



## İkizce (Ordu) yöresindeki Tersiyer yaşlı kalk-alkalen volkanitlerinin mineral kimyası ve petrokimyası, KD Türkiye

*Mineral chemistry and petrochemistry of Tertiary calc-alkaline volcanic rocks in the İkizce (Ordu) area, NE Turkey*

İrfan TEMİZEL, Mehmet ARSLAN

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 61080 TRABZON

### ÖZ

Doğu Pontidler'in batısında yer alan inceleme alanının tabanında; Geç Kretase-Paleosen yaşlı Akveren Formasyonu'nun Tekkiraz Üyesi bulunmaktadır. Bu formasyonun üzerine uyumsuzlukla Paleosen (?) -Eosen yaşlı Koçevyanı bazaltı gelmektedir. Bu birimi uyumsuzlukla üzerleyen Eosen yaşlı Tekkeköy Formasyonu; Çaybaşı Üyesi, Kurttaşlı Tepe andeziti, Kale Üyesi, İkizce andeziti ve Tekneçik andezit porfirinden oluşmaktadır. İncelenen volkanitler; genellikle andezit, andezit porfir ve piroklastitlerinden daha az oranda ise bazalt ve bazaltik andezitten oluşmakta olup, genelde porfirik, mikrolitik porfirik, hyalo-mikrolitik porfirik, hyalopilitik, yer yer de entersertal, entergranüler, akıntı ve glomeroporfirik doku göstermektedir. Kayaçlar; klinopiroksen ( $Wo_{44-48}En_{45-39}Fs_{10-13}$ ), plajiyoklas ( $An_{31-80}$ ), olivin ( $Fo_{83-84}$ ), hornblend ( $Mg^{\#}=0.49-0.82$ ), biyotit ( $Mg^{\#}=0.48-0.60$ ), daha az oranda da magnetit, apatit ve zirkondan oluşmaktadır. Plajiyoklas fenokristallerinde halkalı zonlanma, elek dokusu, kemirilme; hornblend ve biyotitlerde opaklaşma ve bozunma; klinopiroksenlerde kemirilme yapıları gibi dengesizlik dokuları gözlenmektedir. Volkanitler; genel olarak kalkalkali ve toleyitik-alkali geçişli olup, orta derecede potasyum içerirler. Ana oksit ve iz element değişimleri, kayaçların gelişiminde klinopiroksen, olivin, hornblend, plajiyoklas, magnetit ve apatit ayrışmasının etkili olduğuna işaret etmektedir. Yüksek büyük iyon yarıçaplı litofil element (Sr,  $K_2O$ , Rb, Ba) ve hafif nadir toprak element (La, Ce) ile düşük Nb, Zr, Y ve  $TiO_2$  içerikleri, kayaçların yitim ve astenosferik ergiyiklerin karıştığı zenginleşmiş bir köken magmadan türediğine işaret etmektedir. Ayrıca Koçevyanı bazaltı olivin+ojit denetimli ayrışmayla, andezitik kayaçlar ise ojit + hornblend  $\pm$  plajiyoklas kontrollü ayrışma ve özümleme  $\pm$  magma karışımıyla oluşmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Andezit, bazalt, Doğu Pontid, kalkalkalen volkanitler, kristal ayrışması, mineral kimyası, Tersiyer volkanizması.

### ABSTRACT

*The lowermost unit in the studied area, located at the west of Eastern Pontids, is the Late Cretaceous-Paleocene Tekkiraz Member of Akveren Formation. Paleocene (?) -Eocene Koçevyanı basalt overlies this unit unconformably. Eocene Tekkeköy Formation consisting of Çaybaşı Member, Kurttaşlı Tepe andesite, Kale Member, İkizce andesite and Tekneçik andesite porphyry overlies this unit unconformably. The studied volcanic rocks are composed of mainly andesite, andesite porphyry and pyroclastics, rarely basalt and basaltic andesite, and show generally porphyric, microlitic porphyric, hyalo-microlitic porphyric, hyalopilitic and rarely intersertal, intergranular, fluidal and glomeroporphyric textures. The rocks include clinopyroxene ( $Wo_{44-48}En_{45-39}Fs_{10-13}$ ), plagioclase ( $An_{31-80}$ ), olivine ( $Fo_{83-84}$ ), hornblende ( $Mg^{\#} = 0.49-0.82$ ), biotite ( $Mg^{\#} = 0.48-0.60$ ), rarely magnetite, apatite and zircon. In these rocks, disequilibrium textures are observed such as oscillatory zoning, sieve texture and corrosion in plagioclase phenocrysts, breakdown and opaque in hornblendes and biotites, and dissolution in clinopyroxenes. Volcanics are generally calcalkaline and tholeiitic-alkaline transitional in character, and have medium-K contents. Major oxide and trace element variations indicate a significant role of clinopyroxene, olivine, hornblende, plagioclase, magnetite and apatite fractionation during the evolution of rocks. High LILE (Sr,  $K_2O$ , Rb, Ba) and LREE (La, Ce), and*

*low HFSE (Nb, Zr, Y, TiO<sub>2</sub>) contents show that the rocks have evolved from a parental magma derived from an enriched source of mixed subducted slab and asthenospheric melts. Besides Koçevyanı Basalt evolved by olivine + augite controlled fractionation whereas andesitic rocks developed augite + hornblende ± plagioclase controlled fractionation and assimilation ± magma mixing.*

**Key Words:** Andesite, basalt, Eastern Pontid, calc-alkaline volcanics, crystal fractionation, mineral chemistry, Tertiary volcanism.

## GİRİŞ

Doğu Pontidler, Özsayar vd. (1981)'ne göre, yaklaşık olarak, Ardanoç-Ispir-Kemaliye-Reşadiye sınırı ile kuzey ve güney olmak üzere iki zona ayrılmaktadır. Bektaş vd. (1995)'ne göre ise Kuzey zon, Eksen zonu ve Güney zon olmak üzere üç zona ayrılmaktadır. Doğu Pontid kuzey zonunda magmatik ve volkano-sedimenter kayaçlar, güney zonunda ise sedimanter ve volkanik kayaçlar yaygın olarak bulunmaktadır. Doğu Pontidler'de; Jura, Geç Kretase ve Eosen olmak üzere, üç ana volkanik evre gözlenmektedir (Adamia vd., 1977; Eğin vd., 1979; Kazmin vd., 1986; Çamur vd., 1996; Arslan vd., 1997). Liyas volkanizmasının gerilmeli rejim altında riftleşmeye bağlı olarak, Üst Kretase volkanizmasının yitim sonucu, Eosen volkanizmasının ise yitim sonunda alt kabuk ve/veya üst mantodan kısmi ergime sonucu oluştuğu ileri sürülmektedir (Arslan vd., 1997). Doğu Pontidler'de Üst Kretase'ye kadar olan dönemde kuzey ve güney zonda litolojik olarak benzerlikler gözlenmektedir. Ancak Üst Kretase'de farklılıklar belirgin olup, Güney zonda sedimanter kayaçlara karşın, Kuzey zonda volkanik kayaçların yaygın olduğu gözlenmektedir (Güven, 1993). Doğu Pontid Tersiyer volkanitleri ise, Kuzey zonda (Trabzon-Tonya yöresi) alkalin karakterli, Güney zonda (Gümüşhane-Kale yöresi) ise kalkalkalin karakterli olmak üzere, iki farklı kayaç grubu oluşturmaktadır (Arslan vd., 1997, 2000, 2002). Güney zonda, Gümüşhane-Torul yöresinde yüzeylenen ve başlıca bazaltik andezit, andezit ve daha az oranlarda bazalt ve aglomerallardan oluşan volkanik kayaçların tabanında ve ara seviyelerinde sedimanter birimlerin bulunduğu belirtilmektedir (Aliyazıcıoğlu ve Arslan, 1998; Arslan ve Aliyazıcıoğlu, 1998, 2001). Kuzey zonda, Trabzon ve Tonya çevresinde yüzeylenen volkanitler ise; alkali bazalt, tefrit, fonolitik tefrit, bazanit, aglomera ve tüflerinden oluşmaktadır (Arslan vd., 2000). Petrografik ve petrokimyasal incelemeler, bu alanda iki farklı

kayaç topluluğunun varlığını göstermiş olup, bunlar Trabzon ve Tonya grubu olarak ikiye ayrılmıştır (Arslan vd., 1997; Şen vd., 1998). Olivin (Fo<sub>90-92</sub>) mineralinin genellikle Tonya grubundaki kayaçlarda, özşekilli analsim (lösitin alterasyon ürünü olarak), nefelin ve sanidin minerallerinin ise Trabzon grubu kayaçlarında yaygın olarak gözlendiğini ifade etmektedirler (Arslan vd., 1997, 2000, 2002; Aydın, 2003). Trabzon volkanitlerinin karakteristik bir özelliği de, değişik boyut ve mineralojiye sahip kümülat karakterli ksenolit içermesidir (Şen, 2000).

