

Kale (Malatya) İlçesi Çevresindeki Geç Kretase Yaşlı Yay Magmatitlerinin Jeokimyasal Özellikleri

Melahat BEYARSLAN, Ebru OKTA, Mehmet Ali ERTÜRK*

Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye

Geliş / Received: 14/03/2018, Kabul / Accepted: 28/06/2018

Öz

Bu çalışma ile Kale ilçesi (Malatya) çevresinde yüzeyleyen Geç Kretase yaşlı Elazığ Magmatitleri'ne ait kayalar jeokimyasal özellikleri bakımından incelenmektedir. Çalışılan bölgede, Elazığ Magmatitleri dışında Geç Kretase yaşlı İspendere Ofiyolitleri ve Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı ile yine Orta Eosen ve daha genç yaşlı sedimanter kayalar yüzeylenmektedir. Yüzeysel kayalar bazalttan riyolite; derinlik kayaları ise gabrodan tonalit ve granit kadar değişen bileşimsel aralıklar sunmaktadır. Arazi çalışmaları sırasında, plutonik kayaların yüzey kayalarını kestiği gözlenmektedir. Jeokimyasal veriler, bazaltlar ve gabro-tonalit yönsemesini gösteren plutonik kayaların düşük K'lu toleyit, granit-granodiyorit bileşimli kayaların kalk-alkali ve monzonitik bileşimli kayaların ise şoşonitik karakterli olduğunu göstermektedir. Bölgede yaygın olarak yüzeyleyen Geç Kretase yaşlı Elazığ Magmatitleri'nin bir parçası olan magmatitler, Geç Kretase'de kuzey yönlü bir yitimle kapanmakta olan Neotetis Okyanusu'nun okyanus içi yitim zonu üzerinde oluşmuş ada yayı ürünleridir.

Anahtar Kelimeler: Ada yayı, Elazığ Magmatitleri, Petrografi, Jeokimya, Kale, Malatya

Geochemical Characteristics of the Late Cretaceous Arc Magmatics Around the Town of Kale (Malatya)

Abstract

By this study, the rocks outcropping around the town of Kale (Malatya), which are also a part of the Elazığ Magmatites, have been investigated in terms of their geochemical features. Apart from the Elazığ magmatites, the other units outcropping around the region are the Late Cretaceous İspendere Ophiolite, the Middle Eocene Maden Complex and the Middle Eocene and younger sedimentary rocks. The volcanic rocks display a compositional range from basalt to rhyolite, whereas the plutonic rocks from gabbro to tonalite and granite. During the field investigations, it is observed that the plutonic rocks intruded into the volcanic rocks. The geochemical data show that the basalts and plutonic rocks, displaying gabbro-tonalite trend, are low-K tholeiitic in character, whereas granite-granodiorites and monzonites have in turn calc-alkaline and shoshonitic characteristics. Investigated magmatic rocks, which are a part of the widespread Late Cretaceous Elazığ Magmatites, are the products of an island arc formed above a northward-dipping intra oceanic subduction zone during the Late Cretaceous closure of the Neotethyan Ocean.

Keywords: Island Arc, Elazığ Magmatics, Petrography, Geochemistry, Kale, Malatya

1. Giriş

Magmatik yaylar dalan okyanusal levhanın ergime derinliğine ulaştığı yitim zonlarında, üstteki levhalar üzerinde oluşmaktadırlar. Okyanus içi yay magmatitleri ve And-tipi yay magmatitleri olmak üzere iki gruba ayrılmaktadırlar. Okyanus içi yaylar bir okyanusal kabuğun diğer bir okyanusal kabuk altına doğru daldığı, And-tipi yaylar ise okyanusal kabuğun kıtasal kabuk altına

doğru daldığı yitim zonlarında oluşmaktadırlar. Tipik bir okyanus-içi yitim sisteminde, yitim yönünde ilerledikçe sırasıyla yığılma prizması, yay-önü havza, aktif yay, kalıntı yay, yay ardı havza yer almaktadır. Yaygın olarak kabul gören bir görüşe göre okyanus-içi yay sistemleri ilksel (juvenil) kıtasal kabuğun oluşum yerlerini temsil ederler (Clift vd., 2003; Stern, 2010; Maruyama vd., 2011).

İlksel magmatik yaylar, yiten okyanusal kabuğa ait minerallerin dehidratasyonu sonucu açığa çıkan suyun yukarıdaki manto kamasi içerisine aktarılması ve ergime sıcaklığını düşürmesi sonucu oluşan magmaların yükselmesi sonucu oluşmaktadır (Coats, 1962; Dimalanta vd., 2002). Mantonun kısmi ergimesi çoğunlukla mafik (bazaltik veya boninitik) ve daha az olarak da ortaç veya andezitik bileşimli magmaları oluşturur (Rudnick ve Gao, 2003; Tatsumi vd., 2008). Bunun sonucu olarak da okyanus- içi yaylarda bazaltik-andezitik yüzey kayaları ve tonalit-granogiyorit-granit gibi derinlik kayaçları baskın olarak görülür (Gill, 1981; Kelemen vd., 2003; Osanai vd., 2006; Hacker vd., 2008). Her iki gruba ait kayaçların bileşimi dalan levhadan ayrılan suyun miktarı ve dolayısı ile mantonun kısmi ergime derecesine bağlı olarak değişmektedir. Okyanus- içi yay oluşumunun ilk evresinde, mantonun yüksek-derecede ergimesi sonucu boninitler, toleyitik bazaltlar ve andezitik bazaltlar oluşurken, zamana ve yitim zonundan uzaklığa bağlı olarak, daha düşük dereceli ergime ile uyumsuz elementlerce zenginleşmiş kalk-alkali, alkali ve şoşonitik andezitler ve derinlik kayaçları oluşmaktadır. Yitimle ilişkili magmaların en önemli jeokimyasal özellikleri silisyum ve büyük iyon-yarıçaplı elementlerce (LILE; K, U, Sr ve Pb) zenginleşmiş, kalıcılığı-yüksek elementlerce (HFSE; Nb, Ta ve Ti) fakirleşmiş olmalarıdır. Bu durum kıta- içi orojenik kuşaklardaki fosil okyanus- içi yayların belirlenmesinde oldukça önemli rol oynamaktadır. Okyanus- içi yaylar ince, çoğunlukla mafik okyanusal kabuk üzerinde oluştuklarından, bu ortamda oluşan magmaların kolaylıkla ergiyen kıtasal kabuk eriyikleri ile kirlenme durumları söz konusu değildir. Bu tür kirlenmeler And-tipi yaylara özgü bir durumdur. Güneydoğu Anadolu Orojenik Kuşağı içerisinde yüzeyleyen Geç Kretase yaşlı magmatik kayaçlar üzerinde yapılan araştırmalarda (Akarsu, 1998; Akgül, 1993; Beyarslan ve Bingöl, 2000; Bingöl,

1984, 1988; Bingöl ve Aydoğdu, 1994; Bingöl ve Beyarslan, 1996; Okta, 2018; Parlak vd., 2009; Perinçek, 1979a; Rızaoğlu, 2009; Sar, 2016; Turan vd., 1995; Yazgan, 1981) genel olarak bu kayaçların diğer birimlerle olan stratigrafik ilişkileri ve jeokimyasal özellikleri ele alınmıştır. Elazığ- Malatya arasında, Kale ilçesinin kuzeybatısında yüzeyleyen ve bu araştırmaya konu teşkil eden kayaçlar ilk olarak Akarsu (1998) tarafından haritalanmış ve petrografik olarak incelenmiştir.

Bu çalışma ile Malatya ili doğusunda, Elazığ- Malatya karayolu kuzeyinde yer alan bölgede yüzeyleyen Geç Kretase yaşlı Elazığ Magmatitleri'ne ait magmatik kayaçlar mineralojik ve petrografik incelemeleri yanı sıra jeokimyasal özellikleri açısından da ilk defa incelenmişlerdir.

