

## Araştırma Makalesi / Research Article

**Balıca (Elazığ Güneyi, Doğu Anadolu) Civarındaki Denizel Sedimanter Kayaçların Jeokimyasal Özellikleri**Dicle BAL AKKOCA<sup>1</sup>, Gizem ÇETİNTAŞ<sup>2</sup><sup>1-2</sup> Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, ElazığSorumlu yazar e-posta: dbal@firat.edu.tr ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-3279-8443>e-posta: gchetintas@hotmail.com ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-0745-0912>

Geliş Tarihi: 07.11.2019

Kabul Tarihi: 31.08.2020

**Öz**

Bu çalışmada Elazığ İli'nin yaklaşık 12 km güneyinde Balıca Köyü civarında denizel ortamda çökelmiş olan Orta Eosen-Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu'nun ince taneli sedimanlarından alınan örneklerin jeokimyasal özellikleri belirlenmiş, böylece kaynak alandaki ayrışma derecesi, kaynak kayanın bileşimi ve tektonik özelliklerinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Balıca civarında Kırkgeçit Formasyonu yer yer çok ince taneli kumtaşları aralanmasından oluşan karbonatca zengin boz-gri renkli çamurtaşlarından oluşmaktadır. Log (SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)'e karşı log (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/K<sub>2</sub>O) oranına göre örnekler Fe'ce zengin şeyl alanına düşmektedir. Ortalama kimyasal alterasyon indeksi (CIA) ve kimyasal ayrışma indeksi (CIW) değerlerine göre bu sedimanların orta dereceli alterasyona uğradığı tespit edilmiştir. Kondrit normalize diyagramlarda Balıca örnekleri bileşimi çevre kayaçlardan Elazığ Magmatitleri'ne yakın değerler sunmuştur. Balıca örnekleri bileşiminin Post Avusturalya Arkeen Şeyllerin'den (PAAS) farklı olması bunların nötr, bazik karakter sunduğunu göstermektedir. Eu/Eu\* - Th/Sc oranlarına göre Kırkgeçit sedimanlarını besleyen kaynak kayaçlar bazik karakterlidir. Th/Co - La/Sc diyagramında örnekler bazik kayaçlarla silisik kayaçlar arasında yer almaktadır. La-Th-Sc üçgen diyagramı da örneklerin bileşiminin PAAS ve granitten farklı ve andezit ve bazalt aralığında olduğunu göstermiştir. La-Sc-Th, Th-Sc-Zr/10 diyagramlarına göre örneklerin bileşimi okyanusal ada yayı alanına düşmektedir.

**Anahtar Kelimeler**

Jeokimya; Kırkgeçit Formasyonu; Alterasyon; Tektonik Ortam; Elazığ

**Geochemical Properties of the Marine Sediments Around the Balıca (Southern Elazığ)****Abstract**

In this study, the geochemical characteristics of the samples collected from the fine grain sediments of the Middle Eocene-Oligocene Kırkgeçit Formation which is deposited in marine environment were studied, In these way, it was aimed to investigate the degree of chemical weathering, and tectonic setting of the source rocks, around Balıca Village which is located nearly 12 km south of the Elazığ Province. The Kırkgeçit Formation around Balıca consists of carbonate-rich gray-gray colored mudstones which are composed of very fine-grained sandstones alternation. In the log (SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) vs log (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/K<sub>2</sub>O) diagram the samples are clustered in the Fe-shale. Chemical index of alteration (CIA) and chemical index of weathering (CIW) of the sediments suggested that the intensity of weathering in the source area was moderate weathering. Chondrite-normalized patterns show that the compounds of Balıca samples are similar to Elazığ Magmatites. The fact that the Balıca samples different from the Post Australian Arkeen Shales (PAAS) shows that they presents a neutral, basic character. According to the Eu / Eu \* - Th / Sc ratios, the source rocks feeding the Kırkgeçit sediments

**Keywords**

Geochemistry; Kırkgeçit Formation; Alteration; Tectonic Environment; Elazığ

are of basic character. In the Th / Co - La / Sc diagram samples are between the basic and silicic rocks. The La-Th-Sc triangle diagram also showed that the samples are different from PAAS and granite, and were in the range of andesite and basalt in composition. According to the La-Sc-Th, Th-Sc-Zr/10 diagrams, composition of the samples fall into the oceanic island arc area.

## 1. Giriş

Sedimanların bazı major, iz ve nadir toprak elementlerini incelemeye yönelik önemli çalışmalar ulusal ve uluslararası literatürde mevcut olup, bu çalışmalarda sedimanların kaynak kayacı, bu kayaçların alterasyon derecesi ve kaynak kayaçların olduğu tektonik yerleşimi ortaya çıkarılmıştır (Armstrong-Altrin vd. 2004, Alizai vd. 2012, Tao vd. 2013, Armstrong-Altrin 2015, Garzanti vd. 2016). Na, K, Ca, Al gibi major oksitlerden faydalınalarak kullanılan indeksler ile sedimanların ve bunların kaynak kayacınının alterasyon derecesi belirlenebilmektedir (Nesbit ve Young 1982). Sedimanter süreçlerden en az etkilenen elementler olması dolayısıyla nadir toprak elementleri (NTE), Zr, Hf, Yb, Th gibi bazı elementler sedimanların kaynak kayacını ve tektonik ortamını tayin etmede yaygın olarak kullanılmaktadır (Condie vd. 2001, Armstrong-Altrin, 2015).

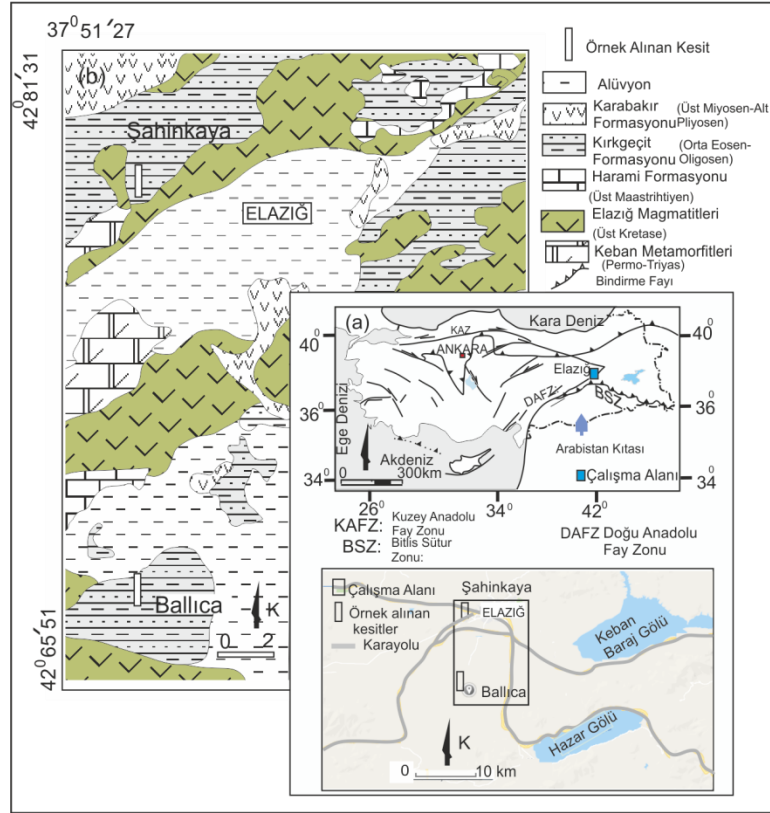
Türkiye'nin önemli tektonik yapılarından Güneydoğu Anadolu Bindirme Kuşağı ve Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin bölgenin yakınında bulunmasından dolayı inceleme alanı ve civarında genel jeolojik çalışmalar yapılmıştır. Doğu Anadolu Bölgesi'nde (Malatya, Elazığ ve Van dolaylarında) geniş alanlara yayılmış olan Kırkgeçit Formasyonu'nun jeolojisi ve Kırkgeçit denizel havzasının oluşumuyla ilgili detaylı çalışmalar Avcı (1983), Özkul ve Üşenmez (1986) tarafından yapılmıştır. Kırkgeçit Formasyonu'nun oluşum ortamı

İnceöz (1996) tarafından çalışılmıştır, araştırmacı Kırkgeçit Formasyonu'nun yay gerisi bir denizel bir havzada depolanmış sedimanlar olduğunu, ve havzanın kuzeyinden ortama kırıntı girişinin olduğunu belirtmektedir. Bununla birlikte daha önce bu sedimanların jeokimyası ortaya konulmamıştır. Bu çalışmada Elazığ güneyinde Balıca Köyü civarında (Şekil 1a) Kırkgeçit Formasyonu'ndan alınan örneklerin major, iz ve nadir toprak elementlerinden yararlanarak genel jeolojik çalışmalara göre bu birimin beslendiği ileri sürülen kuzeydeki Elazığ Magmatitleri'ne jeokimyasal olarak benzerliği karşılaştırılmış, ayrıca bu denizel sedimanların alterasyon derecesi ve sedimanları besleyen kaynak kayacın tektonik oluşum ortamı ortaya konulmaya çalışılmıştır.

