenen sulardaki yüksek Fe içeriğinin akarsular ile sıcak ve mineralli suların volkanik, sedimanter ve metamorfik kayalarla olan etkileşiminden kaynaklandığını göstermektedir.

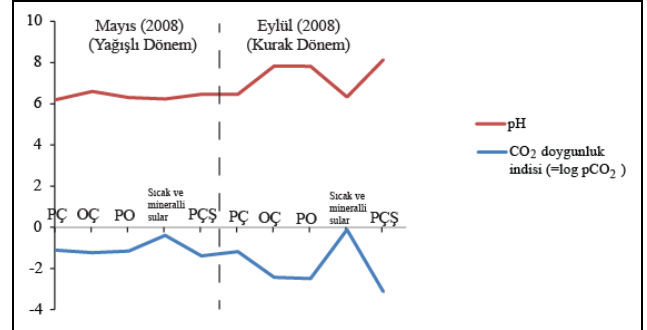
Suların kaolinit ve illit gibi kil minerallerine doygunlukları ise bölgedeki etkin tektonizmaya ilişki olarak kırık ve çatlak yüzeylerinde oluşan kil mineralleri ile suların etkileşimi sonucu olmalıdır.

Suların kalsit ve dolomit doygunluk indisleri ile pH'ları arasında pozitif bir ilişki vardır (Şekil 8a,b). Genellikle sudaki  $CO_2$ 'in kısmi basıncı ( $\log pCO_2$ ) arttıkça suyun pH'ı düşer (Şekil 9). Yağışlı dönemde akarsularda  $CO_2$ 'nin artışına bağlı olarak pH düşmekte, dolomit ve kalsitin çözünmesi de devam etmektedir. Akarsularda yağışlı dönemde pH'ın azalmasının nedeninin yağış sularının pH'nın düşük olması ile ilişki olduğu düşünülmektedir (24). Ayrıca, kurak dönemde illit vb. gibi kil mineralleri tarafından absorbe edilen  $H^+$  iyonları yüksek akım periyodu olan bu dönemde serbestleşerek pH'ı düşürmüş olabilir (25; 26). Mayıs ve Eylül aylarında sıcak ve mineralli sulardaki element derişimleri incelendiğinde, bazı katyon (Ca, Mg, Na, K), anyon (Cl ve S) ve anyonik kompleks bileşiklerinin ( $SO_4$  ve  $HCO_3$ ) Eylül ayı içeriklerinin, Mayıs ayına göre düşük olduğu görülmektedir. Çalışma konusunu oluşturan sıcak ve mineralli suların As, B, Fe, Sb ve Sr içeriklerinin diğer iz elementlerden daha yüksek olduğunu söylemek mümkündür.

Mayıs ayı sıcak ve mineralli suların karışımından önce, Peri Çayı suyu örneği, Eİ değeri 272.80  $\mu S/cm$  iken Eylül ayında 878  $\mu S/cm$  kadar yükselmektedir. Karışım noktalarında Mayıs ayında maksimum Eİ değeri 412  $\mu S/cm$  iken Eylül ayında bu değerler 53  $\mu S/cm$  ( $465-412=53 \mu S/cm$ ) daha artmaktadır. Peri Çayı suyundan alınan örneklerde genel olarak anyon ve katyon içerikleri sıcak ve mineralli suların aksine, Mayıs ayında azalırken, Eylül ayında artmaktadır. Dicle Nehir sularında, farklı mevsimsel dönemlerde yapılan kimyasal analizler,  $SO_4$ ,  $HCO_3$ , Cl, Na, K ve pH değerlerinin yağışlı dönemlerde arttığını ancak Mg, Ca ve Si değerinin bu dönemde azaldığı belirtilmiştir [4], [27]-[29]. Bu çalışmalar, nehir suları içerisindeki söz konusu element derişimlerinin yağışlar nedeni ile toprak veya ayrışmış litolojik birimlerin nehir suyu kimyasını değiştirmekte etkili olduğunu belirtmektedir. Fırat Nehir suyu kimyasal bileşimine bakıldığında, bazı katyonların, ortalama ve medyan değerleri yüzey suyu element içerikleri ile karşılaştırıldığında, ayrışmanın yüksek olduğu bölgelerde Al, Ca, Cu, Fe, Mg, Mn ve Pb içeriklerinin standart yüzey suyu değerlerinden yüksek olduğu görülmektedir [5].