2. Materyal ve Metot

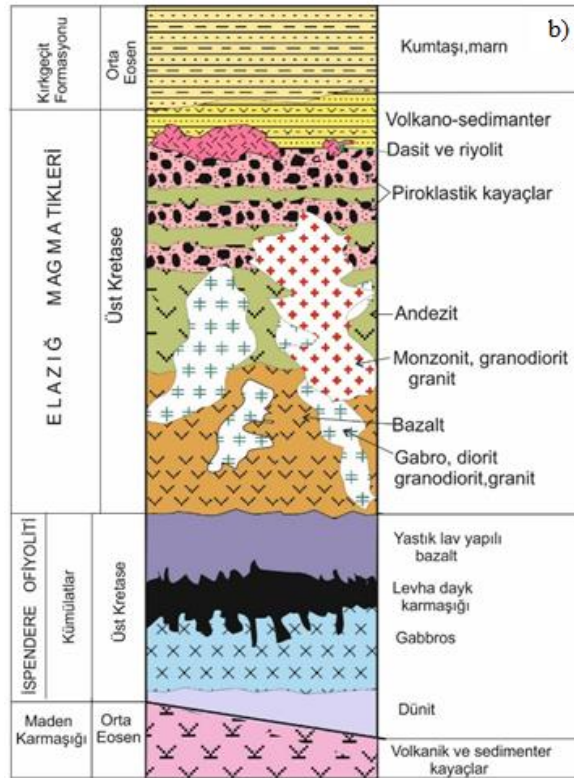
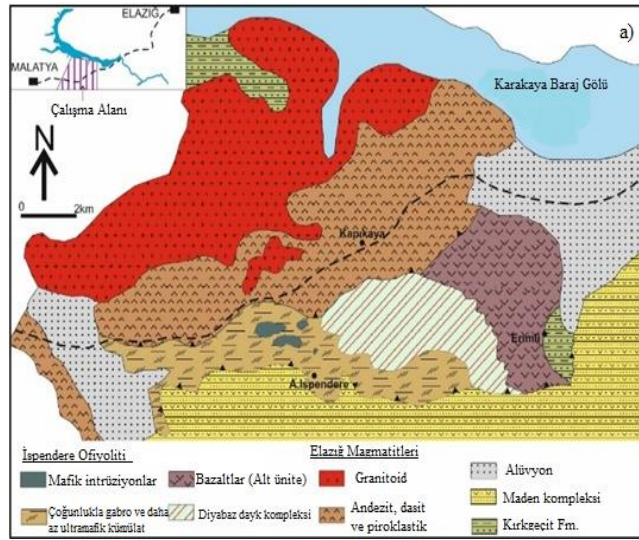
Bölgede gerçekleştirilen arazi çalışmaları ile birimlerin birbiriyle olan stratigrafik ilişkileri incelenmiş, petrografik ve jeokimyasal incelemeler için ise çok sayıda örnek alımı gerçekleştirilmiştir. Alınan kayaç örneklerinin petrografik ince kesitleri Fırat Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ince-kesit laboratuvarında hazırlandıktan sonra polarizan mikroskop altında incelenerek kayaçların mineralojik ve petrografik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Petrografik olarak incelenmiş örneklerden jeokimyasal analizler yapılması için taze veya çok az altere olan örnekler seçilmiştir. Bu örneklerin analizleri ACME analitik laboratuvarlarında (Kanada) ICP-MS yöntemi kullanılarak yapılmıştır.

3. Genel Jeoloji

İnceleme alanında Geç Kretase yaşlı İspendere Ofiyolitleri, Geç Kretase yaşlı yay magmatitleri (Elazığ Magmatitleri), Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı ve Orta Eosen sonrası yaşlı sedimanter kayaçlar olmak üzere 4 farklı birim yüzeylemektedir (Beyarslan, 1991; Ertürk ve Beyarslan, 2015;

Ertürk vd., 2017). İspendere Ofiyoliti güneyde Maden Karmaşığı üzerine tektonik olarak gelirken, kuzeyde Elazığ Magmatitleri ile yer yer tektonik (faylı) yer yer ise intrüsf dokanaklıdır. Ayrıca, doğu kesiminde ofiyolit üzerine Orta Eosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu uyumsuz olarak gelmektedir (Beyarslan, 1991) (Şekil 1a ve b). Bölgedeki yay magmatitleri, ilk defa Turan vd. (1993, 1995) tarafından Elazığ Magmatitleri olarak adlandırılmıştır. Bu magmatik kayaların doğuya doğru devamı olarak kabul edilen

birim, Perinçek (1979a ve b) tarafından Yüksekova Karmaşığı olarak adlandırılmıştır. Ancak, Elazığ civarında yapılan çalışmalarda (Yazgan, 1981, 1983, 1984; Asutay, 1985; Akgül, 1987; Kürüm vd., 2011, Hempton ve Savcı, 1982; Hempton, 1984; 1985) birim Baskil Granitoyidi, Pertek Granitoyidi, Elazığ Volkanik Karmaşığı gibi farklı isimlerle adlandırmıştır. Ural vd. (2012, 2015) Yüksekova Karmaşığı adını kullanmışlardır.



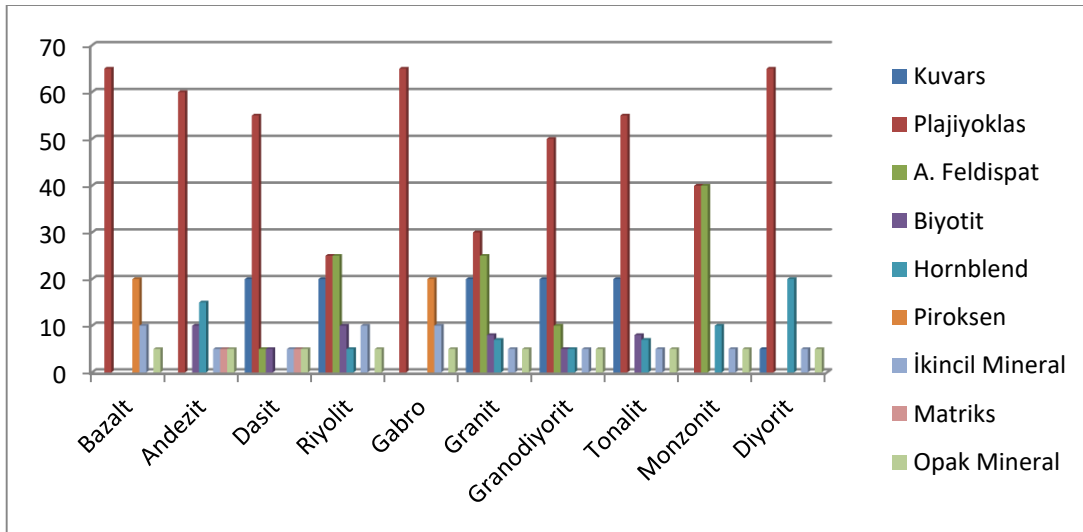
Şekil 1. Çalışma alanının a) jeoloji haritası (Beyarslan 1991; MTA 2002'den sadeleştirilmiştir), b) genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti (Bingöl ve Beyarslan, 2017'den).

Elazığ Magmatitleri ofiyolitler üzerine uyumsuz olarak gelen bazaltlarla başlar. Üste doğru andezit, andezitik piroklastitler ve dasit-riyolit gibi volkanik kayalarla devam eden birim özellikle taban seviyelerindeki bazalt ve andezitleri keserek yerleşen gabro, diyorit, monzodiyorit, tonalit, granodiyorit ve granit gibi derinlik kayalarını içerir (Bingöl, 1982, 1984, 1988; Bingöl ve Beyarslan, 1996; Akgül 1993) (Şekil 1). Bazaltlar, birimin en alt kesimini oluşturmakta ve yastık lav ve lav akıntıları şeklinde görülmektedir. Altta ofiyolitlerin gabroları ile yer yer tektonik ilişkili olan bazaltlar, yer yer de ofiyolitlerin volkanitleri ile geçişlidir. Andezit ve yer yer ardalanmalı piroklastitler volkanik birimin en kalın kesimini oluşturmaktadır. Dasit ve riyolitler küçük yüzlekler halinde bulunurlar. Volkanoklastitler ise volkanik birimin en üst seviyesini oluştururlar. İnceleme alanının batı ve kuzeybatısında yüzeyleyen derinlik kayaları, gabrodan granite kadar geniş bir

yelpazede değişen litolojik bir bileşime sahiptirler. Gabro ve diyoritler koyu renkli görünüşleri ile diğer kayalardan ayrılmakla birlikte, iç içe girmiş intrusif dokanıklı olmaları nedeniyle, ayrı ayrı haritalanmaları mümkün değildir. Çoğunlukla gabro-monzonit-monzodiyorit-diyorit-tonalitten oluşan intrusif kütleler granodiyorit-granit gibi kütleler tarafından kesilmiştir. Yüzey kayalarını kesen derinlik kayalarının içerisinde çeşitli büyüklükte aplit ve lamprofir daykları, diyoritler içerisinde de anklavlar görülmektedir.

4. Petrografi

İnceleme alanında yüzeyleyen derinlik ve yüzey kayalarının mineralojik ve dokusal özelliklerini belirlemek amacıyla 100 adet ince kesit yapılmıştır. Kayaç litolojisine ait ortalama modal mineralojik bileşimleri bir grafik halinde verilmiştir (Şekil 2). İnceleme alanına ait kayaların mikroskobik görünüşleri ise Şekil 3'de görülmektedir.