## 2. Jeoloji

Elazığ İli'nin yaklaşık 12 km güneyinde Balıca köyü civarında yer alan Kırkgeçit Formasyonu'na ait sedimanları inceleme konusunu oluşturmaktadır. Yaşlıdan gence doğru çalışma alanındaki birimler Keban Metamorfikleri (Permo-Triyas), Elazığ Magmatitleri (Üst Kretase), Harami Formasyonu (Üst Maastrichtiyen), Kırkgeçit Formasyonu (Orta Eosen-Üst Oligosen) ile Karabakır Formasyonu (Üst Miyosen-Alt Pliyosen) ve Kuvaterner yaşlı alüvyonlardır (Şekil 1b).

Keban Metamorfikleri Özgül (1976) tarafından adlandırılmış olup, bu birim Elazığ civarında



**Şekil 1.a.** İnceleme alanının yer bulduru haritası, b. İnceleme alanının jeolojik haritası (Baykendi 1998'den sadeleştirilmiştir).

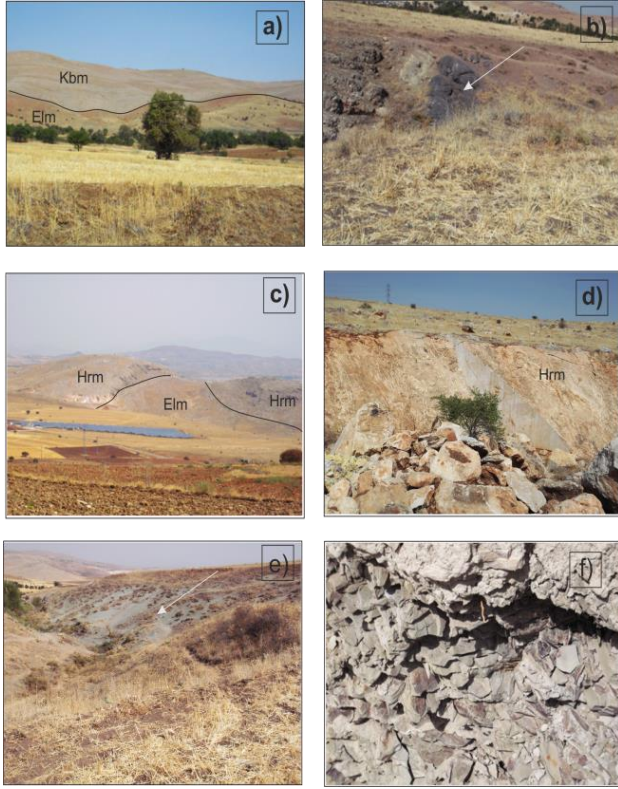
rekristalize kireçtaşı-kalkışit, mermer ve metakonglomera düzeyleri içeren kalkfillitlerden oluşmaktadır. Çalışma alanında mermer ve rekristalize kireçtaşlarından oluşan birim Balıca'nın yaklaşık 8 km kuzeyinde yüzelemektedir (Şekil 1b, 2a). Özgül (1976), birimin Erken Permiyen'den Geç Triyas'a kadar sakin ve sığ denizel bir ortamda şelf tipi kırıntılı ve karbonat depolanmalarının olduğu bir platformda çökeldiğini belirtmiştir.

Elazığ Magmatitleri Perinçek (1979), Yazgan (1984), Akgül (1993) tarafından Yüksekova Karmaşığı Yazgan (1984) tarafından Baskil Magmatitleri, Turan vd. (1995) Elazığ Magmatitleri adı altında incelemişlerdir. Bu çalışmada bu magmatitler için Elazığ Magmatitleri ismi kullanılmıştır. Bingöl (1986) birimin genel olarak gabro, diyorit, monzonit, tonalit ve granodiyorit gibi derinlik kayaçları; bazalt, andezit, dasit ve genellikle andezitik piroklastitler ve tüm bunları kesen granitik kayaçlar ve volkano-sedimanlardan oluştuğunu

belirtmiştir. İnceleme alanında Keban Metamorfileri ile magmatitler Balıca'nın kuzeyinde tektonik dokanak oluşturmaktadır (Şekil 1b, 2a).

İnceleme alanı ve çevresinde Balıca ve çevresinde bazaltik lavlar (Şekil 2b), andezitler ağırlıktadır. Magmatitlerin oluşum ortamı için Bingöl (1986), bölgede kuzeye dalımlı bir yitim zonu üzerinde gelişen bir ada yayı ürünü olarak meydana geldiğini belirtmiştir. Turan vd. (1995) ada yayı toleyitleri, ada yayı kalkalkali serisi ile birlikte çarpışma granitoidlerinin oluştuğunu belirtmişlerdir. Perinçek (1979) birime ait volkano-sedimanlar içerisindeki kırmızı renkli mikritik Kampaniyen-Maestrihtiyen yaşlı fosiller bulmuş, Yazgan (1984), K/Ar radyometrik yaş tayinine dayanarak birime Koniasiyen-Santoniyen-Kampaniyen yaşını vermiştir.

Harami Formasyonu Balıca civarında resifal kireçtaşı istifleri ile temsil olunmaktadır Balıca'nın yakın



**Şekil 2a.** Elazığ Magmatitleri ve Keban Metamorfiteeri arasındaki tektonik dokanak, b-c. Elazığ Magmatitleri'ne ait bazaltik lavlardan görünüm, d-e. Elazığ Magmatitleri üzerinde uyumsuz olarak yer alan Harami Formasyonu, f-g. Kırkgeçit karbonatlı boz renkli çamurtaşları çamurtaşları, h. Karabakır Formasyonu'na ait bazaltlardan görünüm.

kuzeybatısında Elazığ Magmatitleri üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır (Şekil 1c). Birim inceleme alanında kalın tabakalı kireçtaşlarından oluşmaktadır (Şekil 2d). Aksoy vd. (1999) birimin oluşum ortamı için, ada yayı volkanizmasının etkin olmadığı bir dönemde Maastrichtiyen'de, Elazığ Magmatitleri'nin üzerine çökeldiğini belirtmektedir.

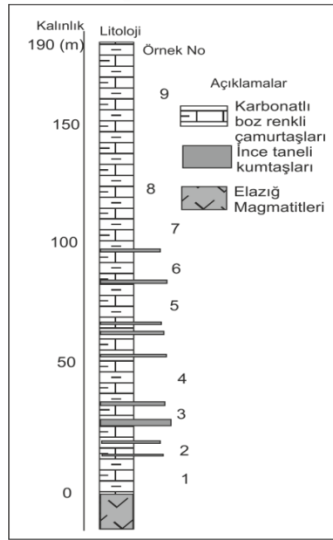
Kırkgeçit Formasyonu inceleme alanında Keban Metamorfiteeri, Elazığ Magmatitleri ve Harami Formasyonu'nu uyumsuz olarak örter (Şekil 1b). Balıca yöresinde geniş yüzeylemeler sunan Kırkgeçit Formasyonu genellikle çok ince taneli kumtaşı ara seviyeleri içeren karbonatlı boz renkli çamurtaşları ile temsil edilmektedir (2e-f). Kırkgeçit Havzası'nın kuzeyinde Elazığ Magmatitleri ve bu magmatitlerden