Şekil 8: Suların pH'ı ile kalsit ve dolomit indislerinin. (a): Akarsularda. (b): Sıcak ve mineralli sulardaki ilişkileri.



Şekil 9: Suların pH ve  $CO_2$  doygunluk indislerinin mevsimsel derişimleri.

Fırat Nehir suyunun iz elementler bakımından, Gediz Nehri metal içeriğinden [30] daha düşük değerlere sahip olduğu; TSE [17] ve EPA [31] değerleri ile karşılaştırıldığında ise; Pb'un 5.40; Cu'nun ise 1.6 ve 3.57 kat daha düşük değerlere sahip olduğu görülmektedir. Eylül ayı, Peri Çayı, Ohi Çayı ve Peri-Ohi Çayları karışım noktası sonrası ile Dedebağ ve Yoğunağaç sıcak ve mineralli suların karışımından sonra Peri Çayı çıkış noktasındaki katyon derişimleri, Eylül ayı, Fırat Nehir suyu içerikleri ile karşılaştırıldığında, inceleme konusunu oluşturan örnek lokasyonlarının hemen tamamında, Ca, As, B, Cu, Fe, Mn, Pb, Sb içeriklerinin oldukça yüksek, Dicle Nehri yaz ayları ortalama içeriklerine göre ise Cl ve  $NO_3$  içeriğinin nispeten düşük olduğu görülmektedir. Peri Çayı su kalitesi ise, kıta içi su kaynakları sınıflaması Enderlein vd. [16] ve TSE [17] ve göre değerlendirildiğinde, Ca, Mg, Na, K, Cl,  $SO_4$ ,  $HCO_3$  ve  $NO_3$  içeriği bakımından birinci sınıf su kalite sınırlarından daha yüksek olduğu görülmektedir. Al, Cu, Fe, Mn ve Pb ile Peri Ohi



karışım noktasında Fe içeriğinin alınan su örneklerinde oldukça yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 3). Permo-Triyas yaşlı Keban Metamorfitlerinin yüzeylediği Fırat Nehri ve Peri-Ohi Çayları havzasında, benzer bölgesel litolojiye rağmen, akarsularının kimyasal içeriklerindeki farklılık, sadece mevsimsel yağışların neden olduğu litolojik ayrışmaya bağlı olmadığını aynı zamanda, Peri Çayı suyuna, sıcak ve mineralli suların karışımının etkili olduğuna işaret etmektedir.

## 6 Sonuçlar

Peri Çayı akım yönü boyunca, bölgede yer alan Yoğunağaç-Karakoçan ve Dedebağ- Mazgirt sıcak ve mineralli sularının; Mayıs ayında, sıcak ve mineralli suların, Peri Çayı'na karışım noktasından sonra alınan su örneğinde ana, iz iyonlar ile bazı kompleks bileşiklerin içeriği incelendiğinde; K, Al, Cu, Mn, Pb'nun azaldığı, Cl, Mg, HCO<sub>3</sub>, Ca, Na, SO<sub>4</sub>, As, B, Ba, Fe, Sb, Sr, değerlerinin ise arttığı gözlenmektedir. Aynı lokasyondan, Eylül ayında alınan su örneğinde ise sıcak ve mineralli suların etkisiyle Peri Çayı'nda Cl, Mg, HCO<sub>3</sub>, Ca, Na, B, Mn, Al, ve Sb içeriği yükselirken, SO<sub>4</sub>, K, Pb, Fe ve Sr içeriğinin düştüğü görülmektedir.