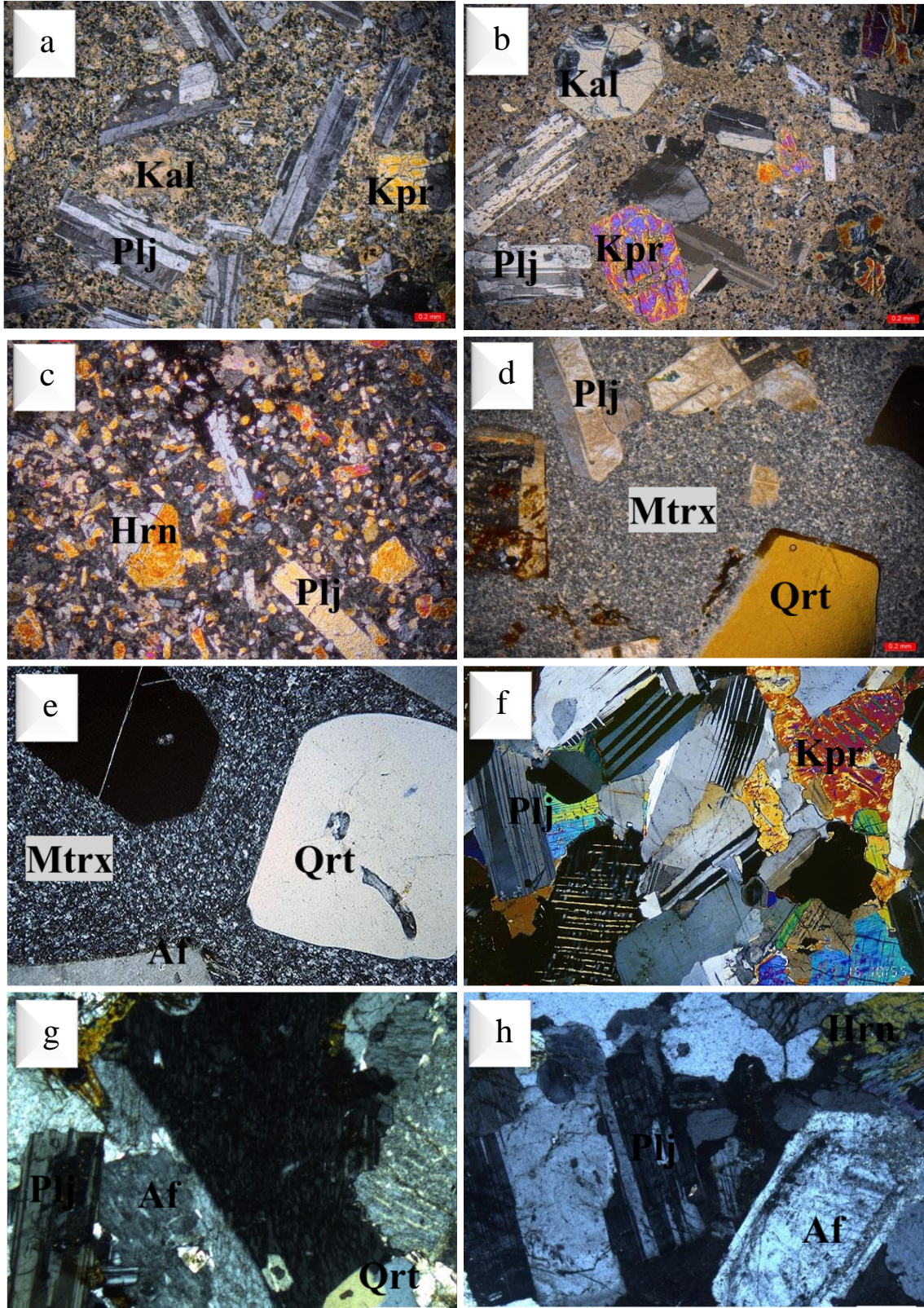


Şekil 2. İnceleme alanına ait kayaların ortalama mineral bollukları (% olarak).

4.1. Yüzey Kayaları

Porfirik, bazen hyalopilitik ve intersertal dokular gösteren bazaltlar esas olarak %70-75 oranlarında albit-karlsbad ve albit ikizi gösteren plajiyoklas (An= 52-60) fenokristalleri ve %20-25 oranında çoğunlukla yarı öz şekilli çok ince taneli piroksen, plajiyoklas lataları ve ikincil

olarak kalsit, klorit gibi minerallerden oluşmaktadırlar. Çoğunlukla porfirik doku gösteren andezitler % 55-60 plajiyoklas (andezin), % 20-30 hornblend ve biyotit fenokristalleri ve %15-20 camsı malzeme, plajiyoklas, biyotit ve hornblend mikrolitlerinden oluşan hamur malzemesi içermektedirler.



Şekil 3. İnceleme alanına ait kayaların çift nikol mikroskop görüntüleri; (a) bazaltlarda gözlenen mineraller, (b) bazaltlarda gözlenen porfirik doku, (c) andezitlerde gözlenen mineraller, (d) dasitlerde gözlenen porfirik doku, (e) riolitlerde gözlenen porfirik doku, (f) gabrolarda gözlenen mezokümülat doku, (g) granadiyoritlerde gözlenen subhedralgranüler doku ve alkali feldispat minerallerinde pertitleşme, (h) granadiyoritlerde gözlenen mineraller (Plj: plajiyoklas, Kpr: klinopiroksen, Kal: kalsit, Hrn: horblend, Af: alkali feldispat Qrt: kuvars, Mtrx: matriks).

Porfirik doku gösteren dasitlerin ortalama % 20-25'ini fenokristaller, %75-80'ini ise hamur malzemesi oluşturmaktadır. Fenokristallerin % 62-65 ini plajiyoklas (oligoklas-andezin), % 25-33'ünü kuvars, % 8-10 unu alkali feldspat, % 10-15 ini ise biyotit ve hornblend oluşturmaktadır. Hamur malzemesini kuvars, plajiyoklas, klinopiroksen mikrolitleri ve camsı malzeme oluşturmaktadır. Porfirik doku gösteren riyolitler %15-20 oranlarında kuvars, sanidin, plajiyoklas ve biyotit fenokristalleri; %80-85 oranlarında ise hornblend ve camsı malzemedan oluşmaktadır. Aksesuar olarak zirkon ve apatit bulundurulur. Piroklastik kayaçların genel olarak andezitik ve dasitik aglomera ve tüflerden oluştuğu görülmektedir. Taneler andezit ve dasitlerle aynı mineralojik bileşime sahiptir.

4.2. Derinlik Kayaçları

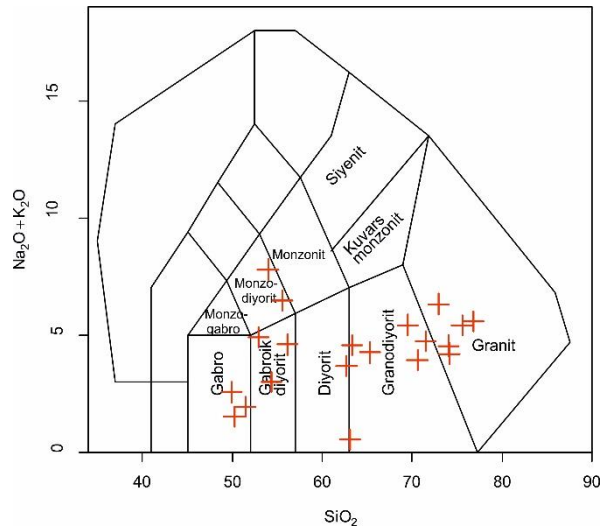
Mezokümülat doku gösteren gabrolar yaklaşık % 65-70 plajiyoklas (labrador) ve %20-25 klinopiroksen (ojit) içermektedirler. Granitlerin, esas olarak % 20-25 oranında öz şekilsiz kuvars, %30-35 oranında yarı öz şekilli plajiyoklas (albit-oligoklas), % 25-30 oranında öz şekilsiz veya yarı öz şekilli iri K-feldspat %5-10 civarında biyotit, amfibol ve opak mineral içerdikleri belirlenmiştir. Alterasyona bağlı olarak kloritleşme görülmektedir. Subhedral granüler doku gösteren granodiyoritler % 50-55 plajiyoklas, % 20-25 kuvars, % 15-20 pertitik K-feldspat, az miktarlarda da biyotit, hornblend ve opak mineral bulundurmaktadır. Subhedral granüler doku gösteren tonalitler, esas olarak % 55-65 oranında plajiyoklas (oligoklas-andezin), %20-25 oranında kuvars, % 15-20 oranında hornblend ve biyotit, az oranlarda da opak minerallerden oluşmaktadır. Tipik monzonitik doku gösteren monzonitler

yaklaşık eşit oranlarda alkali feldspat, plajiyoklas ve az oranlarda hornblend minerallerinden oluşur. Subhedral granüler doku gösteren diyoritler % 60-65 oranında plajiyoklas (andezin) ve hornblend, az oranlarda da kuvars ve opak mineral içermektedir. Karbonatlaşma ve sosuritleşme yaygın olarak görülür.

5. Jeokimya

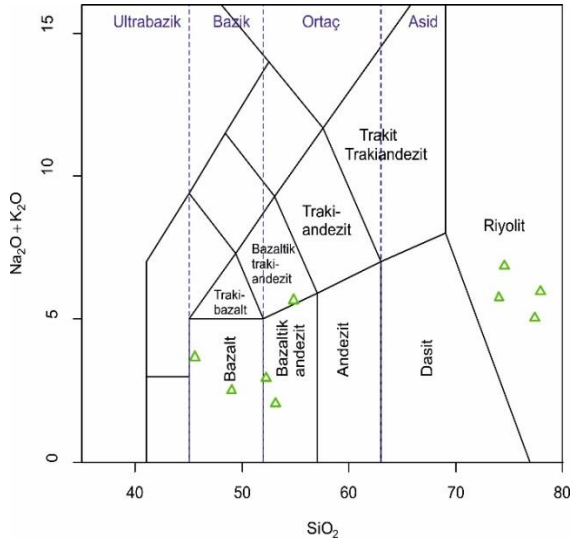
5.1. Ana Oksit, İz Element ve Nadir Toprak Element Jeokimyası

İnceleme alanına ait 40 adet örnekte yaptırılan ana, iz ve nadir toprak element analiz sonuçları Tablo 1 ve 2'de verilmektedir. Derinlik kayaçları Middlemost (1985)'un $(Na_2O+K_2O)-SiO_2$ sınıflandırma diyagramına aktarıldığında örneklerin gabro, gabroik-diyorit, diyorit, tonalit, granodiyorit, granit, monzodiyorit alanlarına düştükleri görülmektedir (Şekil 4).