malzeme almış, bu birimin çakıllarını içeren taban konglomeraları ve kumtaşları ve daha kalın tabakalı seviyelerde rekritalize kireçtaşlarından oluşan Harami Formasyonu ve rekritalize kireçtaşları mermerlerden oluşan Keban Metamorfiteeri bulunmaktadır. bunlar havzayı besleyen kayaç birimleridir. Kırkgeçit Formasyonu'nun oluşum ortamı ile ilgili görüşler farklıdır. Özkul (1988) Kırkgeçit Formasyonu'nun oluşumu için derin deniz self kompleksi üzerinde gelişmiş yay gerisi bir havza olduğunu belirtmiştir. İnceöz (1996) Kırkgeçit Formasyonu'nun yay gerisi, bir havzada depolandığını, şiddetli tektonizmaya bağlı olarak çok hızlı gelişen sübsidans nedeniyle, yörede kısa sürede derin deniz koşullarının oluştuğunu ve ortama kırıntı girişinin kuzeyden olduğunu belirtmektedir. Kırkgeçit Havzası'nın kuzeyinde Elazığ Magmatitleri Özkul (1988), Elazığ batısında Kırkgeçit Formasyonu'nda yaptığı sedimentolojik çalışmada, kırıntılı malzeme taşıyan eski akıntıların havzaya kuzeyden ve farklı noktalardan girip, daha sonra havza içerisinde güneye, güneybatıya ve batıya yöneliklerini belirtmektedir. Araştırmacı havzanın batıya doğru genişlediğini, Kırkgeçit Formasyonu'nun Orta Eosen-Oligosen'deki bir yay gerisi havzada çökeldiğini belirtmiştir. Özkul (1988), Elazığ batısında Kırkgeçit Formasyonu üzerinde yaptığı çalışmada, birime Orta Eosen-Üst Oligosen yaşını vermiştir.

İnceleme alanında Karabakır Formasyonu Elazığ'ın yaklaşık 2 km güneyinde bazaltik kayaçlardan ve gölsel çökellerden oluşmaktadır. Şaroğlu ve Yılmaz (1984), Doğu ve Güneydoğu Anadolu'daki Neojen-Kuvaterner yaşlı volkanizmayı, Orta Miyosen'den beri süregelen sıkışma rejimi ve buna bağlı olarak kalınlaşan kıta kabuğunun kısmi ergimesiyle oluşup, açılma çatlakları boyunca yüzeye çıkması ile ilişkilendirmişlerdir. Yapılan çalışmaları sonucunda Karabakır Formasyonu'nun kireçtaşı üyesinin gölsel ortamda çökeldiği, bazalt üyesinin ise tamamen kıta içi volkanizma ürünleri olduğu belirlenmiştir. Türkmen ve Aksoy (1988) Karabakır Formasyonu'nun yaşı için, Üst Miyosen-Pliyosen yaşını önermiştir.

### 3. Materyal ve Metod

Balıca Köyü'nün yaklaşık 1 km doğusundan Balıca kesitinde beyaz-boz renkli karbonatlı ince taneli sedimanlardan sistematik olarak örnekler alınmıştır (Şekil 3). 9 adet örneğe ait major, iz element içerikleri ICP-AES ile, nadir toprak elementleri (NTE)'ler ICP-MS ile ACME Analitik Laboratuvarında (Kanada) yapılmıştır. Ana, iz ve nadir toprak elementler 1150 °C'de platin-altın krozeve 1/5 oranında numune ve lityumtetraborat (Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>) katılmasıyla elde edilmiş cam pelletlerde ICP-AES ve ICP-MS tekniği ile ölçülmüştür.



Şekil 3. Balıca kesitinden alınan örnekler

Bu çalışmadaki örnekler ile daha önce Elazığ merkezde Şahinkaya civarında Kırkgeçit Formasyonu'ndan alınan 10 adet örneğe ait verilerin ortalaması (Akkoca 2018) karşılaştırılmıştır. Ayrıca Kırkgeçit Formasyonu'na malzeme veren

magmatitler olan Elazığ Magmatitleri ile karşılaştırmak için Dönmez (2006) verileri ortalaması kullanılmıştır.

### 4. Bulgular

#### 4.1. Major ve iz element jeokimyası

Balıca Kesiti örneklerine ait verilerin ortalaması, major, iz element konsantrasyonları, aritmetik ortalama ( $\bar{x}$ ), standart sapma değerleri (St.Sp.). Tablo 1'de verilmiştir. Bununla birlikte üst kıtasal kabuğu karakterize eden felsik bileşimli Arkean sonrası Avustralya Şeylleri (PAAS) verilmiştir. Tablo1-2'den ve Şekil 4a'da görüldüğü gibi Elazığ il merkezinin yakın kuzeybatısında Kırkgeçit Formasyonu'na ait Şahinkaya kesiti örnekleri ile bu çalışmadaki Balıca kesiti örneklerinin belirgin oranda benzer olması, bu formasyonun bileşiminin Elazığ civarında benzerlik sunduğunu göstermektedir. CaO oranının PAAS bileşimi ve magmatitlere göre daha yüksek olması Kırkgeçit denizel sedimanların karbonatlı çamurtaşları olması bu elementin kalsit gibi karbonat minerallerinden kaynaklanmaktadır. Kırkgeçit denizel havzasına karbonatlı rekristalize kireçtaşları içeren Keban Metamorfileri ve Harami Formasyonu malzeme vermiştir. Element birlikteliklerinin ortaya çıkarılabilmesi için korelasyon analizleri yaygın olarak kullanılırlar (Caritat ve Mann, 2019). Şekil 4b'de Al ile major elementlere ait korelasyon katsayılarını göstermekte olup Ca elementi haricinde Si, Fe, Na, Ti, K ve P elementlerinin pozitif korelasyon göstermesi de karbonat minerallerinden çok bu elementlerin silikat ve fillosilikatlarına bağlı olduğunu göstermektedir. PAAS'a göre CaO dışında örneklerin major oksit içeriklerinin düşük olması örneklerin

**Çizelge 1.** Ballica örnekleri major ve iz elementler. Şahinkaya örnekleri ortalaması (Akkoca 2018), Elazığ Magmatitleri ortalaması (Dönmez 2006), Arkeen sonrası Avusturalya şeylleri ortalaması (PAAS, Taylor ve McLennan 1985)'den verilmiştir.

