



Makale / Research Paper

Geçityaka Köyü (Tunceli) Çevresindeki Elazığ Magmatik Kompleksi'ne Ait Kayaçların Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri

Abdullah SAR^{1a*}, Mustafa Eren RİZELİ^{1b}, Mehmet Ali ERTÜRK^{1c}

¹Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Elazığ/TÜRKİYE

asar@firat.edu.tr

Received/Geliş: 09.09.2021

Accepted/Kabul: 14.02.2022

Öz: Bu çalışmada Tunceli ili Geçityaka köyü ve çevresindeki Elazığ Magmatik Kompleksi'ne ait kayaçların petrografik ve jeokimyasal özellikleri incelenmiştir. İnceleme konusunu oluşturan kayaçlar, granit, granodiyorit, kuvars monzonit ve monzodiyorit ile temsil edilmektedir. Petrografik incelemelere göre kayaçlarda tanesel, porfirik, porfirik holokristalin ve poikilitik dokular hâkimdir. Tüm kayaç jeokimyasal verilerine göre, inceleme konusunu oluşturan magmatitler I tipi granit karakterinde ve toleyitiktan şoşonitiğe kadar değişen bileşimsel dağılımlar göstermektedir. İksel mantoya ve kondrite göre normalize edilmiş spider diyagramlarında büyük iyon yarıçaplı elementler ve hafif nadir toprak elementleri, yüksek alan enerjili elementler ve ağır nadir toprak elementlerine oranla daha fazla zenginleşmiştir. Elde edilen veriler ışığında, incelenen magmatik kayaçların Neotetis Okyanusu'nun güney kolunun kuzeye yitimi sırasında gelişen okyanus içi yitim ve sonrasında gerçekleşen çarpışma sonrası evre ürünü olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Elazığ Magmatik Kompleksi, Petrografi, Jeokimya, Tunceli

Petrographic and Geochemical Characteristics of the Rocks Belonging to the Elazig Magmatic Complex in the Geçityaka region (Tunceli)

Abstract: In this study, the petrographic and geochemical properties of the rocks belonging to the Geçityaka province (Tunceli) and the surrounding Elazığ Magmatic Complex were investigated. The rocks that are the subject of the study are represented by granite, granodiorite, quartz monzonite and monzodiorite. According to petrographic examinations, equigranular, porphyric, porphyric holocrystalline and poikilitic textures are dominant in the rocks. According to the geochemical data of the whole rock, the magmatics that are the subject of the study show I type granite character and compositional distributions ranging from tholeiitic to shoshonitic. In spider diagrams normalized to the primitive mantle and chondrite, large ion lithophile elements and light rare earth elements are more enriched than high field strength elements and heavy rare earth elements. In the light of the data obtained, the studied magmatic rocks are the product of the intra-oceanic subduction that developed during the northward subduction of the southern branch of the Neotethys Ocean and the post-collisional stage generated subsequently.

Keywords: Elazığ Magmatic Complex, Petrography, Geochemistry, Tunceli

1. Giriş

Güneydoğu Anadolu Orojenik Kuşağı (GAOK), batıda İskenderun Körfezi'nden başlayarak Malatya, Elazığ, Bingöl ve Bitlis üzerinden Türkiye, İran ve Irak'ın üçlü nokta kesişim noktasına kadar yaklaşık 1000 km uzanmaktadır [1]. Bu kuşak güneyde Neoproterozoik-Erken Miyosen Arap levhası üzerine bindirir ve kuzeyde daha genç sedimanter ve volkanik kayaçlarla (Orta Eosen-Geç Miyosen) örtülür. Yılmaz [2], bölgeyi üç tektonik birime ayırmıştır: (I) Arap platformu, (II) bindirme bölgesi, (III) nap

Bu makaleye atf yapmak için

Sar, A., Rizeli, M. E., Ertürk, M. A., "Geçityaka Köyü (Tunceli) Çevresindeki Elazığ Magmatik Kompleksi'ne Ait Kayaçların Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri" El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi 2022, 9 (2); 680-694.

How to cite this article

Sar, A., Rizeli, M. E., Ertürk, M. A., "Petrographic and Geochemical Characteristics of the Rocks Belonging to the Elazig Magmatic Complex in the Geçityaka region (Tunceli)" El-Cezeri Journal of Science and Engineering, 2022, 9 (2); 680-694.

ORCID: ^a 0000-0002-9752-7807; ^b 0000-0003-3725-3063; ^c 0000-0003-1197-9202

bölgesi. GAOK, (1) Malatya, Keban, Engizek ve Binboğa masifleri dâhil olmak üzere Güneydoğu Anadolu'nun Neoproterozoik-Triyas metamorfik masiflerinden [3-5]; (2) Geç Kretase okyanus içi yay sistemi birimlerinden (ofiyolitler ve yay tipi/çarpışma sonrası magmatik kayalar) [6-15] ve (3) Geç Kretase-Kuvaterner yaşlı volkanik ve sedimanter kayalarından oluşmaktadır [16-27].

İnceleme alanı Tunceli ili Geçityaka köyü ve çevresini kapsayan 1/100000 ölçekli K42 paftasını içerisine alan yaklaşık 20 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. GAOK içerisinde yer alan Üst Kretase yaşlı magmatik kayalar, birçok araştırmacı tarafından incelenmiş olsa da bu bölgede yer alan magmatik kayalara ait herhangi bir jeokimyasal çalışma yapılmamıştır. Bu nedenle bu çalışmada bölgede yüzeyleyen magmatik kayaların petrografik özellikleri, ana oksit, iz element ve nadir toprak elementleri içerikleri gibi tüm kayaç jeokimyasalarının belirlenerek bu kayaların petrojenezinin ve oluşum ortamlarının ortaya çıkarılması amaçlanmıştır

2. Materyal ve Metot

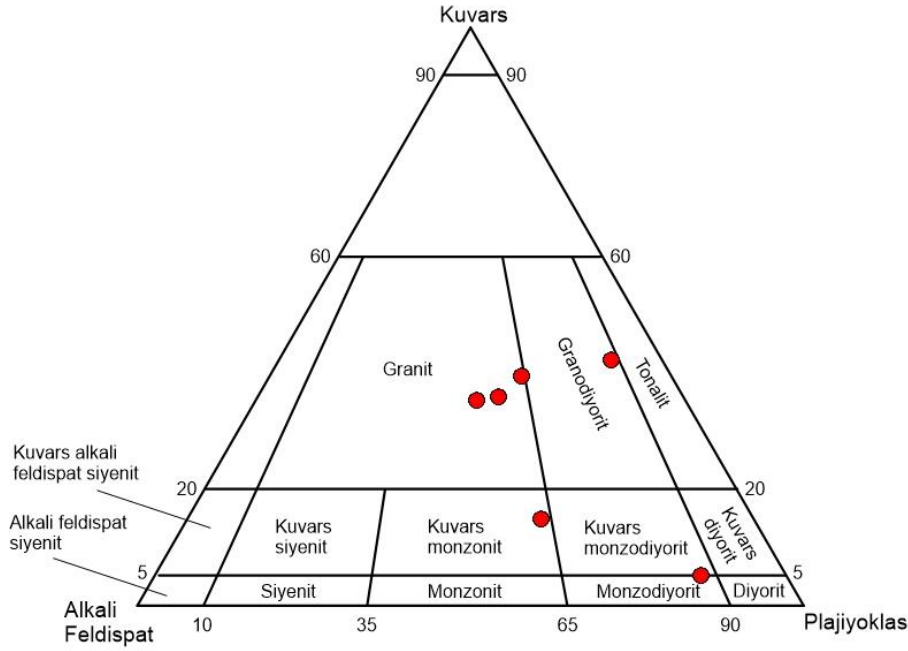
Arazi çalışmaları sırasında bölgede yüzeyleyen litolojik birimlerin birbirleri ile olan stratigrafik ilişkileri incelenmiş, petrografik ve jeokimyasal incelemeler için örnek alımı gerçekleştirilmiştir. Araziden toplanan kayaç örneklerinde petrografi çalışmaları için ince kesitler Fırat Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvarında hazırlanmıştır. Hazırlanan ince kesitler polarizan mikroskop altında incelenmiş ve kayaların petrografik, mineralojik ve dokusal karakterleri belirlenmiştir. Petrografi incelemeler sonucunda alterasyon oranı az olan örnekler üzerinde (6 örnek) ICP-AES ve ICP-MS yöntemi kullanılarak tüm kayaç (ana oksit, iz element ve nadir toprak element) analizleri, Bureau Veritas Minerals Laboratuvar'ında (Vancouver-Kanada) yaptırılmıştır.