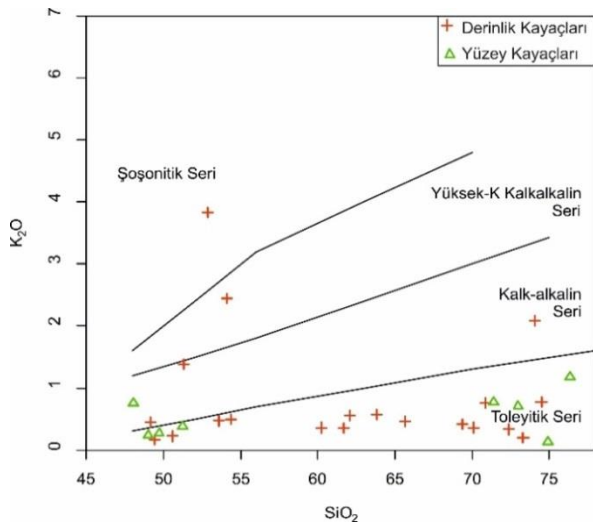
Şekil 4. İnceleme alanındaki derinlik kayaçlarına ait örneklerin $K_2O+Na_2O-SiO_2$ sınıflandırma diyagramındaki dağılımları (Middlemost, 1985).

Yüzey kayaçları Le Bas vd. (1989)'nin $Na_2O+K_2O-SiO_2$ sınıflandırma diyagramına yerleştirildiğinde örneklerin bazalt, bazaltik traki-andezit, bazaltik andezit, riyolit alanlarına düştükleri görülmektedir (Şekil 5).

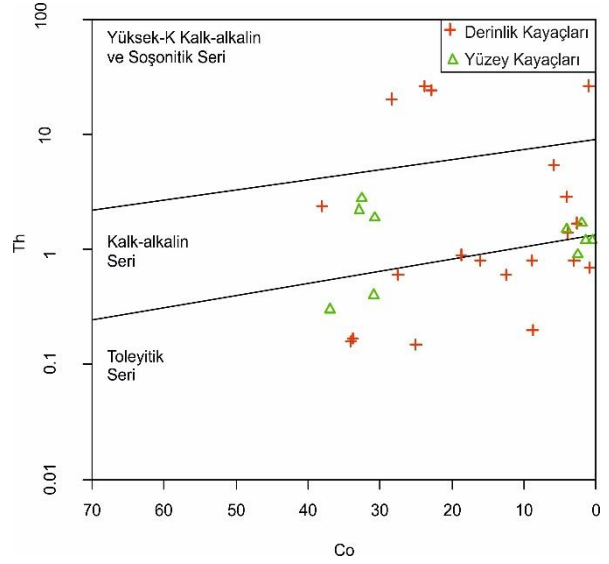


Şekil 5. İnceleme alanındaki yüzey kayaçlarına ait örneklerin $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ sınıflandırma diyagramındaki dağılımları (Le Bas vd., 1986).

İncelenen örnekler $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ değişim diyagramına (Peccerillo ve Taylor, 1976) aktarıldığında, birkaç örneğin dışında çoğunlukla toleyitik alanda yer almaktadır (Şekil 6). Kayaç örnekleri, Hastie vd. (2007)'nin $\text{Th}-\text{Co}$ diyagramına aktarıldığında, örneklerin çoğunluğunun kalk-alkali ve toleyitik seri alanlarına düştükleri izlenmektedir (Şekil 7).

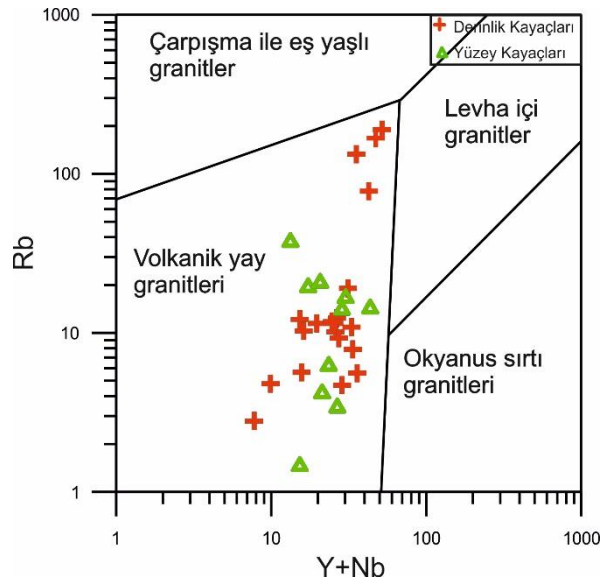


Şekil 6. İncelenen kayaçlara ait örneklerin $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ ayrım diyagramındaki dağılımları (Peccerillo ve Taylor, 1976).



Şekil 7. İncelenen kayaçlara ait örneklerin $\text{Th}-\text{Co}$ ayrım diyagramındaki dağılımları (Hastie vd., 2007).

Pearce vd. (1984)'nin $\text{Rb}-(\text{Y}+\text{Nb})$ diyagramında, örneklerin tamamının volkanik yay granitleri alanında toplandıkları görülmektedir (Şekil 8).



Şekil 8. İncelenen kayaçların Pearce vd. (1984)'nin $\text{Rb}-(\text{Y}+\text{Nb})$ diyagramındaki dağılımları.

Tablo 1. Derinlik kayaçlarının ana oksit ve iz element analiz sonuçları.

Numune	EO-71	EO-92	EO-103	EO-114	EO-19	EO-111	EO-72	EO-88	EO-56	EO-57
Tip	Granit	Granit	Granit	Granit	G.Diyorit	G.Diyorit	Tonalit	Tonalit	Tonalit	Tonalit
Ana Oksitler										
SiO ₂	74.5	69.38	73.32	74.1	60.24	70.09	54.39	53.58	65.67	70.88
Al ₂ O ₃	13.65	14.58	13.89	13.51	15.59	15.21	15.41	16.7	13.3	13.96
Fe ₂ O ₃	2.04	3.98	2.7	0.78	6.55	3.2	12.13	10.58	4.93	3.16
MgO	0.78	1.34	0.76	0.13	1.68	0.96	3.68	4.87	1.17	0.84
CaO	1.94	4.58	3.7	2.34	7.62	3.47	5.57	9.03	3.66	1.61
N ₂ O	4.57	3.43	3.95	3.28	3.17	4.28	3.95	2.47	4.66	5.37
K ₂ O	0.77	0.42	0.2	2.09	0.36	0.36	0.49	0.47	0.46	0.76
TiO ₂	0.29	0.47	0.28	0.11	0.64	0.33	1.01	0.63	0.44	0.45
P ₂ O ₅	0.04	0.07	0.07	0.04	0.12	0.1	0.08	0.04	0.09	0.09
MnO	0.03	0.06	0.06	0.05	0.14	0.04	0.17	0.17	0.08	0.02
Ba	102	64	81	141	75	148	83	54	39	78
Ni	<20	<20	30.19	7.492	<20	5.51	<20	<20	<20	<20
Sc	8	10	7.4	2.3	24	680	37	36	16	11
LOI	1.3	1.6			3.8		2.9	1.3	5.5	2.8
Sum	99.96	99.93	98.93	96.43	99.9	98.04	99.8	99.83	99.94	99.94
İz Elementler										
K	6391.77	3494.82	1664.2	17390.89	2995.56	2995.56	4077.29	3910.87	3827.66	6323.96
P	174.56	305.48	275	115	523.68	354	349.12	174.56	392.76	392.76
Ti	1738.26	2817.18	1629	661.5	3836.16	1852	6053.94	3776.22	2637.36	2697.3
Co	3.9	8.8	4.1	1	12.5	5.8	27.5	25	8.9	2.7
Cs	0.5	0.6	0.52	3.93	0.07	0.84	0.7	0.7	0.07	0.3
Ga	13.6	11.9	12.7	15.4	13.8	14	15.8	13.8	10	11.7
Hf	3.9	2.5	2.47	3.21	2.2	3.25	2	1.1	2.6	3.8
Nb	2	0.7	3	18.4	0.7	5	0.6	0.6	0.9	2
Rb	19.1	12.2	5.66	133.3	4.7	10.33	12.4	11.5	10.9	11.5
Sr	128.6	202	268	87	235.1	290	226.9	157.7	137.9	167.6
Ta	0.1	0.01	0.25	2.41	0.04	1.21	0.03	0.03	0.02	0.02
Th	1.4	0.2	2.86	26.69	0.6	5.39	0.6	0.15	0.8	1.7
U	0.7	0.1	0.78	5.18	0.3	1.49	0.2	0.07	0.4	0.6
V	37	80	33.18	5.62	177	40.65	446	303	56	34
Zr	122.6	110.7	109	122	65.3	146	59.9	34.7	84.1	122.1
Y	29.3	14.6	12.7	17	27.9	11.2	25.9	19.1	32.1	23.5
La	3.3	2.6	8	34.7	4	11.4	3.6	2.2	7.2	5.6
Ce	7.3	5	15.3	55.8	9.8	20.9	8.9	5.4	16.6	12.6
Pr	1.2	0.8	1.71	5.08	1.58	2.19	1.4	0.93	2.64	1.87
Nd	6.5	3.8	6.94	16.05	8.5	8.34	8.3	5	13.7	8.9
Sm	2.29	1.19	1.49	2.47	2.73	1.6	2.81	1.78	3.67	2.69
Eu	0.62	0.62	0.54	0.36	0.95	0.59	0.95	0.59	1.25	0.91
Gd	3.31	1.63	1.6	2.44	3.75	1.68	3.66	2.62	4.84	3.68
Tb	0.64	0.3	0.28	0.35	0.64	0.27	0.69	0.47	0.81	0.65
Dy	4.46	2.23	1.81	2.13	4.35	1.74	4.38	3.33	5.47	4.24
Ho	1.06	0.53	0.42	0.48	0.98	0.4	0.97	0.74	1.23	0.95
Er	3.51	1.81	1.27	1.5	3.05	1.17	3.22	2.39	3.73	2.91
Tm	0.53	0.28	0.22	0.27	0.45	0.2	0.46	0.33	0.54	0.41
Yb	3.69	2.01	1.56	1.94	3.02	1.47	3.12	2.23	3.63	3.03
Lu	0.58	0.32	0.25	0.31	0.47	0.23	0.46	0.36	0.58	0.48