	BA2	BA3	BA4	BA5	BA6	BA7	BA8	BA9	BA10	ort	St .Sapma	Şhkaya	ELMAG	PAAS
SiO <sub>2</sub>	22,97	39,14	36,03	39,94	40,68	29,96	37,67	26,21	45,85	35,38	7,46	37,29	55,9	62,4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,07	10,6	9,25	10,95	11,24	7,84	9,57	6,49	12,34	9,26	2,38	9,85	14,86	18,78
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,04	6,72	6,02	7,09	7,51	4,97	6,33	4,09	7	5,86	1,52	5,39	7,43	7,18
MgO	2,87	6,76	6,04	6,86	7,1	5,25	6,23	4,09	3,98	5,46	1,5	3,75	4,51	2,19
CaO	33,4	14,59	18,4	13,73	12,41	24,24	16,55	29,02	12,65	19,44	7,67	19,87	5,92	1,29
Na <sub>2</sub> O	0,33	0,27	0,19	0,18	0,15	0,05	0,11	0,13	2,12	0,39	0,65	1,22	4,26	1,19
K <sub>2</sub> O	0,75	2,05	1,7	2,16	2,17	1,18	1,61	1,14	1,12	1,54	0,52	1,11	1,04	3,68
TiO <sub>2</sub>	0,31	0,59	0,51	0,61	0,6	0,43	0,53	0,35	0,75	0,52	0,14	0,55	0,85	0,99
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,07	0,1	0,11	0,11	0,13	0,09	0,1	0,07	0,08	0,1	0,02	0,08	0,11	0,16
MnO	0,05	0,07	0,09	0,07	0,08	0,08	0,1	0,08	0,11	0,08	0,02	0,08	0,14	0,11
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,02	0,01	0,04	0,01	0,03	0,01	0,01
LOI	30,9	18,9	21,4	18,1	17,7	25,7	20,9	28,1	13,8	21,7	5,18	20,59	4,88	-
Toplam	99,86	99,87	99,87	99,88	99,88	99,84	99,78	99,79	99,83	99,8	0,04	99,86	99,97	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /TiO <sub>2</sub>	16,3	17,9	18,1	17,9	18,7	18,2	18	18,5	16,4	17,8	17	17,8	17,48	18,97
CIA	72	77	78	78	79	74	71	70	70	75	3,6	64	-	-
CIW	81	91	93	94	95	97	96	93	62	89	11	83	-	-
CIA/CIW	1,13	1,19	1,19	1,2	1,19	1,15	1,17	1,17	0,88	1,14	0,09	0,77	-	-
Ba	527	159	129	150	137	114	337	186	111	205,6	138,8	122	103,32	650
Ni	112	298	282	307	369	200	339	189	49	238,3	107,9	101	88,36	55
Sc	9	18	16	19	20	15	16	11	20	16	3,9	15	28	16
Co	11,7	24,9	26,3	21,1	33,6	15,4	34,4	21,1	16,6	22,8	7,8	17	23,2	23
Cs	1,8	5,3	3,9	5,5	5,3	3,2	4,4	3,3	0,7	3,7	1,7	2	0,2	15
Ga	4,1	10,5	8,6	10,6	11,5	7,9	10,8	6,5	11,6	9,1	2,6	9	14,6	15
Hf	1,3	2,1	1,8	2,1	2,2	1,5	1,9	1,3	2,1	1,8	0,4	2	2,4	5
Nb	4,2	8	6,9	8,1	8,1	4,9	7,4	5,3	2,3	6,1	2,1	4	1,6	1,9
Rb	25,1	68,7	54,9	71,9	72	41	56,4	40,2	25,3	50,6	18,6	32	28,8	160
Sr	734,1	356,4	380,3	267,2	222,9	711,9	375,4	732,1	158,9	437,7	228,2	370	193,2	200
Th	2,3	5,1	4,2	5,1	4,9	3,3	4,4	3,2	1,9	3,8	1,2	2	1,7	14,6
U	1,2	1,5	1,1	1,3	1,3	1,4	1,1	1,1	0,8	1,2	0,2	1	0,3	3,1
V	65	135	111	129	147	98	130	94	196	122,8	37,3	118	229	150
Zr	56,3	84,8	68,4	80,6	81,2	60,7	68,3	48,5	69,1	68,7	12,2	65	76,8	210
Y	9,5	13,5	12,6	14,3	14,4	11,5	13,4	10,6	21,5	13,5	3,4	14	28,8	27
Mo	0,2	0,2	0,3	0,1	0,4	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	1	0,86	---
Cu	16	37,5	36	40,2	44,3	31,3	38,9	25,7	36,7	34,07	8,6	30	36,78	50
Pb	4,6	8,2	6,3	6,9	8,7	3,3	7,5	6,6	9,5	6,84	1,96	8	0,8	20
Zn	26	68	61	67	72	51	63	54	69	59	14,2	56	58	85
Ni	117,9	305,1	285,5	317,8	378,3	204,1	336,7	181,3	38,3	240,56	112,45	101	88,36	55
Cr	224,4	299,2	285,6	299,2	319,6	204	292,4	190,4	102	246,31	71,46	240,04	115,6	68
TiO <sub>2</sub> /Zr	55,06	69,57	74,56	75,68	73,89	70,84	77,59	72,16	108,53	76,64	13,91	84,61	88,54	47,14

karbonatlı olması ve karbonatın seyreltme etkisinden kaynaklanmaktadır. Herron (1988) diyagramında Log (SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)' e karşı log (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/K<sub>2</sub>O) oranına göre örnekler Fe' ce zengin şeyl alanına düşmektedir (Şekil 4c).

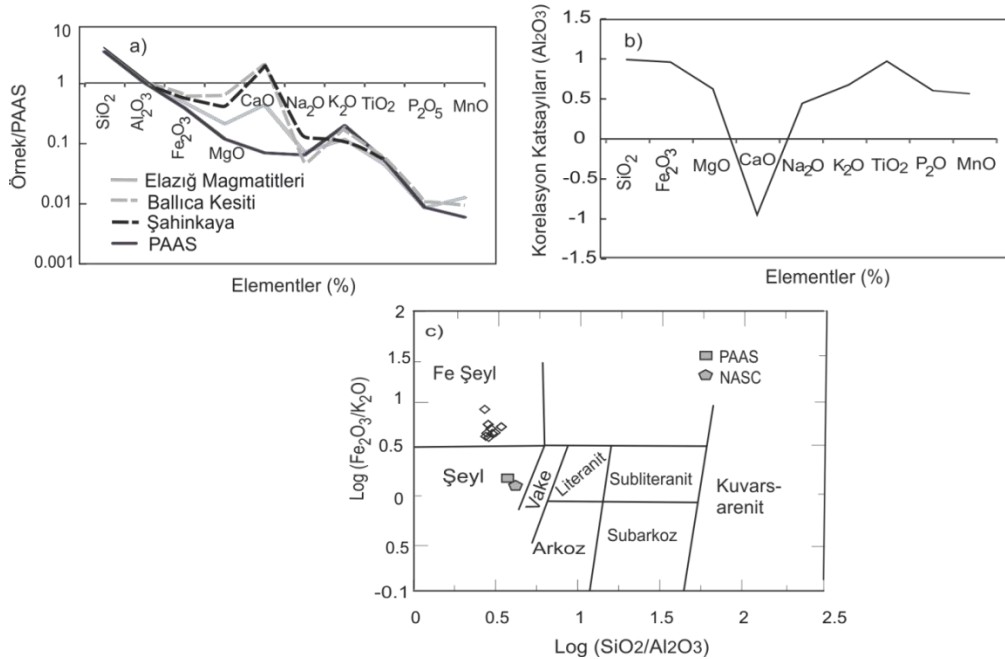
#### 4.2. Nadir toprak element jeokimyası

Her üç gruba ait nadir toprak elementleri (NTE) Tablo 2'de verilmiştir. Tabloda ortalamalardan görüldüğü gibi Ballica ve Şahinkaya örnekleri benzer NTE bileşimine sahiptir. Toplam NTE CaO ve Sr dışındaki major ve iz elementlerle pozitif korelasyon göstermektedir (Şekil 5a-b). CaO ve Sr elementi karbonat minerallerine bağlı olup (Dix 2006), diğer major oksit ve iz elementlerin NTE 'ler ile pozitif korelasyonu bu elementlerin ve fillosilikatlara bağlı olduğunu yansıtır. Fillosilikatların NTE'leri içerdiği Coppin vd. (2002), tarafından belirtilmiştir.

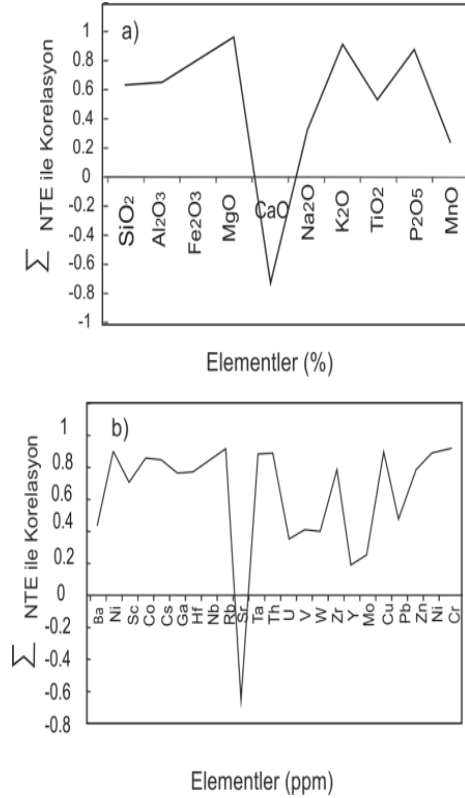
## 5. Tartışma

### 5.1. Kaynak kayaç alterasyon derecesi

Sedimanter kayaçların ayrışma dereceleri tanımlamak için en yaygın olarak kullanılan CIA indeksi (Kimyasal Alterasyon İndeksi)  $Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO^* + Na_2O + K_2O) \times 100$  formülü ile hesaplanmıştır. CaO\* silikat minerallerindeki CaO' u ifade eder (Nesbit ve Young 1982). Örnekler karbonatlı olup, CO<sub>2</sub> değerleri ölçülmediği durumda CaO\* olarak CaO x 10 / 3 kullanılır (Maynard 1982, Fedo vd. 1995). Ancak bu değer Na<sub>2</sub>O'dan yüksek ise Na<sub>2</sub>O değerleri CaO\* olarak kabul edilir (Mourabet vd. 2018). Bu hesaplamada CaO x 10 / 3 ile elde edilen değerler Na<sub>2</sub>O'dan yüksek olduğu için CaO\* olarak Na<sub>2</sub>O değerleri kullanılmıştır. CIA değerleri magmatik



