

## Çamlıkaya (İspir/Erzurum) Köyü Çevresinde Yüzeyleyen Kaçkar Batoliti'ne ait Granitoidlerin Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri

Abdullah Sar<sup>1\*</sup>, Sevcan Kürüm<sup>2</sup>, Hao-Yang Lee<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Bölümü, Elazığ, Türkiye,

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

<sup>3</sup>Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taipei, Taiwan,

\*asar@firat.edu.tr<sup>ID</sup>, skurum@firat.edu.tr<sup>ID</sup>, haoyanglee@earth.sinica.edu.tr<sup>ID</sup>,

Makale gönderme tarihi:06.09.2021, Makale kabul tarihi: 05.02.2022

### Öz

Pontid Orojenik Kuşağı, Bulgaristan'dan başlayıp, Türkiye-Istranca Bölgesi'nden Küçük Kafkasya'ya kadar uzanan Doğu-Batı uzanımlı dağ kuşağını temsil etmektedir. İnceleme alanı Pontidler'in doğu kesiminde (Kaçkar Batoliti) Çamlıkaya köyü (İspir/Erzurum) ve çevresini kapsamaktadır. İnceleme alanında yüzeyleyen plütonik kayalar genel olarak granit ve granodiyoritler ile temsil edilmektedir. İncelenen kayalar, bileşimsel olarak kalkalkalen'den şošonitiğe değişen karakterde ve I-tipi granit özelliğindedir. İlksel mantoya göre normalize edilmiş iz element diyagramlarında, Rb, K, Th, Ba gibi büyük iyon yarıçaplı elementlerde zenginleşme olduğu, Nb, Ti, P ve Ta gibi yüksek alan enerjili elementlerde ise fakirleşme olduğu görülmektedir. Granitik kayalarda gözlenen negatif Nb anomalisi yitimle ilişkili magmaların karakteristik özelliğidir. Kondrite göre normalize edilmiş iz element diyagramlarında, hafif nadir toprak elementleri, ağır nadir toprak elementlerine göre daha fazla zenginleşme göstermektedir. Negatif Eu anomalileri görülmektedir. Yüksek Rb/Sr, Nb/Ta, Zr/Hf, Th/U, Th/Ta ve düşük Nb/La gibi iz element oranları bu kayaların oluşumunda kabuksal kirlenmenin etkin rol oynadığını göstermektedir. İnceleme konusunu oluşturan kayalar tektonik ayırtlama diyagramlarında volkanik yay ve çarpışma sonrası bölge alanlarına düşmektedir.

**Keywords:** Çamlıkaya- İspir/Erzurum, Doğu Pontidler, Kaçkar Batoliti, Tüm kayaç jeokimyası

## Petrographic and Geochemical Characteristics of Granitoids of the Kaçkar Batholith Outcropping Around Çamlıkaya (İspir/Erzurum) Region

### Abstarct

Pontid Orogenic Belt, starting from Bulgaria, Turkey-Istranca region extending from the Caucasus represents the East-West trending mountain belt. The study area covers Çamlıkaya village (İspir/Erzurum) and its surroundings in the eastern part of the Pontides (Kaçkar Batholith). Plutonic rocks cropping out in the study area are generally represented by granites and granodiorites. The rocks studied are compositionally varying from calc-alkaline to shoshonitic and have the characteristics of I-type granite. In trace element diagrams normalized to the primary mantle, it is seen that there is enrichment in elements with large ion lithophile elements such as Rb, K, Th, Ba, and depletion in elements with high field strength elements such as Nb, Ti, P and Ta. Negative Nb anomaly observed in granitic rocks is characteristic of subduction-related magmas. In trace element diagrams normalized to chondrite, light rare earth elements show more enrichment than heavy rare earth elements. Negative Eu anomalies are seen. High trace element ratios such as Rb/Sr, Nb/Ta, Zr/Hf, Th/U, Th/Ta and low Nb/La indicate that crustal contamination plays an active role in the formation of these rocks. The studied rocks fall into the volcanic arc and post-collisional zone areas in the tectonic distinction diagrams.

**Anahtar Kelimeler:** Çamlıkaya- İspir/Erzurum, Eastern Pontides, Kaçkar Batholite, Whole rock geochemistry

### GİRİŞ

Türkiye ana karası, Ketin (1966) tarafından Pontidler, Anatolidler, Toridler ve Kenar Kıvrımları olarak dört tektonik bloğa ayrılmaktadır. Pontid

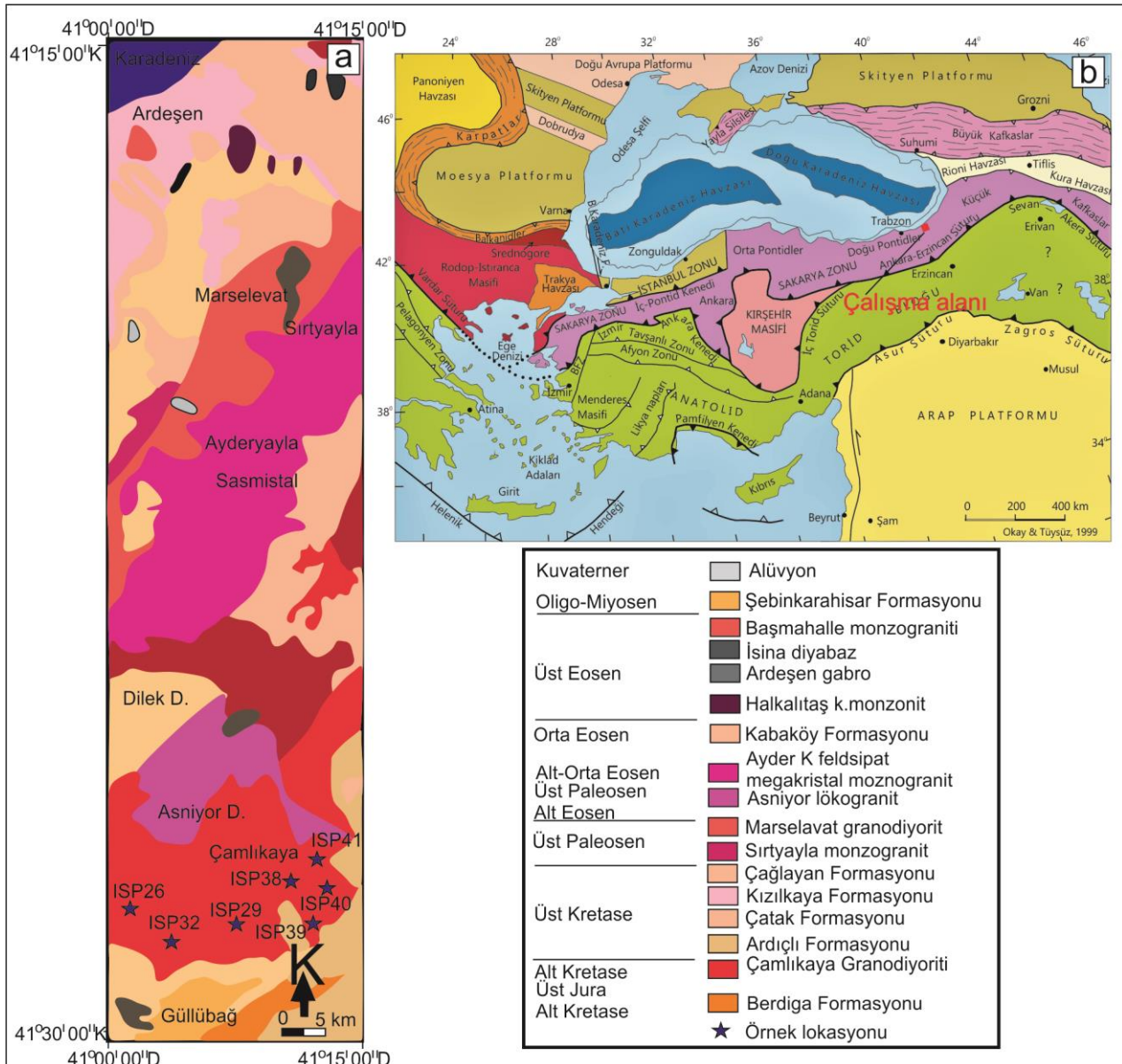
Orojenik Kuşağı Şekil 1'de görüldüğü üzere Bulgaristan'dan başlayıp, Türkiye-Istranca Bölgesi'nden Küçük Kafkasya'ya kadar uzanan

Araştırma makalesi/Research article  
DOI:10.29132/ijpas.991777

ortalama 1.200 km uzunluğunda, Doğu-Batı uzanımlı dağ kuşağını temsil etmektedir. Bu kuşak, İzmir-Ankara-Erzincan Sütür Zonu ile güneydeki Orta Anadolu Kristalin Kompleksi ve Torid-Anatolid Bloklarından ayrılmaktadır (Cavazza ve Wezel, 2003; Okay 2008; Robertson ve ark., 2013).