Tablo 1. Devamı

Numune	EO-95	EO-68	EO-89	EO-90	EO-91	EO-65	EO-60	13TK61	EO-93	EO-94
Tip	Tonalit	Tonalit	Diyorit	Diyorit	Diyorit	Gabro	M.Diyorit	M.Diyorit	M.Diyorit	Monzonit
Ana Oksitler										
SiO ₂	61.68	72.37	50.6	49.41	49.16	51.29	52.89	54.11	63.85	62.09
Al ₂ O ₃	15.48	11.99	15.75	16.5	14.77	14.26	16.53	15.53	14.19	15.08
Fe ₂ O ₃	5.82	4.64	8.26	7.91	10.49	9.16	6.83	7.28	7.43	7.96
MgO	0.22	0.75	8.57	8.75	7.78	7.61	5.35	5.95	2.41	2.67
CaO	13.31	2.9	12.65	13.84	12.75	7.82	6.78	6.46	4.92	4.98
N ₂ O	0.16	4.1	1.68	1.32	2.07	3.36	3.81	3.86	3.58	3.92
K ₂ O	0.35	0.33	0.22	0.17	0.44	1.389	3.829	2.444	0.57	0.55
TiO ₂	0.63	0.48	0.39	0.34	0.73	1.236	1.204	1.044	0.68	0.64
P ₂ O ₅	0.07	0.09	0.03	0.02	0.09	0.62	0.66	0.645	0.07	0.07
MnO	0.08	0.06	0.16	0.16	0.2	0.168	0.123	0.129	0.12	0.13
Ba	24	32	24	72	85	334	1263	622	93	106
Ni	<20	<20	59	66	58	112.6	60.55	112	<20	<20
Sc	21	13	44	43	32	22.7	19.7	16.8	21	26
LOI	2.1	2.2	1.4	1.3	1.2				2	1.8
Sum	99.91	99.95	99.79	99.78	99.77	96.913	98.006	97.482	99.88	99.88
İz Elementler										
K	2912.35	2745.93	1830.62	1414.57	3661.24	11557.87	3186.11	20336.52	4742.97	4576.35
P	305.48	392.76	130.92	87.28	392.76	2768	3122	3008	305.48	305.48
Ti	3776.22	2877.12	2337.66	2037.96	4375.62	6944	7045	6064	4075.92	3836.16
Co	0.8	3	34.1	33.8	38.1	28.4	22.8	23.8	16.1	18.7
Cs	0.3	0.3	0.7	0.1	0.4	1.49	4.39	5.381	0.08	0.1
Ga	15.6	10.6	11.6	10.3	13.9	21.8	20.5	22.1	12.9	13.3
Hf	2.5	3	0.7	0.5	2	6.18	6.38	5.32	2.7	3.8
Nb	0.8	1	0.2	0.05	7	22	24.7	21.7	1	1.1
Rb	10.2	5.6	4.8	2.8	11.8	78.08	190.3	168.2	9.3	7.9
Sr	418.7	153	139	133.5	251.8	571	839	789	232	2003
Ta	0.06	0.06	0.02	0.05	0.5	1.086	1.663	0.7867	0.03	0.1
Th	0.7	0.8	0.16	0.17	2.4	20.44	24.49	26.35	0.8	0.9
U	0.3	0.4	0.2	0.08	0.9	5.44	7.53	7.12	0.3	0.4
V	192	19	210	200	233	193.9	178.5	152	175	178
Zr	82.4	90.1	22.6	16	71.8	254	290	240	83.9	112.9
Y	25.2	34.9	9.7	7.7	17.7	20.6	27.1	25.5	26.3	32.5
La	4.6	5.2	1.6	1.2	9.6	58.6	63	48.7	4.3	4.3
Ce	9.8	13.2	3.2	2.5	19.8	97.4	122	95.6	10	11.2
Pr	1.53	2	0.52	0.37	2.52	10.73	13.09	10.59	1.53	1.78
Nd	7.7	10.6	2.9	2.2	11.1	38.73	51.7	42.77	8.5	9.3
Sm	2.45	3.34	0.92	0.69	2.67	7.05	8.72	7.6	2.5	2.97
Eu	0.65	1.08	0.36	0.32	0.86	1.398	2.276	1.647	0.73	0.81
Gd	3.34	4.8	1.43	1.11	3.01	5.1	7.34	6.45	3.46	4.53
Tb	0.62	0.9	0.27	0.2	0.51	0.695	0.939	0.876	0.64	0.82
Dy	4.08	5.91	1.85	1.5	3.23	3.75	4.87	4.66	4.1	5.42
Ho	0.92	1.35	0.4	0.34	0.67	0.716	0.949	9.905	0.97	1.21
Er	2.93	4.21	1.17	0.93	2.01	1.88	2.49	2.32	3.14	3.94
Tm	0.42	0.6	0.18	0.14	0.3	0.2699	0.3592	0.3288	0.44	0.56
Yb	2.84	4.21	1.16	0.86	2	1.75	2.31	2.09	3.04	3.62
Lu	0.44	0.63	0.18	0.14	0.3	0.267	0.34	0.312	0.48	0.6

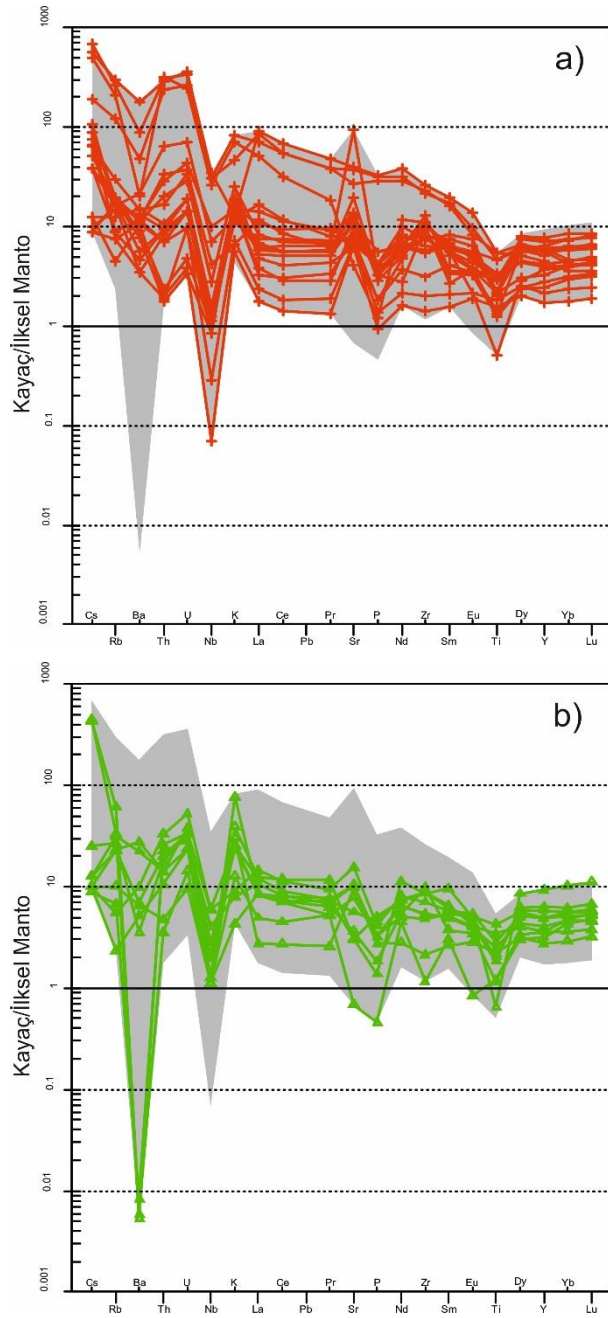
Tablo 2. Yüzey kayaların ana oksit ve iz element analiz sonuçları.