3. Bulgular

3.1. Petrografi

Geçityaka köyü ve çevresinde yüzeyleyen Elazığ Magmatik Kompleksi'ne ait birimler, granit, granodiyorit, monzodiyorit ve kuvars monzonit türü kayalar ile temsil edilmektedir (Şekil 1). Çalışılan kayaların normatif mineral oranları petrografi verileri ile uyumludur (Tablo 1). İncelenen kayaların türü, ana mineral içerikleri, dokusal karakterleri ve örnek koordinat noktaları Tablo 2'de görülmektedir. Granitler, makroskobik olarak pembemsi renklerde ve orta-iri taneli kayalar şeklinde gözlenmektedir. Bileşimsel olarak %35-40 oranında plajiyoklas, %20-30 oranında kuvars, %30-35 oranında K-feldispat, %20-25 oranında biyotit, amfibol ve opak mineralleri içeren mafik mineral oranlarına sahiptir. Bu kayalar genel olarak poikilitik doku, tanesal doku ve porfirik doku özelliği gösterirler (Şekil 2a-b). Plajiyoklaslar, çoğunlukla yarı özşekilli/özşekilli kristaller halinde olup albit ve polisentetik ikizlenmeler göstermektedir. Alterasyon genellikle düşük düzeyde olmasına rağmen, bazı plajiyoklas kristallerinin serizitleşme ve karbonatlaşmadan kaynaklı ikiz lamelleri net olarak görülmemektedir. Kuvarslar genellikle özşekilsiz kristaller halinde ve beyaz/grimsi tonlarda gözlenmektedir. K-feldispatlar, çift nikolde grimsi tonlarda görülmekte olup, bazı kristaller içerisinde biyotit, amfibol, plajiyoklas ve opak mineralleri içeren mineral kapantıları içermektedir. Bazı K-feldispat kristallerinde pertitleşmeler gözlenmektedir (Şekil 2c). Granodiyoritler, bileşimsel olarak %15-20 oranında plajiyoklas, %25-35 oranında kuvars, %45-50 oranında K-feldispat ve %10-15 oranında mafik mineral içeriğine sahiptir. Dokusal olarak poikilitik doku ve porfirik holokristalin doku hâkimdir. K-feldispatlar genellikle düşük çift kırınım renklerine sahip olup bazı kristallerde karlsbad ikizlenmeleri görülmektedir. Albit ve albit+karlsbad ikizlenmeleri gösteren plajiyoklaslar genellikle yarı özşekilli prizmatik kristaller şeklinde gözlenmektedir (Şekil 2d-e). Bazı kristallerde zonlanma görülmektedir. Kuvars monzonitler ve monzodiyoritler inceleme alanında pembemsi renklerde ve genel olarak orta/iri taneli olarak gözlenmektedir. Esas mineral olarak plajiyoklas, kuvars ve K-feldispat içeriğine sahiptir. Mafik mineral oranları genel olarak düşük olup porfirik

holokristalin doku gözlenmektedir (Şekil 2f). Plajiyoklaslarda çoğunlukla polisentetik ikizlenmeler görülmektedir. K-feldspatlar, yarı özşekli/özşekilsiz prizmatik kristaller halinde olup, bazı kristallerde serisitleşme türü alterasyon hâkimdir.



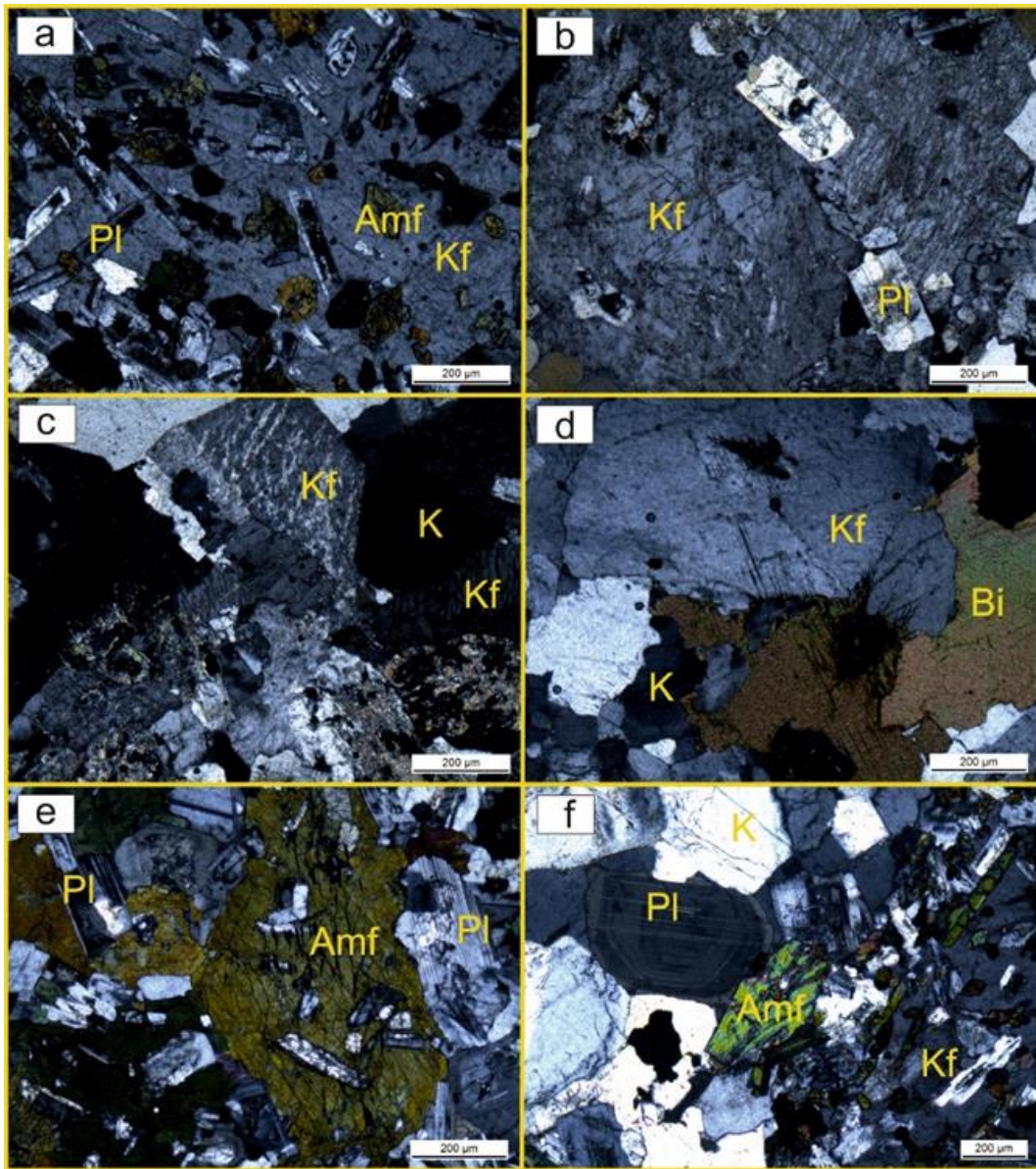
Şekil 1. QAP diyaqramı [28].

Tablo 1. Geçityaka köyü çevresindeki Elazığ Magmatik Kompleksi'ne ait kayaçların normatif mineral içerikleri.

Örnek	PK1	PK2	PK8	PK9	PK10	PK12
Kayaç türü	Granit	Granodiyorit	Kuvars monzonit	Monzodiyorit	Granit	Granit
Kuvars	34.67	39.56	13.16	3.79	34.67	38.04
Korund	0.68	0.42	-	-	0.73	0.68
Ortaklas	26.65	4.43	28.13	9.40	30.43	21.57
Albit	29.53	23.69	33.68	30.63	29.19	29.11
Anortit	5.29	23.32	13.07	29.53	3.14	7.01
Nefelin	-	-	-	-	-	-
Diyopsit	-	-	2.43	9.47	-	-
Hipersten	1.51	4.99	5.02	9.92	0.89	1.98
Olivin	-	-	-	-	-	-
Manyetit	1.93	5.77	7.73	13.09	1.15	2.70
İlmenit	0.11	0.61	0.65	1.16	0.04	0.15
Apatit	0.02	0.07	0.19	0.37	0.05	0.05

Tablo 2. Geçityaka köyü çevresindeki Elazığ Magmatik Kompleksi'ne ait kayaçların türü, ana mineral parajenezleri, dokusu ve koordinatları, (K: Kuvars, K-fel: K feldispat, Pl: Plajiyoklas, Amf: Amfibol, Bi: Biyotit, A: Porfirik, B: Poikilitik, C: Porfirik holokristalin D: Tanesel).

