



Geochemistry of Volcanic Rocks (Yüksekova Complex) around Uslu (S Elazığ)

Melek Ural^{1*}, Ayşe Cihan²

^{1*} Firat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-4174-6058), melekural@firat.edu.tr

² Firat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-9083-2529), 171116104@firat.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 16 Eylül 2020 ve Kabul Tarihi 16 Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.796129)

ATIF/REFERENCE: Ural, M., Cihan, A. (2021). Geochemistry of Volcanic Rocks (Yüksekova Complex) around Uslu (S Elazığ). *European Journal of Science and Technology*, (21), 198-206.

Abstract

The study area is located approximately 50 km south of Elazığ city within the Southeastern Anatolian Orogenic Belt (SEAOB). In the area, the volcanic rocks of the Upper Cretaceous Yüksekova Complex were tectonically overlain by mantle cumulates consisting of harzburgite, dunite and lherzolites belonging to the Late Cretaceous aged Kömürhan Ophiolites. The Yüksekova Complex unconformably overlies the Permo-Triassic Pütürge Metamorphics and in places has tectonic contact. The volcanic rocks around Uslu (S Elazığ) are massive lavas and have basaltic composition. Mineralogically and texturally recognizable lavas are rich in plagioclase and opaque oxide minerals. Secondarily, calcite mineral is dominant. Amygdaloidal textures are common. According to the trace element distributions of the rock samples normalized to N-OOSB; LIL elements are enriched according to HFS elements. LREEs, on the other hand, show a richer distribution than HREEs. As a result; the geochemical data together with previous studies point to the rifting of the oceanic arc, which reveals that the volcanic facies outcropping around Uslu have no genetic relationship with the Maden Complex.

Anahtar Kelimeler: Uslu (S Elazığ), Yüksekova Karmaşığı, Massive lava.

Uslu (Elazığ G) Çevresindeki Volkanik Kayaçların (Yüksekova Karmaşığı) Jeokimyası

Öz

Çalışma alanı, Güneydoğu Anadolu Orojenik Kuşağı (GDAOB) içerisinde, Elazığ ili'nin yaklaşık 50 km güneyinde yer almaktadır. Çalışma alanında, Üst Kretase yaşlı Yüksekova Karmaşığı volkanosedimanları, olasılıkla Mesozoik sonlarında Kömürhan Ofiyolitleri'ne ait harzburgit, dünit ve lherzolitlerden oluşan manto kümülatları tektonik olarak üzerlenmiştir. Yüksekova Karmaşığı, Permo-Triyas yaşlı Pütürge Metamorfikleri üzerinde yer yer uyumsuzlukla yer alırken, yer yer de tektonik dokanaktır. Uslu (Elazığ G) çevresindeki volkanik kayaçlar, masif lavlardır ve bazaltik bileşimlidir. Mineralojik ve dokusal açıdan tanınabilen volkanik kayaçlar plajiyoklas ve opak oksit mineralleri bakımından zengindir. İkincil olarak kalsit minerali baskındır. Amigdaloidal doku yaygındır. Kayaç örneklerinin N-OOSB'ye göre normalize edilmiş iz element dağılımlarına göre; LIL elementler, HFS elementlerine göre; Hafif Nadir Toprak Elementler (HNTE) ise Ağır Nadir Toprak Elementler (ANTE)' göre daha zengin bir dağılım gösterirler. Sonuç olarak; jeokimyasal veriler, okyanusal yayın açılmasına işaret etmektedir ki bu durum önceki verilerle birlikte değerlendirildiğinde, Uslu çevresinde yüzeyleyen volkanikli fasiyelerin Maden Karmaşığı ile kökensel bir ilişkisinin olmadığını ortaya koyar.

Keywords: Uslu (S Elazığ), Yüksekova Complex, Masif lav.

* Sorumlu Yazar: melekural@firat.edu.tr

1. Giriş

Çalışma alanı Elazığ İli'nin yaklaşık 50 km güneyinde yer alır (Şekil 1a,b,c). Güneydoğu Anadolu Orojenik Kuşağı (GDAO) içerisinde yer alan ve Elazığ çevresindeki yaygın yüzlekleriyle dikkat çeken Yüksekova Karmaşığı birimi, son yıllarda jeolojik, jeokimyasal, yaş ve kökensel özellikleriyle diğerlerinden ayırtlanmıştır (Ural, 2012; Ural vd., 2014; 2015; Tekin vd., 2015). Hakkâri ili Yüksekova ilçesi civarındaki okyanusal kökenli yay birimlerini "Yüksekova Karmaşığı" olarak tanımlayan Perinçek (1979b), Elazığ civarındaki Üst Kretase yaşlı kırmızı-yeşil kireçtaşı, şeyl, kumtaşı, volkanik kumtaşı, tüf, aglomera, bazalt, diyabaz, gabro, serpantin, granit ve granodiyorit olarak ayırtlanan litolojiler için de bu adı kullanmıştır. Daha sonraki yıllarda bir çok araştırmacı Elazığ ve çevresindeki yüzleklerinde birimin, Yüksekova Karmaşığı'na eşdeğer olduğunu belirterek bu adı kullanmaya devam etmişlerdir (Naz, 1979; Perinçek, 1980a,b; Perinçek ve Özkaya, 1981; Bingöl, 1982; 1984, 1988; Perinçek ve Kozlu, 1984; Özkul, 1982; Turan, 1984; Sungurlu vd., 1985; Tatar, 1987; Akgül, 1987, 1993; Aksoy, 1993; Aydoğdu, 1991; Gürocak, 1993; Aksoy ve Tatar, 1990; Aksoy ve Çelik, 1995, Aksoy ve Turan, 1997; Özdemir, 2016; Ural, 2012; Tekin vd., 2015; Ural vd., 2015; 2019; Rolland vd., 2019; Sar, 2016; Sar vd., 2019). Diğer taraftan, Baskil civarındaki magmatik birimler kıtasal yay özellikteki Baskil Magmatitleri olarak Yazgan (1984), Asutay (1985), Rızaoğlu vd. (2006) gibi araştırmacılar tarafından ayırtlanırken; Turan ve Bingöl (1991), Bingöl ve Beyarslan (1996) gibi bazı araştırmacılar, Elazığ civarında yüzeyleyen tüm plütonik, subvolkanik ve volkanik birimleri; esasında kıtasal kökenli olan Baskil Magmatitleri'nin plütonikleri ile okyanusal kökenli volkanosedimanter oluşumlardan müteşekkil Yüksekova Karmaşığı'nın aynı ve tek bir yitimle gelişen ürünleri olarak 'Elazığ Magmatitleri' adı altında yersel bir tanımlamaya gitmişlerdir. Bu çalışmada ise; okyanusal yay karakterinde ve Perinçek (1979a,b) tarafından Elazığ civarındaki okyanusal yay ürünleri için kullanılan Yüksekova Karmaşığı'nın, kıtasal özellikteki Baskil Magmatitleri'nden farklı olduğu ilkesinden ve yersel adlanmanın sakıncalarından hareketle 'Yüksekova Karmaşığı' adı benimsenmiş ve kullanılmıştır.