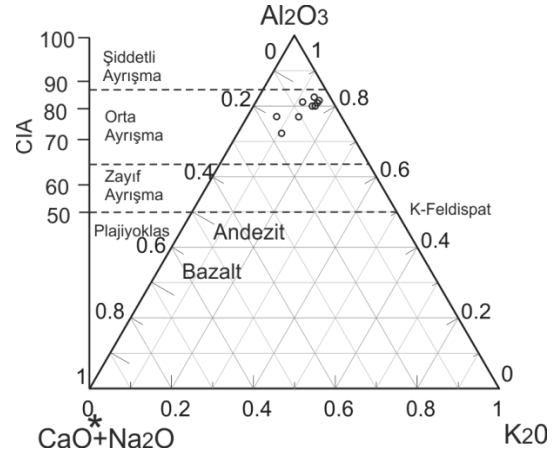
**Şekil 4.** a. Örneklerde major oksitlerin PAAS'a normalize diyagramları. Şahinkaya örnekleri ortalaması (Akkoca 2018), Elazığ Magmatitleri ortalaması (Dönmez 2006), Arkeen sonrası Avusturalya şeylleri ortalaması (PAAS, Taylor ve McLennan, 1985). b. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> elementlerinin major oksitlerle korelasyon katsayılarını gösteren grafik, c. Log (SiO<sub>2</sub> / Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)' e karşı log (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / K<sub>2</sub>O) Herron diyagramında örneklerin dağılımı. NASC: Kuzey Amerika şeyl kompozisyonu (Gromet vd. 1984).



**Şekil 5.** Toplam nadir toprak elementleri (NTE) ile a. Major oksitler b. İz elementler arasındaki korelasyon katsayılarını gösteren grafik, arasındaki korelasyon katsayılarını gösteren grafik.

kayaç ve feldispatlarda 50, şeyllerde 70-75 olup bu değer 80 ve 100 arasında olması kaynak alanın yüksek derecede alterasyona maruz kaldığını gösterir (Fedo vd. 1995). Balıca kesiti örneklerinde CIA indeksi ortalama CIA değerleri 75 'dir (Tablo 1). Nesbit ve Young (1982) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - CaO\* + Na<sub>2</sub>O - CaO\* + K<sub>2</sub>O üçgen diyagramında da örnekler orta derecede altere olduğu görülmektedir (Şekil 6).

Karbonat içeren örneklerde bir diğer alterasyon indeksi olan CIW değerleri Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + CaO\* + Na<sub>2</sub>O) x 100 ile hesaplanır (Harnois 1988).



**Şekil 6.** Nesbit and Young (1982) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>- CaO\*+ Na<sub>2</sub>O - K<sub>2</sub>O üçgen diyagramında örneklerin dağılımı

Hesaplanan bu değerlerin ortalaması 89.69 olup CIW/CIA değerlerinden yararlanılarak denizel havzaya malzemenin kaynak kayaca olan mesafesi hakkında fikir elde edilir, bu değer düşük olduğu kaynak kayacın yakınlığını ve taşınmanın mesafesinin az olduğunu gösterir (Gao ve Wedepohl 1995). Bu değer düşük olduğu kaynak kayacın yakınlığını ve taşınmanın mesafesinin az olduğunu gösterir (Gao ve Wedepohl 1995, Eker 2012). İnceleme alanı için hesaplanan ortalama CIW/CIA değerleri 1.14 olup bu değer düşük değerler sunması denizel havzaya malzemenin yakın çevre kayalardan geldiğini göstermektedir.

ICV sedimanların olgunlaşmış (mature) ya da olgunlaşmamış (immature) olup olmadığını belirten bir diğer indekstir (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + K<sub>2</sub>O + Na<sub>2</sub>O + CaO\* + MgO + TiO<sub>2</sub>) / Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> formülü ile hesaplanır. Örneklerin karbontalı olması dolayısıyla bu hesaplamada da CaO\* olarak NaO alınmıştır (Mourabet vd. 2018). ICV<1 ise yüksek derece alterasyondan kaynaklanan olgunlaşmış sedimanları gösterirken, ICV>1 ise düşük derece alterasyondan kaynaklanan olgunlaşmamış sedimanları yansıtır (Cox ve Cullers 1995).



**Çizelge 2.** Balıca örnekleri nadir toprak elementleri Şahinkaya örnekleri ortalaması (Akkoca 2018), Elazığ Magmatitleri ortalaması (Dönmez 2006), Arkeen sonrası Avusturalya şelleri ortalaması (PAAS, Taylor ve McLennan 1985)'den alınmıştır.

	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Eu/Eu*
BA2	10.1	17.7	2.07	8.6	1.56	0.48	1.76	0.26	1.59	0.92
BA3	15	27.2	3.07	12.7	2.56	0.7	2.59	0.4	2.39	0.87
BA4	14	25.9	2.99	11.4	2.43	0.59	2.35	0.36	2.34	0.85
BA5	16.2	29	3.38	12.7	2.68	0.7	2.72	0.42	2.49	0.87
BA6	16.7	30	3.38	12.9	2.71	0.69	2.78	0.43	2.39	0.88
BA7	10.9	18.3	2.34	9.4	2	0.56	2.06	0.32	1.99	0.88
BA8	15.7	25.9	3.07	12.3	2.69	0.68	2.54	0.4	2.51	0.84
BA9	12.1	17.9	2.28	8.9	1.76	0.47	1.78	0.3	1.85	0.87
BA10	6.8	13.9	1.92	8.5	2.35	0.85	3	0.57	3.86	0.98
ort	13.06	22.87	2.72	10.82	2.3	0.64	2.4	0.38	2.38	0.88
St. sapma	3.32	5.9	0.57	1.93	0.43	0.12	0.44	0.09	0.64	0.04
Şahinkaya	9.1	16.8	2.2	8.8	2	0.6	2.4	0.4	2.4	0.93
ELMAG	10.5	23.3	3.32	15.2	3.9	1.22	5.07	0.9	5.06	0.82
PAAS	38	80	8.83	33.9	5.6	1.1	4.66	0.77	4.68	0.64

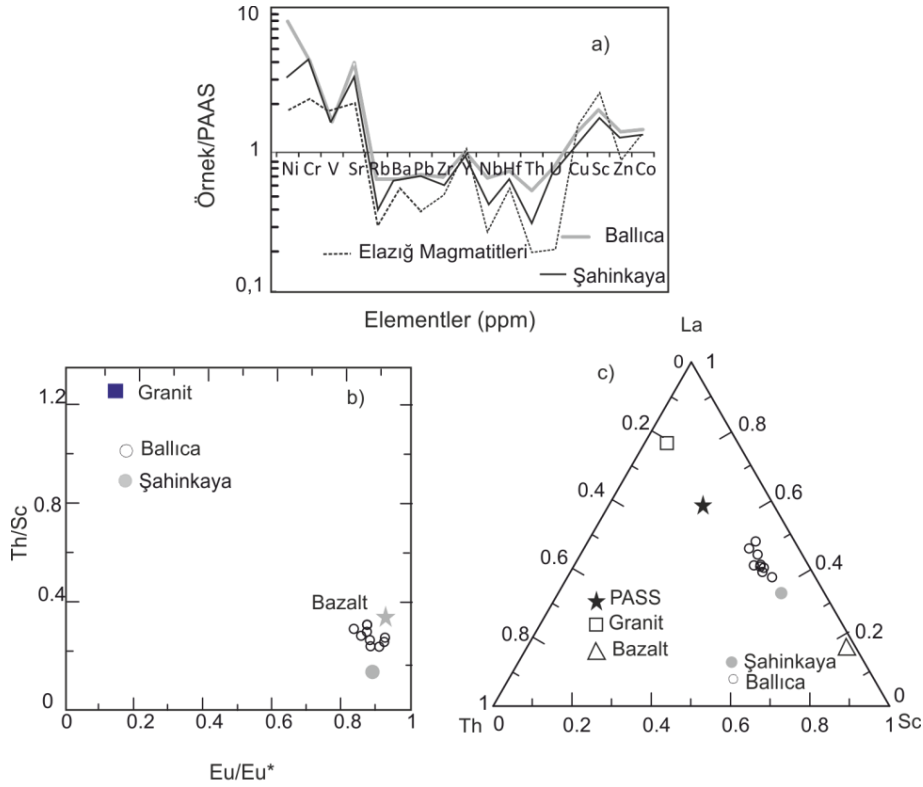
Olgunlaşmamış sedimanlar tektonik olarak aktif ortamlardaki havzalarda oluşan sedimanlara işaret

eder. ICV değeri Balıca kesitinde 1.23-1.61 arasında olup bu değerlerin >1 olması Balıca örneklerin olgunlaşmamış sedimanları temsil ettiğini göstermiştir (Tablo 1). Gerçekten Özkul (1988) Kırkgeçit Formasyonu üzerinde yaptıkları çalışmalarda, formasyonun yaklaşan bir levha sınırında yay gerisi, havzada şiddetli tektonizmaya bağlı olarak çok hızlı gelişen sübsidans havzası olarak geliştiğini belirtmişlerdir.