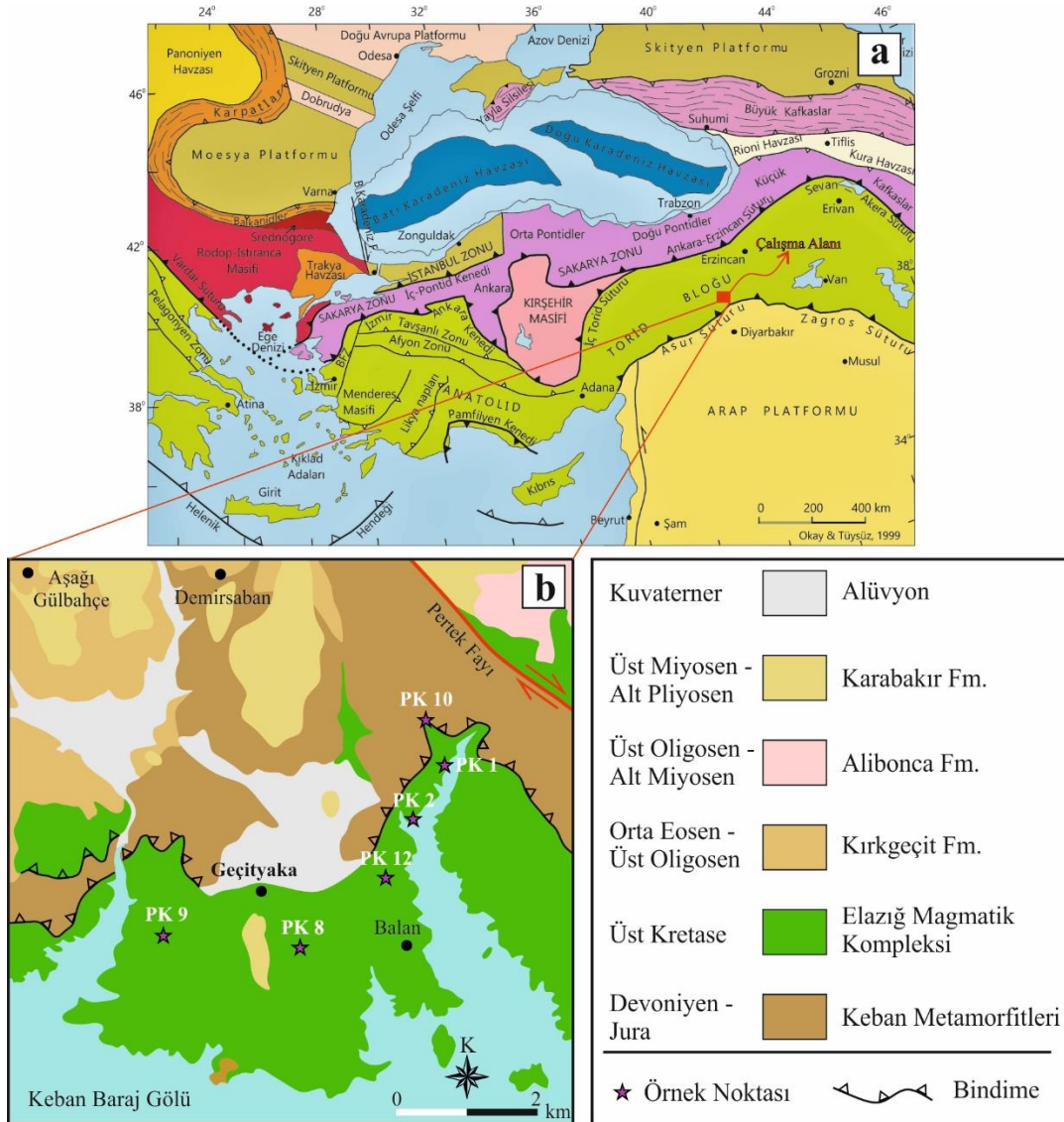
Örnek	Kayaç Türü	Mineral	Kayaç Dokusu	Koordinat (UTM)
PK1	Granit	Pl, K-fel, K, Amf, Bi	A,B,D	37S 520799 D 4307258 K
PK2	Granodiyorit	Pl, K-fel, K, Amf, Bi	B,C	37S 520373 D 4306162 K
PK8	Kuvars monzonit	Pl, K-fel, K, Amf	C	37S 519121 D 4304339 K
PK9	Monzodiyorit	Pl, K-fel, K, Amf	C	37S 517534 D 4304649 K
PK10	Granit	Pl, K-fel, K, Amf, Bi	A,B,D	37S 520542 D 4307612 K
PK12	Granit	Pl, K-fel, K, Amf, Bi	A,B,D	37S 519860 D 4305196 K



Şekil 2. Geçityaka köyü çevresindeki Elazığ Magmatik Kompleksi'ne ait kayaçların ince kesit görüntüleri (Amf: Amfibol; Pl: Plajiyoklas; Kf: K-feldispat; K: Kuvars; Bi: Biyotit).