Birimi ilk defa tanımlayan Perinçek (1979a) ve Tuna (1979), Elazığ-Palu-Kovancılar bölgelerinde yapmış olduğu çalışmalarda, piroklastikler içerisindeki kırmızı mikritik kireçtaşlarındaki fosillerden hareketle birime, Kampaniyen-Maastrichtiyen yaşını vermişlerdir. Perinçek (1980a) ise, birimin yaşını Senomaniyen-Alt Maastrichtiyen olarak belirlemiştir. Turan ve Bingöl (1991) de karmaşık içerisindeki tortullardan alınan örneklerde saptanan fosilleri baz alarak birimin yaşını geniş aralıkta 'Senomaniyen' olarak kabul etmişlerdir. Herece vd. (1992) de bazaltlar içindeki pelajik kırmızı kireçtaşlarından Üst Santoniyen-Alt Kampaniyen ve Alt Maestrihtiyen yaşları elde etmişlerdir. Hempton ve Savcı (1982), Hempton (1985), Uluova fay zonu kuzeyinde kırmızı renkli killi kireçtaşlarından Santoniyen-Alt Kampaniyen ve Alt Maestrihtiyen yaşlı fosillerin bulunduğunu belirtirken; Herece vd. (1992) de Üst Maestrihtiyen ve Paleosen neritik kireçtaşlarının bunlar üzerine transgresif açılmal uyumsuzlukla yerleştiğini buna göre de birimin yaşının Tersiyer'e çıkmadığını ifade etmiştir.

Son yıllarda pelajik sedimanları dikkatli bir şekilde ele alan bazı araştırmacılar, Elazığ çevresinde Yüksekova Karmaşığı'nın volkanitleriyle orijinal ilişkili sedimanlardaki radyolaryalı çörtler (Ural, 2012; Tekin vd., 2015) ile mikritik kireçtaşlarından (Ural

ve Kaya, 2019; Ural ve Sarı, 2019) elde edilen yaş verilerine dayanarak Geç Kretase dönemine işaret ederler. Aynı zamanda Bitlis-Zagros suture zonunun Türkiye-İran sınırındaki en genç kabuksal volkanik kayalar oluşturduğu kabul edilen Yüksekova Volkanik kayaları ada yayı ve yay ardı karakterinde Geç Kretase yaşlı radyolaryalı çörtlerden oluşurlar (e.g. Tekin vd., 2015; Ural vd., 2015; Göncüoğlu vd., 2015; Göncüoğlu, 2019).

2. Materyal ve Metot

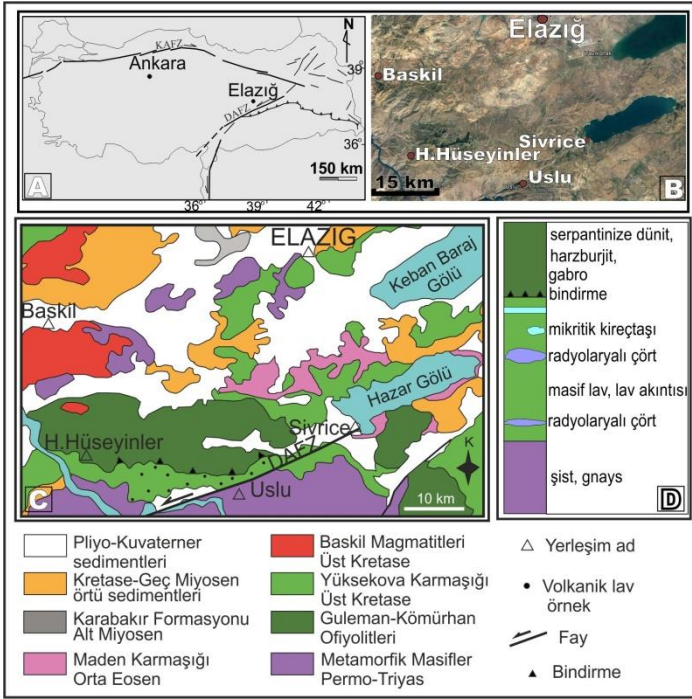
Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen arazi çalışmasında, Uslu köyü çevresindeki volkanik kayaların jeolojik özellikleriyle birlikte, yaklaşık 25 adet örnek alımı gerçekleştirilmiştir. Sözkonusu volkanik kayaç örnekleri, Fırat Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği laboratuvarında plakalar şeklinde kestirilerek ince kesitler yapılmıştır. Daha sonra ince kesitler Leica marka polarizan mikroskop altında incelenmiş ve mikroskobik görüntüleri alınmıştır. Bu incelemeler sonucunda kayaçların mineralojik ve dokusal özellikleri ile kayaç sınıflamaları yapılmıştır. Petrografik gözlemler sonucunda tüm tanesine ait tüm kayaç ana oksit, iz ve nadir toprak element analizleri yaptırılmak üzere ACME Analitik Laboratuvarları'na (Kanada) gönderilmiştir. Ana oksitler, ICP-AES (indüktif coupled plasma-atomic emission spectrometresi), iz ve nadir toprak element analizleri ise ICP-MS (inductively coupled plasma-mass spectrometry) ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen analiz sonuçları çeşitli grafik programları yardımıyla grafiklere dökülmüş ve elde edilen bulgular önceki çalışmalar ışığında değerlendirilmiştir.

3. Bulgular

3.1. Jeoloji ve Stratigrafi

Güneyde Gondwana kuzeyde Lawrasya arasında yer alan Türkiye sayısız kıta parçalarından oluşmaktadır. Alpin orojenezi etkisinde gerçekleşen Neotetis okyanusunun kapanması süreci okyanusal ve kıtasal terranların dağılımını kontrol etmiştir (Göncüoğlu vd., 1997). Farklı yığışım birimlerinin yer aldığı inceleme alanında başlıca Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı Pütürge Metamorfileri, Üst Kretase yaşlı Yüksekova Karmaşığı, Geç Kretase yaşlı Kömürhan Ofiyolitleri gözlenir (Şekil 1, 2). Bu birimlerin Güney neotetis okyanusunun Mezozoyik sonunda ve erken Tersiyer döneminde kapanmasıyla oluştuğu kabul edilir (Robertson vd., 2007; Göncüoğlu vd., 2010).

İnceleme alanının ve Elazığ ili batısındaki ofiyolitlere ait volkanik kayaların (Yüksekova Karmaşığı) diğer ofiyolitik birimlerle tektonik dokanıklı ve toleyitik karakterli oldukları kabul edilir (Rızaoğlu vd., 2006; Ural vd., 2015). İnceleme alanındaki volkanik kayalar da, Kömürhan Ofiyolitleri'nin manto kayalarınca tektonik olarak üzerlenmektedir. Güzel (1997) bu alandaki volkanosedimanların çamurtaşları, daha yaşlı birimlere ait olistolitik bloklar, diyabaz, bazalt ve andezitlerle temsil olduğunu belirtir. Uslu çevresindeki masif lavlar, Permo-Triyas Pütürge Metamorfileri'ne ait birimleri açılmal uyumsuzlukla örtmektedir (Şekil 2). Gri renkli lavlar, yer yer metresel pelajik kireçtaşlarıyla birincil stratigrafik ilişki gösterirler. Lavlar, Maastrichtiyen sonrası yerleşmeler ve tektonik hareketlere bağlı olarak yer yer ezilme, parçalanma ve şistozite benzeri görünüm sergilerler (Şekil 2, Şekil 3a-d).