İnceleme alanı, Doğu Pontid Tektonik Kuşağı'nın batısında yer almakta olup, yaklaşık 120 km<sup>2</sup>'lik bir alan kapsamaktadır. Bu çalışmanın amacı, İkizce (Ordu) yöresi volkanitlerinin stratigrafisi, petrografisi, mineral kimyası ve petrokimyasını ortaya koyarak, öncel çalışmalarla denetirilerek bölgedeki volkanizmanın gelişimini açıklamak ve kökenini irdelemektir.

## ANALİZ YÖNTEMLERİ

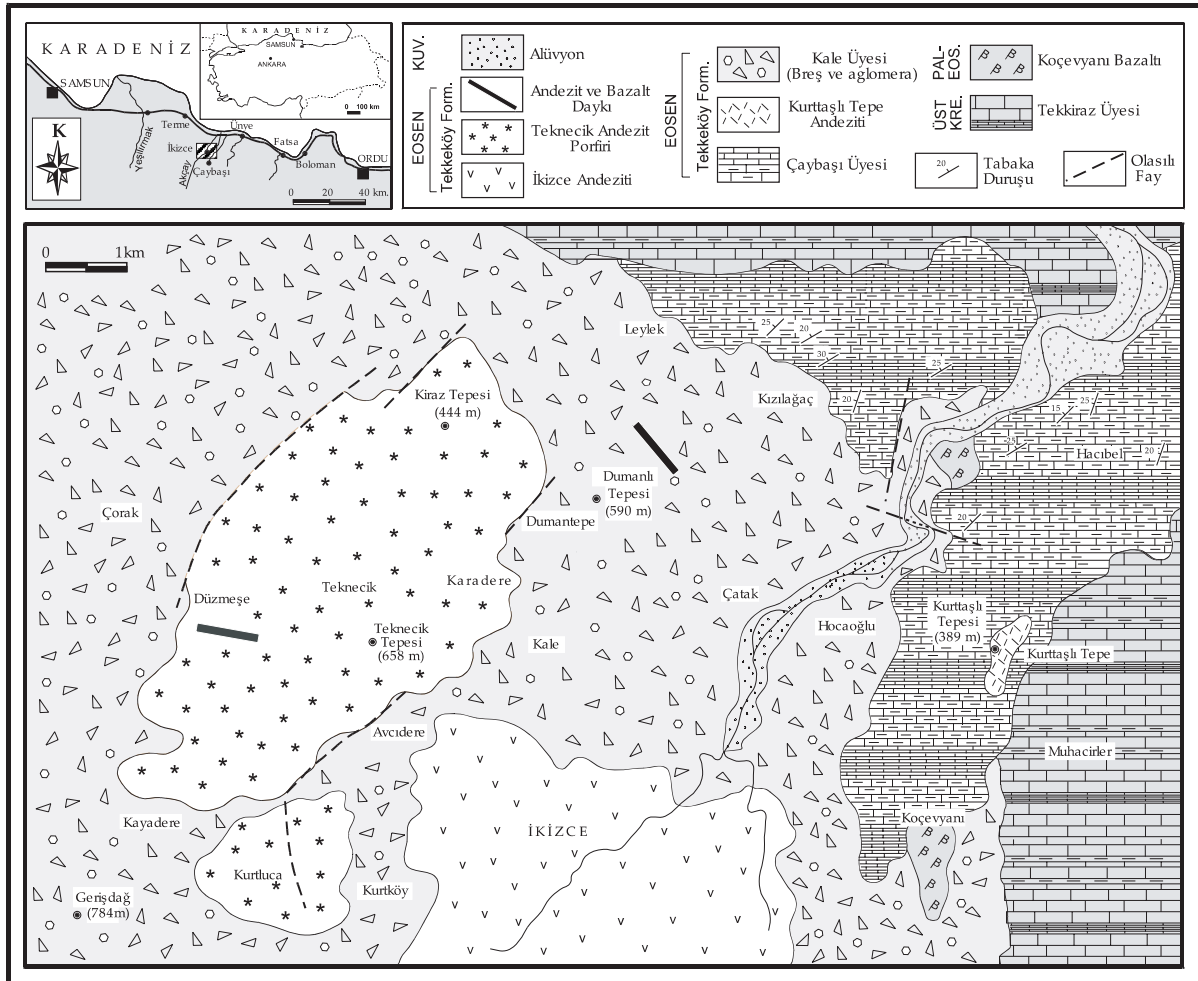
Çalışma kapsamında araziden derlenen 120 adet el örneğinin ince kesitleri hazırlanarak polarizan mikroskopta ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu örneklerin petrografik özellikleri belirlenerek modal analizleri yapılmış ve adlandırılmışlardır. Seçilmiş örneklerden parlatılmış kesitler hazırlanarak karbonla kaplanmış ve kesitler üzerinde mineral analizleri Ulusal Üniversitesi Yer Bilimleri Araştırma Okulu Elektronik Mikroskop Laboratuvarı'nda (Avustralya) Cameca MICROBEAM marka mikroprob ile gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmaları ve petrografik incelemeler esas alınarak ve mümkün olduğunca ayrışmamış olmasına özen gösterilerek seçilen 25 örnekten ana oksit, iz ve nadir toprak element analizleri yapılmıştır. Önce çeneli, daha sonra da halkalı öğütücüde yaklaşık 200 meshe kadar öğütülen örnekler ana oksit, iz ve nadir element analizi için ACME Analitik Laboratuvarı (Kanada)'na gönderilmiştir. Burada ana oksit ve iz elementler ICP, nadir toprak elementler ise ICP-

MS ile analiz edilmiştir. Toz örneklerden 0.200 g alınarak 1.5g  $\text{LiBO}_2$  ile karıştırılmış, %5  $\text{HNO}_3$  içeren bir sıvı içinde çözündürülmüştür. Ana elementler % ağırlık, iz elementler ppm olarak ölçülmüştür. Toz örneklerden 0.250 g dört farklı asit içinde çözündürülmüş ve ppm olarak nadir toprak element analizleri gerçekleştirilmiştir.

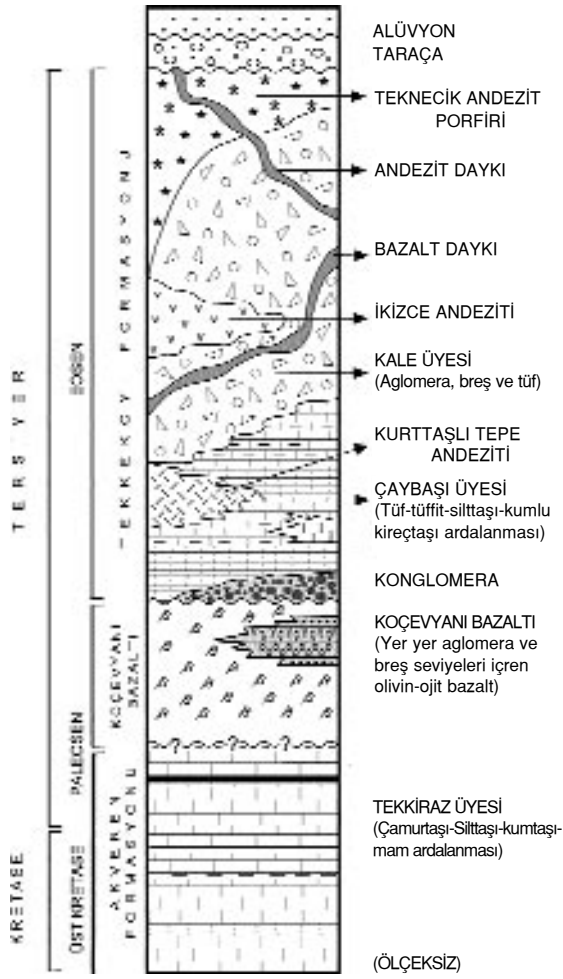
## GENEL JEOLJİ

Doğu Pontid Tektonik Birliği'nin batısında yer alan ve genelde volkanitlerin egemen olduğu çalışma alanının tabanını, Keskin vd. (1998) tarafından adlandırılan ve çamurtaşı, kireçtaşı, kumtaşı, marn, tuf-tüfit seviyelerinden oluşan, Geç Kretase-Paleosen yaşlı Akveren Formasyonu'na ait Tekkiraz Üyesi oluşturmaktadır (Şekil 1 ve 2). Temizel (2002)'in yaptığı çalışmalar