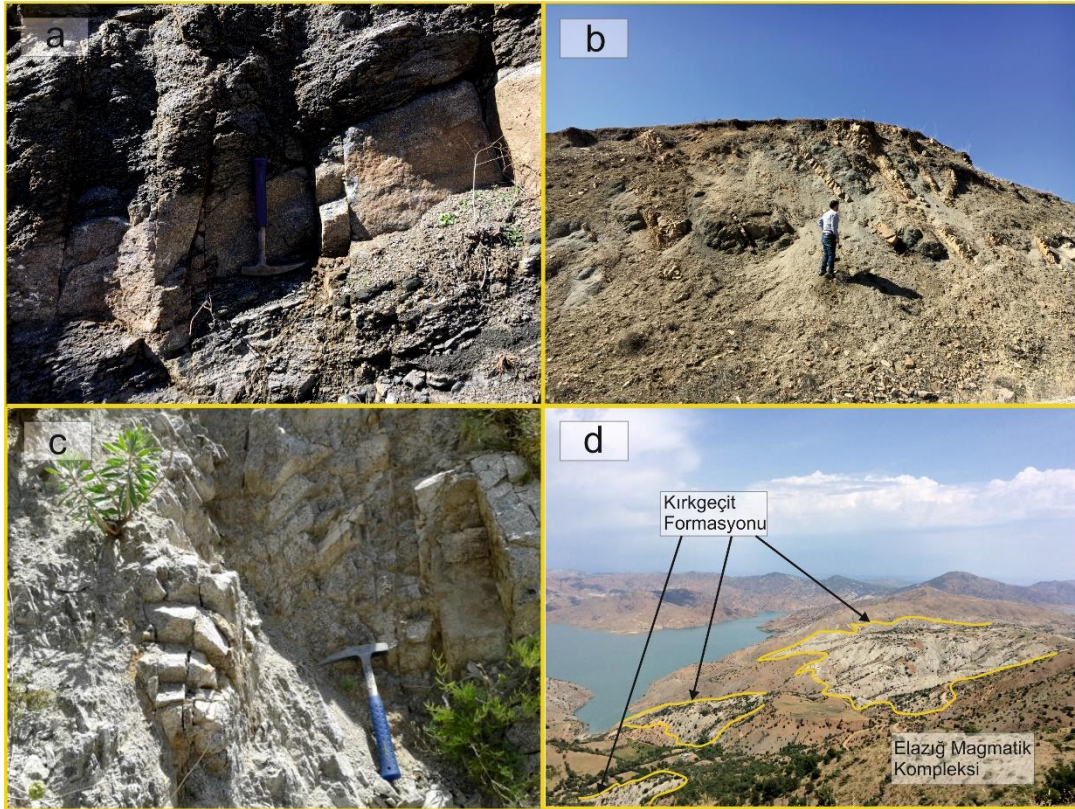
3.2. Bölgesel Jeoloji

İnceleme alanında Devoniyen-Jura yaşlı Keban Metamorfileri, en yaşlı birimidir. Birim başlıca düşük-orta derecede metamorfizmaya uğramış mermer, rekristalize kireçtaşı kalkışist, kalkfillit ve amfibol şistlerle temsil edilmektedir. Bu kayalar sıg denizel ortam karakterinde olup metamorfileri meydana getiren kalın platform ise bu süreçte çökelmiştir [29]. İnceleme konusunu oluşturan Elazığ Magmatik Kompleksi, çeşitli araştırmacılar tarafından farklı isimlerle adlandırılmıştır. İlk olarak Perinçek [30] tarafından Hakkâri ili Yüksekova ilçesi çevresinde tanımlanmış ve Yüksekova Karmaşığı olarak isimlendirilmiştir. Birim litolojik özellikleri bakımından bölgesel farklılıklar sunmaktadır. Bingöl [6] oldukça geniş bir alan da yüzeyleme sunan birimin Elazığ ve çevresinde daha düzenli bir istif sunduğunu belirtip, birimin bu çevrede yayılımı için “Elazığ Magmatitleri” adlanmasının daha uygun olacağını belirtmiştir. Sar vd. [13] yapmış olduğu çalışmada birim Elazığ Magmatik Kompleksi olarak adlandırılmıştır. Elazığ Magmatik Kompleksi’ne ait plütonik kayalar, genel olarak granit, granodiyorit, tonalit, monzonit, kuvars monzonit, kuvars monzodiyorit, diyorit, kuvars diyorit ve gabrolar ile temsil edilmektedir [1,13]. Bu makalenin konusunu oluşturan magmatik kayalar Geçityaka köyü ve çevresinde yüzlek vermektedir (Şekil 3). İnceleme alanında birim granit, granodiyorit, kuvars monzonit ve monzodiyorit türü kayalar ile temsil edilmektedir (Şekil 4).



Şekil 3. İnceleme alanının (a) tektonik birlikler [31] ve (b) jeoloji haritası (MTA [32]’dan değiştirilmiştir).

Kayaçlar içerisinde magma karışım süreçlerini gösteren farklı boyut ve oval, merceksi, elipsoidal şekillerde mafik mikrogranüler anklavlar gözlenmektedir. Bu kayaçlar boyutları santimetreden metreye kadar değişen aplitik ve diyabazik dayklar tarafından kesilmektedir. Beyarlan ve Bingöl [1]; Sar vd. [13] tarafından yapılan çalışmalarda, bu kayaçların yitim (supra-subduction) zonu ofiyolitleri üzerinde oluşan okyanus içi yitim (ada yayı) ve ardından gelişen çarpışma zonu ortamlarında oluştuğu kabul edilmektedir. Sar vd. [13] granit, granodiyorit, diyorit ve kuvars diyoritlerde yapmış oldukları zirkon U-Pb yaş verilerine göre birimin yaşının Üst Kretase (77-81 My.) olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışma alanında yüzeyleyen diğer bir birim olan orta Eosen-Üst Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu ilk defa Perinçek [30] tarafından Van ilinin Kırkgeçit köyü ve çevresinde tanımlanmış ve isimlendirilmiştir. Litolojik olarak kumlu killi kireçtaşı, kil taşı, kumtaşı ve fosilli tabakalı kireçtaşları ile temsil edilmektedir. Birim, derin deniz şelf kompleksi karakterinde olup kıtasal kabuk üzerinde yay gerisi bir ortamda çökelmiştir [33]. Bölgede yüzeyleyen diğer birim Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı Karabakır Formasyonu'dur. İlk olarak Naz [34] tarafından Tunceli'nin Pertek ilçesi Karabakır köyü ve çevresinde tanımlan birim konglomera, kireçtaşı, kumtaşı, marn, çamurtaşı ve karasal volkanizma ürünleri ile temsil edilmektedir.



Şekil 4. Geçityaka köyü çevresindeki Elazığ Magmatik Kompleksi'ne ait (a) granit, (b) monzodiyorit, (c) granodiyorit türü kayaçların ve (d) arazinin genel görünümü.

3.3. Jeokimya

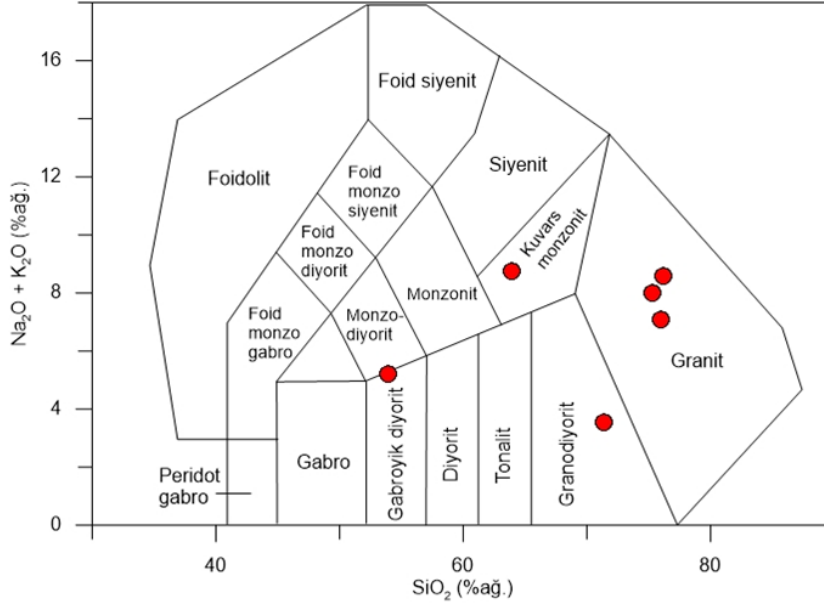
Geçityaka köyü çevresindeki Elazığ Magmatik Kompleksi'ne ait 6 adet kayaç örneğinde yapılan tüm kayaç analiz sonuçları Tablo. 3'te görülmektedir. Çalışma konusunu oluşturan kayaçların SiO₂ (%53.93–76.23), Fe₂O₃ (%0.79–9.03), Al₂O₃ (%12.86–18.5), MgO (%0.07–3.15), Na₂O (%2.8–3.98), CaO (%0.66–8.48), K₂O (%0.75–5.15), P₂O₅ (%0.01–0.16), TiO₂ (%0.02–0.61), Na₂O+K₂O (%3.55–8.74), Zr (67–200.9 ppm), Nb (1.4–23.5 ppm), Ta (0.1–2.8 ppm) değerleri arasında değişmektedir. İncelenen magmatik kayaçlar, toplam alkali-silis diyagramında; granit, granodiyorit, kuvars monzonit ve monzodiyorit türü kayaçlar ile temsil edilmektedir (Şekil 5). Bu kayaçlar K₂O-SiO₂ değişim diyagramında toleyitikten şoşonitiğe kadar değişen bir karaktere sahiptir (Şekil 6).

İncelenen kayalar 10000*Ga/Al-Ce diyagramında Şekil 7'ye göre "I" tipi bir bileşim sergilemektedir.

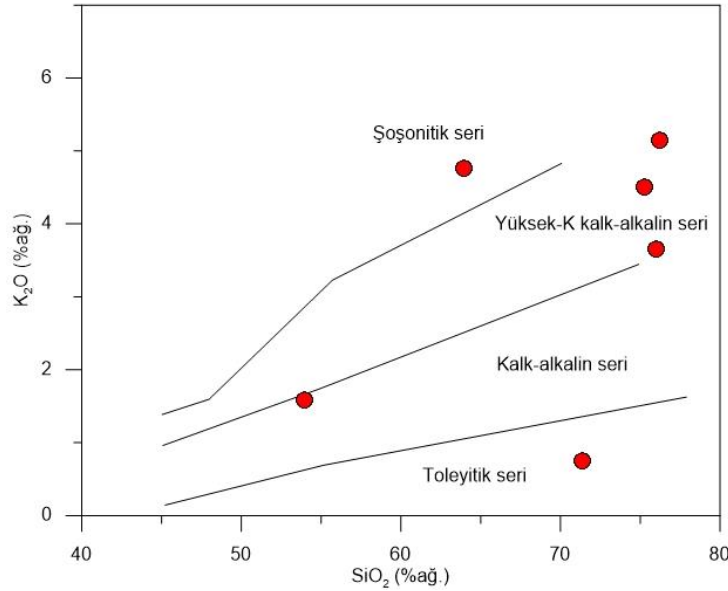
Tablo 3. Geçityaka köyü çevresindeki Elazığ Magmatik Kompleksi'ne ait kayaların ana oksit ve iz element değerleri.