Elazığ ili çevresinde yaygın bir şekilde yüzeyleyen birim, genel olarak tabandan tavana doğru diyabazlar, yastık lavlar ile bazaltik lav akıntıları ile bunların üzerine gelen volkanoklastitlerden oluşmaktadır (Ural, 2012). Birim bu özelliklerinin yanısıra Elazığ çevresinde yaygın bir şekilde pelajik sedimanlardan oluşan tortul kaya birimi de ihtiva etmektedir.

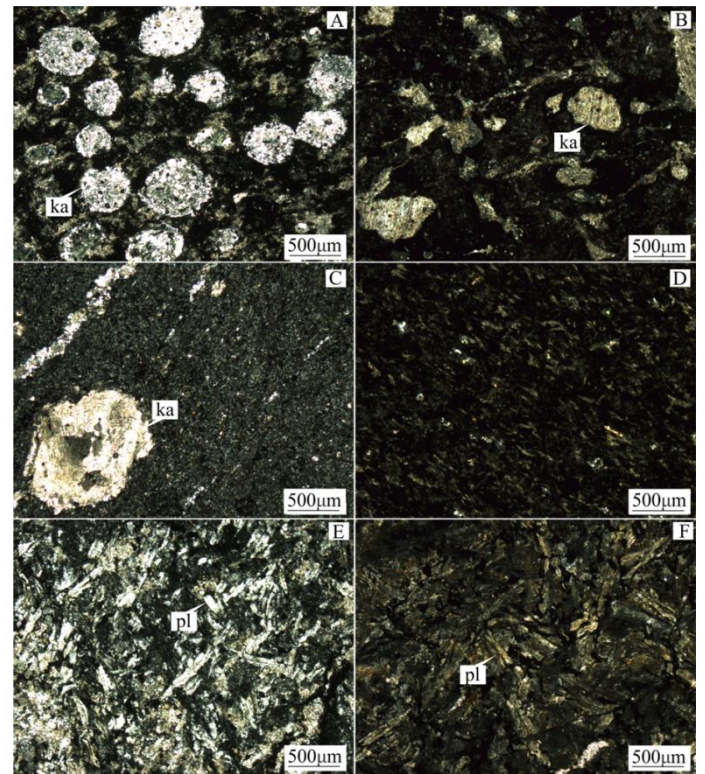


Şekil 2. a) 1-1.5 metreye varan kalınlıktaki çört bantlarıyla ara katkılı volkanitler. Kayabağlar-Gözeli arası, Yürekaya dolayları, Bakış yönü: 135°, **b)** İnceleme alanında pelajik kireçtaşlarıyla ara katkılı volkanitler. Kalaba çıkışı. Bakış yönü: 40°, **c)** Mikritik kireçtaşı arakatkılı, pembemsi renkli masif yapılu volkanitler, Duygulu-Gözeli arası. Bakış yönü: 170°, **d)** Pembe renkli masif yapılu volkanitler. Taşhyayla civarı.

Uslu çevresindeki volkanosedimanterler daha önceki çalışmalarda Maden Karmaşığı'nın volkanik fasiyesi olarak belirtilmiştir (Erdem, 1994; Yazgan vd., 1987; Beyarslan, 1996; Ertürk, 2016; Köküm, 2017; Akgün, 2020).

3.2. Petrografi

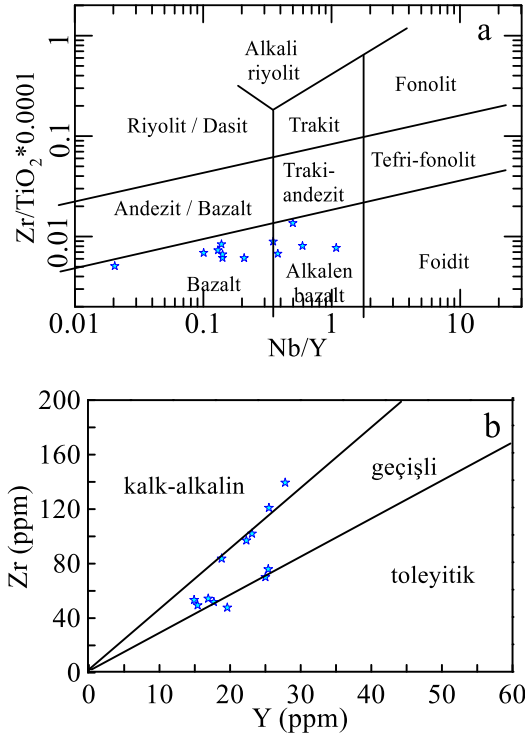
İnceleme alanındaki kayalar yoğun bir şekilde killeşme, karbonatlaşma, opaklaşma ve serisitleşme gibi alterasyonlara maruz kalmışlardır (Şekil 3 A-F). Alterasyon hem cam hem de minerallerden itibaren gelişmiştir. Bu nedenle mikroskop altında esas bileşenlerden sadece plajiyoklaslar tanımlanmaktadır. Bu kayalar çoğunlukla camsı bir hamur içerisinde dağılmış kristaller halinde, kısmen de daha iri kristalli diyabaz benzeri bir dokusal özellik gösterirler. İkincil minerallerin doldurduğu amigdaloidal dokular da oldukça yaygındır. Hiyalomikrolitik ve amigdaloidal dokular yaygındır (Şekil 3 A-F).



Şekil 3. İncelenen kayaların mikroskop görüntüleri, A, B, C) Amigdaloidal bazalt, D) Hiyalomikrolitik porfirik dokulu bazalt, E, F) Doleritik dokulu bazalt (Ç.N.; pl: plajiyoklas, ka: kalsit).

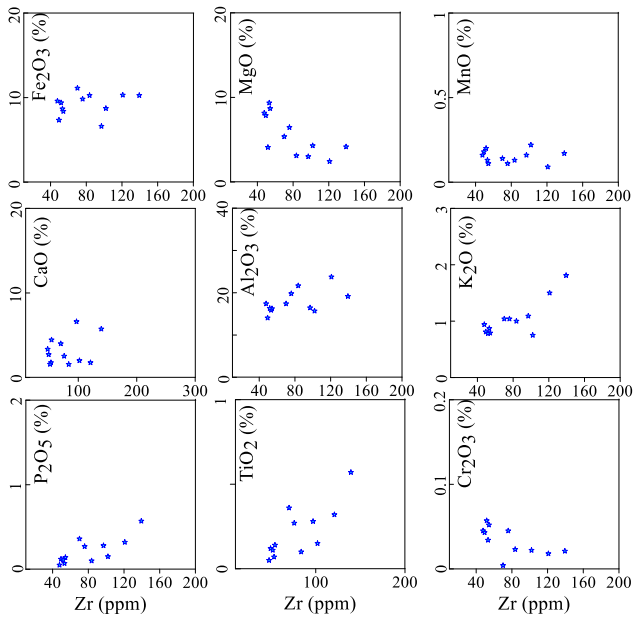
3.3. Jeokimya

Uslu civarında (Elazığ G) yüzeyleyen volkanik kayalar bazalt ve alkali bazalt bileşiminde ve toleyitik-kalkalkalen geçişli özelliktedir (Tablo 1; Şekil 4a,b). Bu kayaların ana oksit içerikliği; SiO₂ 43.14-59.36; Al₂O₃ 14.15-23.65, K₂O 0.47-6.17, TiO₂ 0.69-1.81, MgO 3.01-9.24, Cr₂O₃ <0.002-0.04, Fe₂O₃, 6.71-11.02, MnO 0.10-0.23, CaO 2.92-17.16 aralığında değişmektedir. Kayalarda, jeokimyasal değerlendirmelerin daha doğru yapılabilmesi için hareketsiz olarak kabul edilen (Hastie vd., 2007; Winchester ve Floyd, 1977; Pearce, 2008; Şekil 4, Şekil 8) element bazlı diyagramlar kullanılmıştır.