sonucu belirlenen, iri ojit kristallerine sahip yeşil, koyu yeşil ve siyah renkli, masif, yer yer yastık lav debisi gösteren bazaltlardan oluşan ve ilk kez tanımlanan Paleosen (?) -Eosen yaşlı Koçevyanı bazaltı bu birimi uyumsuz olarak üzerlemektedir. Tüm bu birimlerin üzerine uyumsuzlukla gelen ve çalışma alanının hemen hemen tamamını kapsayan andezit, bazalt ve piroklastitleri ile kumtaşı, silttaşı, marn, tüfit ara seviyelerinden oluşan Eosen yaşlı Tekkeköy Formasyonu ilk defa Yoldaş vd. (1985) tarafından tanımlanmıştır. Bu birim, Temizel (2002)'in yaptığı çalışmalar sonucunda üye düzeyinde ayırtılarak incelenmiştir (bkz. Şekil 1 ve 2). Bu formasyonun tabanını çamurtaşı, silttaşı ve kumtaşı ardalanması ile çakıltaşı ara seviyelerinden oluşan Çaybaşı Üyesi (Keskin vd., 1998) oluşturmaktadır. Bu birimi keserek yüzeylenen ve



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru ve jeoloji haritası.  
Figure 1. Location and geological maps of the investigated area.



Şekil 2. İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti.

Figure 2. Simplified stratigraphic columnar section of the investigated area.

koyu gri, siyah ve kahverengimsi renklerde, camsı ve çok kırıklı bir yapıya sahip olan andezitlerden oluşan Kurttaşlı Tepe andeziti çalışma alanının küçük bir kısmında yüzeylenmektedir. Bu birimlerin üzerinde koyu gri, koyu yeşil, kahverengi ve siyah renkli aglomera ve breşler ile gri, koyu gri, yeşilimsi sarı ve açık kahverengi renklerdeki tüflerden oluşan Kale Üyesi yer almaktadır. Bunların üzerine de gri-yeşil, koyu yeşil, kahverengi, prizmatik debili andezitten oluşan İkizce andeziti gelmektedir. Eosen yaşlı Kale Üyesi'ne ait breşler, gri, koyu gri, koyu yeşil renkte gözlenen Teknecik andezit porfiri tarafından kesilmekte ve üzerlenmektedir. İstif, Kuva-terner yaşlı taraça ve alüvyonlarla örtülmektedir (bkz. Şekil 1 ve 2).

## VOLKANİTLERİN PETROGRAFİSİ VE MİNERAL KİMYASI

### Koçevyani Bazaltı

Genellikle porfirik, glomeroporfirik, hyalopilitik, entergranüler ve entersertal doku gösterirler. Ayrıca, klinopiroksen fenokristallerinin kenarlarında kısmi ergime ile gelişen kemirilme yapısı ile plajiyoklas ve opak mineral kapanımları içeren klinopiroksenlerin gösterdiği kümülofirik doku gibi dengesizlik dokularına da rastlamak mümkündür (Şekil 3). Kayaç içerisinde iri kristal olarak klinopiroksen, fenokristal olarak plajiyoklas, olivin ve opak mineral gözlenmektedir. İkincil mineral olarak, bunlara kalsit ve klorit eşlik etmektedir. Hamurda ise, daha çok plajiyoklas mikrolitleri ve volkanik cam bulunmakta olup, genelde mikrolitik ve hyalo-mikrolitik doku göstermektedirler.

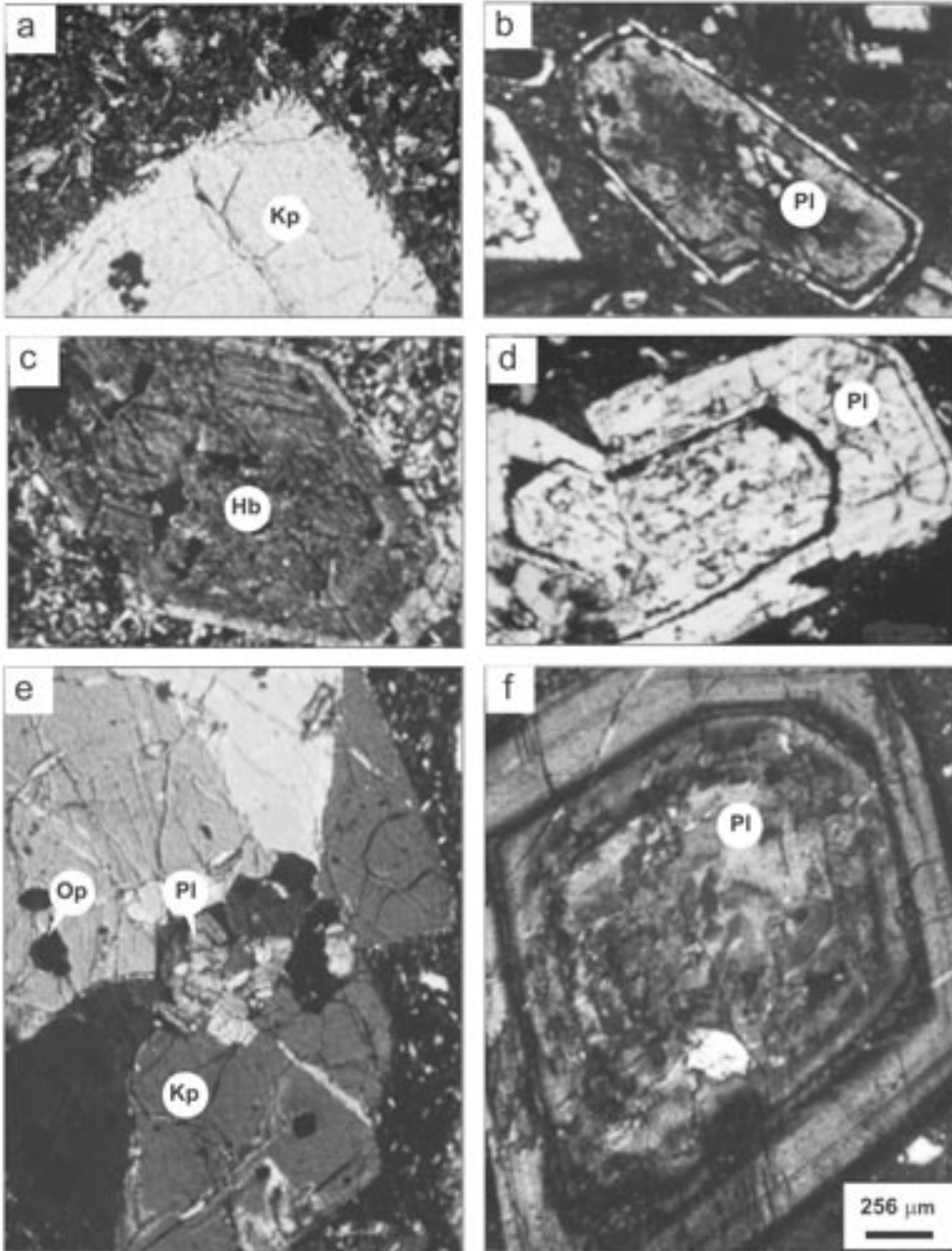
Bazaltlardaki plajiyoklaslar mikroprob analizlerine göre bitovnittir (Şekil 4). Bileşimleri genellikle  $An_{74-80} Ab_{23-18} Or_{3-2}$  arasında değişmektedir (Çizelge 1). Klinopiroksenlerde yapılan mikroprob analizleri (Çizelge 2) dikkate alarak, Morimoto (1988)'ya göre diyopsitik ojit olarak tanımlanmıştır (Şekil 5). Diyopsitlerin bileşimi  $Wo_{46-47} En_{43-40} Fs_{11-13}$ , fenokristal ve mikrofenokristal olarak gözlenen olivinlerin bileşimleri ise  $Fo_{83-84}$  arasında değişmektedir (Çizelge 3). Genellikle klinopiroksen ve olivin fenokristalleri içerisinde inklüzyonlar halinde gözlenen oksit minerallerin tamamı titano-magnetittir (Şekil 6, Çizelge 4).

### Kurttaşlı Tepe Andeziti

Genellikle hyalo-mikrolitik ve mikrolitik dokuya sahip olan andezitler içerisinde bol miktarda mikrofenokristal olarak plajiyoklas bulunmaktadır. Bol olarak volkanik cam içeren hamur içerisinde nadiren mikrolitler halinde plajiyoklas, hornblend, biyotit ve ojit mineralleri ile metamikt zirkon minerali gözlenmektedir. Minerallerin bozunmuş olması nedeniyle mineral kimyası analizleri yapılmamıştır. Bol olarak mikro çatlaklara sahip olan kayacın mikroskobik incelenmesinde ikincil kalsit mineraline rastlanmaktadır.