Türkiye'nin kuzeyindeki Pontid tektonik kuşağı, Jura öncesi temele dayanan, Batı, Merkez ve

Doğu Pontidler olmak üzere üç farklı segmente ayrılmaktadır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Yılmaz ve ark., 1997; Ustaömer ve Robertson, 1997; Okay ve Şahintürk, 1997). Doğu Pontid Orojenik Kuşağı, Atlantik tip aktif kıta kenarının bir formasyonu olarak, Senoniyen'deki Avrasya Plakası altına Neo-Tetis okyanusal kabuğunun kuzeye yitimi sırasında gelişen Doğu-Batı trendli kıta kenarı bir yay



Şekil 1. a) İnceleme alanının genelleştirilmiş jeoloji haritası (Boztuğ ve ark., 2007)'den sadeleştirilerek kullanılmıştır b) Türkiye tektonik haritası (Okay ve Tüysüz, 1999)

ortamında Geç Mezozoyik-Erken Senozoyik Ustaömer ve Robertson, 1997; Okay ve Şahintürk, sürecinde gelişmiştir. (Yılmaz ve ark., 1997; 1997). Bu bölgede, Doğu Karadeniz Havzası,

Araştırma makalesi/Research article  
 DOI:10.29132/ijpas.991777

Kampaniyen-Maastrichtiyen döneminde, magmatik bir yay ekseninin riftleşmesi ile açılmıştır (Yılmaz ve ark., 1997; Okay ve Şahintürk, 1997).

Neo-Tetis Okyanusu'nun kapanması, Paleosen-Erken Eosen'deki Pontid yayı ve Torid-Anatolid platformu arasında bir çarpışmaya neden olmuştur. Bu çarpışmanın etkisi Orta Eosen'e kadar devam etmiştir (Elmas, 1995; Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Yılmaz ve ark., 1997; Okay ve Şahintürk, 1997).

Pontid yayındaki, kalk-alkalen magmatik aktivite Turoniyende başlamış ve Paleojen sonuna kadar aralıklı olarak devam etmiştir. Aynı dönemde, granitik intrüzyonlar, kabuğun sığ seviyelerine yerleşmiş ve ilk olarak Rize graniti olarak adlandırılan kompozit plütonun ilk bileşenlerini şekillendirmiştir (Çoğulu, 1975; Tokel, 1995; Yılmaz ve ark., 1997).

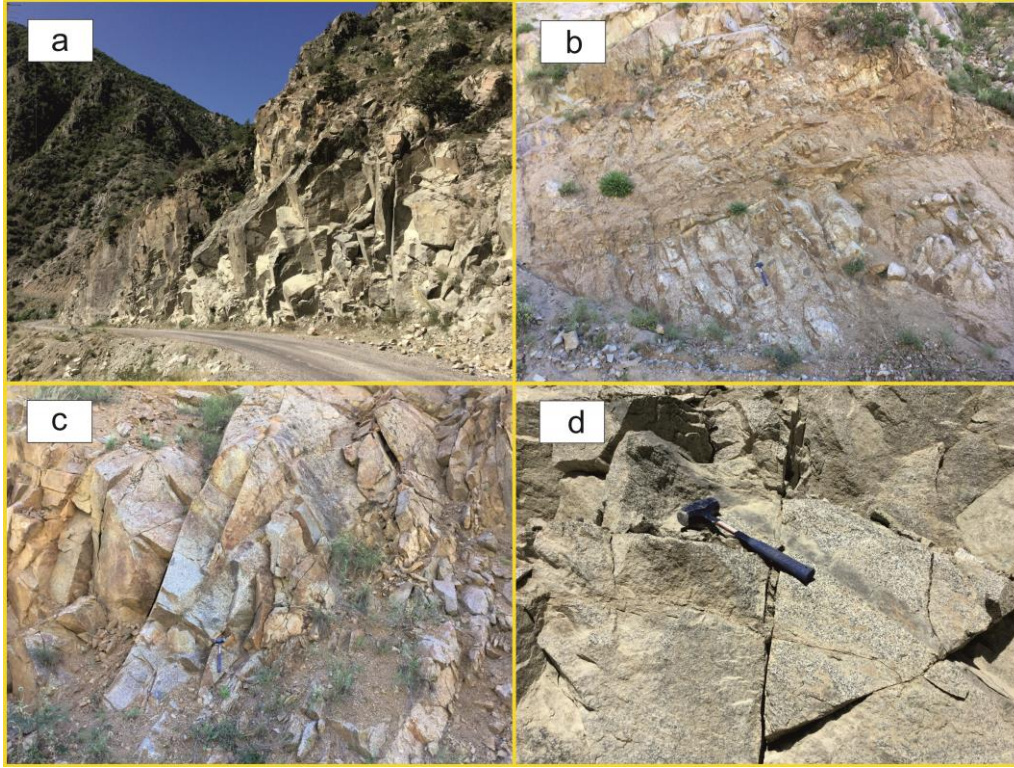
Bu çalışma ile Çamlıkaya (İspir/Erzurum) köyü çevresinde yüzeleyen Çamlıkaya plütonuna ait granitik kayaların petrografik özelliklerinin ve ana oksit, iz element içerikleri gibi tüm kayaç jeokimiyalarının belirlenerek bölgede yüzeleyen kayaların petrojenezinin ve oluşum ortamlarının ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

### Bölgesel Jeoloji

Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nda yer alan inceleme alanı içerisinde, Paleozoyik'ten Miyosen sonlarına kadar çeşitli dönemlerde gelişen magmatizma ürünlerini içeren plütonik, volkanik ve volkano-sedimanter birimler yer almaktadır. Magmatik aktivitenin duraksadığı dönemlerde ise sedimanter istifler gelişmiştir. İyi korunmuş bir kıtasal magmatik yay örneği olarak kabul edilen Doğu Pontid tektonik ünitesi (Dokuz ve ark., 2010; Eyüboğlu ve ark., 2011;), Özsayar ve ark. (1981)'e göre yaklaşık olarak Ardanuç-İspir-Reşadiye sınırı ile kuzey zon ve güney zon olmak üzere iki zona ayrılmaktadır. Buna göre, Erzurum ili İspir ilçesi çevresindeki Çamlıkaya plütonunu kapsayan inceleme alanı, ağırlıklı olarak kuzey zon üzerinde bulunmaktadır. Temel kayalarını Karbonifer granitler ve metamorfik kayaların oluşturduğu bu kuşaktaki (Delaloye ve ark., 1972; Dokuz, 2011; Okay, 1996; Okay ve Şahintürk, 1997; Topuz ve ark., 2007; Topuz ve ark., 2010) çalışma konusunu oluşturan Çamlıkaya plütonuna ait granitik kayalar,

İspir (Erzurum) bölgesinde asidik bileşimli magmatik kayalarla temsil edilmektedir. İnceleme alanında makroskobik olarak orta-iri tane boyutunda ve pembemsi renklerde gözlenmektedir (Şekil 2a). Alterasyon genel olarak düşük olmakla birlikte bazı kayalarda arenalaşmalar gözlenmektedir (Şekil 2b-d).

Boztuğ ve ark. (2006) Kaçkar Batolitinin beş farklı evrede oluştuğunu belirtmiştir. İnceleme konusunu oluşturan Alt Kretase yaşlı Çamlıkaya plütonu batolite ait en yaşlı intrüzif birimdir ve kırmızı, iri taneli kumtaşı, kumtaşı, silttaşı, marn ve kömür birimlerinden oluşan Üst Kretase yaşlı Ardıçlı Formasyonu tarafından uyumsuzlukla örtülmektedir. Bölgede yaygın olarak gözlenen yay volkanik kayaları Üst Kretase yaşlı Çatak, Kızılkaya ve Çağlayan volcano-tortul formasyonlarıdır. Bu birimler denizaltı volkanik püskürme ürünlerinde oluşur ve Çamlıkaya plütonu ve Ardıçlı Formasyonu üzerine uyumsuzlukla gelirler (Boztuğ ve ark., 2006). İkinci evre Üst Kretase-Alt Paleosen yaşlı Sırtayla ve Marselevat granitoidleri tarafından temsil edilmektedir (Boztuğ ve ark., 2002; Boztuğ ve ark., 2006). Bu birimler Çamlıkaya plütonu ve Çağlayan Formasyonuna sokulum yaparlar. Üçüncü evre Asniyor lökogramiti ile temsil edilmektedir. Birim hem Çamlıkaya plütonunu hem de Marselevat plütonunu kesmektedir. Dördüncü evre Ayder K-feldispat megakristalli granitoididir ve Orta-Geç Eosen yaşlı Sasmistal mikrograniti tarafından temsil edilmektedir (Boztuğ ve ark., 2002; Boztuğ ve ark., 2006). Sasmistal mikrograniti genellikle K-G gidişli, küçük subvolkanik yerleşimler olarak esas olarak Ayder granitoidi içinde ve yer yer Asniyor lökogramit içinde yüzeylemektedir. Beşinci evre ise Güllübağ monzoniti ve Geç Eosen yaşlı Halkalıtış kuvars diyoriti ile temsil edilmektedir. Ardeşen gabro ve Isina diyabazı beşinci magmatic evrenin parçaları olarak düşünülmektedir (Boztuğ ve ark., 2006).



Şekil 2. (a) Çamlıkaya plütonuna ait granodiyoritlerin arazi görünümü (b-c) alterasyondan etkilenmiş granitik kayalar (d) Çamlıkaya plütonuna ait granodiyoritler.

## MATERYAL VE METOD

İnceleme alanından toplanan örneklerin petrografik incelemeler için hazırlanan ince kesitleri, Fırat Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölüm Laboratuvarında yapılmıştır. Alterasyondan en az etkilenen veya alterasyon içermeyen 7 adet örneğin jeokimya analizleri Ulusal Tayvan Üniversitesi (National Taiwan University) Jeoloji Bölümü Laboratuvarlarında yapılmıştır. Ana oksit ölçümleri Rigaku® RIX 2000 marka alet ile X-ışınları Floresans (XRF) spektrometresi yöntemi kullanılarak, iz element analizleri ise ICP-MS (İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma-Kütle Spektrometresi) yöntemi kullanılarak Agilent 7500cs Quadrupole ICP-MS markalı ölçüm aleti ile yapılmıştır. Ölçümler ~%5 varyasyon içinde bir stabilite aralığı göstermektedir. Doğruluk ve kesinlik genellikle %3'ten daha iyidir. Ana oksit ve iz element ölçümlerinde kullanılan analitik yöntemler Lin ve ark. (2012)'den takip edilmiştir.