Numune	EO-14	EO-30	EO-82	EO-85	EO-36	EO-3	EO-78	EO-23	EO-84	EO-87
Tip	Dasit	Dasit	Dasit	Dasit	Andezit	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Dasit	Lamprofir
Ana Oksitler										
SiO ₂	72.99	71.39	76.37	81.8	42	49	51.26	49.72	74.91	48.05
Al ₂ O ₃	13.44	12.16	12.43	10.85	12.83	13.66	15.39	16.12	12.92	15.09
Fe ₂ O ₃	2.6	3.59	1.71	0.57	9.05	7.98	11.49	9.01	2.12	11.91
MgO	0.4	0.74	0.31	0.38	6.41	5.52	3.78	3.91	0.97	7.78
CaO	1.21	2.42	1.07	0.55	17.7	13.45	5.13	12.69	0.58	11.71
Na ₂ O	6	4.77	4.67	0.21	2.47	1.65	4.91	2.53	4.74	1.7
K ₂ O	0.71	0.77	1.17	2.31	0.9	0.24	0.38	0.27	0.13	0.75
TiO ₂	0.44	0.4	0.14	0.26	0.48	0.54	0.92	0.62	0.25	0.74
P ₂ O ₅	0.1	0.11	0.03	0.01	0.06	0.07	0.07	0.09	0.04	0.07
MnO	0.03	0.04	0.08	0.02	0.22	0.16	0.17	0.17	0.12	0.28
Ba	49	25	192	156	0.041	0.058	46	69	36	0.037
Ni	<20	<20	<20	<20	73	68	<20	28	<20	103
Sc	6	4	5	5	29	32	34	21	5	31
LOI	2	3.6	2	3	7.6	7.5	6.3	4.7	2.6	1.6
Sum	99.96	99.96	99.98	99.97	99.81	99.83	99.82	99.83	99.41	99.78
İz Elementler										
K	5893.71	6391.77	9712.17	19175.31	7470.9	1992.24	3154.38	2241.27	1079.13	6225.75
P	436.4	480.04	130.92	43.64	261.84	305.48	305.48	392.76	174.56	305.48
Ti	2637.36	2397.6	839.16	1558.44	2877.12	3236.76	5514.48	3716.28	1498.5	4435.56
Co	2	4.1	1.4	0.5	37	30.7	30.9	32.5	2.5	32.9
Cs	0.1	0.2	0.08	0.1	3.5	0.07	0.08	0.08	0.08	3.4
Ga	10.4	9.2	10.7	10.3	10.6	12.4	14.8	15.3	9.3	13.5
Hf	3.1	2.9	3.8	4.2	0.7	1.8	1.7	2.2	3.5	1.6
Nb	2	1.4	1.5	0.9	0.8	2.9	0.8	4.3	0.8	4.2
Rb	14.4	17.1	14.7	20	38.5	4.3	6.4	3.5	1.5	21.3
Sr	118.7	64.7	64.3	14.5	206.1	220.5	165.3	328.2	76.6	218.6
Ta	0.1	0.05	0.2	0.05	0.05	0.2	0.02	0.3	0.03	0.3
Th	1.7	1.5	1.2	1.2	0.3	1.9	0.4	2.81	0.9	2.2
U	0.7	0.7	0.5	0.8	0.3	0.6	0.2	1.1	0.5	0.7
V	33	29	11	27	253	194	368	209	32	253
Zr	99.7	98.9	96.1	13.04	24.1	60.1	53.9	78.9	109.7	59.2
Y	26.6	28.8	42	16.4	12.5	18.4	22.7	22.4	14.5	16.5
La	5.8	5.9	8.7	5.7	1.9	7.2	3.4	9.9	5.8	8.2
Ce	12.8	14.2	21	12.5	4.8	14.6	8	19.8	12.7	15.9
Pr	1.99	2.11	3.19	1.47	0.71	1.88	1.43	2.61	1.74	2.09
Nd	10.2	9.9	15.2	6.1	3.8	8.7	6.9	10.9	7.3	8.8
Sm	2.74	2.91	4.22	1.34	1.16	2.18	2.42	2.6	1.66	2.28
Eu	0.75	0.71	0.84	0.14	0.48	0.67	0.86	0.91	0.58	0.69
Gd	3.71	3.86	5.25	1.71	1.77	2.75	3.35	3.23	1.93	2.69
Tb	0.66	0.71	0.97	0.33	0.33	0.5	0.63	0.57	0.34	0.45
Dy	4.33	4.59	6.29	2.48	2.33	3.2	4.07	3.71	2.25	2.98
Ho	0.98	1.04	1.46	0.59	0.52	0.71	0.97	0.84	0.51	0.64
Er	2.92	3.29	4.72	2.09	1.57	2.19	2.87	2.46	1.75	1.89
Tm	0.42	0.46	0.69	0.33	0.23	0.33	0.42	0.37	0.27	0.27
Yb	2.72	3.02	5.03	2.34	1.43	2.26	2.72	2.53	2.13	1.78
Lu	0.44	0.5	0.82	0.4	0.24	0.34	0.42	0.39	0.35	0.28

Elazığ Magmatitleri'ne ait derinlik ve yüzey kayaları için hazırlanan çoklu element spider diyagramlarında Ba, Nb, Ti, P gibi elementlerde negatif anomaliler izlenirken, hafif nadir toprak elementler (HNTE) ve

büyük iyon yarıçaplı litofil elementler (BİYE) de zenginleşmeler görülmektedir. Yüksek U/Nb, Th/Yb oranları ve düşük Nb/La, Ti/Eu oranları ile bu magmatitler volkanik yay özelliği taşıdıklarını ve manto kamasının dalan kabuktan türeyen

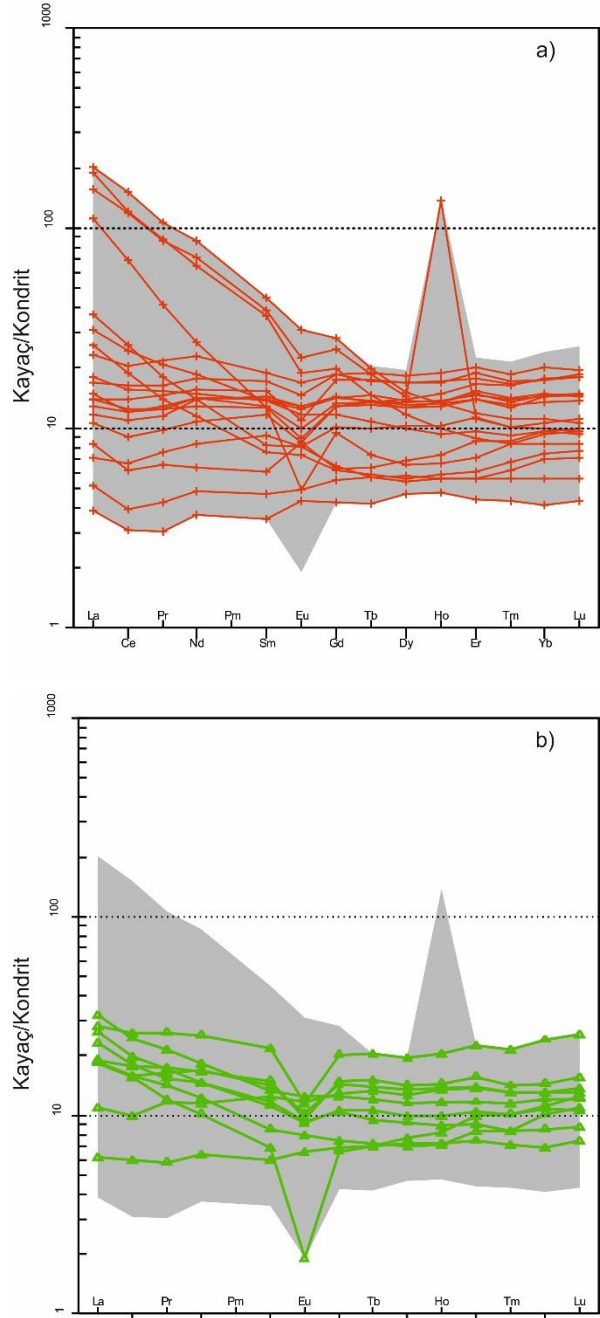
akışkanlarca zenginleştiğini (Pearce, 1983) veya kaynak mantonun hafifçe zenginleştiğini göstermektedir (Şekil 9).



Şekil 9. İncelenen kayaçların Kayaç/İkssel Manto spider diyagramındaki dağılımları (Sun ve McDonough, 1989), (a) derinlik kayaçları (b) yüzey kayaçları.

Elazığ Magmatitleri'ne ait derinlik ve yüzey kayaçlarının Kayaç/Kondrit diyagramı incelendiğinde, hafif nadir toprak elementlerden (LREE) ağır nadir toprak elementlere (HREE) doğru gidildikçe bir farklılaşma olduğu ve kondrit değerleri ile

karşılaştırıldığında ağır nadir toprak elementlerin hafif nadir toprak elementlere göre daha az zenginleştiği görülmektedir (Şekil 10).



Şekil 10. İncelenen kayaçların Kondrit'e göre normalize edilmiş nadir toprak element (REE) spider diyagramındaki dağılımları (Boynton, 1984), (a) derinlik kayaçları (b) yüzey kayaçları.

6. Sonuç ve Tartışma

Arazi verileri, derinlik kayaçlarının yüzey kayaçlarını kestiğini göstermektedir. Diğer alanlarda yapılan çalışmalarda da Elazığ Magmatitleri'ne ait derinlik kayaçlarının volkanik kayaçları ve hatta birbirlerini kestikleri kaydedilmektedir (Bingöl ve Beyarlan, 1996; Bingöl ve Beyarlan, 2014; Bingöl ve Beyarlan, 2017). Gabro-diyorit-monzonit-monzodiyorit-tonalit-granodiyorit ve granitten oluşan derinlik kayaçları Whalen vd. (1987)'nin I tipi granitoid serisine karşılık gelmektedir. Elazığ Magmatitleri'ne ait derinlik ve yüzey kayaçları için hazırlanan kayaç/ilksel manto spider diyagramlarındaki (Şekil 9) negatif Ba, Nb, Ti, P anomalileri, hafif nadir toprak element (HNTE) ve büyük iyon yarıçaplı litofil element (BİYE) zenginleşmeleri, yüksek U/Nb, Th/Yb ve düşük Nb/La, Ti/Eu oranları, bu kayaçların volkanik yay kayaçlarına benzer özellikler taşıdıklarını ve dalan okyanusal kabuktan türeyen akışkanlarca zenginleşen manto kamasından itibaren kaynaklandıklarını göstermektedir (Pearce, 1983). Düşük TiO₂ (<%1) değerleri ve değişken Al₂O₃ değerleri bu kayaçların yitimle ilişkili olduğunu gösteren diğer verilerdir (Peterson ve Stowell, 2002). Kondrite göre normalleştirilmiş nadir toprak element diyagramlarında hafif nadir toprak elementlerin ağır nadir toprak elementlere oranla daha fazla zenginleştiği ve ağır nadir toprak elementlerin yatay bir dağılım sergiledikleri görülmektedir (Şekil 10). HNTE'lerdeki zenginleşme derinlik kayaçlarında yüzey kayaçlarına göre daha yüksek oranlarda gerçekleşmiştir. Bu özellikler, ana magmaların oluşumunda kabuksal etkileşim süreçlerinin ya da yitim ilişkili kaynak alan metasomatizmasının etkin bir rol oynadığını göstermektedir. Aynı diyagramda, yüzey kayaçları yatay veya yataya yakın profiller sergilemektedirler. Eu'da gözlenen negatif anomaliler feldispat fraksiyonlanması ile açıklanabilir. Lin vd. (2015), Elazığ-Malatya-Adıyaman civarında