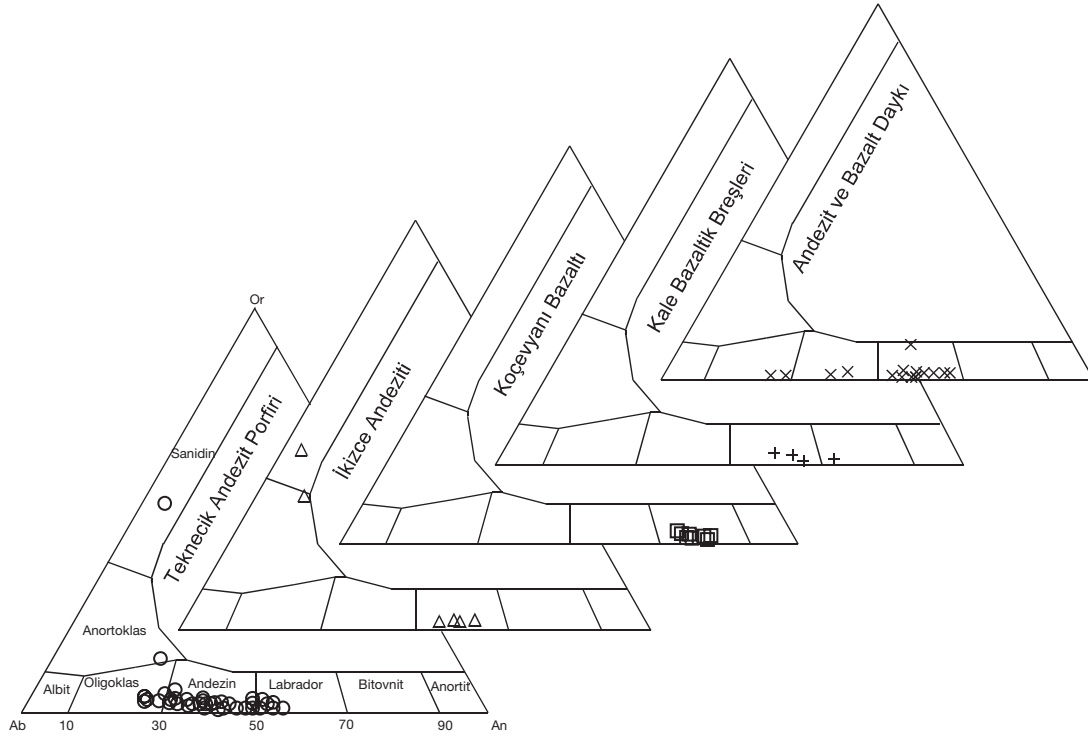
### Kale Üyesi

Breş çakıllarından alınan örneklerin çoğu andezit, yer yer bazalt bileşimlidir. Bu örneklerden



Şekil 3. İkizce (Ordu) volkanik kayalarında gözlenen dengesizlik dokuları: (a) klinopiroksende gelişen kemirilme yapısı (Örnek No. 3A; çift nikol.), (b) plajiyoklas fenokristalinde elek dokusu ve kenarındaki yeniden büyüme zarfı (Örnek No. K15; çift nikol), (c) opak mineral ve cam inklüzyonları içeren, özşekilli hornblend fenokristali (Örnek No. K27; çift nikol), (d) halkalı zonlu ve süngerimsi plajiyoklas (Örnek No. K15; çift nikol), (e) plajiyoklas ve opak mineral inklüzyonları içeren klinopiroksenin oluşturduğu kümülofirik doku (Örnek No. B2; çift nikol), (f) volkanik cam inklüzyonları içeren, halkalı zonlu plajiyoklas (Örnek No. B3; çift nikol) (Kp: klinopiroksen, Hb: hornblend, Bi: biyotit, Pl: plajiyoklas, Op: opak mineral).

Figure 3. Disequilibrium textures in the İkizce (Ordu) volcanics: (a) Embayed margins of the clinopyroxene (Sample No. 3A; xpl), (b) sieve texture and overgrowth in plagioclase phenocryst (Sample No. K15; xpl), (c) euhedral hornblende containing opaques and glass inclusions (Sample No. K27; xpl), (d) oscillatory zoned and spongy textured plagioclase (Sample No. K15; xpl), (e) cumulophyric texture formed by clinopyroxene including plagioclase and opaques (Sample No. B2; xpl), (f) oscillatory zoned plagioclase including glass (Sample No. B3; xpl) (Kp: clinopyroxene, Hb: hornblende, Bi: biotite, Pl: plagioclase, Op: opaque).



Şekil 4. İkizce (Ordu) volkanitlerindeki feldispatların An-Ab-Or üçgen diyagramında sınıflaması.  
Figure 4. Classification of the feldspars in the İkizce (Ordu) volcanics on ternary An-Ab-Or plot.

sadece bazaltik çakıllardan mikroprob analizi yapılmıştır. Kayaç içerisinde plajiyoklas, hornblend, biyotit ve ojit mineralleri bulunmakta olup, genelde porfirik, mikrolitik porfirik, hyalo-mikrolitik porfirik ve glomeroporfirik doku gösterirler. Hamurda ise; mikrolitik, hyalo-mikrolitik doku ile akma dokusu hakimdir.

Breşler içerisindeki bazaltik çakıllarda fenokristal olarak gözlenen plajiyoklaslar genelde labrador, nadiren de bitovnittir (bkz. Şekil 4). Bileşimleri ise,  $An_{58}Ab_{39}Or_3$ 'den  $An_{63}Ab_{35}Or_2$ 'ye kadar değişmektedir (bkz. Çizelge 1). Hamur içerisinde mikrolit olarak gözlenen plajiyoklaslar (bkz. Şekil 4, Çizelge 1) ise labrador ( $An_{65}Ab_{34}Or_1$ ) ve nadiren bitovnittir ( $An_{72}Ab_{27}Or_1$ ). Hornblendlerin mikroprob analizleri (Çizelge 5) dikkate alındığında, Leake vd. (1997)'ne göre yapılan sınıflamada magnezyo-hastingsit olarak isimlendirilebilir (bkz. Şekil 5). Klinopiroksenlerin mikroprob analizleri (bkz. Çizelge 2) dikkate alındığında, Morimoto (1988)'nin sınıflamasına göre diyopsit ve diyopsitik ojitir. Bazı örnekler diyopsit-ojit sınırında yer almaktadırlar (bkz. Şekil 5). Diyopsitlerin bileşimleri mineralin kenar

kısımlarında  $Wo_{44-45}En_{45-4}Fs_{11-7}$ , mineralin merkez kısımlarında ise  $Wo_{45-46}En_{48-46}Fs_{7-8}$ 'dir (bkz. Çizelge 2).

### İkizce Andeziti

İncelenen kayaçlarda, genel olarak mikrolitik, hyalo-mikrolitik, mikrolitik porfirik, entersertal ve entergranüler doku gözlenmektedir. Kayaç içerisinde plajiyoklas, hornblend, biyotit ve klinopiroksen mineralleri bulunmaktadır. Yer yer hornblend minerallerinin kenarlarında dengesizlik dokularını ifade eden yeniden büyüme zarfı gözlenmektedir (bkz. Şekil 3). İkincil mineral olarak klorit içermektedir. Hamurda genellikle mikrolitik, hyalo-mikrolitik doku gözlenmektedir.

İkizce andezitindeki plajiyoklasların cinsi labradordur (bkz. Çizelge 1). Hamurdaki plajiyoklas mikrolitlerden yapılan analizler, bunların daha çok sanidin ve anortoklas olduklarını göstermektedir (bkz. Şekil 4). Genellikle kayaç içerisinde fenokristal olarak gözlenen plajiyoklaslar labrador olup,  $An_{54-61}Ab_{43-37}Or_{3-2}$  bileşimlidir. Kayaç içerisinde gözlenen hornblendlerin tama-

Çizelge 1. İkiçe (Ordu) volkanitleri plajiyoklaslarının mikroprob analiz sonuçları (mega: megakristal, feno: fenokristal, k: kristal kenarı, m: kristal merkezi).

Table 1. Results of microprobe analysis of plagioclases from the İkiçe (Ordu) volcanics (mega: megacryst, feno: phenocryst, k: crystal rim, m: crystal core).