Örnek Kayac Türü	PK1 Granit	PK2 Granodiyorit	PK8 Kuvars monzonit	PK9 Monzodiyorit	PK10 Granit	PK12 Granit
Ana oksitler (%ağ.)						
SiO ₂	75.26	71.36	63.97	53.93	76.23	76.02
TiO ₂	0.06	0.32	0.34	0.61	0.02	0.08
Al ₂ O ₃	13.24	14.38	16.49	18.50	13.13	12.86
Fe ₂ O ₃	1.33	3.98	5.33	9.03	0.79	1.86
MnO	0.06	0.06	0.06	0.15	0.05	0.04
MgO	0.16	0.85	0.92	3.15	0.07	0.20
CaO	1.08	4.74	3.32	8.48	0.66	1.44
Na ₂ O	3.49	2.80	3.98	3.62	3.45	3.44
K ₂ O	4.51	0.75	4.76	1.59	5.15	3.65
P ₂ O ₅	0.01	0.03	0.08	0.16	0.02	0.02
LOI	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.3
Toplam	99.95	99.92	99.84	99.79	99.96	99.95
İz elementler (ppm)						
Sc	<1	3	4	16	<1	<1
V	<8	69	62	202	<8	16
Co	1.6	7.2	4.3	21.4	0.9	1.8
Ni	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Ga	12.2	10.3	16.2	18.9	13.8	10.8
Rb	194.6	22.8	129.5	46.2	241.7	87.3
Sr	64.3	251.6	391.6	636.3	18.1	123.6
Y	12.1	3.7	24.9	16.8	17.5	12.6
Zr	86.2	139.8	200.9	117.0	67.0	89.5
Nb	11.5	1.4	23.5	9.0	11.1	5.8
Cs	3.7	0.5	0.7	0.9	2.7	0.7
Ba	152	155	825	535	36	467
La	12.0	5.1	40.5	20.7	5.5	16.1
Ce	22.2	7.2	77.9	35.4	10.5	26.8
Pr	2.18	0.71	8.08	3.85	1.16	2.77
Nd	7.4	2.6	25.8	14.4	4.1	9.3
Sm	1.35	0.40	4.20	3.02	1.02	1.56
Eu	0.24	0.44	0.87	0.92	0.12	0.41
Gd	1.27	0.56	3.78	3.03	1.16	1.58
Tb	0.22	0.09	0.60	0.49	0.25	0.28
Dy	1.38	0.64	3.71	2.76	1.87	1.83
Ho	0.33	0.13	0.85	0.64	0.47	0.41
Er	1.19	0.43	2.63	1.89	1.84	1.38
Tm	0.22	0.06	0.42	0.28	0.34	0.22
Yb	1.74	0.56	2.98	1.74	2.77	1.79
Lu	0.30	0.09	0.47	0.30	0.48	0.31
Hf	3.0	3.8	4.6	2.9	4.0	3.0
Ta	1.2	0.1	1.5	0.7	2.8	0.7
W	0.8	1.0	1.3	<0.5	<0.5	<0.5
Th	15.9	0.9	24.9	7.3	21.4	6.6
U	2.3	0.3	9.3	2.6	2.3	1.4

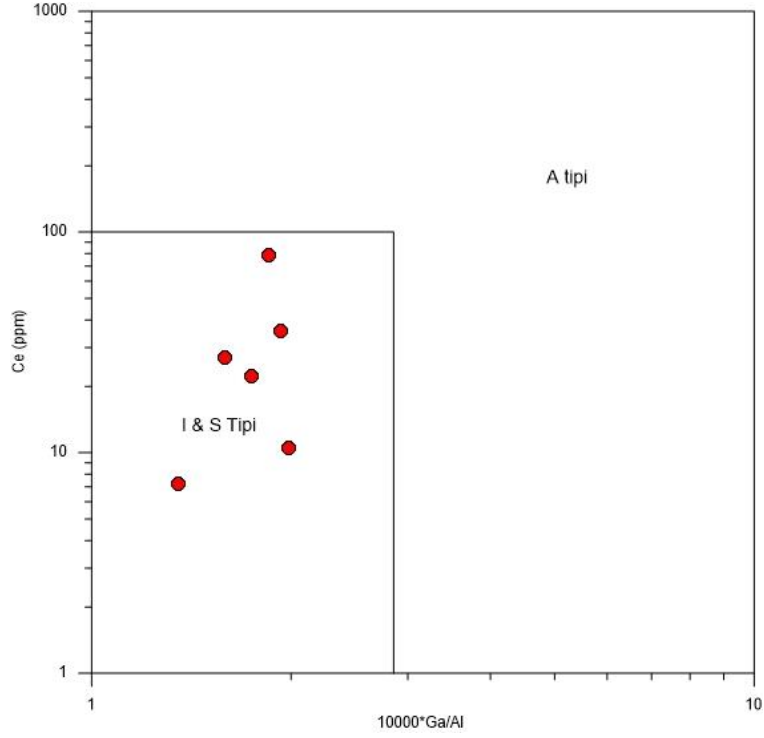
Çalışılan magmatik kayaçların ilksel mantoya göre normalize edilmiş spider diyagramlarında, büyük iyon yarıçaplı elementler (BİYE), yüksek alan enerjili elementlere (YAEE) göre daha fazla zenginleşme göstermektedir (Şekil 8a). Kondrite göre normalize edilmiş spider diyagramlarında hafif nadir toprak elementleri (HNTE), ağır nadir toprak elementlerine (ANTE) oranla daha fazla zenginleşmiştir (Şekil 8b). Genel olarak negatif Eu anomalisi görülmektedir. İncelenen kayaçlar tektonik ayırtman diyagramında, çarpışma sonrası/volkanik yay granitleri alanında yer almaktadır (Şekil 9).



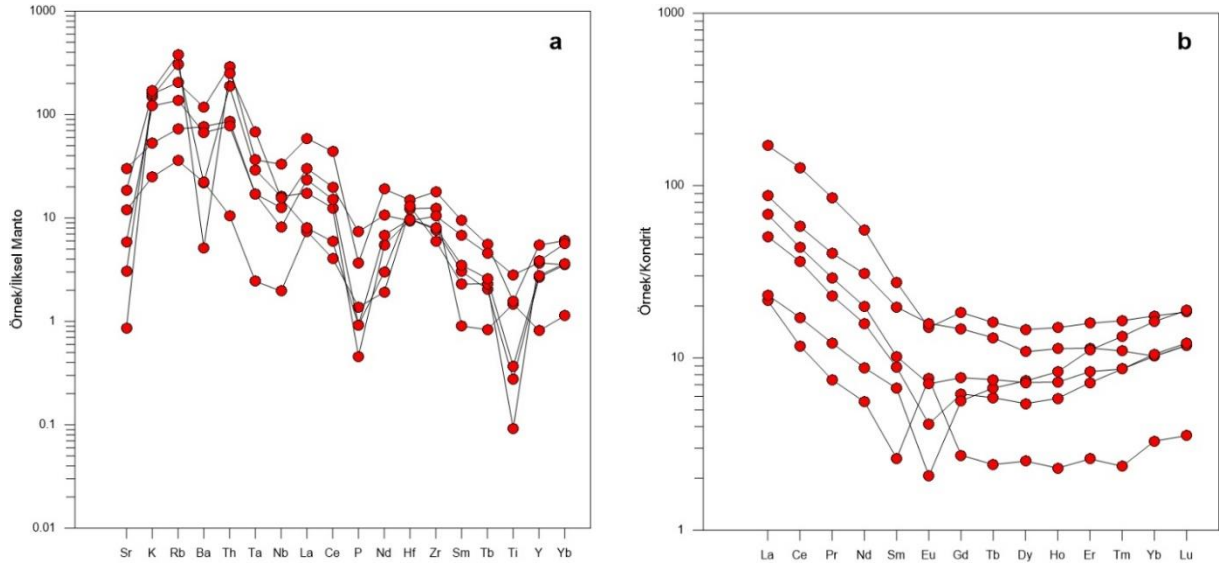
Şekil 5. Geçityaka köyü çevresindeki Elazığ Magmatik Kompleksi'ne ait kayaçların Toplam Alkali-Silis diyagramı [35].