yüzeyleyen Elazığ Magmatitlerinin derinlik ve yüzey kayaçlarını jeokimyasal ve jeokronolojik olarak 3 gruba ayırmaktadırlar. Birinci grup, bazalt ve gabro-diyorit-granodiyorit-granit bileşimli olup, düşük K'lu toleyit ve kalkalkali seriye ait olup, 84-81 my yaşındadırlar. İkinci grup, monzonit-granodiyorit-granit bileşimli ve kalkalkalen seriye ait olup, 80-79 my. yaşlıdırlar. Bunlar, birinci grup kayaçları kesmektedirler (Bingöl ve Beyarlan, 1996; Bingöl ve Beyarlan, 2014; Bingöl ve Beyarlan, 2017). Üçüncü grup kayaçlar ise daha az yaygındır. Monzonit-siyenit bileşimli bu kayaçlar şoşonitik seriye ait olup 74-72 my aralığında değişen oluşum yaşları vermektedirler. Lin vd. (2016) Elazığ çevresinde yayılım gösteren Elazığ Magmatitleri'nden alınan örneklerden yapmış oldukları zirkon U-Pb yaşlandırması, zirkon Hf izotopları, toplam kayaç kimyası ve Sr-Nd izotop oranları bu kayaçların 83-73 my aralığında, 10 my gibi kısa bir zaman periyodu içerisinde, ofiyolitler üzerinde gelişen yay magmatitleri olduğunu göstermektedir. Aynı çalışmada bu kayaçların, inceleme alanında olduğu gibi, düşük K'lu toleyit-kalk-alkali ve nihayet şoşonitik serilere ait oldukları görülmektedir. Zirkon ve toplam kayaç εHf(t) değerlerinin +20 den -3'e kadar geniş bir aralıkta değişim göstermesi, ana magmanın oluşumunda iki farklı bileşenin etkili olduğunu ifade etmektedir. Doğu Toroslar ve özellikle de Elazığ civarındaki ofiyolitler ve Elazığ Magmatitleri üzerine çalışma yapan araştırmacıların (Yazgan ve Chessex, 1991; Beyarlan, 1991; Beyarlan, 1996; Beyarlan ve Bingöl, 2000; 2010; 2014; Bingöl, 1994; Rizeli vd., 2016 Rızaoğlu vd., 2005) ortak görüşleri, Geç Triyas'tan itibaren Arap Levhası ile Anadolu Levhası arasında Neotetis'in güney kolunun açılmaya başladığı ve bu açılmanın Geç Kretase'ye kadar devam ettiği ve Geç Kretase'den itibaren kuzeye doğru bir okyanus içi yitimle kapanmaya başladığı şeklindedir. Bazı araştırmacılar (Yazgan ve Chessex, 1991;

Beyarslan, 1996; 2017; Beyarslan ve Bingöl, 2000; 2010; 2014; Bingöl, 1994; Rizeli vd., 2016) tek bir yitimin olduğunu ve yitim zonu üzerinde önce ofiyolitlerin daha sonra Elazığ Magmatitleri olarak adlandırılan yay magmatitlerinin oluştuğunu kabul ederken, diğer bazı araştırmacılar (Robertson vd., 2012) ise, biri Bitlis-Pütürge masifinin güneyinde, diğeri ise bu masiflerin kuzeyinde olmak üzere kuzeye doğu iki ayrı yitim olduğunu ve Elazığ Magmatitleri'nin kuzeydeki yitime bağlı olarak geliştiğini kabul etmektedirler. Bu araştırma sonuçlarına benzer şekilde, Elazığ Magmatitleri her iki görüşe göre de ada yayı ürünüdürler.

Sonuç olarak;

1) İnceleme alanındaki Elazığ Magmatitleri bazalt ve andezit gibi yüzey kayaçları ile gabrodan granite kadar geniş bir litolojik aralıktaki derinlik kayaçlarından oluşmaktadır. Derinlik kayaçları yüzey kayaçlarını ve kendi içlerinde birbirlerini kesmişlerdir.

2) Jeokimyasal veriler bazalt ve gabro-tonalit gibi kayaçların düşük K'lu toleyit, granit-granodiyorit gibi kayaçların kalk-alkali ve monzonitik kayaçların ise şoşonitik bileşimli olduğunu göstermektedir.

3) İnceleme alanındaki Elazığ Magmatitleri Elazığ civarında yaygın olan Geç Kretase yaşlı Elazığ Magmatitleri'nin bir parçası olup, Geç Kretase'de kuzeye doğru gelişen bir yitim zonu üzerinde oluşmuş ada yayı ürünleridir.

7. Kaynaklar

Akarsu, E.E. 1998. Şişman Köyü (Malatya) Çevresindeki Magmatiklerin Petrografik Özellikleri. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmamış). 40s. Elazığ.

Akgül, B. 1993. Piran Köyü çevresindeki magmatik kayaçların petrografik ve petrolojik özellikleri. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (yayımlanmamış), 128s. Elazığ.

Akgül, M. 1987. Baskil Elazığ granitoidinin petrografik ve petrolojik özellikleri. *Yerbilimleri Geosound*, 18, 67-78.

Asutay, H.J. 1985. Baskil (Elazığ) çevresinin jeolojik ve petrografik incelenmesi: A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, (yayımlanmamış), 156, Ankara.

Beyarslan, M. 1991. İspendere (Kale-Malatya) Ofiyolitlerinin Petrografik Özellikleri. Fırat Üniversitesi Fen Bil. Ens. Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmamış). 51s. Elazığ.

Beyarslan, M. 1996. Kömürhan ofiyolit biriminin petrografik ve petrolojik incelenmesi, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 90s.

Beyarslan, M. 2017. Supra-subduction zone magmatism of the Koçali ophiolite, SE Turkey. *Journal of Earth Science*, 129. 390-402.

Beyarslan, M., Bingöl A.F. 2000. Petrology of a Supra-Subduction Zone ophiolite (Kömürhan-Elazığ-Turkey), *Canadian Journal of Earth Sciences*, 37, 1411-1424.

Beyarslan, M., Bingöl A.F. 2010. Ultramafic and Mafic Bodies in Cumulates of Ispendere and Kömürhan Ophiolites (SE Anatolian Belt, Turkey). *Turkish Journal of Science and Technology*, 511, 19-36.

Beyarslan, M., Bingöl, A.F. 2014. Petrology of the Ispendere Kömürhan and Guleman Ophiolites Southeast Turkey Subduction Initiation Rule SIR Ophiolites and Arc Related Magmatics GEOS 2014. 3rd Annual International Conference on Geological and Earth Sciences, 50-60.

Bingöl, A.F. 1982. Elazığ-Pertek-Kovancılar arası volkanik kayaçların petrografik ve petrolojik incelemesi, Fırat Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi, 1, 9-21.

Bingöl, A.F. 1984. Geology of the Elazığ area in the Eastern Taurus region, in: Tekeli, O., Göncüoğlu, C.(Eds.), *Geology of the Taurus Belt. Proceedings of International Tauride Symposium. Mineral Research and Exploration Institute of Turkey Publications*, 209-216 (in Turkish with English abstract).