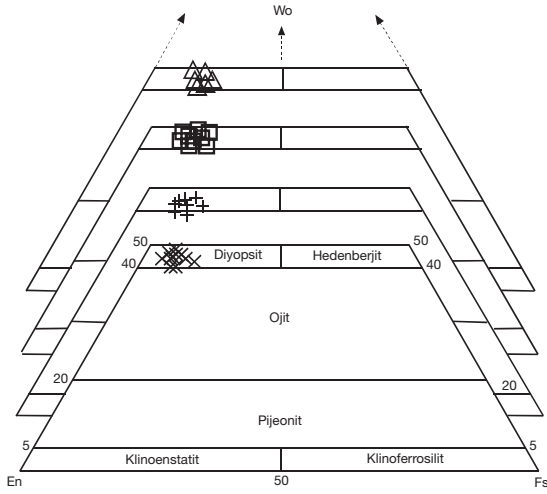
Örnek No.	Teknecik Andezit Porfiri												Kale Üyesi (Bazaltik Breşler)						Koçeyvanı Bazaltı						İkiçe Andeziti						Andezit Daykı						Bazalt Daykı					
	6C		6C		6C		8		17A		6		6		6		31A		31A		22A		22A		K18		K18		K23		K23											
	Plaj-3 mega	Plaj-3 mega	Plaj-3 mega	Plaj-3 mega	Plaj-3 mega	Plaj-3 mega	Plaj-5 mikrolit	Plaj-5 mikrolit	Plaj-3 mikrolit	Plaj-3 mikrolit	Plaj-3 mikrolit	Plaj-5 feno	Plaj-5 feno	Plaj-1 mikrolit	Plaj-1 mikrolit	Plaj-1 mikrolit	Plaj-1 feno	Plaj-1 feno	Plaj-1 feno	Plaj-3 feno	Plaj-3 feno	Plaj-3 feno	Plaj-3 feno	Plaj-3 feno	Plaj-3 feno	Plaj-3 feno	Plaj-3 feno	Plaj-3 feno	Plaj-3 feno	Plaj-2 feno	Plaj-2 feno	Plaj-2 feno	Plaj-2 feno									
SiO <sub>2</sub>	58.71	57.78	59.05	60.91	64.77	55.95	53.68	52.63	49.88	52.66	48.17	49.69	52.62	54.30	57.84	59.12	53.93	51.03																								
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25.64	26.57	25.40	24.66	21.75	27.63	28.66	29.30	30.87	29.85	31.67	30.67	29.56	28.63	26.86	25.31	28.67	30.75																								
FeO	0.30	0.35	0.29	0.14	0.34	0.47	0.77	0.82	0.71	0.79	1.49	1.27	0.83	0.76	0.32	0.33	0.65	0.76																								
CaO	7.69	8.67	7.62	6.40	4.54	9.95	11.57	12.45	14.41	12.95	15.9	15.16	12.46	11.12	9.01	7.40	11.48	14.12																								
Na <sub>2</sub> O	6.83	6.05	6.60	7.65	6.69	5.61	4.23	3.88	2.99	3.74	2.02	2.63	4.13	5.02	6.06	6.87	4.76	3.20																								
K <sub>2</sub> O	0.48	0.43	0.39	0.44	2.16	0.27	0.46	0.40	0.23	0.22	0.32	0.46	0.35	0.44	0.29	0.39	0.50	0.28																								
Toplam	99.65	99.85	99.35	100.2	100.25	99.88	99.37	99.48	99.09	100.21	99.57	99.88	99.95	100.27	100.38	99.42	99.99	100.14																								
Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.																																										
Si	10.55	10.37	10.61	10.82	11.45	10.09	9.79	9.62	9.20	9.55	8.89	9.15	9.58	9.82	10.33	10.62	9.79	9.31																								
Al	5.43	5.62	5.38	5.16	4.53	5.87	6.16	6.31	6.71	6.38	6.89	6.66	6.34	6.10	5.65	5.36	6.13	6.61																								
Fe <sup>+2</sup>	0.05	0.05	0.04	0.02	0.05	0.07	0.12	0.12	0.11	0.12	0.23	0.20	0.13	0.12	0.05	0.05	0.10	0.12																								
Ca	1.48	1.67	1.47	1.22	0.86	1.92	2.26	2.44	2.85	2.52	3.14	2.99	2.43	2.15	1.72	1.43	2.23	2.76																								
Na	2.38	2.11	2.30	2.64	2.29	1.96	1.49	1.38	1.07	1.32	0.72	0.94	1.46	1.76	2.10	2.39	1.67	1.13																								
K	0.11	0.10	0.09	0.10	0.49	0.06	0.11	0.09	0.05	0.05	0.08	0.11	0.08	0.10	0.07	0.09	0.12	0.06																								
Toplam	20.00	19.92	19.89	19.96	19.67	19.97	19.93	19.96	19.99	19.94	19.95	20.05	20.02	20.05	19.92	19.94	20.04	19.99																								
Ab	59.90	54.50	59.70	66.70	63.00	49.70	38.70	35.20	26.90	33.90	18.30	23.20	36.70	43.80	54.00	61.20	41.60	28.60																								
An	37.30	43.00	38.00	30.80	23.60	48.70	58.50	62.40	71.70	64.80	79.80	74.10	61.20	53.70	44.30	36.50	55.50	69.80																								
Or	2.80	2.50	2.30	2.50	13.40	1.60	2.80	2.40	1.40	1.30	1.90	2.70	2.10	2.50	1.70	2.30	2.90	1.60																								

Fe<sup>+2</sup> toplam demir olarak verilmiştir.

Çizelge 2. İkizce (Ordu) volkanitleri klinopiroksenlerinin mikroprobe analiz sonuçları (K.pir:klinopiroksen, k: kristal kenarı, m: kristal merkezi).  
Table 2. Results of microprobe analysis of clinopyroxenes from the İkizce (Ordu) volcanics (K.pir:clinopyroxene, k: crystal rim, m: crystal core).

Örnek No.	Koçeyvanı Bazaltı			Kale Üyesi (Bazaltik Breşler)			İkizce Andeziti			Bazalt Daykı					
	31A K.pir-7 k	31A K.pir-7 m	31A K.pir-7 k	6 K.pir-4 k	6 K.pir-4 m	6 K.pir-4 k	22A K.pir-1 k	22A K.pir-1 m	22A K.pir-1 k	22A K.pir-1 m	22A K.pir-1 k	22A K.pir-1 m	22A K.pir-1 k		
SiO <sub>2</sub>	45.67	48.74	50.54	52.47	53.25	53.47	53.74	49.87	50.07	50.07	50.03	49.80	52.81	50.84	53.66
TiO <sub>2</sub>	1.01	0.60	0.51	0.34	0.25	0.27	0.15	0.68	0.87	0.84	0.72	0.61	0.32	0.48	0.25
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.18	5.84	4.82	2.41	2.39	2.31	1.47	4.64	4.88	4.79	4.71	4.29	2.47	3.51	1.43
FeO	10.44	7.95	7.44	6.21	5.02	4.49	4.42	7.02	6.93	6.94	6.97	8.09	4.69	6.70	4.38
MnO	0.14	0.08	0.11	<0.08	<0.08	0.09	0.09	0.11	0.13	0.11	0.17	0.16	<0.08	0.08	<0.08
MgO	12.09	13.93	14.69	16.12	16.67	16.99	17.14	14.65	14.80	14.83	14.9	13.75	16.41	15.04	17.29
CaO	22.21	22.77	22.70	21.93	22.79	22.41	22.61	21.84	22.00	22.18	22.08	23.00	23.13	22.59	22.74
Toplam	99.74	99.91	100.41	99.68	100.37	100.03	99.62	98.81	99.68	99.76	99.58	99.70	99.83	99.24	99.75
Formül 6 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.															
Si	1.73	1.82	1.86	1.94	1.94	1.95	1.97	1.87	1.85	1.86	1.86	1.95	1.95	1.96	1.93
Ti	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
Al	0.37	0.26	0.21	0.10	0.10	0.10	0.06	0.20	0.21	0.21	0.21	0.07	0.07	0.07	0.10
Fe <sup>+2</sup>	0.33	0.25	0.23	0.19	0.15	0.14	0.14	0.22	0.21	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02
Mn	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.22	0.12	0.12	0.11	0.13
Mg	0.68	0.78	0.81	0.89	0.91	0.92	0.94	0.82	0.82	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.90	0.91	0.90	0.87	0.89	0.87	0.89	0.88	0.87	0.82	0.82	0.92	0.92	0.91	0.90
Toplam	4.04	4.04	4.02	4.01	4.00	3.99	4.00	4.01	3.98	3.12	3.14	3.08	3.08	3.07	3.09
Mg#	0.67	0.76	0.78	0.82	0.86	0.87	0.87	0.79	0.79	-	-	-	-	-	-
Wo	46.97	47.03	46.30	44.43	45.67	45.16	45.24	45.70	45.74	45.91	45.64	47.35	46.62	46.29	45.29
En	35.57	40.03	41.68	45.43	46.48	47.63	47.71	42.65	42.81	42.70	42.84	39.39	46.00	42.87	47.90
Fs	17.46	12.94	12.02	10.14	7.85	7.21	7.05	11.65	11.45	11.39	11.52	13.26	7.38	10.84	6.81
Fe <sup>+2</sup> toplam demir olarak verilmiştir. Mg# (Mg-numarası)= Mg/(Mg + Fe <sup>+2</sup> ).															