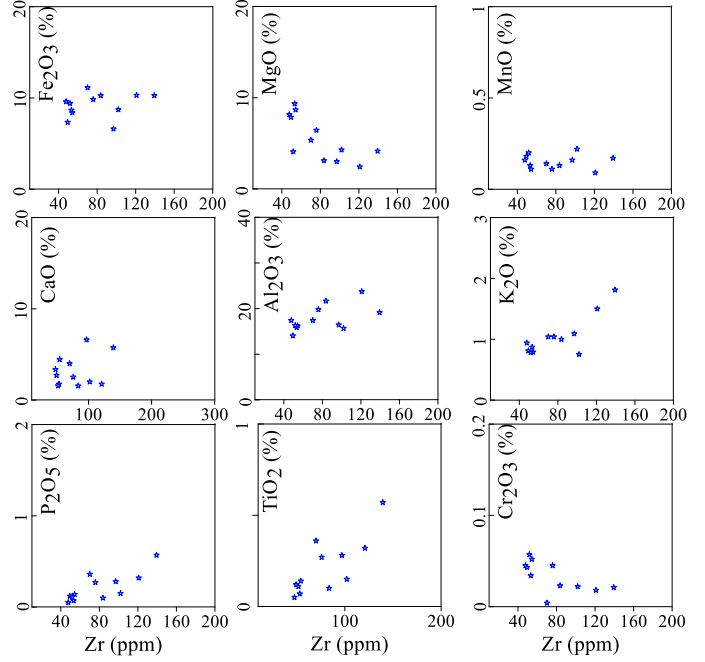


Şekil 4. İncelenen volkanik kayaların **a)** Nb/Y-Zr/TiO₂*0.0001 diyagramındaki (Winchester ve Floyd, 1977) dağılımları, **b)** Zr'a karşı Y diyagramındaki (Barrett ve MacLean, 1997; Ross ve Bedard, 2009 tarafından revize edilmiştir) konumları.

İkili jeokimyasal değişim diyagramlarında x ekseninde hareketsiz elementlerden Zr, y ekseninde çeşitli ana oksit ve iz elementlerle karşılaştırılmıştır (Şekil 5,6). Buna göre; Zr ile Al₂O₃, K₂O, P₂O₅, TiO₂ ile pozitif; MgO, Cr₂O₃ ile negatif korelasyon sergilerken, Fe₂O₃, MnO, CaO ile ise belirgin olmayan dağılım gösterirler (Şekil 5). Diğer taraftan Zr ile Y, Th, Hf, Sm doğrusal pozitif; Ni, Sc ise doğrusal negatif korelasyon; La, Rb, Ba ise doğrusal olmayan pozitif dağılımlar sergilerler (Şekil 6).

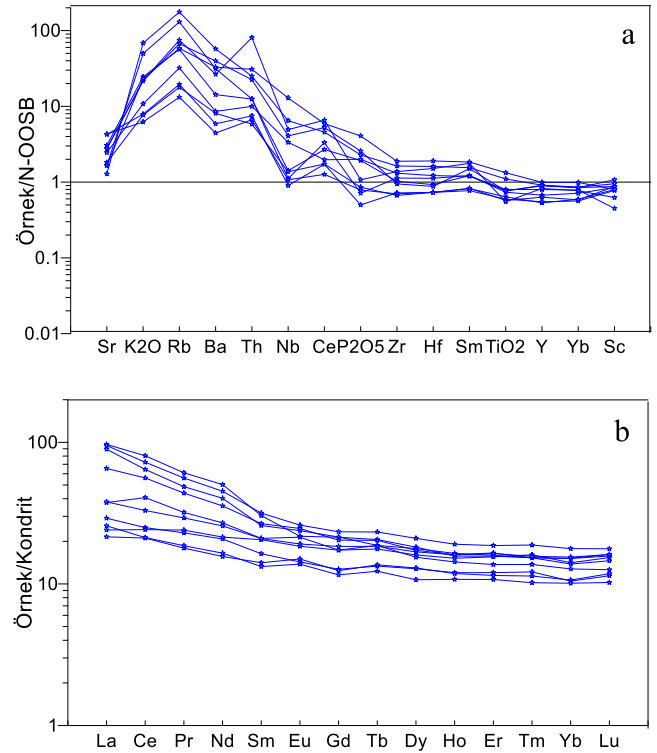


Şekil 5. Zr elementinin ana oksitlere karşı çizilmiş ikili değişim diyagramları.



Şekil 5. Zr elementinin ana oksitlere karşı çizilmiş ikili değişim diyagramları.

İncelenen volkanik kayaç örneklerinin N-tipi Okyanus Ortası Sırtı Bazaltına (N-OOSB) normalize edilmiş iz element dağılımlarına göre büyük iyon yarıçaplı (Light Ion Lithophile-LIL) elementler (Sr, K, Rb, Ba ve Th) tüm örneklerde yüksek alan gerilmeli (YAG) elementlere (Ta, Nb, Hf, Zr, Y, Ti) göre genel olarak zenginleşmişlerdir (Şekil 7a,b).



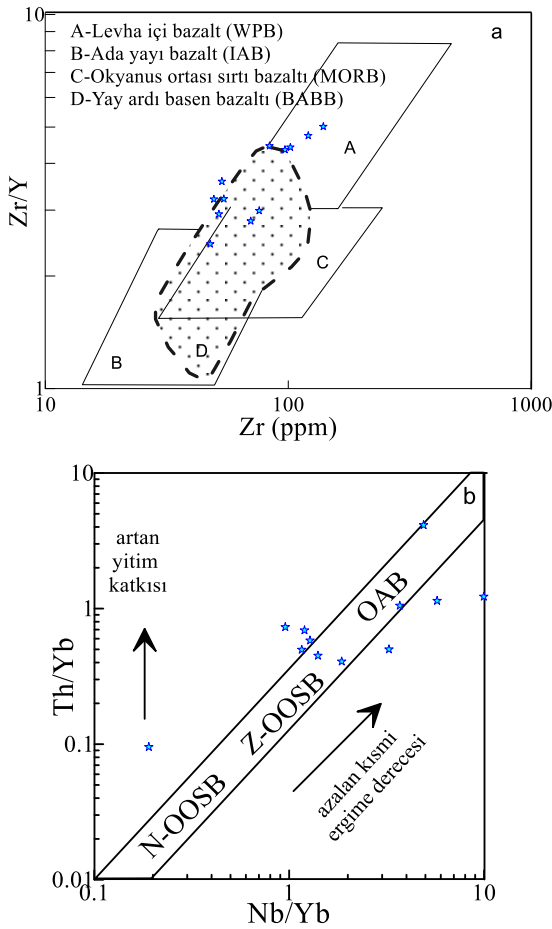
Şekil 7. İncelenen volkanik kayaların, **a)** N-OOSB ve **b)** CI-Kondrite göre normalize edilmiş örümcek diyagramları. Normalize değerler, Sun ve McDonough (1989)'dan alınmıştır.