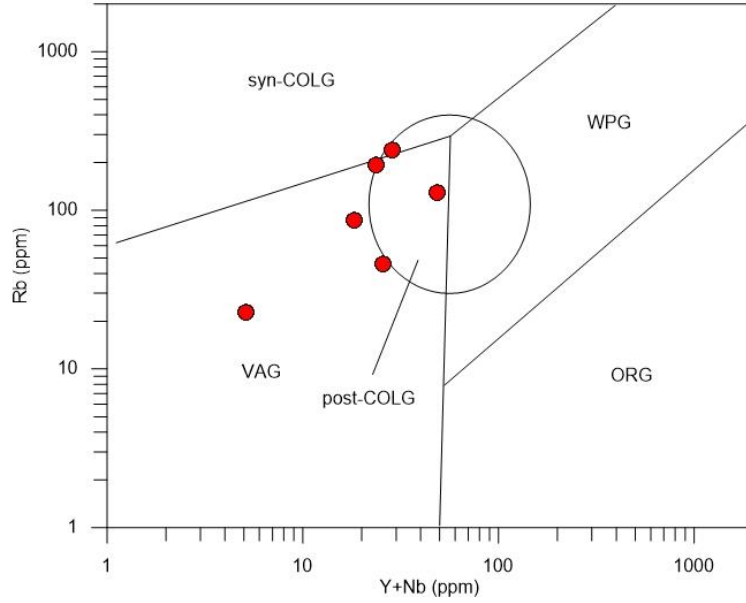
Şekil 6. Geçityaka köyü çevresindeki Elazığ Magmatik Kompleksi'ne ait kayaçların K₂O-SiO₂ değişim diyagramı [36].



Şekil 7. Geçityaka köyü çevresindeki Elazığ Magmatik Kompleksi'ne ait kayaçların $10000 \cdot \text{Ga}/\text{Al}$ -Ce değişim diyagramı [37].



Şekil 8. Geçityaka köyü çevresindeki Elazığ Magmatik Kompleksi'ne ait kayaçların (a) ilksel mantoya göre normalize edilmiş spider diyagramı (b) kondrite göre normalize edilmiş spider diyagramı [38].



Şekil 9. Geçityaka köyü çevresindeki Elazığ Magmatik Kompleksi'ne ait kayaçların Y+Nb-Rb diyagramı [39] (WPG: Plaka içi graniti, VAG: Volkanik ada yayı graniti, ORG: Okyanus ortası rifti graniti, post-COLG: Çarpışma sonrası gelişmiş granit, syn-COLG: Çarpışma ile birlikte gelişmiş granit).

4. Tartışma

Geçityaka köyü çevresindeki Elazığ Magmatik Kompleksi'ne ait kayaçlar granit, granodiyorit, kuvars monzonit ve monzodiyoritler ile temsil edilmektedir. Bu kayaçlar toleyitiktan şoşonitiğe kadar değişen bir bileşimsel dağılıma sahip olup (Şekil 6), I tipi karakter sergilemektedir (Şekil 7). I-tipi granitlerin oluşumu için farklı oluşum modelleri öne sürülmüştür. Bunlar; (I) magmatik kökenli kabuk kayaçlarının kısmi ergimesi [40] ve (II) manto ve kabuk kaynaklı magmaların karışımıdır [41]. Yüksek-K kalkalkalen bileşime sahip, I-tipi granitleri oluşturan magmaların çoğunlukla alt-kıtasal manto veya alt/orta kabuk kaynaklı meta-magmatik kayaçların ürünleri olduğu kabul görmektedir [40-42].

İncelenen kayaçlar, ilksel mantoya göre normalize edilmiş spider diyagramlarında (Şekil 8a), Nb, Ta, Ti, Ba gibi YAEE değerlerinde negatif anomaliler, K, Rb, Th gibi BİYE değerlerinde ise pozitif anomaliler içermektedir. Ta ve Nb değerlerindeki negatif anomaliler kabuksal kirlenmeye ya da yitimle ilişkiye işaret etmektedir. YAEE'lerin, BİYE'lere oranla daha fazla tüketilmiş olması kabuksal kirlenmeye işaret etmesinin yanı sıra, yiten levha tarafından BİYE'lerce zenginleşmiş yitimle ilişkili magmaların karakteristiğini de yansıtmaktadır [43,44]. Kondrite göre normalize edilmiş spider diyagramlarında (Şekil 8b), HNTE'ler ANTE'lere oranla daha fazla zenginleşmiştir. Kayaçlarda çoğunlukla plajiyoklasların fraksiyonel kristallenmesini gösteren negatif Eu anomalisi görülmektedir.

Manto kabuk etkileşiminin önemli bir göstergesi Th/Ta, Zr/Sm, Rb/Nb ve Nb/La gibi iz element oranlarıdır. Alt kıtasal kabuk için Th/Ta oranları 7.9 iken, üst kıtasal kabuk için 6.9'dur. Manto kökenli kayaçların Th/Ta oranları ise 2'ye yakındır [45] İncelenen kayaçların Th/Ta oranları 7.6-13.2 arasında değişmekte olup ortalama 11.05'tir. Bu veriler, Geçityaka köyü çevresindeki Elazığ Magmatik Kompleksi'ne ait kayaçların oluşumunda kabuksal kökene işaret etmektedir. Zr/Sm iz element oranları, kondrit için ortalama 25; E-MORB, N-MORB ve okyanus adası bazaltları için 28; üst kabuk için 41; alt kabuk için 24 olarak belirtilmiştir [46]. İncelenen kayaçların Yüksek Zr/Sm oranları (38-65) litosferik manto kaynaklı magmalar ile kabuk kaynaklı ergiyiklerin karışımına işaret

etmektedir. Alt kıtasal kabukta Rb/Nb oranı ortalama 2.2 [47] iken ilksel mantoda 0.89 [38]'dir. İncelenen kayaçların yüksek Rb/Nb (5.5-21.7) iz element oranları, bu magmaların oluşumunda litosferik mantodan ziyade alt kıtasal kabuk etkisinin varlığına işaret etmektedir. İlksel mantonun ortalama Nb/La oranı 1.01 [48] iken, kıtasal kabuk ortalama 0.46 [49] Nb/La oranı ile karakteristiktir. İnceleme konusunu oluşturan kayaçların Nb/La oranları ortalama 0.77'dir. Bu veriler Geçityaka köyü çevresinde yüzeyleyen Elazığ Magmatik Kompleksi'ne ait kayaçların oluşumunda kabuk etkisinin önemli bir etken olduğunu göstermektedir.