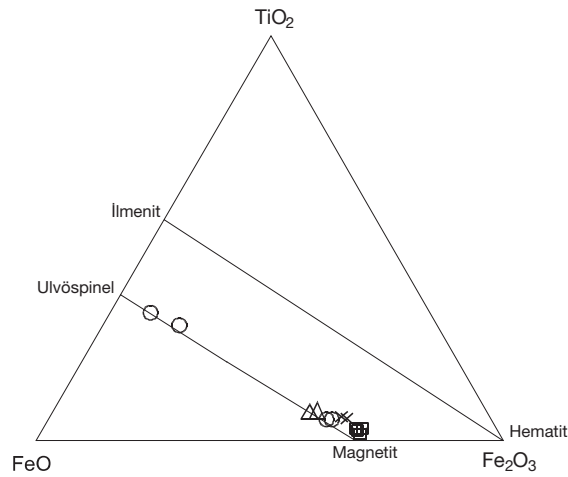




Şekil 5. İkizce (Ordu) volkanitlerindeki klinopiroksenlerin sınıflama diyagramı (Morimoto, 1988) (semboller Şekil 4'teki gibidir).

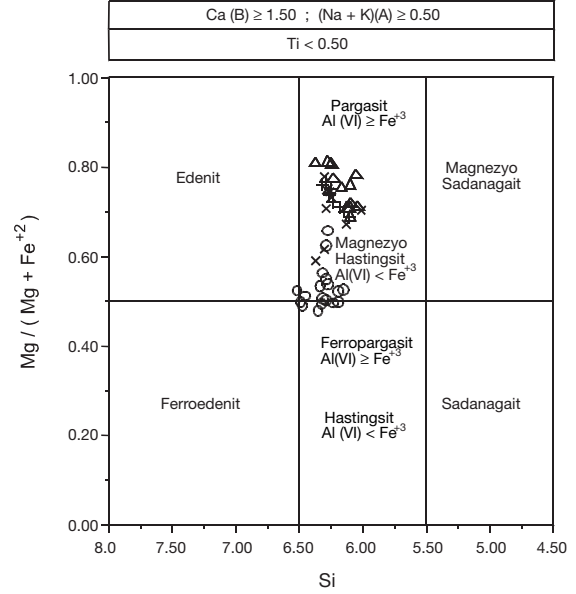
Figure 5. Clinopyroxene classification diagram (Morimoto, 1988) of the İkizce (Ordu) volcanics (symbols are the same as for Figure 4).

mı Leake vd. (1997)'nin sınıflamasına göre parçasittir (Şekil 7, bkz. Çizelge 5). Klinopiroksenlerin analiz sonuçları (bkz. Çizelge 2) dikkate alındığında, Morimoto (1988)'nin yaptığı sınıflamaya göre diyopsit ile diyopsitik ojit olup, bileşimleri  $Wo_{45-46}En_{43-42}Fs_{11-12}$  arasında değiş-



Şekil 6. İkizce (Ordu) volkanitleri Fe-Ti oksit mineralinin bileşimini gösterir üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988) (semboller Şekil 4'teki gibidir).

Figure 6. Fe-Ti oxide composition plot (Bacon and Hirschmann, 1988) of the İkizce (Ordu) volcanics (symbols are the same as for Figure 4).



Şekil 7. İkizce (Ordu) volkanitleri hornblendelerinin sınıflama diyagramı (Leake vd., 1997) (semboller Şekil 4'teki gibidir).

Figure 7. Hornblende classification diagram (Leake et al., 1997) of the İkizce (Ordu) volcanics (symbols are the same as for Figure 4).

mektedir (bkz. Şekil 5). Mikrofenokristaller halinde gözlenen oksit mineralleri titano-magnetittir (bkz. Şekil 6, Çizelge 4).

### Teknecik Andezit Porfiri

Bu kayaç, genel olarak plajiyoklas, hornblend, biyotit ve opak mineral içermekte olup, porfirik, mikrolitik porfirik, hyalo-mikrolitik porfirik doku göstermektedir. Ayrıca plajiyoklas fenokristallerinde dengesizlik dokuları gözlenmektedir. Bunlar plajiyoklaslardaki elek dokusu ve kenarlarındaki yeniden büyüme zarfı ile opak mineral kapanımları içeren plajiyoklaslardaki halkalı zonlu ve süngerimsi yapıdır (bkz. Şekil 3). İkincil mineral olarak çoğunlukla kalsit, daha az oranda ise klorit içermektedir. Aksesuar mineral olarak da apatit gözlenmektedir. Hamurda genellikle mikrolitik, hyalo-mikrolitik doku hakimdir.

Yapılan mikroprob analizlerine (bkz. Çizelge 1) göre plajiyoklaslar, genellikle andezin, nadiren oligoklas ve labradordur (bkz. Şekil 4). İri kristaller olarak gözlenen plajiyoklaslar andezin olup, bileşimleri  $An_{31-43}Ab_{67-54}Or_{2-3}$  arasında değişmektedir. Hamurda gözlenen mikrolitler, oligok-

Çizelge 3. İkizce (Ordu) volkanitleri biyotitlerinin ve olivinlerinin mikroproba analiz sonuçları (biyt: biyotit, k: kristal kenarı, m: kristal merkezi).  
Table 3. Results of microprobe analysis of biotites and olivines from the İkizce (Ordu) volcanics (biyt: biotite, k: crystal rim, m: crystal core).

Örnek No.	Tekneçik Andezit Porfiri Biyotitleri						Koçeyvanı Bazaltı Olivinleri					
	19A Biyt -1 k	19A Biyt -1 m	19A Biyt -1 k	8 Biyt -1 k	8 Biyt -1 m	8 Biyt -1 k	31A Olivin-2 k	31A Olivin-2 m	31A Olivin-2 k	31A Olivin-2 m	31A Olivin-4 k	31A Olivin-4 m
SiO <sub>2</sub>	36.03	35.63	35.86	36.85	36.04	36.11	39.56	40.00	39.74	39.61	39.93	39.70
TiO <sub>2</sub>	4.01	4.29	4.12	4.10	3.91	3.70	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.35	14.79	14.43	15.45	14.97	15.98	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
FeO	20.38	20.65	20.01	19.57	19.88	19.54	14.86	14.54	14.42	14.71	14.68	14.56
MnO	0.35	0.33	0.38	0.38	0.25	0.26	0.31	0.30	0.28	0.38	0.29	0.24
MgO	10.65	10.81	10.95	10.83	11.49	11.79	44.43	45.02	44.57	44.36	44.59	44.28
CaO	0.26	0.29	0.26	0.32	0.28	0.40	0.43	0.32	0.30	0.40	0.38	0.40
Na <sub>2</sub> O	<0.14	<0.14	0.24	0.20	0.15	0.26	<0.12	<0.12	<0.12	<0.12	<0.12	<0.12
K <sub>2</sub> O	8.72	8.88	8.82	8.45	8.89	8.51	99.59	100.17	99.31	99.46	99.87	99.19
Toplam	94.75	95.67	95.07	96.15	95.86	96.55	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Formül 22 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.												
Si	5.56	5.46	5.52	5.56	5.49	5.43	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ti	0.47	0.49	0.48	0.46	0.45	0.42	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Al [IV]	2.44	2.54	2.48	2.44	2.51	2.57	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Al [VI]	0.17	0.14	0.14	0.30	0.17	0.26	0.31	0.30	0.30	0.31	0.31	0.31
Al [T]	2.61	2.67	2.62	2.74	2.69	2.83	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Fe <sup>+3</sup>	0.70	0.86	0.68	0.54	0.72	0.70	1.67	1.68	1.68	1.67	1.67	1.67
Fe <sup>+2</sup>	1.94	1.80	1.90	1.94	1.82	1.76	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Mn0.05	0.04	0.05	0.05	0.03	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Mg	2.45	2.47	2.51	2.43	2.61	2.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.04	0.05	0.04	0.05	0.05	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.00	0.00	0.07	0.06	0.05	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	1.72	1.74	1.73	1.62	1.73	1.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	15.54	15.58	15.60	15.45	15.64	15.58	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Mg #	0.48	0.48	0.49	0.50	0.51	0.60	0.84	0.85	0.85	0.84	0.84	0.84
Flogopit	43.12	43.45	44.05	43.02	45.06	45.14	82.90	83.60	83.60	83.00	83.20	83.20
Annit	34.32	31.69	33.72	34.18	31.46	30.29	15.50	15.10	15.10	15.40	15.30	15.30
Fe <sup>+2</sup> ve Fe <sup>+3</sup> ayrımı Dymek (1983)'e göre hesaplanmıştır. Mg# (Mg-numarası) = Mg/(Mg+Fe <sup>+3</sup> +Fe <sup>+2</sup> ).												
Fe <sup>+2</sup> toplam demir olarak verilmiştir. Mg# (Mg-numarası) = Mg/(Mg+Fe <sup>+2</sup> ).												