## BULGULAR

### Petrografi

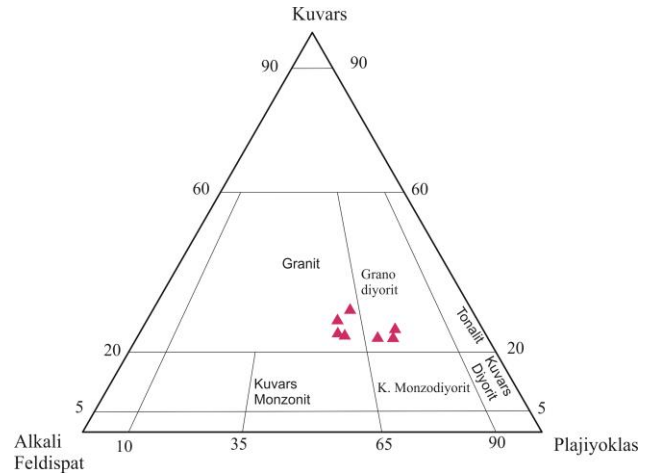
İnceleme alanında yüzeyleyen kayalar granit ve granodiyoritler ile temsil edilmektedir (Şekil 3). Granitler; makroskobik olarak pembe, pembemsi beyaz renklerde, alterasyondan etkilenmiş olan örnekler ise kahverengi tonlarında gözlenmektedir. Esas mineral olarak % 20-25 kuvars, % 35-40 plajiyoklas ve % 25-35 K-feldispat ile % 10-15 oranında mafik mineral içeriğine sahiptirler. Dokusal olarak holokristalin doku (Şekil 4a), porfirik-holokristalen doku ve poiklitik doku (Şekil 4b) görülmektedir. Kuvarslar tek nikolde şeffaf renklerde, çift nikolde düşük çift kırınım renklerine sahiptir. Plajiyoklaslar genellikle yarı özşekilli ve özşekilli formlarda ve prizmatik şekillere sahiptir. Bazı minerallerinde de zonlanma görülmektedir. Albit, albit+karlsbat ve polisentetik ikizlenmeler gözlenmektedir. Bazı kristallerde alterasyondan dolayı ikiz lamelleri net olarak görülmemektedir. K-feldispatlar tek nikolde toprağımsı renklerde, çift

Araştırma makalesi/Research article  
DOI:10.29132/ijpas.991777

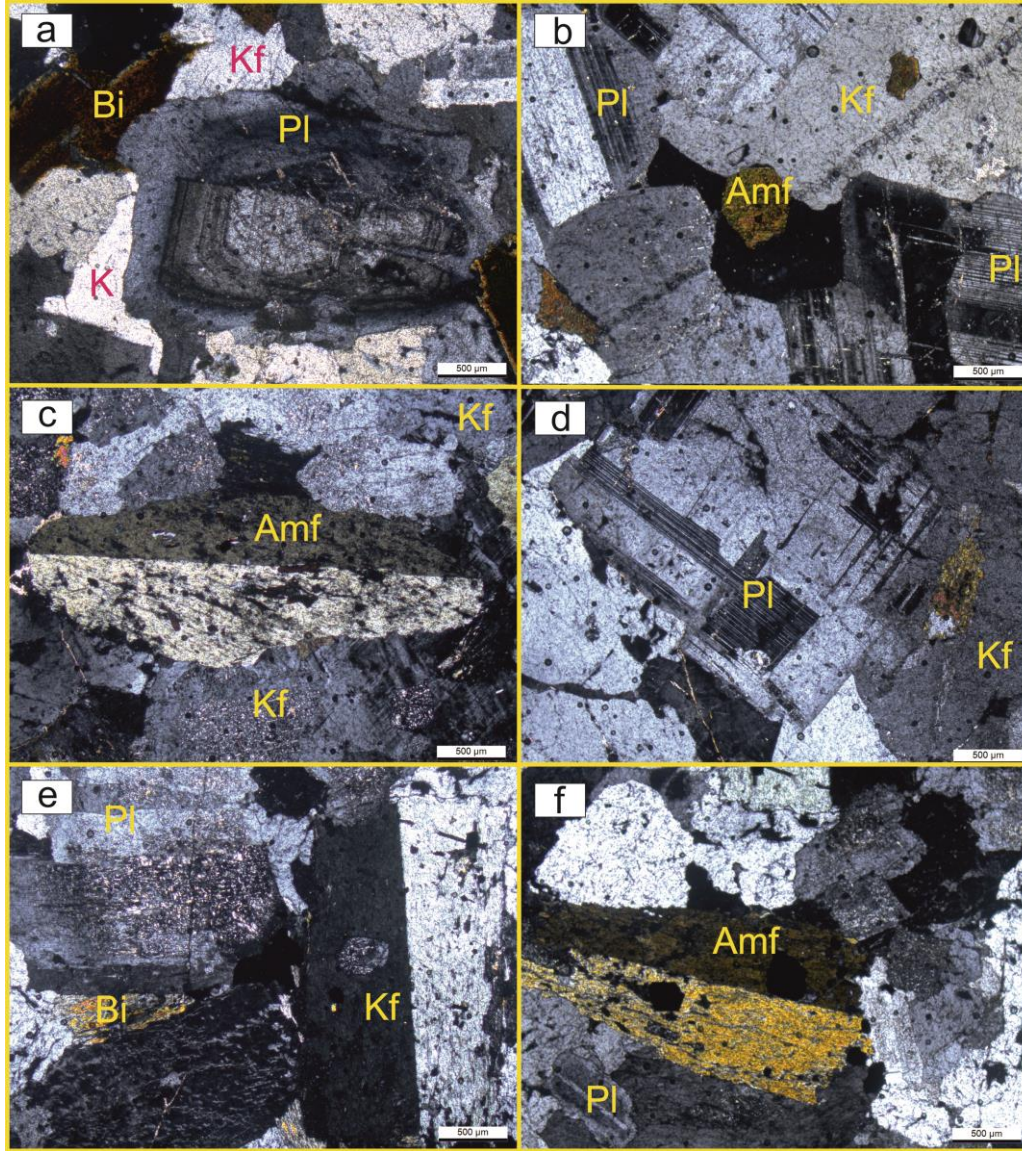
nikolde ise gri tonlarında girişim renklerine sahiptir. Bazı kristallerde, sodyumca zengin plajiyoklasların, K-feldispat kristali içerisinde çizgiler ve damarlar şeklinde büyümesiyle oluşan pertitleşmeler gözlenmektedir. K-feldispatlar içerisinde kuvars ve plajiyoklas gibi mineraller kapantılar şeklinde gözlenmekte ve bu durum poiklitik dokuları oluşturmaktadır. Mafik mineralleri genellikle biyotit ve amfiboller oluşturmaktadır. Biyotitler prizmatik-levhamsı kristaller şeklinde, çift nikolde sarı, kahverengi, yeşil, turuncu girişim renkleri ile ve tek nikolde kahverengi tonlarındaki pleokroizmaları ile karakteristiktir. Amfiboller basit ikizlenmelidir (Şekil 4c) ve tek nikolde yeşil tonlarında pleokroizma gösterirler.

Granodiyoritler; makro örneklerde grimsi, pembemsi renklerde gözlenmektedir. Bu kayalar yaklaşık % 15-20 kuvars, % 45-50 plajiyoklas ve % 15-20 K-feldispat içeriğine sahiptir. Mafik mineral oranları genel olarak düşük olmakla birlikte değişkenlik göstermektedir (% 10-15). Holokristalen doku, poiklitik doku ve porfirik-holokristalen doku gözlenmektedir. Plajiyoklaslar; genellikle prizmatik, yarı özşekilli kristaller halinde gözlenmekte olup polisentetik ikizlenmeler (Şekil 4d) göstermektedir. Tek nikolde renksiz çift nikolde gri beyaz tonlarında girişim renklerine sahiptirler. Bazı plajiyoklas kristallerinin merkez kısımlarında serizitleşme ve karbonatlaşma türü alterasyonlar gözlenmekte ve elek dokusu gözlenmektedir. Plajiyoklaslar içerisinde kuvars, plajiyoklas, biyotit ve amfibol mineralleri kapantılar şeklinde bulunmakta ve poiklitik dokuyu oluşturmaktadır. Kuvarslar genellikle değişik boyutlu ve özşekilsiz kristaller

halinde olup, deformasyon izini yansıtan dalgalı sönme gösterirler. K-feldispatlar, genellikle özşekilsiz veya yarı özşekilli kristaller halinde görülmektedir. Bazı kristallerde pertitleşmeler gözlenirken, bazı kristallerde karlsbat ikizlenmeleri gözlenmektedir (Şekil 4e). Bazı örneklerde plajiyoklas, biyotit gibi mineraller poiklitik dokuyu oluşturacak şekilde K-feldispat kristalleri içerisinde kapantı şeklinde gözlenmektedir. Biyotitler paralel sönmeleri ve tek yönde dilinimleri ile karakteristiktir. Amfiboller, basit ikizlenmeleri (Şekil 4f) ve C eksenine dik geçmiş kesitlerde özşekilli altıgen kristallerinde birbirleri ile 124° açı yapan çift yönde dilinimlere sahiptir. Kayalarda gözlenen alterasyon oranı düşükten yükseğe kadar değişkenlik göstermektedir.