Her iki dönem karşılaştırıldığında; Peri Çayı su kimyası üzerinde, sıcak ve mineralli su içeriklerinin etkili olduğu ancak mevsimsel değişimlerin, soğuk sular içerisindeki iyon derişimlerini etkilediğini söylemek mümkündür. 2009 yılından bu yana Serantepe Baraj gövdesi, çalışma alanı içerisinde, sıcak ve mineralli suların akarsuya karışımından önce su depolamaya başlamıştır, buna bağlı olarak Peri Çayı'nın debisi önceki yıllara göre düşmüştür. Ancak, inceleme alanındaki sıcak ve mineralli suların akarsuya olan boşalmaları devam etmektedir. Peri Çayı'nın doğal akış rejiminin olduğu yıllarda yapılan bu çalışmada sıcak suların akarsuyun kimyasal bileşimi üzerinde meydana getirdiği etkilerin bugünkü durumda arttığı düşünülmektedir. Bu nedenle, bölgenin değişen şartlarında daha fazla (gerek dere suyu gerekse dere sedimanlarında) ve daha sık aralıklarla alınacak örnekler ile sıcak ve mineralli suların Peri Çayı'na etkilerinin araştırılması planlanmaktadır.

## 7 Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK 106Y150 No.lu Proje ile desteklenmiştir. Yazarlar bu desteğinden dolayı TÜBİTAK'a ve hakemlere, önerileri ile makalenin geliştirilmesinde katkıda buldukları için teşekkür eder.

## 8 Kaynaklar

[1] Öztekin Okan Ö. Kolan (Karakoçan) Sıcak ve Mineralli Su Kaynağının Hidrojeokimyasal İncelenmesi. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye, 2004.  
[2] Öztekin Okan Ö, Kalender L, İnceöz M, Çetindağ B. "Karakoçan (Elazığ) Kuzeybatısındaki sıcak ve mineralli sular ve oluşturdıkları travertenlerin jeokimyası". *Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Su-Enerji-Sağlık Sempozyumu*, Aksaray, Türkiye, 20-23 Ekim 2008.  
[3] Kalender L, Öztekin Okan Ö, İnceöz M, Çetindağ B, Yıldırım V. Geochemistry of travertine deposits in the Eastern Anatolia District: An example of the Karakoçan-Yoğunağaç (Elazığ) and Mazgirt-Dedebağ (Tunceli) travertines, Turkey. *Turkish Journal Earth Science*, 24, 607-626, 2015.  
[4] Varol M, Gökot B, Bekleyen A, Şen B. Geochemistry of the Tigris River basin, Turkey: Spatial and seasonal variations of major ion compositions and their controlling factors. *International*, 304, 22-32, 2013.

[5] Kalender L, Çiçek Uçar S. "Assessment of metal contamination in sediments in the tributaries of the Euphrates River, using pollution indices and the determination of the pollution source, Turkey". *Journal of Geochemical Exploration*, 134, 73-84, 2013.  
[6] Kalender L, Aytimur G. "Geochemical characterization of shore sediments and water of the Euphrates River between Keban and Karakaya Dams". *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 32(4), 1243-1253, 2017.  
[7] Reimann C, Filzmoser P. "Normal and log normal data distribution in geochemistry: death of a myth. Consequences for the statistical treatment of geochemical and environmental data". *Environmental Geology*, 39(9), 1001-1014, 2000.  
[8] Reimann C, Filzmoser P, Garrett RG. "Background and threshold: critical comparison of methods of determination". *Science of the Total Environment*, 346, 1-16, 2005.  
[9] Orman ve Su İşleri Bakanlığı. "Meteoroloji Genel Müdürlüğü". <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ELAZIG> (13.02.2018).  
[10] Orman ve Su İşleri Bakanlığı. "Meteoroloji Genel Müdürlüğü". <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=TUNCELİ> (13.02.2018).  
[11] Türkmen İ, Aksoy E. "Arapgir (Malatya), Çemişgezek (Tunceli), Elazığ dolaylarındaki neojen birimlerinin stratigrafik-sedimantolojik incelenmesi ve bölgesel korelasyonu". *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 10(1), 15-33, 1998.  
[12] Öztekin Okan Ö, "Çetindağ B. Hydrogeochemical and isotopic investigation of the Kolan Geothermal Field, Southeastern Turkey". *Environmental Geology*, 48, 179-188, 2005.  
[13] Şahinci A. *Karst Reform Matbaası*, İzmir, Türkiye, 1991.  
[14] Meybeck M, Helmer R. "The quality of rivers: from pristine age to global pollution". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 75, 283-309, 1989.  
[15] Karadede Akin H, Ünlü E. "Heavy metal concentrations in water, sediment, fish and some benthic organisms from tigris river, Turkey". *Environmental Monitoring of Assessment*, 131, 323-337, 2007.  
[16] Enderlein Rainer E, Enderlein US, Peter WW. "Water quality requirements. Water quality assessments-a guide to use of biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring". 1996.  
[17] "Water Pollution Control-A Guide to the Use of Water Quality Management Principles" Water Quality Requirements. Chapter 2. Ed: Richard Helmer and Ivanildo Hespanhol, Published on behalf of the United Nations Environment Programme, 1997.  
[18] Türk Standartları Enstitüsü. "Türk Çevre Vakfı Yayınları". Ankara, Türkiye, 266, 1988.  
[19] Oblinger CJ, Cuffney TF, Meador MR, Garrett RG. "Water Quality and Physical Characteristics of Streams in the Treyburn Development Area of Falls Lake Watershed. North Carolina, 1994-1998. US Geological Survey Water Resources Investigations". Report, 80, 2002.  
[20] USEPA. Volunteer Stream Monitoring: A Methods Manual. United States Environmental Protection Agency, Office of Water 4503F, Washington, USA, EPA 841-B-97-003, 1997.