Tablo 1. İncelenen kayaçların tüm kayaç ana oksit, iz ve nadir toprak element değerleri. AK: Ateşte kayıp.

	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	U11	U12
SiO₂	46.63	43.14	51.08	59.36	45.41	49.50	41.53	44.25	51.39	45.19	48.99	47.69
Al₂O₃	17.30	16.22	16.43	15.79	18.50	16.38	14.15	16.20	20.76	19.79	19.24	23.64
Fe₂O₃	11.02	8.37	6.71	8.82	9.69	8.77	7.44	9.29	10.36	9.73	10.16	10.20
MgO	5.37	8.58	3.01	4.28	8.24	9.24	7.76	4.10	3.12	6.35	4.17	2.42
CaO	6.52	9.23	7.39	2.97	9.78	6.83	13.52	17.16	3.10	7.01	2.92	3.01
Na₂O	4.01	4.46	6.62	2.01	3.36	1.77	2.73	1.58	1.57	2.43	5.64	1.77
K₂O	1.97	1.22	0.96	1.97	0.47	0.72	0.70	0.66	4.49	2.22	2.09	6.17
TiO₂	1.06	0.69	1.10	0.77	0.96	0.88	0.82	0.79	1.01	1.05	1.81	1.60
P₂O₅	0.38	0.15	0.29	0.16	0.06	0.08	0.13	0.12	0.11	0.28	0.58	0.33
MnO	0.15	0.12	0.17	0.23	0.17	0.14	0.19	0.21	0.14	0.12	0.18	0.10
Cr₂O₃	0.01	0.053	<0.002	0.024	0.046	0.035	0.044	0.058	0.024	0.04	0.022	0.019
Ni	66	154	21	110	196	131	132	109	105	122	85	73
Sc	44	29	19	24	39	31	30	34	33	36	33	37
A.K	5.1	8.5	6.1	3.6	4.3	6.2	10.9	5.3	4.0	5.3	3.3	3.9
Toplam	99.89	99.82	99.98	99.78	99.80	99.77	99.80	99.84	99.87	99.81	99.83	99.85
Ba	253	33	53	166	22	36	50	27	198	91	208	362
Cs	1.4	0.3	1.3	0.8	0.2	0.4	0.4	0.4	1.0	0.7	1.2	1.8
Ga	14.3	12.6	10.0	16.0	12.0	13.0	13.0	18.0	17.0	17.0	12.0	20.0
Hf	1.9	1.7	2.6	3.2	1.3	1.5	1.5	1.6	2.3	2.0	4.0	3.4
Nb	9.4	1.8	7.7	12.0	0.4	2.0	3.3	2.5	2.7	3.3	31.0	15.0
Rb	37.8	11.4	17.0	42.0	4.0	11.0	10.0	7.3	73.0	32.0	33.0	97.0
Sr	249.1	146.0	221.0	252.0	231.0	384.0	163.0	388.0	149.0	275.0	150.0	116.0
Ta	0.3	0.2	0.4	0.9	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.2	2.1	1.2
Th	2.8	1.4	1.3	9.8	<0.2	0.9	0.8	0.9	1.6	1.6	3.8	3.1
V	254	192	135	202	184	170	204	326	58	234	198	145
Zr	70.3	53.0	98.0	103.0	48.0	54.0	50.0	52.0	84.0	76.0	140.0	121.0
Y	26.0	17.0	23.0	23.0	20.0	15.0	15.0	18.0	19.0	25.0	28.0	26.0
La	21.30	6.8	4.7	22.8	1.3	5.2	6.3	3.8	8.8	9.01	22.6	15.6
Ce	38.4	15.2	15.0	49.1	4.6	12.8	13.0	9.4	25.0	20.0	44.0	34.3
Pr	4.59	2.20	2.31	5.81	0.92	1.71	1.78	1.45	3.05	2.77	5.40	4.19
Nd	18.9	9.8	11.0	24.0	5.2	7.2	7.6	7.0	12.5	11.0	20.1	16.8
Sm	3.97	2.49	3.13	4.66	1.98	2.17	2.04	2.19	3.22	3.21	4.85	4.09
Eu	1.39	0.84	1.08	1.27	0.90	0.88	0.81	0.82	1.23	1.14	1.49	1.44
Gd	4.40	2.60	3.55	4.40	2.72	2.56	2.40	2.55	3.56	3.79	4.79	4.20
Tb	0.71	0.51	0.65	0.78	0.55	0.49	0.45	0.49	0.69	0.70	0.88	0.77
Dy	4.50	3.24	4.08	4.63	3.57	3.30	2.71	3.08	3.93	4.30	5.31	4.40
Ho	0.92	0.67	0.85	0.91	0.77	0.68	0.62	0.66	0.83	0.92	1.09	0.90
Er	2.63	2.01	2.56	2.50	2.37	1.89	1.80	1.86	2.26	2.73	3.10	2.69
Tm	0.41	0.30	0.39	0.40	0.36	0.30	0.27	0.31	0.36	0.40	0.50	0.39
Yb	2.56	1.77	2.39	2.36	2.12	1.79	1.73	1.80	2.18	2.59	3.01	2.62
Lu	0.39	0.30	0.40	0.38	0.35	0.29	0.27	0.29	0.31	0.39	0.46	0.39

YAG elementler normal okyanus ortası sırtı bazalt (N-OOSB) çizgisine paralellik göstermekle birlikte; Ce, Zr, Hf, Sm gibi uyumsuz elementler N-OOSB'ye göre daha fazla zenginleşmişlerdir (Şekil 7a). Pozitif Ce anomalisi yanında, TiO₂ ve Nb anomalilerinin zayıf olması ya da olmayışı dalan kabuktan salınan malzeme katkısının fazla olmadığına işaret eder (Şekil 7a). Kayaç örneklerinin, kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element desenleri ise; yukarı konkavdır (La_N/Sm_N: 0.25-2.42; La_N/Lu_N: 0.05-0.83) (Şekil 7b). Kondrite oranla yaklaşık 10 ila 100 kata kadar zenginleşme gözlenmektedir.

İncelenen kayaçların, Pearce ve Norry (1979)'ye göre, yay ardı havza ve levha içi bazalt alanında; Pearce (2008)'in Nb/Yb'a karşı Th/Yb diyagramında ise OOSB-OAB dizisi içerisinde yer alması (Şekil 8a,b), bu örnekleri veren magmanın kısmi ergime derecesinin azalmasıyla birlikte, yitim katkısının daha az olduğu tektono-magmatik bir ortama işaret eder.