Şekil 3. QAP diyagramı (Streckeisen ve Le Maitre, 1979)



**Şekil 4.** Çamlıkaya plütönuna ait granitik kayaların ince kesit görüntüleri **a)** granitlerde gözlenen holokristalen doku **b)** granitlerde gözlenen poiklitik doku **c)** Amfibollerde gözlenen basit ikizlenmeler **d)** Plajiyoklaslarda gözlenen polisentetik ikizlenme **e)** K-feldispatlardaki karlsbad ikizlenmesi ve poiklitik doku **f)** basit ikizlenme gösteren amfibol minerali (Amf: Amfibol; Pl: Plajiyoklas; Kf: K-feldispat; K: Kuvars; Bi: Biyotit)

#### Tüm Kayaç Jeokimyası

Erzurum ili Çamlıkaya bölgesindeki granitoidlerin majör oksit, iz element ve nadir toprak elementi analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. İnceleme konusunu oluşturan Çamlıkaya plütönuna ait kayalar Le Bas ve ark. (1986) tarafından önerilen toplam alkali-silis ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ ) diyagramında (Şekil 5) granit ve granodiyorit

alanına düştüğü görülmektedir. Çamlıkaya plütönuna ait kayalar  $\text{SiO}_2$  (% 64.06–67.54),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (% 15.31–17.07),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (% 3.26–4.32),  $\text{MgO}$  (% 1.41–1.99),  $\text{CaO}$  (% 2.95–4.44)  $\text{Na}_2\text{O}$  (% 3.94–4.73),  $\text{K}_2\text{O}$  (% 1.78–2.85),  $\text{TiO}_2$  (% 0.36–0.52),  $\text{P}_2\text{O}_5$  (% 0.12–0.16),  $\text{MnO}$  (0.03–0.07),  $\text{Ni}$  (7.2–12.9 ppm),  $\text{Rb}$  (25.5–62.3 ppm),  $\text{Sr}$  (349–576 ppm),  $\text{Nd}$  (11.5–19.2 ppm) arasında değişen majör oksit ve iz

**Tablo 1.** Çamlıkaya plütönuna ait granitik kayaların tüm kayaç analiz sonuçları

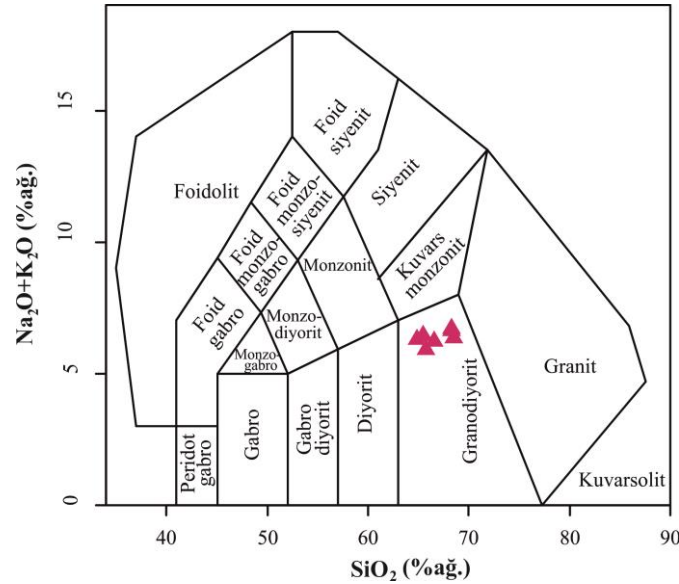
Örnek No	ISP26	ISP29	ISP32	ISP38	ISP39	ISP40	ISP41
Kayaç	Granit	Granit	Granit	Granit	Granit	Granit	Granit
SiO <sub>2</sub>	64.06	65.68	64.91	67.54	67.32	64.64	67.32
TiO <sub>2</sub>	0.51	0.36	0.52	0.46	0.42	0.51	0.46
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.76	17.07	16.24	15.48	15.41	15.98	15.31
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.32	3.50	4.14	3.71	3.26	4.12	3.61
MnO	0.07	0.07	0.07	0.05	0.03	0.07	0.06
MgO	1.99	1.61	1.96	1.50	1.41	1.70	1.63
CaO	4.44	3.66	4.35	3.28	3.13	3.72	2.95
Na <sub>2</sub> O	3.99	4.73	3.98	3.92	4.24	3.94	4.11
K <sub>2</sub> O	2.58	1.78	2.22	2.70	2.64	2.77	2.85
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.15	0.16	0.15	0.13	0.12	0.15	0.13
Ateşte Kayıp	1.28	0.97	1.51	1.33	1.21	2.45	1.88
Toplam	98.86	99.58	100.03	100.09	99.20	100.04	100.31
P	604	611	554	432	490	593	485
Sc	11.4	13.9	9.0	13.3	7.6	20.6	10.3
V	65	38	58	54	55	60	54
Cr	35.4	19.6	29.9	26.8	29.6	29.4	26.3
Co	10.5	7.4	9.9	7.4	7.0	8.9	7.8
Ni	12.9	10.3	11.6	7.5	8.6	7.8	7.2
Cu	5.5	6.9	5.7	5.1	4.9	7.3	9.0
Zn	32	27	35	18	12	34	31
Ga	17.0	16.5	15.8	14.3	15.4	16.0	15.4
Rb	62.3	25.5	48.7	54.8	49.8	53.6	64.0
Sr	450	576	414	349	385	384	349
Y	14.0	10.0	12.7	10.6	10.9	12.9	12.4
Zr	151	131	145	140	138	146	145
Nb	10.9	9.5	10.9	9.9	11.1	13.1	11.5
Cs	0.93	0.58	0.44	0.59	0.49	0.90	0.80
Ba	554	292	475	455	530	567	483
La	13.0	14.7	37.7	17.2	20.6	26.3	24.6
Ce	26.3	28.6	63.6	31.3	36.1	46.5	43.7
Pr	3.20	3.23	6.08	3.29	3.70	4.84	4.41
Nd	12.5	11.8	19.2	11.5	12.5	16.5	14.7
Sm	2.59	2.14	2.94	2.09	2.15	2.81	2.48
Eu	0.90	0.71	0.81	0.70	0.73	0.85	0.74
Gd	2.54	2.06	3.02	2.09	2.12	2.45	2.22
Tb	0.39	0.29	0.38	0.29	0.30	0.38	0.35
Dy	2.35	1.66	2.16	1.72	1.75	2.17	2.00
Ho	0.48	0.34	0.44	0.37	0.37	0.45	0.42
Er	1.40	1.01	1.27	1.07	1.09	1.27	1.26
Tm	0.22	0.16	0.20	0.17	0.17	0.20	0.20
Yb	1.49	1.13	1.35	1.16	1.20	1.35	1.39
Lu	0.24	0.19	0.22	0.19	0.20	0.22	0.23
Hf	3.78	3.55	3.67	3.49	3.43	3.71	3.67
Ta	0.904	0.673	0.908	0.781	0.917	1.073	0.953
W	0.208	0.071	0.255	0.167	0.418	0.508	0.500
Tl	0.248	0.108	0.211	0.197	0.160	0.191	0.235
Pb	6.3	4.1	6.8	4.9	4.7	6.1	6.3
Th	7.31	3.78	11.86	10.00	11.84	13.74	11.99
U	2.56	1.04	2.81	2.04	2.20	3.12	2.68

Araştırma makalesi/Research article  
DOI:10.29132/ijpas.991777

element değerlerine sahiptir. İnceleme konusunu oluşturan granitik kayalar  $\text{SiO}_2$ 'ye karşı  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Sr}$  ve  $\text{Y}$  diyagramlarında ve  $\text{Zr}$ 'a karşı  $\text{Rb}$ ,  $\text{Nb}$ ,  $\text{Co}$  ve  $\text{Ba}$  değişim diyagramlarında incelendiğinde,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Sr}$  ve  $\text{Y}$  değerlerinde negatif gidişler,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Rb}$ ,  $\text{Nb}$ ,  $\text{Co}$  ve  $\text{Ba}$  değerlerinde pozitif gidişler sergilemektedir (Şekil 6). İncelenen granitik kayalar  $\text{SiO}_2$ 'e karşı  $\text{K}_2\text{O}$  değişim diyagramında kalkalkalen'den yüksek  $\text{K}$  kalkalkalene kadar değişen bileşimsel dağılıma sahip olduğu görülmektedir (Şekil 7a) İncelenen kayaların  $\text{Ce}$ 'a karşı  $10000 \cdot \text{Ga}/\text{Al}$  (Whalen ve ark., 1987) diyagramlarında I ve S tipi granit alanına düştüğü (Şekil 7b),  $\text{SiO}_2$ 'ye karşı  $\text{P}_2\text{O}_5$  diyagramında ise I-tipi bir trend gösterdiği gözlenmektedir (Şekil 7c).  $\text{Th}/\text{Yb}$ 'ye karşı  $\text{La}/\text{Yb}$  (Şekil 8a) diyagramında incelenen granitik kayalar kıtasal yay bölgesine düştüğü görülmektedir.  $\text{Y}+\text{Nb}$ 'ye karşı  $\text{Rb}$  tektonik ayırtman diyagramında incelenen kayalar volkanik yay ve çarpışma granitleri alanına düşmektedir (Şekil 8b).

İlksel mantoya normalize edilmiş (İlksel Manto: Sun ve McDonough, 1989) çoklu element diyagramında, çalışma konusunu oluşturan granitik kayalar  $\text{Rb}$ ,  $\text{K}$ ,  $\text{Th}$ ,  $\text{Ba}$  gibi büyük iyon yarıçaplı elementlerde (BİYE) zenginleşme olduğu,  $\text{Nb}$ ,  $\text{Ti}$ ,  $\text{P}$  ve  $\text{Ta}$  gibi yüksek alan enerjili elementlerde (YAEE) ise fakirleşme olduğu görülmektedir. Granitik kayalarda gözlenen negatif  $\text{Nb}$  anomalisi yitimle ilişkili magmaların karakteristik özelliğidir (Shi ve ark., 2010) (Şekil 9a).