Çizelge 4. İkizce (Ordu) volkanitleri Fe-Ti oksitlerinin mikroprob analiz sonuçları (k: kristal kenarı, m: kristal merkezi).  
 Table 4. Results of microprobe analysis of Fe-Ti oxides from the İkizce (Ordu) volcanics (k: crystal rim, m: crystal core).

Örnek No.	Tekneçik Andezit Porfiri				Koçeyanı Bazaltı				İkizce Andeziti				Bazaltı Daykı	
	6C Ulvöspinel	6C Ulvöspinel	8 Titanomagnetit	8 Titanomagnetit	31A Titanomagnetit	31A Titanomagnetit	31A Titanomagnetit	31A Titanomagnetit	27 Titanomagnetit	27 Titanomagnetit	27 Titanomagnetit	27 Titanomagnetit	K23 Titanomagnetit	K23 Titanomagnetit
TiO <sub>2</sub>	25.20	30.18	5.17	4.96	2.32	2.29	2.26	2.35	6.30	6.51	6.30	6.51	5.74	5.14
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.14	<0.09	1.65	1.48	9.49	9.37	9.27	9.36	4.15	3.12	4.15	3.12	1.82	1.79
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.92	7.72	56.86	56.90	53.91	53.26	54.98	55.23	51.05	52.94	51.05	52.94	58.15	58.97
FeO	50.93	56.18	33.56	32.27	23.23	23.29	23.85	23.50	35.77	33.98	35.77	33.98	29.43	28.58
MnO	0.58	0.37	1.66	3.08	0.37	0.25	0.30	0.33	1.11	1.07	1.11	1.07	0.77	0.60
MgO	1.13	0.66	0.40	<0.12	7.30	7.12	7.15	7.46	0.61	1.56	0.61	1.56	4.18	4.31
CaO	<0.05	0.08	0.07	0.13	0.09	0.07	<0.05	0.08	0.11	0.17	0.11	0.17	0.13	0.11
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.12	0.15	<0.08	<0.08	3.45	3.49	3.31	3.32	<0.09	0.12	<0.09	0.12	0.15	<0.08
Toplam	96.02	95.32	99.37	98.82	100.16	99.14	101.12	101.63	99.60	99.77	99.60	99.77	100.37	99.50

Formül 4 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Ti	0.74	0.88	0.15	0.14	0.06	0.06	0.07	0.06	0.17	0.18	0.17	0.18	0.16	0.14
Al	0.01	0.01	0.07	0.06	0.38	0.38	0.36	0.37	0.22	0.14	0.22	0.14	0.08	0.08
Fe <sup>+3</sup>	0.52	0.23	1.65	1.65	1.40	1.40	1.42	1.41	1.33	1.49	1.33	1.49	1.61	1.63
Fe <sup>+2</sup>	1.65	1.83	1.06	1.04	0.78	0.78	0.79	0.79	1.11	1.07	1.11	1.07	0.90	0.89
Mn	0.02	0.01	0.05	0.10	0.01	0.00	0.00	0.01	0.04	0.03	0.04	0.03	0.02	0.02
Mg	0.06	0.04	0.02	0.01	0.37	0.38	0.36	0.36	0.03	0.09	0.03	0.09	0.23	0.24
Toplam	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00

Fe<sup>+3</sup> ve Fe<sup>+2</sup> ayrımı stokiyoimetrik olarak yapılmıştır.

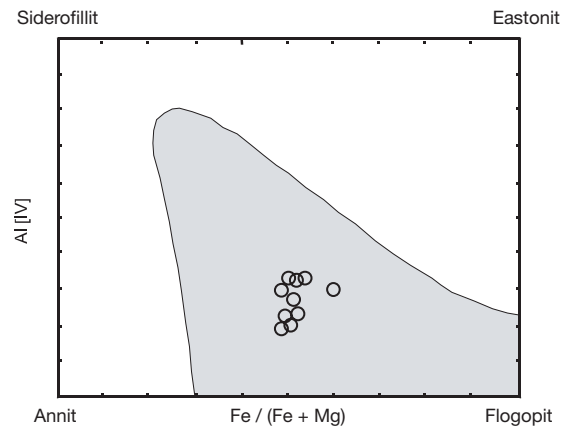
Çizelge 5. İkizce volkanitleri hornblendelerinin mikroprob analiz sonuçları (M.Has: magnezyo hastingsit, Amf: amfibol, k: kristal kenarı, m: kristal merkezi).  
 Table 5. Results of microprobe analysis of hornblendes from the İkizce volcanics (M.Has: magnesio hastingsite, Amf: amphibole, k: crystal rim, m: crystal core).

Örnek No.	Tekneçik Andezit Porfiri						Kale Üyesi (Bazaltik Breşler)						İkizce Andeziti						Andezit Daykı						Bazalt Daykı									
	19A M.Has. Amf -2		19A M.Has. Amf -2		6C Pargasit Amf -4		6C M.Has. Amf -3		6 M.Has. Amf -3		6 M.Has. Amf -3		6 M.Has. Amf -3		22A Pargasit Amf -4		22A Pargasit Amf -4		27 Pargasit Amf -2		27 Pargasit Amf -2		K18 M.Has. Amf -2		K18 M.Has. Amf -2		K23 M.Has. Amf -5		K23 M.Has. Amf -5					
	k	m	k	m	k	m	k	m	k	m	k	m	k	m	k	m	k	m	k	m	k	m	k	m	k	m	k	m	k	m				
SiO <sub>2</sub>	42.58	40.64	41.77	39.90	42.51	42.69	42.39	41.15	41.64	43.19	41.73	41.21	43.50	46.28	42.73	42.28	TiO <sub>2</sub>	1.29	1.93	1.38	2.16	1.52	1.51	1.59	1.65	1.58	1.53	1.77	2.32	1.88	1.20	1.9	2.02	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.41	12.15	12.16	14.98	12.65	12.53	12.90	14.16	14.97	13.08	13.96	13.18	10.63	9.22	12.36	12.37	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.53	17.76	16.46	14.02	9.89	9.74	10.46	11.41	8.40	7.33	10.57	11.34	15.22	13.05	9.58	9.64	
FeO	0.63	0.48	0.58	0.22	<0.08	0.09	0.08	<0.08	<0.08	<0.07	0.00	0.00	0.42	0.30	<0.08	<0.08	MnO	9.90	9.88	10.51	11.33	15.28	15.77	14.96	13.71	15.67	16.98	14.11	12.09	14.22	15.52	14.95		
MgO	11.34	11.52	11.29	11.77	12.23	12.25	12.28	12.33	12.06	12.20	12.31	12.05	11.64	11.73	12.27	12.3	CaO	1.98	2.04	2.06	2.39	2.11	2.16	1.95	1.92	2.31	2.24	2.56	2.36	1.89	1.48	2.12	2.16	
Na <sub>2</sub> O	1.16	1.32	0.88	0.75	0.95	0.94	0.99	0.94	1.13	1.23	1.12	1.17	0.73	0.48	1.13	1.29	K <sub>2</sub> O	97.82	97.72	97.09	97.52	97.14	97.68	97.60	97.27	97.76	97.78	98.38	97.74	98.00	97.96	97.61	97.01	
Toplam	6.48	6.20	6.33	5.97	6.25	6.24	6.22	6.09	6.05	6.24	6.10	6.09	6.48	6.77	6.25	6.24	Formül 23 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.	Si	6.48	6.20	6.33	5.97	6.25	6.24	6.22	6.09	6.05	6.24	6.10	6.09	6.48	6.77	6.25	6.24
Si	0.15	0.22	0.16	0.24	0.17	0.17	0.18	0.18	0.17	0.17	0.19	0.26	0.21	0.13	0.21	0.22	Ti	1.85	2.17	2.15	2.62	2.17	2.14	2.21	24.4	2.54	2.21	2.39	2.28	1.85	2.57	2.12	2.15	
Al	0.37	0.40	0.40	0.36	0.45	0.52	0.50	0.50	0.44	0.38	0.26	0.35	0.38	0.46	0.36	0.21	Fe <sup>+3</sup>	1.97	1.85	1.65	1.35	0.75	0.66	0.77	0.89	0.50	0.44	0.98	0.99	1.48	1.07	0.76	0.95	
Fe <sup>+2</sup>	0.08	0.06	0.07	0.03	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.04	0.00	Mn	2.25	2.25	2.38	2.53	3.35	3.44	3.27	3.02	3.39	3.66	3.13	3.11	2.68	3.10	3.38	3.29	
Mg	1.85	1.88	1.83	1.89	1.93	1.92	1.93	1.96	1.88	1.89	1.93	1.91	1.86	1.84	1.92	1.94	Ca	0.59	0.60	0.61	0.69	0.60	0.61	0.55	0.55	0.65	0.63	0.72	0.67	0.55	0.42	0.60	0.62	
Na	0.23	0.26	0.17	0.14	0.18	0.18	0.19	0.18	0.21	0.23	0.21	0.22	0.14	0.09	0.21	0.24	K	15.82	15.89	15.75	15.82	15.85	15.89	15.83	15.77	15.83	15.85	15.91	15.88	16.49	15.81	15.86		
Toplam	Fe <sup>+3</sup> ve Fe <sup>+2</sup> ayrımı Leake vd. (1997)'ne göre hesaplanmıştır.																																	