İncelenen kayaçlar Y+Nb-Rb tektonik ayırtman diyagramında (Şekil 9), volkanik yay granitleri/çarpışma sonrası bölge alanlarına düşmektedir. Rızaoğlu vd. [50]'nin Baskil bölgesinde yapmış olduğu çalışmalarda, granitoidlere ait biyotit ve hornblendlerden Ar-Ar radyometrik yaşlandırmasına göre birimin yaşını 82-84 My. olarak tespit etmişlerdir. Ertürk vd. [51] Keban bölgesindeki siyenit ve kuvars monzonitler üzerine yaptıkları çalışmada bu kayaçların zirkon U-Pb yaş verilerine göre 76.3-77.4 My. yaş aralığında oluştuğunu belirtmişlerdir. Ural [17-19] çalışmalarında Elazığ magmatitlerine (Yüksekova Karmaşığı) ait sedimanter kayaçlardan alınan örneklerden radyolarya ve planktik foraminifer fosil yaşlandırmasına dayanarak birimin yaşını Senomaniyen-Maastrichtiyen (Üst Kretase) olarak vermişlerdir. Lin vd. [10] Elazığ magmatitlerine ait birimlerden U-Pb zirkon yaşlandırmasına göre 3 ayrı ortam/yaş gruplandırması yapmışlardır; Bunlar, (I) 84-81 My. yaş aralığında bazalt andezit gibi yüzey kayaçları ve gabro diyorit gibi derinlik kayaçları içeren toleyitik seri (II) 80-79 My. yaş aralığında monzonit, granodiyorit ve granit gibi derinlik kayaçlarını içeren kalk-alkali seri (III) 74-72 My. yaş aralığında Çelikhan-Sincik arasında yüzeyleyen gabro, monzodiyorit ve monzonit gibi kayaçları içeren kalk-alkali seridir. Herece vd. [52] Baskil magmatik kayaçlarının (Elazığ Magmatitleri) alkalin eğilimli kalk-alkalin karaktere sahip olduklarını ve And tipi ada yayı veya ince kıtasal kabuk ve kısmen okyanusal kabukta gelişen bir ada yayı ürünü olduklarını tespit etmişlerdir. Rızaoğlu vd. [50] Baskil granitoidlerinin jeokimyasal bulgularına dayanarak, bu kayaçların volkanik yay tektonik ortamında oluştuğunu belirtmiştir. Asutay [53] ve Akgül [54] birime ait magmatik kayaçların toleyitik ve kalk-alkali karakterli ada yayı magmatizmasına bağlı olarak geliştiklerini ifade etmektedir. Akgül vd. [55] birimin yitim (supra-subduction) ile ilişkili yay ürünleri olduğunu, birimin kısmen okyanusal, kısmen de kıtasal kabuk üzerinde geliştiğini belirtmişlerdir. Lin vd. [10] bu kayaçların, dalan levhanın ergimesi ve üstteki kıtasal kabuk ile etkileşimi sonucu oluşan magma ürünleri olduğunu ileri sürmektedir. Beyarslan ve Bingöl [1] ve Sar vd. [13] incelenen kayaçların Üst Kretase'de Neotetis okyanusun güney kolunun okyanus içi yitimi ve sonrasında gelişen çarpışma süreçleri sonucunda oluştuğunu ileri sürmektedir.

5. Sonuçlar

- Geçityaka köyü çevresindeki Elazığ Magmatik Kompleksi'ne ait kayaçlar, granit, granodiyorit, kuvars monzonit ve monzodiyoritler ile temsil edilmektedir.
- Petrografik olarak taneseli, poikilitik, porfirik ve porfirik holokristalin doku özelliği gösterirler.
- Jeokimyasal olarak toleyitikten şoşonitiğe değişen bileşimde ve I tipi granit karakterine sahiptirler.
- İncelenen kayaçlar okyanus içi yay ürünleri ve çarpışma sonrası gelişen magma karakterini yansıtmaktadır.

Teşekkür

Petrografi çalışmaları kapsamında ince kesitlerin hazırlanmasında emeği geçen Fırat Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, laboratuvar personeline teşekkür ederiz.

Yazar(lar)ın Katkıları

AS, MER ve MAE arazi çalışmalarına katıldı. AS ve MAE örnekleri jeokimya analizleri için hazırladı. MER grafiksel çizimleri yaptı. AS, MER ve MAE ile birlikte makaleyi yazdı. Her üç yazar da makalenin son halini okudu ve onayladı.

Çıkar Çatışması

Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Kaynaklar

- [1]. Beyarslan, M., Bingöl, A.F., Zircon U-Pb age and geochemical constraints on the origin and tectonic implications of late Cretaceous intra-oceanic arc magmatics in the Southeast Anatolian Orogenic Belt (SE-Turkey), *Journal of African Earth Sciences*, 2018, 147: 477-497.
- [2]. Yılmaz, Y., New evidence and model evolution of the Southeast Anatolian Orogen, *Geological Society of America Bulletin*, 1993, 105: 251-271.
- [3]. Oberhänsli, R., Koralay, E., Candan, O., Pourteau, A., and Bousquet, R., Late Cretaceous eclogitic high-pressure relics in the Bitlis Massif, *Geodinamica Acta*, 2013, 26: 175-190.
- [4]. Ustaömer, P.A., Ustaömer, T., Gerdes, A., Robertson, A.H.F., and Collins, A.S., Evidence of Precambrian sedimentation/magmatism and Cambrian metamorphism in the Bitlis Massif, SE Turkey utilising whole-rock geochemistry and U-Pb LA-ICP-MS zircon dating, *Gondwana Research*, 2012, 21: 1001-1018.
- [5]. Beyarslan, M., Lin, Y.-C., Bingöl, A.F., and Chung, S.-L., Zircon U-Pb age and geochemical constraints on the origin and tectonic implication of Cadomian (Ediacaran Early Cambrian) magmatism in SE Turkey, *Journal of Asian Earth Science*, 2016, 130: 223-238.
- [6]. Bingöl, A.F., Elazığ-Pertek-Kovancılar arası volkanik kayaçların petrolojisi, *Fırat Üniv. Fen Fak. Dergisi*, 1982, 1: 9-21.
- [7]. Beyarslan, M., Bingöl, A.F., Petrology of a Supra-Subduction Zone Ophiolite (Elazığ-Turkey), *Canadian Journal of Earth Sciences*, 2000, 37: 1411-1424.
- [8]. Bağcı, U., The geochemistry and petrology of the ophiolitic rocks from the Kahramanmaraş region, southern Turkey, *Turkish Journal of Earth Science*, 2013, 22: 1-27.
- [9]. Chen, C., Su, B.-X., Uysal, I., Avcı, E., Zhang, P.-F., Xiao, Y., and He, Y.-S., Iron isotopic constraints on the origin of peridotite and chromitite in the Kızıldağ ophiolite, southern Turkey, *Chemical Geology*, 417: 115-124.
- [10]. Lin, Y.-C., Chung, S.-L., Bingöl, A.F., Beyarslan, M., Lee, H.Y., and Yang, J.-H., Petrogenesis of late Cretaceous Elazığ magmatic rocks from SE Turkey: New age and geochemical and Sr-Nd-Hf isotopic constraints, In: *Goldschmidt Conference Abstracts*, 2015, 1869, Prag, Czech Republic.
- [11]. Lin, Y.-C., Chung, S.-L., Bingöl, A.F., Beyarslan, M., Lee, H.-Y., and Yang, J.-H., Short-lived late Cretaceous arc magmatism in SE Turkey: temporal geochemical variations and tectonic implications, In: *Goldschmidt Conference Abstracts*, 2016, 1820, Yokohama, Japan.
- [12]. Rizeli, M.E., Beyarslan, M., Wang, K.-L., and Bingöl, A.F., Mineral chemistry and petrology of mantle peridotites from the Guleman ophiolite (SE Anatolia, Turkey): evidence of a forearc setting, *Journal of African Earth Science*, 2016, 123: 392-402.
- [13]. Sar, A., Ertürk, M.A., and Rizeli, M.E., 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*, 2019, 105263: 350-351.