## 5.2. Kaynak kayaç bileşimi

Sedimanter kayaçların jeokimyası, bu sedimanların türediği kaynak kayaçların jeokimyasını yansıtması bakımından önemli ipuçları sağlar (Taylor ve McLennan 1985). Bazı major elementler sedimanların kaynak alanının ortaya konulmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Rosser ve Korsch 1986, Armstrong

Altrin vd. 2004, 2012). Kayaçların ayrışması, taşınması, çökmesi ve diyajenezi boyunca  $Al_2O_3/TiO_2$  oranları fazla değişikliğe uğramamaktadır.  $SiO_2$  içeriğinin artması bu oranın da artmasına neden olmaktadır. Magmatik kayaçlarda Ti, piroksen, hornblend, klorit, biyotit, ilmenit gibi mafik minerallere bağlı iken, Al feldispatlara ve killere bağlıdır ve  $Al_2O_3 / TiO_2$  oranlarını mafik kayaçlar için 3-11, ortaç bileşimli kayaçlar için 11-21 ve felsik kayaçlar için 21-70 aralığındadır (Hayashi vd. 1997). Balıca kesiti örneklerinde ortalama  $Al_2O_3 / TiO_2$  oranı ortalama 17.8 olup (Tablo 1), buna göre örnekler ortaç bileşime uymaktadır. Ural vd. (2015) inceleme alanı ve civarında Kırkgeçit Formasyonu'na malzeme veren Elazığ Magmatitleri'nde bazaltların bulunduğu, bununla birlikte ortaç bileşimli andezit bileşimli kayaçlarının ağırlıklı olduğunu belirtmiştir. Th, Zr, Ba, Rb, Hf, Nb, Pb, U elementleri felsik kayaçlarda daha yüksek miktarda bulunurlar (Mishra ve Sen 2012). PAAS bileşimine normalize diyagramda element miktarları Balıca kesiti ve Şahinkaya kesitinde Elazığ



**Şekil 7.** Ballica örnekleri a. iz elementlerinin PAAS'a normalize diyagramı, b.  $Eu/Eu^*$  -  $Th/Sc$  diyagramı (Cullers ve Podkovyrov 2002), c. La-Th-Sc üçgen diyagramı (Cullers 1994).

Magmatitleri'ne benzerlik sunmakta olup (Şekil 7a) bu elementler Ballica kesiti örneklerinde felsik bileşimli PAAS'a göre daha düşüktür. Sc, V, Co, Cr, Ni elementleri ise mafik kayaçlarda daha çok zenginleşir (Taylor ve McLennan 1985). Şekil 7 a'da görüldüğü gibi bu elementler PAAS'a göre daha yüksektir, bu da örneklerin kıtasal karakterli PAAS'a göre daha az felsik karakterli olduğunu, yani nötr bazik bileşimli olduğunu göstermektedir.

Sedimanların kaynak kaya bileşiminin tespitinde  $TiO_2/Zr$  oranı kullanılmakta olup, mafik kayaçlarda  $>200$ , ortaç kayaçlar için 195-55 arasında, felsik kayaçlarda  $<55$ 'dir (Hayashi vd. 1997). Bu oran Ballica kesiti örneklerinde ortalama 75.50 olup örnekler ortaç karakterli kayaçlara uymaktadır.

Sedimanter kayaçların köken belirlemede diğer önemli elementler Eu, La, Sc, Th ve Co'dır

(Winchester ve Floyd 1989). Ballica kesiti örneklerindeki  $Eu/Eu^*$  -  $Th/Sc$  oranına göre Kırkgeçit sedimanlarını besleyen kaynak kayaçların bileşimi bazik kaynak kayaç bileşimine uyuyor iken; La-Th-Sc üçgen diyagramında örneklerin PAAS ve granitten farklı ve andezit ve bazalt aralığında olduğu görülmüştür (Şekil 7b-c). Ballica Kesiti örneklerinin La/Sc, Th/Sc, Co/Th oranları granit, andezit ve ofiyolitlerle karşılaştırılmıştır. Buna göre her iki kesitte örnekler andezit alanına düşmektedir (Tablo 2).

Mafik kayaçlar düşük HNTE/ANTE oranı ve anomali göstermeyen Eu değerine sahip olup, felsik kayaçlar, genellikle yüksek HNTE/ANTE oranı ve negatif Eu anomalisi gösterirler. (Cullers ve Graf 1983). İncelenen örneklerde  $Eu/Eu^*$  oranları Ballica kesitinde 0.88 olması önemli bir Eu anomalisinin olmadığını göstermektedir (Tablo 2).

**Çizelge 3.** Balıca örnekleri element oranları. Şahinkaya bölgesinde örneklerin ortalaması (Akkoca 2018), Elazığ Magmatitleri ortalaması (Dönmez 2006), Arkeen sonrası Avusturalya şelleri ortalaması (PAAS, Taylor ve McLennan 1985)'den verilmiştir. a. Condie (1993), b. Spadea vd. (1980), c. Cullers (1994), d. Taylor and McLennan (1985)'den alınmıştır.

	La/Sc	Sc/Th	Co/Th
Andezit <sup>a</sup>	0.9	4.65	4.65
Granit <sup>a</sup>	8	0.28	0.17
Ofiyolit <sup>b</sup>	0.25	56	70
Bazik kaynak <sup>c</sup>	0.4-1.1	20-25	7.1-8.3
Felsik kaynak <sup>d</sup>	2.5-16	0.05-1.2	0.22-1.5
Balıca	1.12	4.57	6.11
Şahinkaya	0.75	7.07	7.55

Şekil 8' de de kondrit normalize diyagramda felsik bileşimli PAAS bileşimine göre HNTE/ANTE oranının düşük olduğu ve önemli Eu anomalisinin olmadığı görülmesi, inceleme alanındaki örneklerin felsikten çok ortaç-bazik ağırlıklı kaynak kayaca sahip olduğunu göstermiştir.

### 5.3. Tektonik Ortam

La/Sc, Ti/Zr oranlarına göre çizilen diyagram (Bhatia ve Crook, 1986) inceleme alanındaki örneklerin okyanus adayı ortamında depolanmış kayalardan türediğini göstermektedir (Şekil 9a). Aynı şekilde Bhatia ve Crook (1986) Th-Sc-Zr/10 üçgen diyagramında ise örnekler okyanus ada yayı alanına düşmektedir (Şekil 9b). Gerçekten inceleme konusu sedimanların temel kayacı ve birime malzeme veren magmatitleri temsil eden Elazığ Magmatitleri'nin

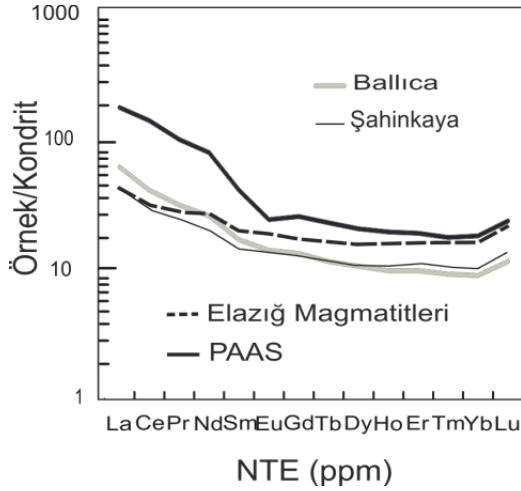
okyanus adayı ortamında olduğu Hempton ve Savcı (1982) tarafından belirtilmiştir. Benzer şekilde güncel çalışmalardan Dönmez (2006), Tanyıldızı (2014), Ural vd. (2015) Elazığ Magmatitleri'nin Neotetis'in güney kolunun dalma-batma ile ilişkili Geç Kretase'de oluşan ada yayı ortamında oluştuğunu ileri sürmüştür. İnceleme alanından alınan Kırkgeçit sedimanlarının da bileşim olarak okyanusal yay özelliği göstermesi, okyanusal adayı ortamında oluşmuş olan Elazığ Magmatitleri'nin Kırkgeçit sedimanlarının bileşiminde etkili olduğu ve Kırkgeçit Havzasına malzeme verdiğini göstermektedir.