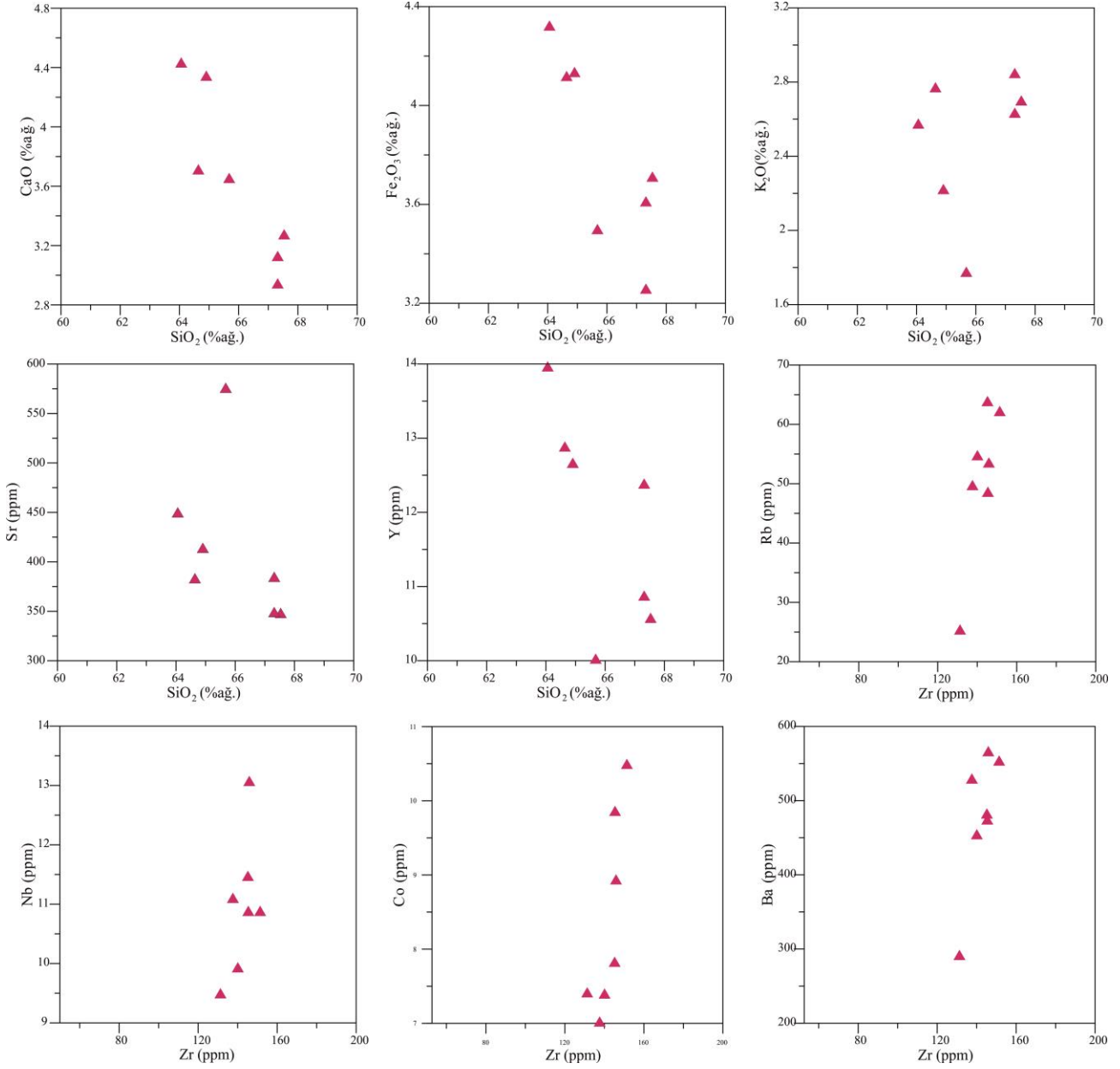
Çamlıkaya plütönuna ait örneklerinin kondrite göre normalize edilmiş iz element diyagramlarında, hafif nadir toprak elementlerinin (HNTE) ağır nadir toprak elementlerine (ANTE) göre daha fazla zenginleştiği gözlenmektedir. Kayalarda gözlenen negatif  $\text{Eu}$  anomalisi plajiyoklasların fraksiyonel kristallenmesi ile ilişkilidir (Şekil 9b).



Şekil 5. Çamlıkaya plütönuna ait granitik kayaların toplam alkali silis diyagramı (Le Bas ve ark., 1986)