- [14]. Beyarslan, M., Okta, E., and Ertürk, M.A., Geochemical Characteristics of the Late Cretaceous Arc Magmatics Around the Town of Kale (Malatya), *Erzincan Univ. Jour. of Sci. and Technology*, 2018, 11 (2): 191-206.
- [15]. Rizeli, M.E., Sar, A., ve Ertürk, M.A., Keban Magmatik Kayaçları'nın Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri (Keban Elazığ), *Müh. Bil. ve Araş. Dergisi*, 2021, 3 (1): 69-80.
- [16]. Tekin, U.K., Ural, M., Göncüoğlu, M.C., Arslan, M., and Kürüm, S., Upper Cretaceous Radiolarian ages from an arc-back-arc within the Yüksekova Complex in the southern Neotethys mélange, SE Turkey, *Comptes Rendus Palevol*, 2015, 14: 73-84.
- [17]. Ural, M., Arslan, M., Göncüoğlu, Tekin, U.K., and Kürüm, S., 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*, 2015, 40 (1): 57-72.
- [18]. Ural, M., Sayıt, K., Koralay, O.E. and Göncüoğlu, M.C., Geochemistry and Zircon U-Pb Dates of Felsic-Intermediate Members of the Late Cretaceous Yüksekova Arc Basin: Constraints on the Evolution of the Bitlis–Zagros Branch of Neotethys (Elazığ, E Turkey), *Acta Geologica Sinica-English Edition*, 2021, 95: 1199-1216.
- [19]. Ural, M., Sayıt, K., and Tekin, U.K., Whole-Rock and Nd-Pb isotope geochemistry and radiolarian ages of the volcanics from the Yüksekova Complex (Maden Area, Elazığ, E Turkey): Implications for a Late Cretaceous (Santonian-Campanian) Back-Arc basin in the southern Neotethys, *Ofioliti*, 2022, 47 (1): 65-83.
- [20]. Ertürk, M.A., Beyarslan, M., and Sar, A., In the Case of Maden Complex, Geochemical Constraints on the Origin and Tectonic Implication of Eocene Magmatism in SE Turkey, *Journal of Tethys*, 2017, 5: 240-263.
- [21]. Ertürk, M.A., Beyarslan, M., Chung, S.-L., and Lin, T.-H., Eocene magmatism (Maden Complex) in the Southeast Anatolian Orogenic Belt: magma genesis and tectonic implications, *Geoscience Frontiers*, 2018, 9: 1829-1847.
- [22]. Ertürk, M.A., Kara, H., and Sar, A., Doğanşehir-Eskiköy (Malatya) Bölgesindeki Neojen Yaşlı (?) Volkanik Kayaçların Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik Özellikleri, *Düzce Üniv. Bil. ve Tek. Dergisi*, 2021, 9 (4): 1294-1309.
- [23]. Akkoca, D.B., Karataş, O., The geochemical composition of the Palu Formation from the Palu-Uluova basin, Elazığ, Eastern Anatolia (Turkey): Implication of source area, weathering, and tectonic setting, *Journal of African Earth Science*, 2019, 151: 472-489.
- [24]. Şaşmaz, A., Türkyılmaz, B., Öztürk, N., Yavuz, F., and Kumral, M., Geology and geochemistry of middle Eocene Maden complex ferromanganese deposits from the Elazığ-Malatya region, eastern Turkey, *Ore Geology Reviews*, 2014, 56, 352-372.
- [25]. Köküm, M., İnceöz, M., Structural analysis of the northern part of the East Anatolian Fault System, *Journal of Structural Geology*, 2018, 114: 55-63.
- [26]. Köküm M., İnceöz M., Paleostress analysis of the Yeşilyurt-Elazığ Fault Zone and its importance for the tectonic evolution, East Turkey, *Journal of Structural Geology*, 2020, 104093.
- [27]. Beyarslan, M., Ertürk, M.A., Rizeli, M.E., and Sar, A., Doğu Anadolu Fay Sistemi Boyunca Gelişen Kuvaterner Mafik Alkali Volkanizmasının Petrojenezi ve Tektonik Konumu, *Güneydoğu Anadolu Orojenik Kuşağı (Elazığ)*, 2022, El-Cezeri , 9 (1): 171-188.
- [28]. Streckeisen, A.L., Le Maitre, R.W., Chemical approximation to modal QAPF classification of the igneous rocks, *Neus Jahrbuch für Mineralogie*, 1979, 136: 169-206.
- [29]. Kaya, A., Tectonostratigraphic reconstruction of the Keban metamorphites based on new fossil findings, Eastern Turkey, *Journal of African Earth Science*, 2016, 124: 245-257.
- [30]. Perinçek, D., The geology of Hazro-Korudağ-Çüngüş-Maden-Ergani-Hazar-Elazığ-Malatya area, *TJK Guide Book*, 1979, 33.

- [31]. Okay, A.I., Tüysüz, O., Tethyan sutures of northern Turkey, In: Durand, B., Jolivet, L., Horváth, F. and Séranne, M. (Eds.) *The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine orogen*, Geological Society, London, Special Publication, 1999, 156: 475-515.
- [32]. M.T.A., Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü 1/100.000 Ölçekli Elazığ-K42 Paftası Jeoloji Haritası, 2016, Ankara.
- [33]. Özkul, M., Elazığ batısında Kırkgeçit Formasyonu üzerinde sedimantolojik incelemeler, Doktora Tezi, Fırat Üniv. Fen Bil. Enstitüsü, 1988, 187.
- [34]. Naz, H., Elazığ-Palu dolayının jeolojisi, TPAO. Rapor No: 1360, 1979
- [35]. Middlemost, E.A.K., Naming materials in the magma igneous rock system, *Earth-Science Review*, 1994, 37: 215-224.
- [36]. Peccerillo, A., Taylor, S.R., Geochemistry of Eocene calcalkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, north Turkey, *Contrib. to Min. and Petrology*, 1976, 58: 63-81.
- [37]. Whalen, J.B., Currie, K.I., and Chappel, B.W., A-type granites; geochemical characteristic, discrimination and petrogenesis, *Contrib. to Min. and Petrology*, 1987, 95: 407-419.
- [38]. Sun S., McDonough, W.F., Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts. Implications for mantle compositional processes, In: Saunders, A.D., Norry, M.J. (Eds.), *Magmatism in the Ocean Basins*, Geological Society, London, Special Publication, 1989, 42 (1), 313.
- [39]. Pearce, J.A., Harris, N.B., and Tindle, A.G., Trace elements discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks, *Journal of Petrology*, 1984, 25: 956-983.
- [40]. Chappell, B.W., White, A.J.R., I- and S-type granites in the Lachlan Fold Belt. *Transactions of the Royal Society of Edinburg, Earth Sciences*, 1992, 83: 1-26.
- [41]. Castro, A., Moreno-Ventas, I., and Dela Rosa, J.D., H-type (hybrid) granitoids: a proposed revision of the granite-type classification and nomenclature, *Earth-Science Reviews*, 1991, 31: 237-253.
- [42]. Roberts, M.P., Clemens, J.D., Origin of high-potassium, calc-alkaline, I-type granitoids, *Geology*, 1993, 21: 825-828.
- [43]. McCulloch, M.T., Gamble, J.A., Geochemical and geodynamical constraints on subduction zone magmatism, *Earth and Planetary Science Letters*, 1991, 102: 358-374.
- [44]. Borg, L.E., Nyquist, L.E., Wiesmann, H., and Shih, C.Y., Constraints on Martian differentiation processes from Rb–Sr and Sm–Nd isotopic analyses of the basaltic shergottite QUE94201, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1997, 61: 4915-4931.
- [45]. Shellnutt, J.G., Zhou, M.F., and Zellmer, G.F., The role of Fe–Ti oxide crystallization in the formation of A-type granitoids with implications for the Daly gap: An example from the Permian Baima igneous complex, SW China, *Chemical Geology*, 2009, 259: 204-217.
- [46]. Hofmann, A.W., Mantle geochemistry: the message from oceanic volcanism, *Nature*, 1997, 385, 219-229.
- [47]. Rudnick, R.L., Gao, S., Composition of the continental crust, *Treatise on Geochemistry*, 2003, 3: 1-64.
- [48]. McDonough, W.F., Sun, S., Ringwood, A.E., Jagoutz, E., and Hofmann, A.W., K, Rb and Cs in the earth and moon and the evolution of the earth's mantle, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1992, 56: 1001-1012.
- [49]. Weaver, B.L., Tarney, J., Empirical approach to estimating the composition of the continental crust, *Nature*, 1984, 310: 575-577.
- [50]. Rızaoğlu, T., Parlak, O., Höck, V., Koller, F., Hames, W.E., and Billor, Z., Andean type active margin formation in the Eastern Taurides: Geochemical and geochronological evidence from the Baskil Granitoid, SE Turkey, *Tectonophysics*, 2009, 473: 188-207.
- [51]. Ertürk, M.A., Sar, A., and Rizeli, M.E., Petrology, zircon U-Pb geochronology and tectonic implications of the A₁-type intrusions: Keban region, eastern Turkey, *Geochemistry*, 2022 125882. <https://doi.org/10.1016/j.chemer.2022.125882>
- [52]. Herece, E., Akay, E., Küçümen, Ö., and Sariaslan, M., Elazığ-Sivrice-Palu Dolayının Jeolojisi, M.T.A Raporu, 1992, Ankara, No: 9634.

- [53]. Asutay, H.J., Baskil (Elazığ) çevresinin jeolojik ve petrografik incelenmesi, Doktora Tezi, Ankara Üniv. Fen Bil. Enstitüsü, 1985, 156.
- [54]. Akgül, M., Baskil (Elazığ) granitoidinin petrografik ve petrolojik özellikleri, Geosound, 1991, 18, 67-78.
- [55]. Akgül, B., Akgül, M., Kalender, L., Satır, M., and Sağıroğlu, A., Geochronology and isotope geochemistry of the Upper Cretaceous Elazığ Magmatites (East Anatolian, Turkey): Origin of magmatites and tectonic evolution. In: Karadeniz Technical University, 45th Annual Symposium, 2010, 21-22, Trabzon, Turkey.