### 6. Sonuçlar

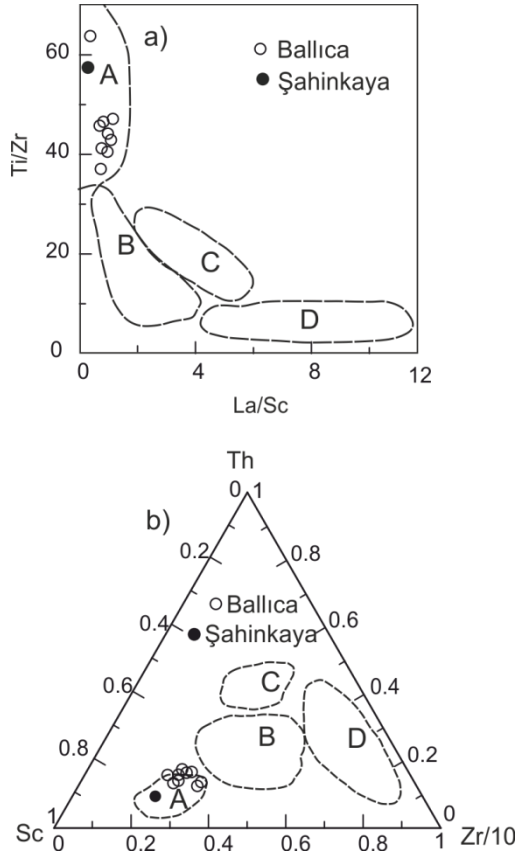
Bu çalışmada Balıca (Elazığ güneyi) civarındaki Orta Eosen - Üst Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu'na ait karbonatlı ince taneli sedimanlardan alınan örneklerin jeokimyası ortaya çıkarılmıştır. İnceleme alanındaki birimler yaşlıdan gence doğru; Keban Metamorfite (Permo- Triyas), Elazığ Magmatitleri (Üst Kretase), Harami Formasyonu (Üst Maastrichtiyen), Kırkgeçit Formasyonu (Orta Eosen- Üst Oligosen) ile Karabakır Formasyonu (Üst Miyosen- Alt Pliyosen) ve Kuvaterner yaşlı alüvyonlardır.

Sedimanların yüksek miktarda Ca içermesi kuzeyde beslenme alanında Keban Metamorfite ve Harami Formasyonu'na ait rekristalize kireçtaşlarından kaynaklanmaktadır.

Örneklerin CIA değerlerine göre orta dereceli alterasyona uğramış olan kaynak kayalardan türeyen Kırkgeçit sedimanlarının CIW/CIA oranı ortalamalarının da düşük olması sedimanların tektonik olarak aktif bir denizel havzada çökeldiğini göstermekte olup, bu daha önceki çalışmalarla uyum içerisindedir.



**Şekil 8.** Balıca örnekleri NTE 'lerin Kondrite normalize diyagramı. Şahinkaya örnekleri ortalaması (Akkoca 2018), Elazığ magmatitleri ortalaması (Dönmez,2006), Arkeen sonrası Avusturalya şelleri ortalaması (PAAS, Taylor ve McLennan, 1985) verilmiştir.



**Şekil 9.** Balıca örneklerinin Bhatia ve Crook (1986) a. La/Sc-Ti/Zr diyagramında, b.Th-Sc-Zr/10 üçgen

diyagramında dağılımı. A = Okyanus adayı, B = kıtasal adayı, C = aktif kıtasal kenar, D= pasif kıtasal kenar.

ICV değerleri de bu hızlı sedimantasyondan dolayı sedimanların olgunlaşmamış olduğunu göstermiştir. Log (SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)' e karşı log (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/K<sub>2</sub>O) oranına göre örnekler Fe' ce zengin şeyl alanına düşmektedir. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> ve TiO<sub>2</sub>/Zr oranlarına göre Balıca örnekleri ortaç bileşime uymaktadır. Eu/Eu\*, Th/Sc, Th/Co, La/Sc oranlarının kullanıldığı diyagramlarda örnekler nötr, bazik bileşimlidir. La-Th-Sc üçgen diyagramında örnekler andezit ve bazalt aralığındadır. PAAS bileşimine göre örneklerin düşük HNTE/ANTE oranına sahip olması ve yüksek Eu/Eu\* oranları da sedimanların ortaç-bazik mafik bileşime sahip olduğunu, dolayısıyla bu bileşimdeki kayaçlardan beslendiğini gösterir. La/Sc, Ti/Zr, La/Sc, Sc/Zr diyagramında örnekler okyanusal ada yayı özelliğini göstermiştir.

Kırkgeçit sedimanlarının beslendiği kaynak alan içerisinde Keban Metamorfileri ve Harami Formasyonu'na ait karbonatlı kayaçlar bu sedimanların karbonatca zengin olmasına neden olmuştur. Elazığ Magmatitleri ise Kırkgeçit Formasyonu'nu besleyen kuzeydeki magmatik birim olup, Kırkgeçit Formasyonu'nun jeokimyasal bileşim olarak bu magmatitleri yansıttığı bu çalışmada görülmüştür.

## 7. Katkı Belirtme

Bu çalışma Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimi tarafından desteklenmiş olan (FÜBAP) MF. 18.03 nolu projeden üretilmiştir. Makalenin incelenmesi sırasında yapmış oldukları katkılarından dolayı hakemlere teşekkürü boç bilimiz.

## Kaynaklar

- Akgül, B., 1993. Piran (Elazığ) köyü çevresindeki mağmatik kayaçların petrografik ve petrolojik özellikleri, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, Türkiye, 128.
- Akkoca, Bal, D., 2018. First data on the geochemistry of the Kırkgeçit marine clayey sediments at the northern vicinity of Elazığ, (Eastern Turkey). CILICIA International Symposium on Engineering and Technology (CISSET), Mersin, Türkiye, 168-175.
- Aksoy, E., Türkmen, İ., Turan M., ve Meriç, E., 1999. Harami Formasyonu'nun (Üst Kampaniyen-Maastrichtiyen) stratigrafik konumu ve çökeltme ortamı ile ilgili yeni bulgular, Elazığ Güneyi, *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, **11 (1)**, 1-15.
- Alizai, A., Hillier, S., Clift, P.D., Giosan, L., Hurst, A. and VanLaningram, S., 2012. Macklin, M. Clay mineral variations in Holocene terrestrial sediments from the Indus Basin. *Quaternary Research*, **77**, 368–381,
- Armstrong – Altrin, J.S., Lee, Y.I., Verma, S.P. and Ramasamy, S., 2004. Geochemistry of sandstones from the Upper Miocene Kudankulam Formation, southern India: Implications for provenance, weathering, and tectonic setting. *Journal of Sedimentary Research*, **74**, 285–297.
- Armstrong – Altrin, J.S., Lee, Y.I. and Kasper-Zubillaga, J.J. ve Carranza-Edwards, A., 2012. Geochemistry of beach sands along the western Gulf of Mexico, Mexico: implication for provenance. *Chemie der Erde-Geochemistry* **72 (4)**, 345-362.
- Armstrong – Altrin, J.S., Nagarajan, R., Madhavaraju, J., Rosalez-Hoz, L., Rosalez-Hoz, L., Lee, Y.I., Balaram, V., Cruz – Martínez ve A. and Avila - Ramírez, G., 2013. Geochemistry of the Jurassic and upper Cretaceous shales from the Molango Region, Hidalgo, Eastern Mexico: implications of source-area weathering, provenance, and tectonic setting. *Comptes Rendus Geoscience*, **345**, 185–202.
- Armstrong - Altrin, J.S., 2015. Evaluation of two multidimensional discrimination diagrams from beach and deep-sea sediments from the Gulf of Mexico and their application to Precambrian clastic sedimentary rocks. *International Geology Review*, **57**, 1446-1461.
- Avşar, N. 1983. Elazığ yakın kuzeybatısında stratigrafik ve mikropaleontolojik araştırmalar. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 84.
- Bennert, T., Hanson, D. and Maher, A. 2005. Influence of pavement surface type on tire/pavement generated noise. *Journal of Testing and Evaluation*, **33(2)**, 94-100.
- Baykendi, O., 1998. Tadım, Dedeyolu, Badempınarı (Elazığ) köyleri ve çevresinin jeolojisi ve magmatik kayaçların petrografik özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 70.
- Bhatia, M.R. and Crook, K., 1986. Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **92**, 181-193.
- Bingöl, A.F., 1986. Petrographic and petrological characteristics of intrusive rocks of Guleman ophiolite (Eastern Taurus-Turkey). *Geosound*, **13 (4)**, 41-57.
- Caritat, P. de, Mann, A. 2019. Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis. **19 (1)**, 58–73.
- Condie, K.C., Marais, D.J.D. and Abbott, D., 2001. Precambrian superplumes and supercontinents: a record in black shales, carbon isotopes, and paleoclimates. *Precambrian Research*, **106**, 239-260.
- Coppin, F., Berger, G., Bauer, A., Castet, S. and Loubet, M., 2002. Sorption of lanthanides on smectite and kaolinite. *Chemical Geology*, **182**, 57-68.
- Cox, R., Lowe, D.R. and Cullers, R., 1995. A conceptual review of regional-scale controls on the composition of clastic sediment and the co-evolution of continental blocks and their sediment cover. *Journal of Sedimentary Research*, **1**, 1-12.
- Cullers, R.L. and Graf, J., 1983. Rare earth elements in igneous rocks of the continental crust: intermediate and silicic rocks, ore petrogenesis. Editors: Henderson P. Rare-Earth Geochemistry, Amsterdam, the Netherlands, Elsevier, 275-312.
- Cullers, R.L., 1994. The controls on major and trace element variation of shales, siltstones, and sandstones of Pennsylvanian-Permian age from uplifted continental blocks in Colorado to platform sediment in Kansas, USA. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **58**, 4955-4972.