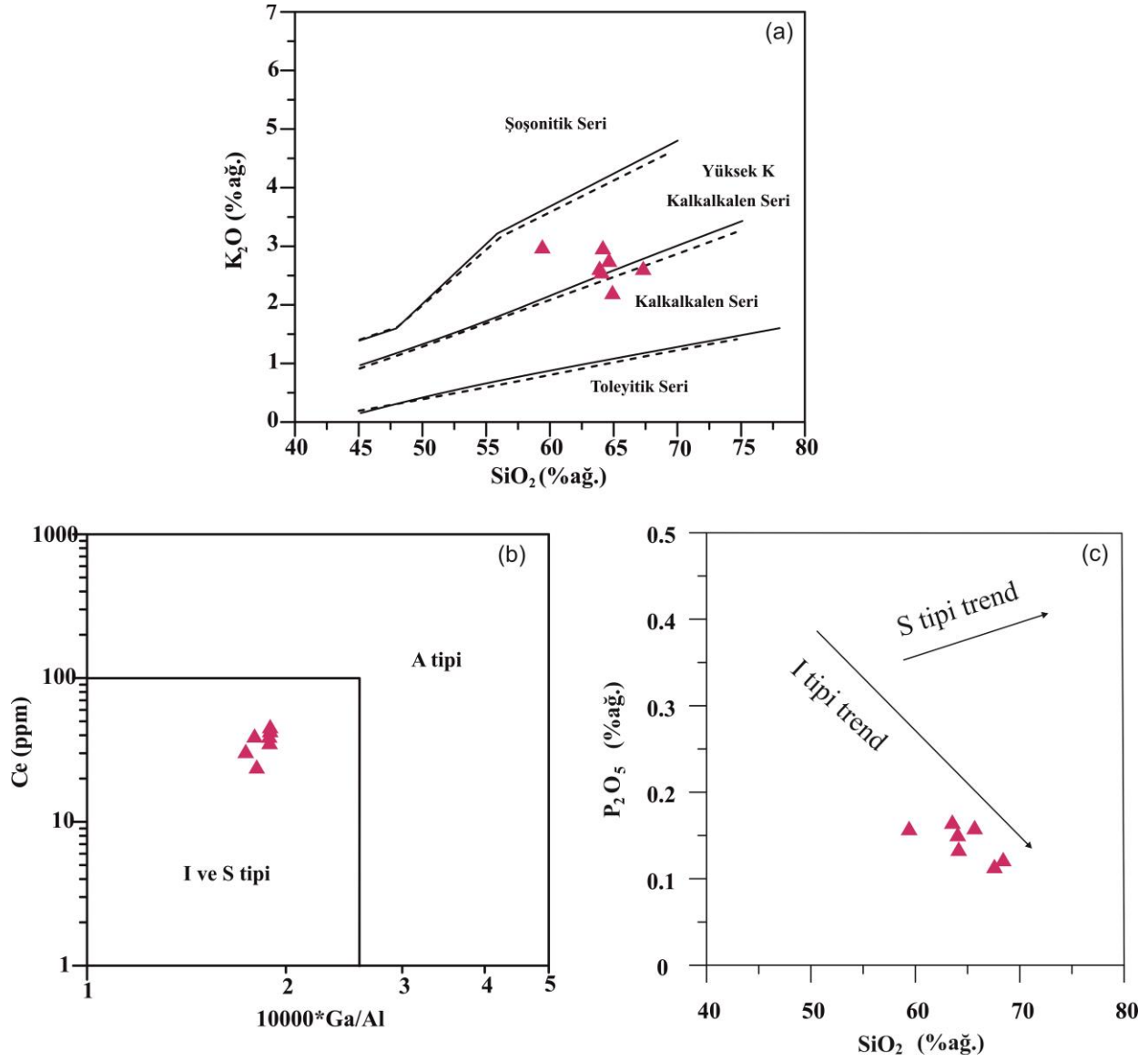


Araştırma makalesi/Research article  
DOI:10.29132/ijpas.991777



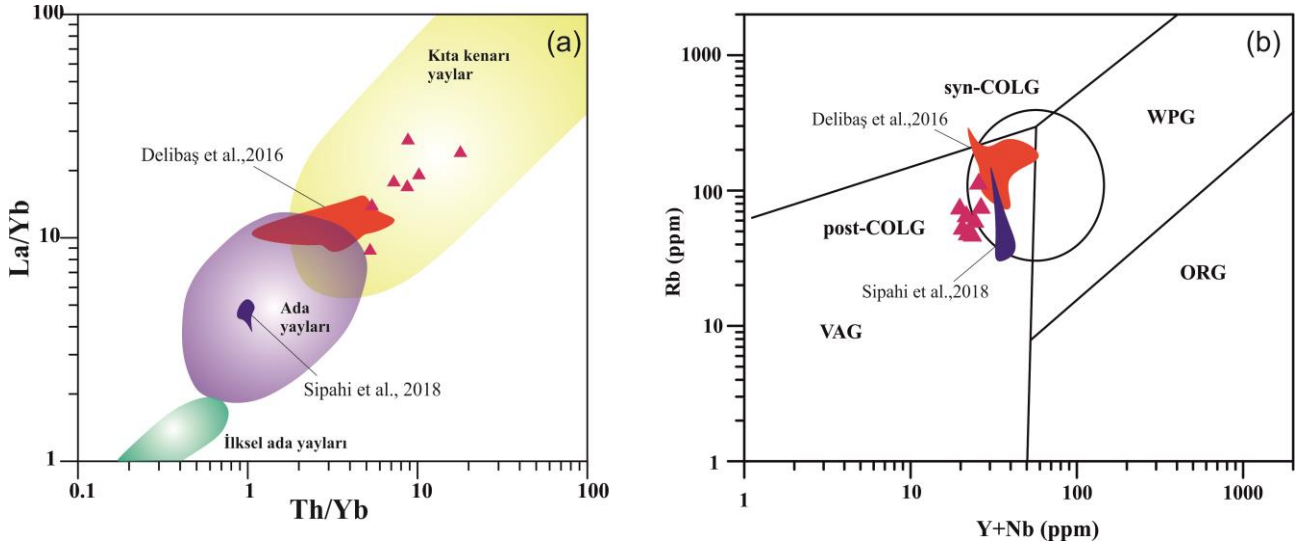
Şekil 6. Çamlıkaya plütönuna ait granitik kayaçların harker diyagramları

Araştırma makalesi/Research article  
DOI:10.29132/ijpas.991777

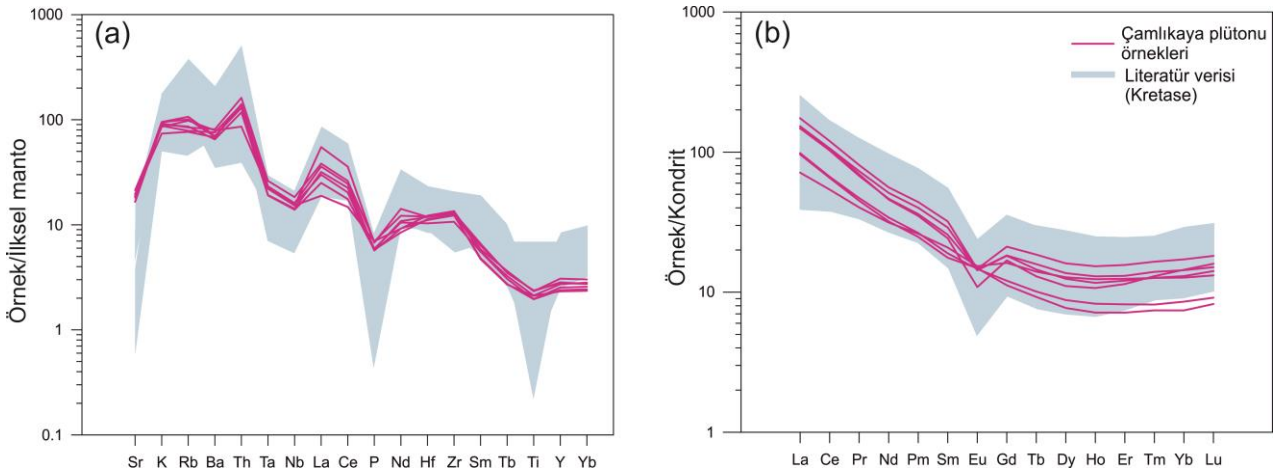


**Şekil 7.** Çamlıkaya plütönuna ait granitik kayaçların a)  $SiO_2$  vs.  $K_2O$  değişim diyagramı (Peccherillo ve Taylor, 1976) b)  $10000 * Ga/Al$ -Ce değişim diyagramı (Whalen ve ark., 1987) c)  $SiO_2$  vs.  $P_2O_5$  değişim diyagramı (Chappell ve White, 1992)

Araştırma makalesi/Research article  
DOI:10.29132/ijpas.991777



**Şekil 8.** Çamlıkaya plütönuna ait granitik kayaçların **a)** Th/Yb vs. La/Yb değişim diyagramı **b)** Y+Nb vs. Rb tektonik ayırtman diyagramı (Pearce ve ark., 1984). Çarpışma sonrası bölge (Pearce, 1996).



**Şekil 9.** Çamlıkaya plütönuna ait granitik kayaçların **a)** ilksel mantoya göre normalize edilmiş spider diyagramı (Sun ve McDonough, 1989) **b)** kondrite göre normalize edilmiş spider diyagramı (Sun ve McDonough, 1989) (Literatür verisi; Delibaş et al., 2016 ve Sipahi et al., 2018'den alınmıştır.)

## TARTIŞMA VE SONUÇ

İnceleme konusunu oluşturan Çamlıkaya plütönuna ait kayaçlar granit ve granodiyoritler ile temsil edilmektedir. Bileşimsel olarak kalkalkalen, yüksek-K kalkalkalen ve şoşonitiğe kadar değişen magma özelliğinde olup, I-tipi bir karakter sergilemektedir.

Aktif kıta kenarlarında bulunan granitik plütönlar genellikle, bileşimsel olarak farklı kaynakların, farklı ergime derecelerinde kısmi

ergimeye uğraması sonucu üretilen ergiyekler arasındaki karışım süreçleri ile oluşmaktadır. I-tipi granitik kayaçların oluşumu için farklı araştırmacılar farklı görüşler belirtmiştir. I-tipi granitik kayaçlar çoğunlukla bazaltik ana magmaların silisyum içeriği bakımından zengin kıtasal kabuk bileşenleri ile etkileşimi sonucu, fraksiyonel kristallenme, kirlenme ve magma karışım süreçleri sonucunda oluştuğu kabul görmektedir (Grove ve Donnely-Nolan, 1986; Hildreth ve Moorbath, 1988). Chappel

Araştırma makalesi/Research article  
 DOI:10.29132/ijpas.991777

ve White, (1992); Roberts ve Clemens (1993), yüksek-K kalkalkalen ve şoşonitik bileşime sahip I-tipi granitik kayaların genellikle alt/orta kabuk ya da alt-kıtasaal manto kaynaklı meta-magmatik kayaların ürünleri olduğu belirtmiştir. Castro ve ark. (1991), bu kayaların oluşumunda manto ve kabuk kaynaklı magmaların karışımının etkin rol oynadığını belirtirken, Chappel ve White (1992), magmatik kökenli kabuk kayalarının kısmi ergimesi ile oluştuğunu belirtmiştir.

İnceleme konusunu oluşturan granitik kayalar  $\text{SiO}_2$ 'ye karşı CaO,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , Sr ve Y diyagramlarında ve Zr'a karşı Rb, Nb, Co ve Ba değişim diyagramlarında incelendiğinde, CaO,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , Sr ve Y değerlerinde negatif gidişler,  $\text{K}_2\text{O}$ , Rb, Nb, Co ve Ba değerlerinde pozitif gidişler sergilemektedir (Şekil 6). CaO ve Sr değerlerindeki gözlenen negatif yönsemeler plajiyoklasların fraksiyonel kristallenmesi ile ilişkilidir. Co değerlerinde görülen negatif gidişler olivin, piroksen gibi minerallerin fraksiyonel kristallenmesi ile ilgilidir. Artan  $\text{SiO}_2$  ve Zr oranı ile birlikte  $\text{K}_2\text{O}$  ve Rb değerlerindeki pozitif trendler biyotit ve K feldispat gibi minerallerin kristallenmenin geç evrelerinde oluştuğuna işaret etmektedir.

İncelenen kayaların ilksel mantoya göre normalize edilmiş iz element diyagramlarında, K, Rb ve La gibi elementlerde pozitif anomaliler gözlenirken Ba, Ti, Sr ve Nb gibi elementlerde negatif anomaliler gözlenmektedir. Delibaş ve ark., (2016) ve Sipahi ve ark., (2018)'in verileri spider diyagramlarında kullanılmış ve inceleme konusunu oluşturan örneklerle benzer yönsemeler gösterdikleri gözlenmiştir. Bu özellikler, orojenezle eş zamanlı kıtasal kabuk kaynaklı granitoidlerin tipik özelliklerindedir (Chappel ve White, 1992). Nb ve Ta değerlerindeki negatif anomaliler yitimle ilişkiye ya da kabuksal kirlenmeye işaret etmektedir. Nb değerlerinde ve Yüksek Alan Enerjili Elementlerde (YAEE), Büyük İyon Yarıçaplı Elementlere oranla negatif anomaliler görülmesi kabuksal kirlenmeye işaret etmesine rağmen, bu anomaliler yiten levha tarafından BİYE'lerce zenginleşmiş yitimle ilişkili magmaların karakteristiğini yansıtmaktadır (McCulloch ve Gamble, 1991; Borg ve ark., 1997).

İncelenen kayaların kondrite göre normalize edilmiş iz element diyagramlarında, HNTE'nin, ANTE'ne oranla daha fazla zenginleştiği gözlenmektedir. Eu değerlerinde görülen negatif

anomaliler plajiyoklasların fraksiyonel kristallenmesi ile ilişkilidir.