Şekil 8. İncelenen kayaçların a) Zr – Zr/Y (Pearce and Norry, 1979), b) Nb/Yb – Th/Yb (Pearce, 2008) diyagramlarındaki dağılımları. N-OOSB: okyanus ortası sırtı bazaltı, Z-OOSB: Zenginleşmiş okyanus ortası sırtı bazaltı, OAB: Okyanus ada bazaltı.

4. Tartışma ve Sonuçlar

GDAO kuşağı içerisinde önemli bir yeri olan Elazığ ili dolaylarında Uslu köyü ve civarında yüzeyleyen volkanik lavlar masif yapıda ve bazaltik karakterdedir. Mafik bileşenleri tanınmayan ve esasen plajiyoklastan oluşan bazalt ve alkalin bazalt kompozisyonundaki lavlar, hiyalomikrolitik porfirik ve amigdaloidal dokuludurlar. Lavlar, fraksiyonel kristallenme ile

ilişkili olup, feldspat ve mafik fenokristalen fazların kristallenmesi ile ilişkilidirler. İkili değişim diyagramlarındaki belirgin olmayan korelasyonlar ise ilgili elementlerdeki hareketliliğe ve alterasyona işaretir. Lavların, N-OOSB'ye ve kondrite normalize iz element desenleri, okyanusal yayın açılımına işaret eder (Şekil 7, 8).

Bu alandaki volkanik birimler, çoğu öncel çalışmada (Akkoca ve Bakır, 2016; Altunbey ve Sağıroğlu, 1995; Altunbey ve Çelik, 1990; Aydoğdu, 1991; Baykendi, 1998; Erdem, 1994; Beyarlan, 1996; Güzel, 1997; Turan ve Gürocak, 1997; Suiçmez, 1999; Kılıç, 2005; 2009; Kalender ve Uçar, 2013; Kalender ve Aytımur, 2016; Kaygılı, 2010; Kaya, 2004; Yalçın, 2020; Yıldız, 2004; Aydın vd., 2003; Eriş, 2013; Eriş vd., 2019; Ertürk, 2016; Ertürk vd., 2018a,b; Köküm, 2017; 2019; Beyarlan vd. 2018; Köküm ve İnceöz, 2018, 2020; Okan ve Güven, 2019; Akgün, 2020) Maden Karmaşığı olarak değinilmiş ya da haritalanmıştır. Son yıllarda ilk kez Ural (2012) ile Tekin vd., (2015) bu bölgede (Hacıhüseyinler Köyü civarında) lavlarla birincil sedimanter ilişkili pelajik çörtlerden elde ettikleri radyolaryaya yaşına dayanarak (Hacıhüseyinler civarı 09-US-8) Geç Kretase dönemine dair yaş verileri ortaya koymuşlardır.

Sonuç olarak; jeokimyasal verilerle birlikte bahsedilen öncel verilerin birlikte değerlendirilmesiyle, çalışma alanındaki volkanik lavların okyanusal yayın açılımıyla ilişkili ve Maden Karmaşığı'nın değil Yüksekova Karmaşığı'nın lavlarına ait oldukları düşünülmektedir.

Teşekkür

Araştırmacılar FÜBAP-MF.18.23 nolu proje ile desteğinden ötürü Fırat Üniversitesi'ne teşekkür ederler.

Kaynakça

- Akgül, M. (1987). Baskil (Elazığ) granitoidinin petrografik ve petrolojik incelenmesi. *F.Ü., Fen Bilimleri Enst., Yüksek Lisans Tezi*, 65s
- Akgül, B. (1993). Piran köyü (Keban) çevresindeki magmatik kayaçların petrografik ve petrolojik özellikleri. *F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, 142s.
- Akgün, E. (2020). Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Doğanyol (Malatya) ile Çelikhane (Adıyaman) arasındaki gerilme durumunun incelenmesi. *F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, 135s.
- Akkoca, D. B., & Bakır, Z. (2016). Mineralogy and Geochemistry of Clay Rich Volcano-Sedimentary Units from South of Elazığ Basin (Eastern Turkey). *EGUGA, EPSC2016-1274*.
- Aksoy, E. (1993). Elazığ batı ve güneyinin genel jeolojik özellikleri, *Doğa Türk Yerbilimleri Dergisi*, 1(1), 113-123.
- Aksoy, E. & Tatar, Y. (1990). Van ili doğu-kuzeydoğu yöresinin stratigrafisi ve tektoniği, *Tübitak*, 14, 628-644.
- Aksoy, E. ve Çelik, H. (1995). Kovancılar (Elazığ) yakın kuzey ve batısının jeolojik özellikleri. *S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Dergisi*, 10(1), 11-19.
- Aksoy, E. & Turan, M. (1997). Van ve Elazığ yörelerinde Kırkeçit Formasyonundaki olistolit yerleşimlerinin tektonik önemi. *S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Dergisi*, 20, 35-44.
- Altunbey, M. & Sağıroğlu, A. (1995). Features and origin of the Koçkale-Elazığ manganese mineralizations. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 117(117), 68-69.