- [21] Parkhurst DL, Appelo CAJ. "A computer program Phreeqc (Version 2) for Speciation, Batch-Reaction, One-Dimensional Transport, and Inverse Geochemical Calculations". U.S. Geological Survey Water Resources Investigation, 1999.
- [22] Akgül B, Kürüm S, Erdem E. "Elazığ volkanitlerinin Alt Pliyosen) petrografik ve jeokimyasal özellikleri". *Geosound*, 39, 69-83, 2001.
- [23] Kalender L, Hanelçi Ş. "General features of copper mineralization in the eastern Euphrates, Keban-Elazığ area, Turkey". *Geological Society of India*, 64, 655-665, 2004.
- [24] Bal Akkoca D, Baytaşoğlu Z. "The mineralogy and geochemistry of Neogene sediments from eastern Turkey, southeast of Arapgir (Malatya)". *Turkish Journal of Earth Sciences*, 22, 645-663, 2013.
- [25] Güler C, Thyne GD, Tağa H, Yıldırım Ü. "Processes governing alkaline groundwater chemistry within a fractured rock (ophiolitic melange) aquifer underlying a seasonally in habited headwater area in the Aladağlar range (Adana, Turkey)". *Geofluids*, Article Id 3153924, 201.
- [26] Sjöström J. "Ionic composition and mineral equilibria of acidic groundwater on the westcoast of Sweden". *Environmental Geology*, 21, 219-226, 1993.
- [27] Chidambaram S, Prasanna MV, Karmegam U, Singaraja C, Pethaperumal S, Manivannan R, Anandhan P, Tirumalesh K. "Significance of pCO<sub>2</sub> values in determining carbonate chemistry in groundwater of Pondicherry region, India". *Frontier of Earth Science*, 5(2), 197-206, 2011.
- [28] Li S, Zhang Q. "Geochemistry of the upper Han River basin, China. 2: seasonal variations in major ion compositions and contribution of precipitation chemistry to the dissolved load". *Journal of Hazardous Materials*, 170, 605-611, 2009. düzeltildi
- [29] Akbulut NE, Bayarı S, Akbulut A, Şahin Y. Rivers of Turkey. In: Tockner K, Robinson CT, Uehlinger U. (Eds.): Rivers of Europe, New York, USA, Academic Press, 2009.
- [30] Nicoll K. "Landscape development within a young collision zone: implications for post-Tethyan evolution of the Upper Tigris River system in southeastern Turkey". *International Geology Review*, 52, 404-422, 2010.
- [31] Bakac M, Kumru MN. "Factor analysis in the geochemical studies along the Gediz River, Turkey". *Journal of Radiosanal Nuclear Chemistry*, 249 (3), 617-624, 2001.
- [32] Environmental Protection Agency. National Recommended Water Quality Criteria Correction Office of Water. EPA 822-Z-99-001, 25, 1999.