- Bingöl, A.F. 1988. Petrographical and Petrological Features of Intrusive Rocks of Yüksekova Complex in the Elazığ region (Eastern Taurus-Turkey). *Journ. F.Ü.*, 312, 1-17.
- Bingöl, A.F. 1994. Geochemistry and petrology of the magmatic rocks of the Kocalı Complex in the Cermik area. *Jan. 1994*, 1 Reads.
- Bingöl, A.F., Aydoğdu, S. 1994. Dutköy (Elazığ) yöresi Magmatit kayaçlarının Petrografik ve jeokimyasal özellikleri. *Ç.Ü. Mimarlık Fakültesi*, 15. Sempozyum Bildirileri, Adana, 199-213.
- Bingöl, A.F., Beyarslan, M. 1996. Elazığ Magmatitleri'nin jeokimyası ve petrolojisi, 30. Yıl Sempozyumu Bildirileri, Ed. Korkmaz, S. ve Akçay, M., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 208-227.
- Bingöl, A.F., Beyarslan, M. 2014. Petrology of the Ispendere, Kömürhan and Guleman Ophiolites (Southeast Turkey): Subduction Initiation Rule (SIR) Ophiolites and Arc Related Magmatics. Doi: 10.5176/2251-3353_GEOS14.31.
- Bingöl, A.F., Beyarslan, M. 2017. Tectonomagmatic evolution of the southeast Anatolian orogenic belt (Turkey): from Gondwana to Anatolia, November 2017, Conference Paper, Thailand.
- Clift, P.D., Schouten, H., Draut, A.E. 2003. A general model of arc-continent collision and subduction polarity reversal from Taiwan and the Irysh Caledonides. In: Larter, R.D., Leat, P.T. (Eds.), *Intraoceanic Subduction Systems (Tectonic and Magmatic Processes)* vol. 219. Geological Society Special Publication, 81–98.
- Coats, R.H. 1962. Magma type and crustal structure in the Aleutian Arc. In: Macdonald, G.A., Kuno, H. (Eds.), *The Crust of the Pacific Basin* Vol. 6. Am. Geophysical Union, Geophysical Monography, pp. 92–102.
- Dimalanta, C., Taira, A., Yumul, Jr.G.P., Tokuyama, H., Mochizuki, K. 2002. New rates of western Pacific island arc magmatism from seismic and gravity data. *Earth and Planetary Science Letters*, 202, 105–115.
- Ertürk, M.A., Beyarslan, M. 2015. Geochemical And Geotectonical Features Of Maden Complex (Eastern Taurus-Turkey). Doi: 10.5176/2251-3353.GeoS15.42.
- Ertürk, M.A., Beyarslan, M., Chung, S., Lin, T. 2017. Eocene magmatism (Maden Complex) in the Southeast Anatolian Orogenic Belt: Magma genesis and tectonic implications, *Geoscience Frontiers*, <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2017.09.008>.
- Gill, J.B. 1981. *Orogenic Andesites and Plate Tectonics*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 390 pp.
- Hacker, B.R., Mehl, L., Kelemen, P.B., Rioux, M., Behn, M.D., Luffi, P. 2008. Reconstruction of the Talkeetna intraoceanic arc of Alaska through thermobarometry. *Journal of Geophysical Research, Solid Earth* 113. <http://dx.doi.org/10.1029/2007JB005208>.
- Hastie, A.R. 2007. Classification of altered volcanic island arc rocks using immobile trace elements: development of the Th-Co discrimination diagram. *Journal of Petrology*, 48, 2341-2357.
- Hempton, M.R. 1984. Results of detailed mapping near Lake Hazar (Eastern Taurus Mount). Göncüoğlu, M.C.(edt.), *Intern. Symp. On the Geol. Of the Taurus Belt.*, 223-228.
- Hempton, M.R. 1985. Structural and deformation history of the Bitlis Suture near Lake Hazar, Southeastern Turkey. *Geological Society of America Bulletin*, 96, 233-243.
- Hempton, R.M., Savcı, G. 1982. Elazığ Volkanik karmaşığının jeolojik, yapısal özellikleri. *TJK Bülteni*, 25(2), 143-151.
- Kelemen, P., Hanghoj, K., Greene, A. 2003. One view of the geochemistry of subduction-related magmatic arcs, with an emphasis on primitive andesite and lower crust. In: Rudnick, R.L. (Ed.), *The Crust, Treatise on Geochemistry*. Vol. 3. Elsevier Pergamon, Oxford, 593–659.
- Kürüm, S., Akgül, B., Öztüfekçi, Önal A., Boztuğ, D., Harlavan, Y., Ural, M.

2011. An Example for Arc-Type Granitoids along Collision Zones: The Pertek Granitoid, Taurus Orogenic Belt, Turkey, *International Journal of Geoscience*, 2, 214-226.
- Lebas, M.J., Lemaitre, R.W., Streckeisen, A., Zanettin B. 1986. A Chemical Classification of Volcanic-Rocks Based on the Total Alkali Silica Diagram. *Journal of Petrology* 27(3), 745-750.
- Lin, Y.C., Chung, S.L., Bingöl, A.F., Beyarslan, M., Lee, H.Y., Yang, J.H. 2015. Petrogenesis of late Cretaceous Elazığ magmatic rocks from SE Turkey: New age and geochemical and Sr-Nd-Hf isotopic constraints, Goldschmidt Conference, Abstracts, Prague, Czech Republic.
- Lin, Y.C., Chung, S.L., Bingöl, A.F., Beyarslan, M., Li, X.H., Yang, J.H., Lee, H.Y. 2016. Short-lived late Cretaceous arc magmatism in SE Turkey: Temporal geochemical variations and tectonic implications, Goldschmidt Conference, Abstracts, Yokohama, Japan.
- Maruyama, S., Omori, S., Senu, H., Kawai, K., Windley, B.F. 2011. Pacific-type Orogens: new concepts and variations in space and time from present to past. *Journal of Geography*, 120, 115–223 (in Japanese with English abstract and captions).
- Middlemost, E.A.K. 1985. Magma and magmatic rocks, An introduction to igneous petrology. Longman Group U.K., pp: 73-86.
- M.T.A. 2002. 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Okta, E. 2018. Şişman Köyü (Malatya) Çevresi Elazığ Magmatitleri'nin Petrografik Ve Jeokimyasal Özellikleri, Fırat Üniversitesi Fen Bil. Ens. Yüksek Lisans Tezi, 74s. Elazığ.
- Osanai, Y., Owada, M., Kamei, A., Hamamoto, T., Kagami, H., Toyoshima, T., Nakano, N., Nam, T.N. 2006. The Higo metamorphic complex in Kyushu, Japan as the fragment of Permo-Triassic metamorphic complexes in East Asia. *Gondwana Research* 9, 152–166.
- Parlak, O., Rızaoğlu, T., Bağcı, U., Karaoğlu, F., Höck, V. 2009. Tectonic significance of the geochemistry and petrology of ophiolites in southeast Anatolia, Turkey, *Tectonophysics*, 473, 173–187.
- Pearce, J.A. 1983. Role of subcontinental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: Hawkesworth, C.J., Norry, M.J. (Eds.), *Continental Basalts and Mantle Xenoliths*. Shiva Publishing, Nantwich, UK, 230–249.
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W., Tindle, A.G. 1984. Trace Element Discrimination Diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks. *Journal of Petrology*, 25, 954-983.
- Peccerillo, A., Taylor, S.R. 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 58, 63-81.
- Perinçek, D. 1979a. Palu-Karabegan-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.
- Peterson, A.T., Stockwell, R.B. 2002. Effects of sample size on accuracy of species distribution models. *Journal Science*, 148(1), 1-13.
- Rızaoğlu, T., Parlak, O., Koller, F., Höck, V., İslar, F. 2005. Geochemistry and Tectonic significance of the Baskil Granitoid rocks From the Southeast Anatolian Orogen (Elazığ, Turkey). *Int. Sym. On the Geodyn. of E. Mediterranean: Active Tectonics of the Aegen Region*, İstanbul, Turkey, s:228.
- Rızaoğlu, T. 2009. Andean-type active margin formation in the eastern Taurides: Geochemical and geochronological evidence from the Baskil granitoid (Elazığ, SE Turkey). *Tectonophysics*, 473(1), 188-207.
- Rizeli, M.E., Beyarslan, M., Wang, K., Bingöl, A.F. 2016. Mineral chemistry and petrology of mantle peridotites from the Guleman ophiolite (SE Anatolia, Turkey): Evidence of a

- forearc setting. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 123, 392-402.
- Robertson, H.F., Collins, A.S., Ustaömer, T., Ustaömer, P.A. Gerdes, A. 2012. 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. *Journal Science*, 21(4), 1001-1018.
- Rudnick, R.L., Gao, S. 2003. Composition of the continental crust. In: Rudnick, R.L. (Ed.), *The Crust, Treatise in Geochemistry*, volume 3. Elsevier-Pergamon, Oxford, pp. 1–64.
- Sar, A. 2016. Pertek (Tunceli) Güneydoğusundaki Granitoidlerin Petrolojisi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 72s.
- Sun, S.S., Mc Donough, F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. *Geological Society Special Publication*, 42, 313-345.
- Stern, R. 2010. The anatomy and ontogeny of modern intra-oceanic arc systems. In: Kusky, T.M., Zhai, M.-G., Xiao, W. (Eds.), *The Evolving Continents: Understanding Processes of Continental Growth*. Geological Society of London Special Publications Vol. 338, pp. 7–34.
- Tatsumi, Y. 1989. Migration of fluid phases and genesis of basalt magmas in subduction zones. *Journal of Geophysical Research* 94, 4697–4707.
- Turan, M., Aksoy, E., Bingöl, A.F. 1995. Doğu Torosların Jeodinamik Evriminin Elazığ civarındaki Özellikleri., *F.Ü.Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7 / 2, 177-200.
- Turan, M., Bingöl, A.F, Aksoy, E. 1993. Doğu Toroslar'ın Jeodinamik Evriminin Elazığ Civarındaki Özellikleri. *H.Ü. Yerbilimleri* 25. yılı Sempozyumu, Ankara.
- Ural, M., Göncüoğlu, U.K., Arslan, M. 2012. Elazığ ve Yakın Çevresinde yer alan Yüksekova Karmaşığındaki Volkanik kayaların Yaşı ve Jeodinamik Yorumu, *JW Marriott Hotel*, 317-318.
- 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), 57-72.
- Yazgan, E. 1981. Doğu Toroslarda etkin bir Paleo-kıta kenarı etüdü (Üst Kretase-Orta Eosen): *H.Ü Yerbilimleri*, 7,83-104.
- Yazgan, E. 1983. A geotraverse Between the Arabian Platform and the Munzur Nappes. *Geology of the Taurus Belt. Int. Symp. Guide Book for Excursion V.*, 17, MTA Ankara.
- Yazgan, E. 1984. Geodynamic evolution of the eastern Taurus region, in: Tekeli, O., Göncüoğlu, C. (Eds.), *Geology of the Taurus Belt. Proceedings of International Tauride Symposium Mineral Research and Exploration Institute of Turkey Publications*, pp. 199-208 (in Turkish with English abstract).
- Yazgan, E., Chessex, R. 1991. Geology and tectonic evolution of the Southeastern Taurides in the region of Malatya. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 3,11 -42.
- Whalen, J.B., Currie, K.L., Chappell, B.W. 1987. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 95, 407–419.