- Altunbey, M. & Çelik, S. (2005). Anayatak (Maden - Elazığ) Bakır cevherleşmesinin Jeolojik, Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri. *Geosound/Yerbilimleri*, 47, 63-90.
- Aydın, A., Dumanlılar, Ö. & Yiğmatepe, M. (2003). Elazığ-Sivrice-Uslu Cu cevherleşmelerinin jeolojik özellikleri. 56. *Türkiye Jeoloji Kurultayı*, MTA, Ankara.
- Aydoğdu, S. (1991). Dutluköy (Elazığ) yöresi magmatik kayaların petrografik özellikleri. *F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 64s (Yayınlanmamış).
- Barrett, T. J. & Mac Lean, W. H. (1999). Volcanic sequences, lithochemistry and hydrothermal alteration in some bimodal volcanic-associated massive sulphide systems, *Reviews in Economic Geology*, 8, 101-113.
- Baykendi, O. (1998). Tadım, Dedeyolu, Badempanarı (Elazığ) köyleri çevresinin jeolojisi ve magmatik kayaların petrografik özellikleri. *F.Ü. Jeoloji Mühendisliği Eğitiminin 20. Yılı Sempozyumu Bild.*, 345-355.
- Beyarslan, M. (1996). Kömürhan ofiyolit biriminin petrografik ve petrolojik incelenmesi. *F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, 90s.
- Bingöl, A. F. & Beyarslan, M. (1996). Elazığ Magmatitleri'nin jeokimyası ve petrolojisi. *K.T.Ü. 30. Yıl Sempozyumu Bildirileri*, Ed. Korkmaz, S. ve Akçay, M., Trabzon, 208-227.
- Beyarslan, M., Okta, E. & Ertürk, M. A. (2018), Kale (Malatya) İlçesi Çevresindeki Geç Kretase Yaşlı Yay Magmatitlerinin Jeokimyasal Özellikleri. *Erzincan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(2), 191-206.
- Çelik, H. (2013). The effects of linear coarse-grained slope channel bodies on the orientations of fold developments: a case study from the Middle Eocene-Lower Oligocene Kırkgeçit Formation, Elazığ, eastern Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 22(2), 320-338.
- Erdem, E. (1994). Pütürge (Malatya) Metamorfikleri'nin petrografik ve petrolojik özellikleri. *F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, 119s.
- Eriş, K. K. (2013). Late Pleistocene-Holocene sedimentary records of climate and lake-level changes in Lake Hazar, eastern Anatolia, Turkey. *Quaternary International*, 302, 123-134.
- Eriş, K. K., Ön, S. A., Çağatay, M. N., Ülgen, U. B., Ön, Z. B., Gürocak, Z., Arslan, T. N., Akkoca, D. B., Damcı, E., İnceöz, M. & Okan, Ö. Ö. (2018). Late Pleistocene to Holocene Paleoenvironmental Evolution of Lake Hazar, Eastern Anatolia, Turkey. *Quaternary International*, 486, 4-16.
- Ertürk, M. A. (2016). Maden Karmaşığı'nın (DoğuToroşlar-Türkiye) petrolojik özellikleri. *F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, 130s.
- Ertürk, M. A., Beyarslan, M., Chung, S. L. & Lin, T.H. (2018a). Eocene magmatism (Maden Complex) in the Southeast Anatolian orogenic belt: Magma genesis and tectonic implications. *Geoscience Frontiers*, 9(6), 1829-1847.
- Ertürk, M. A., Beyarslan, M. & Sar, A. (2018b). In the Case of Maden Complex, Geochemical Constraints on the Origin and Tectonic Implication of Eocene Magmatism in SE Turkey. *Journal of Tethys*, 5(3), 240-263.
- Göncüoğlu, M. C. (2010). Introduction to the Geology of Turkey: Geodynamic evolution of the pre-Alpine and Alpine Terranes. *Mineral Resources of Turkey*, 1-69.
- Göncüoğlu, M. C. (2019). A Review of the Geology and Geodynamic Evolution of Tectonic Terranes in Turkey. *Mineral Resources of Turkey*, 19-72.
- Göncüoğlu, M. C. & Turhan, N. (1983). Geology of the Bitlis metamorphic belt, edited by O. Tekeli ve C. Göncüoğlu. *Geology of the Taurus belt International Symposium*, 237-244.
- Göncüoğlu, M. C. & Turhan, N. (1985). Bitlis Metamorfik kuşağı orta bölümünün temel jeolojisi, *M.T.A Raporu*, No:7707, 225s, Ankara.
- Göncüoğlu, M. C., Sayit, K. & Tekin, U. K. (2010). Oceanization of the northern Neotethys: geochemical evidence from ophiolitic mélange basalts within the Izmir-Ankara suture belt, NW Turkey. *Lithos*, 116, 175-187.
- Göncüoğlu, M. C., Tekin, U. K., Sayit K., Bedi, Y. & Uzunçimen, S. (2015). Opening, evolution and closure of the Neotethyan oceanic branches in Anatolia as inferred by radiolarian research. *Radiolaria*, 35, 88-90.
- Gürocak, Z. (1993). Sivrice (Elazığ) çevresinin jeolojisi. *F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 65s.
- Güzel, S. (1997). Kürk köyü (Sivrice)-Karakaya Baraj Gölü Arasında Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Jeolojik Özellikleri. *F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 61s.
- Hempton, M. (1985). Structure and deformation history of the Bitlis suture near Lake Hazar, SE Turkey. *Geological Society of America Bulletin*, 96, 223-243.
- Hempton, M. R. & Savcı, G. (1982). Elazığ volkanik karmaşığının petrolojik ve yapısal özellikleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 25(2), 143-151.
- Herece, E., Akay, E., Küçümen, Ö. & Sarıaslan, M. (1992). Elazığ-Sivrice-Palu dolayının jeolojisi, M.T.A. Raporu, No: 9634.
- Kalender, L. & Uçar, S. Ç. (2013). 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.
- Kalender, L. & Aytımur, G. (2016). REE Geochemistry of Euphrates River, Turkey. *Journal of Chemistry. Journal of Chemistry*, (1), 1-13.
- Kaya, A. (2004). Geology of Gezin (Maden-Elazığ) and Surrounding Area. *Journal of Engineering Sciences*, 10(1) 41-50.
- Kaygılı, S., 2010. Gözeli-Sivrice (Elazığ) civarı drenaj jeokimyası. *F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 7-11s.
- Kılıç, A. D. (2005). Hazar Gölü (Sivrice-Elazığ) güneyinin petrografik ve petrolojik özellikleri. *F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, 103s.
- Kılıç, A. D. (2009). Petrographical and Geochemical Properties of Plagiogranites and Gabbros in Guleman Ophiolite, *Mineral Res. Exp. Bull.*, 139, 33-49.
- Köküm, M. (2017). Doğu Anadolu fay sistemi'nin Palu-Uslu (Elazığ) arasındaki kesiminin kinematik analizi. *F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, 100s.
- Köküm, M. (2019). Landsat TM görüntüleri üzerinden Doğu Anadolu fay sistemi'nin Palu (Elazığ)-Pütürge (Malatya) arasındaki bölümünün çizgisellik analizi. *Gümüşhane Üniv., Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 119-127.
- Köküm, M. & İnceöz, M. (2018). Structural analysis of the northern part of the East Anatolian Fault System. *Journal of Structural Geology*, 114, 55-63.
- Köküm, M., & İnceöz, M. (2020). Paleostress analysis of the Yeşilyurt-Elazığ Fault Zone and its importance for the tectonic evolution, East Turkey. *Journal of Structural Geology*, 138, 104093.