Rb/Sr, Nb/Ta, Zr/Hf, Th/U, Nb/La ve Th/Ta gibi bazı iz element oranları magma kökeni ile ilgili ipuçları sunmaktadır. İncelenen kayaların Rb/Sr oranları (0.04-0.18) arasında değişmektedir. Yüksek Rb/Sr oranları bu kayaların oluşumunda metamagmatik, metasedimanter veya felsik mikalı kıtasal kayanın etkin rol oynadığını göstermektedir (Van de Fliert ve ark., 2003; Jung ve ark., 2009). Çalışma konusunu oluşturan Çamlıkaya plütönuna ait kayaların Nb/Ta oranları (11.9-14.1 ppm), Zr/Hf oranları (37-40 ppm) ve Th/U oranları (2-5 ppm) arasında değişmektedir. Volkanik yay granitlerinin Nb/Ta oranları 5-9 ppm aralığında değişirken I-tipi granitlerde ise 1.5-22 ppm aralığında değişmektedir. Yüksek Nb/Ta, Zr/Hf ve Th/U değerleri bu kayaları oluşturan magmaların, kabuksal kayaların kısmi ergimesinden kaynaklandığını göstermektedir (Eby, 1992; Green, 1995). Yüksek Nb/La oranları okyanus adası bazaltları ile ilişkili astenosferik manto kökenini (Nb/La >1) ya da litoferik manto ile astenosferik manto karışımını (Nb/La ~ 0.5-1) işaret etmektedir (Smith ve ark., 1999). Aksine düşük Nb/La (yaklaşık <0.5) oranları litosferik mantoda HNTE'lere göre YAEE'lerin (Nb ve Ta gibi) tükenmesi nedeniyle litosferik bir manto kaynağını göstermektedir (Smith ve ark., 1999). İnceleme konusunu oluşturan kayaların düşük Nb/La oranları (0.2-0.8 ppm) litosferik kökene işaret etmektedir. Th/Ta oranları manto kabuk etkileşiminin önemli bir göstergesidir. Manto kaynaklı kayaların Th/Ta oranları 2'ye yakındır, alt kıtasal kabuk için 7.9 üst kıtasal kabuk için 6.9 dur (Shellnutt ve ark., 2009). İncelenen kayaların yüksek Th/Ta oranları (5-13 ppm) bu kayaların oluşumunda kabuksal kökene işaret etmektedir.

Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nda yer alan plütönlar çeşitli araştırmacılar tarafından çalışılmıştır (Şengör ve Yılmaz, (1981); Boztuğ ve ark., (2006), (2007); Eyüboğlu ve ark., (2011), (2019); Kaygusuz ve ark., (2014); Delibaş ve ark., (2016); Sipahi ve ark., (2017), (2018); Karlı ve ark., (2020)). Boztuğ ve ark.,(2006) Kaçkar Batolitinde yapmış oldukları çalışmada, Batolit, Alt Kretase-Eosen aralığında beş farklı evrede oluştuğunu ve bu evrelerin, Neo-Tetis okyanusunun İzmir-Ankara-Erzincan/Sevan-Akera kenet kuşağı boyunca Avrasya levhasının altına kuzeye doğru dalması ve ardından gelişen sıkışma ve genişleme tektonik

Araştırma makalesi/Research article  
 DOI:10.29132/ijpas.991777

rejimleri ile ilgili olduğunu söylemişlerdir. Sar (2020) Çamlıkaya plütonunda yapmış olduğu U-Pb yaş verisine göre plütonun yaşını 134 My olarak tespit etmiştir. Karşılı ve ark. (2020) Çamlıkaya plütodaki lamprofir dayklarında yapmış oldukları U-Pb yaş analizlerinde daykların yaşını 126 My olarak tespit etmiştir.

Doğu Pontid Orojenik Kuşağında yer alan Plütonların Neotetis okyanusal kabuğunun kuzey kolunun Avrasya plakası altına yitimi ve sonrasında gelişen sıkışma ve genişleme tektonik rejimleri ile ilgili olduğu bir çok araştırmacı tarafından kabul görmektedir (Boztuğ ve ark., (2006), (2007); Eyüboğlu ve ark., (2011), (2019); Kaygusuz ve ark., (2014); Delibaş ve ark., (2016); Sipahi ve ark., (2017), (2018); Karşılı ve ark., (2020); Sar, 2020)). Ancak yitimin yönü ve zamanlaması hala tartışmalıdır. Eyüboğlu ve ark. (2011); (2019) Doğu Pontid Orojenik Kuşağında yer alan plütonların Neotetis okyanusal kabuğunun kuzey kolunun, güney yönlü yitimi ile oluştuğunu belirtirken, Şengör ve Yılmaz, (1981); Kaygusuz ve ark., (2014); Delibaş ve ark., (2016); Sipahi ve ark., (2017), (2018); Karşılı ve ark., (2020); Sar, (2020) kuzey yönlü yitim modelini desteklemektedir.

Sonuç olarak;

- İnceleme konusunu oluşturan Çamlıkaya plütonuna ait kayalar granit ve granodiyortiler ile temsil edilmektedir.
- İncelenen kayalar I-tipi granit özelliğinde olup, kalkalkalen ve yüksek-K'lu kalkalkalen bileşimsel dağılıma sahiptir.
- İlksel mantoya göre normalize edilmiş iz element diyagramlarında, BİYE, YAEE'e oranla daha fazla zenginleşmiştir. Nb anomalileri ve YAEE'de görülen negatif anomaliler kayaların oluşumunda kabuksal kirlenmenin etkin rol oynadığını göstermektedir.
- İnceleme alanında yüzeyeleyen plütonik kayalar tektonik ayırtman diyagramlarında değerlendirildiğinde, genel olarak çarpışma sonrası ve volkanik yay granitleri alanına düştüğü gözlenmektedir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK 2214A Doktora Sırası Yurtdışı Araştırma Burs Programı tarafından

desteklenmiştir (Protokol numarası 1059B141800146 ). Arazi çalışmalarında emeği geçen Mustafa Eren Rizeli'ye ve analizlerin yapılmasında yardımlarını esirgemeyen Ulusal Tayvan Üniversitesinden Prof. Dr. Sun-Lin Chung'a, laboratuvar çalışmalarında emeği geçen Jia-Huei Chen ve Yu-Chin Lin'e teşekkür ederim.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazar bu çalışmada herhangi bir şekilde çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

## ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ BEYANI

Yazar bu çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulduğunu beyan eder.

## KAYNAKLAR

- Borg, L.E. Nyquist, L.E. Wiesmann, H. ve Shih, C.Y. (1997). Constraints on Martian differentiation processes from Rb-Sr and Sm-Nd isotopic analyses of the basaltic shergottite QUE94201. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 61, 4915-4931.
- Boztuğ, D. Wagner, G.A. Erçin, A.İ. Göç, D. Yeğingil, Z. İskenderoğlu, A. Kuruçelik, M.K. Kömür, İ. ve Güngör, Y. (2002). Sphene and zircon fission-track geochronology unravelling subduction- and collision-related magma surges in the composite Kaçkar Batholith, eastern Black Sea region, Turkey. 1st International Symposium of the Faculty of Mines on Earth Sciences and Engineering, 16-18 May 2002, Istanbul, Turkey, Abstracts, p.121.
- Boztuğ, D. Erçin, A.İ. Kuruçelik, M.K. Kömür, İ. ve İskenderoğlu, A. (2006). Geochemical characteristics of the composite Kaçkar batholith generated in a Neo-Tethyan convergence system, Eastern Pontides, Turkey. *Journal of Asian Earth Science*, 27, 286-302.
- Boztuğ, D. Jonckheere, R. Wagner, G.A. Erçin, A.I. ve Yeğingil, Z. (2007). Titanite and zircon fission-track dating resolves igneous episodes in the formation of the composite Kaçkar batholith in the Turkish eastern Pontides. *International Journal of Earth Science*, 96, 875-886.
- Castro, A. Moreno-Ventas, I. ve Dela Rosa, J.D. (1991). H-type (hybrid) granitoids: a proposed revision of the granite-type classification and nomenclature. *Earth Science Reviews*, 31, 237-253.
- Cavazza W. ve Wezel F.C. (2003). The Mediterranean region—a geological primer. *Episodes*, 26, 160-168.
- Chappell, B.W. ve White, A.J.R. (1992). I- and S-type granites in the Lachlan Fold Belt. *Transition of the Royal Society Edinburgh Earth Science*, 83, 1-26.