- Cullers, R.L. and Podkovyrov, V.N., 2000. Geochemistry of the Mesoproterozoic Lakhanda shales in southeastern Yakutia, Russia: implications for mineralogical and provenance control, and recycling. *Precambrian Research*, **104**, 77-93.
- Dix, G., 2006. Origin of anhedral Sr-rich calcite in deep-water mixed sediment, north-east Australia. *Sedimentology*, **42** (5), 711-724.
- Dönmez, C., 2006. Soğanlı-Uyandık (Elazığ) arasında yüzeyleyen Elazığ Magmatileri'nin Jeolojisi, petrografisi ve jeokimyası. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, 75.
- Eker, S. Ç. 2012. Petrography and geochemistry of Eocene sandstones from eastern Pontides (NE Turkey): Implications for source area weathering, provenance and tectonic setting. *Geochemistry International*, **50** (8), 683-701.
- Fedo, C.M., Eriksson, K. and Krogstad, E.J., 1996. Geochemistry of shale from the Archean (~3.0 Ga) Buhwa Greenstone belt, Zimbabwe: implications for provenance and source area weathering". *Geochimica Cosmochimica Acta*, **60**, 1751-1763,
- Gao, S. and Wedepohl, K.H., 1995. The negative Eu anomaly in Archean sedimentary rock: implications for decomposition, age and importance of their granitic sources. *Earth and Planetary Science Letters*, **133**, 81-94.
- Garzanti, E., Al-Juboury, A.I., Zoleikhaei, Y., Vermeesch, P., Jotheri, J., Akkoca, Bal, D., Obaid, AK., Allen, M.B., Andó, S., Limonta, M., Padoan, M., Resentini, A., Rittner, M. and Vezzoli, G., 2016. The Euphrates-Tigris-Karun River system: Provenance, recycling and dispersal of quartz-poor foreland-basin sediments in arid climate". *Earth Science Reviews* **162**, 107-128,
- Gromet, L.P., Dymek, R.F., Haskin, L.A. and Korotev, R.I., 1984. The North American Shale Composite: its compilation, major and trace element characteristics. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **48**, 2469-2482.
- Harnois, L., 1988. The CIW index: a new chemical index of weathering. *Sedimentary Geology*, **55**, 319-322,
- Hayashi, K.I., Fujisawa, H., Holland, H.D. and Ohmoto, H., 1997. Geochemistry of ~1.9 Ga sedimentary rocks from northeastern Labrador, Canada. *Geochim Cosmochim Acta* **61**, 4115-4137. ,
- Hempton, M.R. and Savcı, G., 1982. Petrological and structural features of the Elazığ volcanic complex". *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni* **25**, **143-151**.
- Herron, M.M. , 1988. Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data". *Journal of Sedimentary Research*, **58**, 820-825.
- İnceöz, M., 1996. Elazığ yakın kuzeyinde Harami Formasyonunun (Üst Maastrichtiyen) stratigrafisi ve çökelme ortamları". *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, **8(1)**, 130-136.
- Maynard, J.B., 1992. Chemistry of modern soils as a guide to interpreting Precambrian paleosols". *The Journal of Geology*, **100**, 279-289.
- Mishra, M. and Sen, S., 2012. Provenance, tectonic setting and source-area weathering of Mesoproterozoic Kaimur Group, Vindhyan Supergroup, Central India. *Geologica Acta*, **10**, 283-293.
- Mourabet, M.E., Barakat, A., Zaghloul, M.N. and Baghdadi, M.E., 2018. Geochemistry of the Miocene Zoumi flysch thrust-top basin (External Rif, Morocco): a new constrains on source area weathering, recycling processes, and paleoclimate conditions. *Arabian Journal of Geosciences* **11(126)**, 2-18.
- Nesbitt, H.W. and Young, G.M., 1982. Early Proterozoic climate and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. *Nature*, **299**, 715-717,
- Özgül, N., 1976. Toroslar'ın bazı temel jeolojik özellikleri. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni* , **19**, 65-78.
- Özkul, M. ve Üşenmez, Ş., 1986. Elazığ kuzeydoğusunda derin deniz konglomeralarının sedimentolojik incelenmesi. G.Ü. *Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, **1, 2**, 53-57.
- Özkul , M., 1988. Elazığ batısında Kırkgeçit Formasyonu üzerinde sedimentolojik incelemeler. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye, 186.
- Roser, B.P and Korsch, R.J., 1986. Determination of tectonic setting of sandstone - mudstone suites using SiO<sub>2</sub> content and I<sub>2</sub>O / Na<sub>2</sub>O ratio. *The Journal of Geology* **94**, 5, 635-650.
- Şaroğlu, F.ve Yılmaz, Y., 1984. Doğu Anadolu'nun Neotektoniği ve İlgili Mağmatizması. T.J.K. Ketin Sempozyumu, Ankara, 149-162.

- Tao, H., Wang, Q., Yang, X. and Jiang, L., 2013. Provenance and tectonic setting of Late Carboniferous clastic rocks in West Junggar, Xinjiang, China: A case from the Hala-alat Mountains. *Journal of Asian Earth Sciences*, **64**, 210-222.
- Taylor, S.R. and McLennan, S.M., 1985. The Continental Crust: Its Composition and Evolution. 1st ed. Oxford, UK: Blackwell.
- Turan M, Aksoy E ve Bingöl AF., 1995. Doğu Toroslar'ın jeodinamik evriminin Elazığ civarındaki özellikleri. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **7(2)**, 177-199.
- Türkmen, İ ve Aksoy, E., 1998. Arapgir (Malatya), Çemiflgezek (Tunceli), Elazığ dolaylarındaki Neojen birimlerinin stratigrafik-sedmantolojik incelenmesi ve bölgesel korelasyonu. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, **10(1)**, 15-33.
- Ural, M., Arslan, M., Göncüoğlu, M.C., Tekin, U.K. and Kürüm, S. 2015. Late cretaceous arc and back-arc formation within the southern Neotethys: whole-rock, trace element and Sr-nd-Pb isotopic data from basaltic rocks of the Yüksekova Complex (Malatya- Elazığ, SE Turey). *Ofioliti*, **4**, 57-72.
- Winchester, J.A. and Floyd, P.A., 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology*, **20(4)**, 325-343.
- Yazgan, E. 1984. Geodynamic evolution of the E. Taurus region. Editors: O Tekeli and MC Göncüoğlu, Proceedings of the Geology of the Taurus Belt. MTA Genel Müdürlüğü, Ankara, 199-208.