- M. T. A. (2002). Türkiye 1/500,000 ölçekli Jeoloji Haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 18 pafta. Ankara.
- Naz, H. (1979). Elazığ-Palu dolayının jeolojisi. *T.P.A.O Raporu*, 1360.
- Okan, Ö. Ö. & Güven, A. (2019). Hydrochemistry of groundwaters from alluvial and fractured igneous aquifers at the western region of Lake Hazar (Elazığ, Turkey). *Arabian Journal of Geosciences*, 12, 52.
- Özdemir, Y. (2016). Geochemistry of tholeiitic to alkaline lavas from the east of Lake Van (Turkey): Implications for a late Cretaceous mature supra-subduction zone environment. *Journal of African Earth Sciences*, 120, 77-88.
- Özkul, M. (1982). Güneyçayırı (Elazığ) bölgesinin sedimentolojisi. *A.Ü. Fen Fak., Yüksek Lisans Tezi*, 38s.
- Pearce, J. A. (2008). Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust. *Lithos*, 100, 14-48.
- Pearce, J. & Norry, M. J. (1979). Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y and Nb. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 69(1), 33-47.
- Perinçek, D. (1979a). Palu-Karabagan-Elazığ-Sivrice-Malatya alanının jeolojisi ve petrol imkanları. T.P.A.O., Ankara, Rap. No. 1361.
- Perinçek, D. (1979b). The geology of Hazro-Korudağ-Çüngüş-Maden-Ergani-Hazar-Elazığ-Malatya Area, Guide Book. *The Geological Society of Turkey*, 33s.
- Perinçek, D. (1980a). Arabistan kıtası kuzeyindeki tektonik evrimin, kıta üzerinde çökelen istifteki etkileri. *Türkiye 5. Petrol Kongresi, Tebliğler, Ankara*, 77-93.
- Perinçek, D. (1980b). Bitlis Metamorfitlelerinde Volkanitli Triyas. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 23, 201-211.
- Perinçek, D. & Kozlu, H. (1984). Stratigraphy and structural relations of the units in the Afşin-Elbistan-Doğanşehir region (Eastern Taurus): Tekeli, O. and Güncüoğlu, M.C. eds. *Int.Symp.on the geology of the Taurus Belt, Proceedings*, 181-198.
- Perinçek, D. & Özkaya, I. (1981). Arabistan levhası kuzey kenarının tektonik evrimi. *Yerbilimleri*, 8, 91-101.
- Rızaoğlu, T., Parlak, O., Höck, V. & İşler, F. (2006). Nature and significance of Late Cretaceous ophiolitic rocks and its relation to the Baskil granitoid in Elazığ region, SE Turkey. *Geological Society of London, Special Publications*, 260, 327-350.
- Rolland, Y., Hässig, M., Bosch, D., Bruguier, O., Melis, R., Galoyan, G., Topuz, G., Sahakyan, L., Avagyan, A. & Sosson, M. (2020). The East Anatolia-Lesser Caucasus ophiolite: An exceptional case of large-scale obduction, synthesis of data and numerical modelling. *Geoscience Frontiers*, 11(1), 83-108.
- Ross, P. S. & Bedard, J. H. (2009). Magmatic affinity of modern and ancient subalkaline volcanic rocks determined from trace-element discriminant diagrams. *Can. J. Earth Sci.*, 46, 823-839.
- Sar, A. (2016). Pertek (Tunceli) Güneydoğusundaki Granitoidlerin Petrolojisi. *F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 57s.
- Sar, A., Ertürk, M. A., Rizeli, M. E. (2019). Genesis of Late Cretaceous intra-oceanic arc intrusions in the Pertek area of Tunceli Province, eastern Turkey, and implications for the geodynamic evolution of the southern Neo-Tethys: Results of zircon U-Pb geochronology and geochemical and Sr-Nd isotopic analyses. *Lithos*, 350(351), 105263.
- Suiçmez, Y., 1999. Kavallı (Sivrice-Elazığ) çevresindeki cevherleşmelerin jeokimyası ve kökeni. *F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 42s.
- Sun, S. S. & McDonough, W. F. (1989). Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts; implications for mantle composition and processes. In: Magmatism in the ocean basins, Saunders, A.D. and Norry, M.J. (Editors), *Geological Society of London, London*, 42, 313-345.
- Sungurlu, O., Perinçek, D., Kurt, G., Tuna, E., Dülger, S., Celikdemir, E. & Naz, H. (1985). Geology of the Elazığ-Hazar-Palu area. *Bull. Turk. Ass. Petrol. Geol.*, 29, 83-191.
- Tatar, Y. (1987). Elazığ Bölgesinin Genel Tektonik Yapıları ve Landsat Fotoğrafları Üzerinde Yapılan Bazı Gözlemler. *Hacettepe Üniversitesi, Yer Bilimleri Bülteni*, 14, 295-308.
- Tekin, U. K. Ural, M., Göncüoğlu, M. C. Arslan, M., & Kürüm, S. (2015). Upper Cretaceous Radiolarian ages from an arc-back-arc within the Yüksekova Complex in the southern Neotethys mélange, SE Turkey. *Comptes Rendus Palevol*, 14(2), 73-84.
- Turan, M. & Bingöl, A. F. (1991). Kovancılar-Baskil (Elazığ) arası bölgenin tektono-stratigrafik özellikleri, Ed. Yetiş, C., Ahmet Acar Jeoloji Sempozyumu, Bildiriler, Adana, 211-226.
- Turan, M. (1984). Baskil - Aydınlar (Elazığ) yöresinin stratigrafisi ve tektoniği. *F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, 180s.
- Turan M. (1993). Elazığ ve yakın civarındaki bazı önemli tektonik yapılar ve bunların bölgenin jeolojik evrimindeki yeri, A. Suat *Erk Jeoloji Sempozyumu Bildirileri*, Ankara.
- Turan, M. & Gürocak, Z. (1997). Sivrice (Elazığ) Civarında Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Tektonik Özellikleri. Selçuk Üniv. Müh.-Mim. Fak. 20. Yıl Jeoloji Sempozyumu. Bildiriler kitabı, 465-477.
- Ural, M. (2012). Elazığ ve Malatya çevresindeki Yüksekova Karmaşığı bazik volkanitlerinin petrokimyası, petrolojisi ve yaşı. *F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, 174s.
- Ural, M. & Sarı, B. (2019). New Planktonic Foraminifera Data from the Upper Cretaceous Pelagic Limestones of the Yüksekova Complex in the Maden Area (Southeast of Elazığ, Eastern Turkey). *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 362, 012121.
- Ural, M. & Kaya Sarı, M. (2019). Paleogeographic and Age Findings on Planktonic Foraminiferal Assemblages of Yüksekova Complex in the Northeast of Elazığ (Eastern Turkey). *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 362, 012146.
- Ural, M., Göncüoğlu, M. C., Arslan, M., Tekin, U. K. & Kürüm, S. (2014). Petrological and paleontological evidence for generation of a arc-back arc system within the closing southern branch of Neotethys during the Late Cretaceous, In: A. Begiraj et al. (Eds.), *Proceed. 20th CBGA Congr., Bull. Shk. Gjeol. Spec. Issue*, 2/2014: 51-54.
- Ural, M., Arslan, M., Göncüoğlu, M.C., Tekin, U. K. & 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 Turkey). *Ofioliti*, 40(1).
- Ural, M., Deniz, K. & Sayit, K. (2019). Mafic Volcanic and Subvolcanic Rocks from the Yüksekova Complex in the İçme-Kesikköprü Province (East of Elazığ, Eastern Turkey): Whole-Rock Geochemistry and Confocal Raman Spectroscopy Characterization. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 362, 012122.

- Yalçın, Y. (2020). Doğanbağı (Sivrice, Elazığ) sıcak ve mineralli su kaynağının hidrojeoloji incelenmesi. *F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 92s.
- Yazgan, E. (1981). Doğu Toroslarda etkin bir paleo-kıta kenarı etüdü(Üst Kretase-Orta Eosen) Malatya-Elazığ, Doğu Anadolu. *Yer Bilimleri*, 7(7), 83-104.
- Yazgan, E. (1983). A Geotraverse between the Arabian platform and the Munzur nappes, Enternational Symp, On the geology of the Taurus Belt, Guide book for Excursion, V, 1-17, Ankara.
- Yazgan, E. (1984). Geodynamic evolution of the Eastern Taurus region. In, *The Geology of the Taurus Belt, International Symposium Proceedings*, O. Tekeli and M.C. Göncüoğlu (Eds.), Ankara, 199-208.
- Yazgan, E., Asutay, H. J., Gültekin, M.C., Poyraz, N., Sirel, E. ve Yıldırım, H., 1987. Malatya güneydoğusunun jeolojisi ve Doğu Torosların jeodinamik evrimi. M.T.A Raporu, No: 2268.
- Yıldız, A. (2004). Uslu köyü (Sivrice-Elazığ) bakır cevherleşmelerinin mineralojik ve jeokimyasal özellikleri. *F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 34s.
- Winchester, J. A. & Floyd, P. A. (1977). Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation product using immobile elements. *Chemical Geology*, 20, 325-343.