Araştırma makalesi/Research article  
 DOI:10.29132/ijpas.991777

- Çoğulu, E. (1975) Gümüşhane ve Rize bölgelerinde petrolojik ve jeokronometrik araştırmalar: İstanbul Teknik Üniversitesi yayını, 1034, İstanbul.
- Delaloye, M. Çoğulu, E. ve Chesse, R. (1972). Etude géochronométrique des massifs cristallins de Rize et de Gümüşhane, Pontides Orientales (Turquie). Archives des Sciences Physiques et Naturelles, 25, 43–52.
- Delibaş, O. Moritz, R. Ulianov, A. Chiaradia, M. Saraç, C. Revan, K.M. ve Göç, D. (2016). Cretaceous subduction-related magmatism and associated porphyry-type Cu–Mo prospects in the Eastern Pontides, Turkey: New constraints from geochronology and geochemistry. Lithos, 248-251, 119–137.
- Dokuz, A. (2011). A slab detachment and delamination model for the generation of Carboniferous high-potassium I-type magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: The Köse composite pluton. Gondwana Research, 19, 926-944.
- Dokuz, A. Karşlı, O. Chen, B. ve Uysal, İ. (2010). Sources and petrogenesis of Jurassic granitoids in the Yusufeli area, Northeastern Turkey: Implications for pre- and post-collisional lithospheric thinning of the eastern Pontides. Tectonophysics, 480, 259-279.
- Eby, G.N. (1992). Chemical subdivision of the A-type granitoids: petrogenetic and tectonic implications. Geology, 20, 641–644.
- Elmas, A. (1995). Geology of the Kop Dağı area (Bayburt–Erzurum): evolution of a fore-arc basin (in Turkish). TPJD Bülteni, 6, 19–37.
- Eyüboğlu, Y. Santosh, M. ve Chung, S.L. (2011). Crystal fractionation of adakitic magmas in the crust–mantle transition zone: Petrology, geochemistry and U–Pb zircon chronology of the Seme adakites, Eastern Pontides, NE Turkey. Lithos, 121, 151–166.
- Eyüboğlu, Y. Dudas, F.O. Zhu, D.C. Liu, Z. ve Chatterje, N. (2019). Late Cretaceous I- and A-type magmas in eastern Turkey: Magmatic response to double-sided subduction of Paleo- and Neo-Tethyan lithospheres. Lithos, 326–327, 39–70.
- Green, T.H. (1995). Significance of Nb/Ta as an indicator of geochemical processes in the crust–mantle system. Chemical Geology, 120, 347–359.
- Grove, T.L. ve Donnelly-Nolan, J.M. (1986). The Evolution of Young Silicic Lavas at Medicine Lake Volcano, California: Implications for the Origin of Compositional Gaps in Calc-Alkaline Series Lavas. Contributions to Mineralogy and Petrology, 92, 281-302.
- Hildreth, W. ve Moorbath, S. (1988). Crustal contributions to arc magmatism in the Andes of Central Chile. Contributions to Mineralogy and Petrology, 98, 455–489.
- Jung, S. Masberg, P. Mihm, D. ve Hoernes, S. (2009). Partial melting of diverse crustal sources — constraints from Sr–Nd–O isotope compositions of quartz diorite–granodiorite–leucogranite associations (Kaoko Belt, Namibia). Lithos, 111, 236–251.
- Karşlı, O. İlhan, M. Kandemir, R. Dokuz, A. Aydın, F. Uysal, İ. ve Duygu, L. (2020). Nature of the Early Cretaceous lamprophyre and high-Nb basaltic dykes, NE Turkey: Constraints on their linkage to subduction initiation of Neotethyan oceanic lithosphere. Lithos, 380–381, 105884.
- Kaygusuz, A. Arslan, M. Siebel, W. Sipahi, F. İlbeyli, N. ve Temizel, İ. (2014). LA-ICP-MS zircon dating, whole-rock and Sr–Nd–Pb–O isotope geochemistry of the Camiboğazı pluton, Eastern Pontides, NE Turkey: implications for lithospheric mantle and lower crustal sources in arc-related, I-type magmatism. Lithos, 192–195, 271–290.
- Ketin, İ. (1966). Anadolu'nun Tektonik Birlikleri. MTA Dergisi, 66, 20-34.
- Le Bas, M.J. Le Maitre, R.W. Streckesian, A. ve Zanettin, B. (1986). A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali – silica diagram. Journal of Petrology, 27, 745-750.
- Lin, I.-J. Chung, S.-L. Chu, C.-H. Lee, H.-Y. Gallet, S. Wu, G. Ji, J. ve Zhang, Y. (2012). Geochemical and Sr/Nd isotopic characteristics of Cretaceous to Paleocene granitoids and volcanic rocks, SE Tibet: petrogenesis and tectonic implications, J. Asian Earth Sci., 53, 131-150.
- McCulloch, M.T. ve Gamble, J.A. (1991). Geochemical and geodynamical constraints on subduction zone magmatism. Earth and Planetary Science Letters, 102, 358–374.
- Okay, A. (2008). Geology of Turkey: A Synopsis. Annschnitt, 21, 19-42.
- Okay, A.I. ve Şahintürk, Ö. (1997). Geology of the Eastern Pontides. In: Robinson, A.G., Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region, AAPG Memoir, 68, 291-310.
- Okay, A.I. (1996). Granulite facies gneisses from the Pular region, Eastern Pontides. Turkish Journal of Earth Sciences, 5, 55-61.
- Özsayar, T. Pelin, S. ve Gedikoğlu, A. (1981). Artvin Yöresi Yastık Lavlarının Yaşına İlişkin Paleontolojik Veriler: KTÜ Yerbilimleri Dergisi, Trabzon, 2, 1-2.
- Pearce, J.A. (1996). Sources and settings of granitic rocks. Episodes, 19 (4), 120-125.
- Pearce, J.A. Harris, N.B.W. ve Tindle, A.G. (1984). Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. Journal Petrol, 25, 956-983.
- Peccerillo, A. ve Taylor, S.R. (1976). Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks in the Kastamonu area, Northern Turkey. Contrib Miner Petrol, 58, 63-81.

Araştırma makalesi/Research article  
 DOI:10.29132/ijpas.991777

- Roberts, M.P. ve Clemens, J.D. (1993). Origin of high-potassium, calc-alkaline, I-type granitoids. *Geology*, 21, 825–828.
- Robertson, A. H. F. Parlak, O. Ustaömer, T. Taslı, K. İnan, N. Dumitrica, P. ve Karaođlan, F. (2013). Subduction, ophiolite genesis and collision history of Tethys adjacent to the Eurasian continental margin: new evidence from the Eastern Pontides, Turkey. *Geodinamica Acta*, 26 (3-4), 230-293.
- Sar, (2020). Erzurum, Artvin ve Rize Bölgesindeki (Doğu Pontidler-Türkiye) Asit Plütonik Kayaçların Petrolojisi. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, s. 228.
- Shellnutt, J.G. Zhou, M.-F. ve Zellmer, G.F. (2009). 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*, 259, 204–217.
- Shi, W.X. Liao, Q.A. Hu, Y.Q. ve Yang, Z.F. (2010). Characteristics of Mesoproterozoic granites and their geological significances from middle tianshan block, east tianshan district, NW China. *Geol. Sci. Technol. Inf.* 29, 29e37 (in Chinese with English abstract).
- Sipahi, F. Akpınar, İ. Saydam Eker, Ç. Kaygusuz, A. Vural, A. ve Yılmaz, M. (2017). Formation of the Eğrikar (Gümüşhane) Fe–Cu skarn type mineralization in NE Turkey: U–Pb zircon age, litho geochemistry, mineral chemistry, fluid inclusion, and O–H–C–S isotopic compositions. *Journal of Geochemical Exploration*, 182, 32–52.
- Sipahi, F. Kaygusuz, A. Saydam, Ç. Vural, E.A. ve Akpınar, İ. (2018). Late Cretaceous arc igneous activity: the Eğrikar Monzogranite example. *International Geology Review*, 60, 382–400.
- Smith, E.I. Sánchez, A. Walker, J.D. ve Wang, K. (1999). Geochemistry of mafic magma in the Hurricane Volcanic field, Utah: implications for small- and large- scale chemical variability of the lithospheric mantle. *Journal of Geology*, 107, 433–448.
- Streckeisen, A.L. ve Le Maitre. R.W. (1979). Chemical approximation to modal QAPF classification of the igneous rocks. *Neus Jahrbuch für Mineralogie*, 136, 169-206.
- Sun, S. ve Mc Donough, W.F. (1989). Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts. İmplications for mantle compositional processes. In: Saunders, A.D., Norry, M.J. (eds.), *Magmatism in the ocean basins*, Special Publication 42. Geological Society of London, 312.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181–241
- Tokel, S. (1995) Magmatic and geochemical evolution of the Pontide segment of the northern Tethys subduction system, *Geology of the Black Sea region*, Proceedings of the International Symposium on the Geology of the Black Sea Region, September 7–11, 1992, Ankara, edited by A. Erler, T. Ercan, E. Bingöl, and S. Örcen, published by the General Directorate of Mineral Research and Exploration and Chamber of Geological Engineers, Ankara, Turkey, 163–170
- Topuz, G. Altherr, R. Schwarz, W.H. Dokuz, A. ve Meyer, H.P. (2007). Variscan amphibolite-facies rocks from the Kurtođlu metamorphic complex. Gümüşhane area, Eastern Pontides, Turkey. *International Journal of Earth Sciences*, 96, 861-873.
- Topuz, G. Altherr, R. Siebel, W. Schwarz, W.H. Zack, T. Hasözbeğ, A. Barth, M. Satır, M. ve Şen, C. (2010). Carboniferous high-potassium I-type granitoid magmatism in the Eastern Pontides: The Gümüşhane pluton (NE Turkey). *Lithos*, 116, 92–110.
- Ustaömer, T. ve A. Robertson. (1997). Tectonic-Sedimentary Evolution of the North Tethyan Margin in the Central Pontides of Northern Turkey, in *Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region*, edited by A. G. Robinson, AAPG Memoir, 68, 255–290.
- Van de Fliedert, T. Hoernes, S. Jung, S. Masberg, P. Hoffer, E. Schaltegger, U. ve Friedrichsen, H. (2003). Lower crustal melting and the role of open-system processes in the genesis of syn-orogenic quartz diorite–granite–leucogranite associations: constraints from Sr–Nd–O isotopes from the Bantombaa Complex, Namibia. *Lithos*, 67, 205–226.
- Whalen, J.B. Currie, K.L. ve Chappell, B.W. (1987). A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 95, 407-419.
- Yılmaz, S. ve Boztuğ, D. (1996). Space and Time Relations of Three Plutonic Phases in the Eastern Pontides, Turkey. *International Geology Review*, 38,935–956.
- Yılmaz, Y. Tüysüz, O. Yiğitbaş, E. Genç, Ş.C. Şengör, A.M.C. (1997). Geology and Tectonic Evolution of the Pontides. In: Robinson, A.G., (Ed.), *Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region*. American Association of Petroleum Geologists Memoir, 68, 183–226.