las ve andezindir. Bileşimleri ise  $An_{49-24}Ab_{50-63}Or_{1-13}$  arasında değişim göstermektedir (bkz. Çizelge 1) Leake vd. (1997)'nin sınıflamasına göre hornblendlerin genellikle magnezyo-hastingsit ve pargasit olduğu belirlenmiştir (bkz. Şekil 7, Çizelge 5). Belirgin bir bileşimsel değişime sahip olmayan biyotitler, Deer vd. (1992)'nin sınıflamasına göre %43 flogopit ve % 45 annit bileşimlidir (Şekil 8, bkz. Çizelge 3). Fe-Ti oksitler ulvöspinel ve titano-magnetittir (bkz. Şekil 6, Çizelge 4).

### Bazalt ve Andezit Daykları

Breşleri kesen bazalt daykı; klinopirosken, plajiyoklas, olivin ve opak mineral içermekte olup, genelde hyalo-mikrolitik porfirik, hyalopilitik, entergranüler ve entersertal doku gösterirler. İkincil mineral olarak da bunlara kalsit ve klorit eşlik etmektedir. Hamurda ise, daha çok plajiyoklas ve klinopirosken mikrolitleri ile volkanik cam bulunmakta olup, genellikle mikrolitik ve hyalo-mikrolitik doku gözlenmektedir. Tekneçik andezit porfirini kesen andezit daykı plajiyoklas, hornblend, biyotit, klinopirosken ve opak mineral içermekte olup mikrolitik, hyalo-mikrolitik ve mikrolitik porfirik doku sunmakta ve ikincil mineral olarak kalsit içermektedir. Hamurda genelde mikrolitik, hyalo-mikrolitik doku gözlenmektedir.



Şekil 8. İkizce (Ordu) yöresi Tekneçik andezit porfir biyotitlerinin Al (IV)'e karşı Fe/(Fe+Mg) diyagramı (Deer vd., 1992) (taralı alan doğal oluşan biyotitlerin bileşimini temsil etmektedir, semboller Şekil 4'teki gibidir).

Figure 8. Al (IV) versus Fe/(Fe + Mg) diagram (Deer et al., 1992) of the Tekneçik andesite porphyry biotites (Shaded area represents composition of the natural biotites, symbols are the same as for Figure 4).

Bazalt daykına ait plajiyoklaslar genellikle labradorur (bkz. Şekil 4). Labradorlar daha çok fenokristal halinde olup, bileşimleri  $An_{55-70}Ab_{42-29}Or_{3-1}$  arasında değişmektedir (bkz. Çizelge 1). Hornblendler magnezyo-hastingsittir (bkz. Şekil 7, Çizelge 5). Bazalt daykına ait klinopiroskenler Morimoto (1988)'nin yaptığı sınıflamaya göre diyopsittir (bkz. Şekil 5), bileşimleri  $Wo_{45-47}En_{48-39}Fs_{7-14}$  arasında değişmektedir (bkz. Çizelge 2). Kayada yaygın olarak bulunan oksit minerali titano-magnetittir (bkz. Şekil 6, Çizelge 4). Andezit daykına ait mikroprob analizlerine (bkz. Şekil 4) göre; plajiyoklasların tamamı andezin olup, bileşimleri  $An_{36-44}Ab_{61-54}Or_{3-2}$ 'dir (bkz. Çizelge 1). Hornblendler de magnezyo hastingsittir (bkz. Şekil 7, Çizelge 5).

### VOLKANİTLERİN PETROKİMYASI

İkizce (Ordu) yöresi volkanik kayaların ana oksit, iz ve nadir toprak element içerikleri belirlenerek, petrokimyasal özellikleri ve jeotektonik ortamları değerlendirilmiştir. Ayrıca volkanik kayaların kimyasal bileşimindeki değişiklikler ile magmatik olaylarla (kristal ayrışması, magma karışımı, özümleme vb.) arasındaki ilişki araştırılarak, oluşumları hakkında bilgiler edinilmiştir. Bu amaçla, seçilmiş örneklerden yapılan ana oksit, iz ve nadir toprak element analizleri Çizelge 6 ve 7'de verilmiştir.

### Kimyasal Adlandırma

İncelen volkanik kayaların kimyasal adlandırması, bazı ana oksit ve iz elementlerden yararlanılarak yapılmıştır. Le Maitre (1989)'nin  $SiO_2$ 'ye karşı toplam alkali diyagramına göre örnekler bazalt, bazaltik trakiandezit, trakiandezit, bazaltik andezit, andezit ve dasit alanında yer aldıkları görülmektedir (Şekil 9a). Yine bu diyagram üzerinde Irvine ve Baragar (1971)'in alkali-subalkali ayırımına göre; Koçevyanı bazaltına ait örneklerin geçiş karakterli olduğu, andezitik bileşimli kayaların ise genel olarak subalkali karakterde olduğu görülmektedir (bkz. Şekil 9a).  $SiO_2$ 'ye karşı  $K_2O$  sınıflama diyagramında (Le Maitre, 1989) örnekler, genelde yüksek potasyumlu bazalt, yüksek ve orta potasyumlu bazalt ve bazaltik andezit, yüksek potasyumlu andezit, andezit ve dasit alanlarında yer almaktadır (Şekil 9b). Ana elementlere dayalı bu adlandırmalarda bazı örneklerin (özellikle andezitik) dasitik alanda yer alması nedeniyle hareketsiz iz ele-

Çizelge 6. İkizce (Ordu) volkanitlerinin ana (% ağırlık) ve iz element (ppm) analiz sonuçları.  
Table 6. Results of major (wt.%) and trace element (ppm) analysis of the İkizce (Ordu) volcanics.

Örnek No.	Tekneçik Andezit Porfiri								Koçevyanı Bazaltı		Kurttaşlı Tepe Andeziti	
	5b	6c	8	14	17A	19A	20A	B15	31A	B1	K1	K2
SiO <sub>2</sub>	62.91	61.64	62.30	60.00	60.00	65.30	61.00	59.60	46.91	47.38	57.29	57.38
TiO <sub>2</sub>	0.48	0.54	0.53	0.61	0.50	0.44	0.60	0.49	0.68	0.69	0.91	0.92
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.15	16.89	16.30	16.90	17.00	16.70	17.00	16.50	11.84	12.05	17.53	17.86
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	4.47	4.88	4.41	5.28	5.10	3.37	5.00	4.43	10.83	10.88	6.19	5.66
MnO	0.11	0.10	0.10	0.13	0.20	0.09	0.10	0.21	0.18	0.18	0.13	0.11
MgO	1.82	2.10	2.38	2.45	2.60	1.47	2.30	1.93	11.67	10.61	1.90	1.67
CaO	5.12	5.17	5.46	6.37	5.80	3.54	5.10	5.30	10.70	11.15	4.74	4.88
Na <sub>2</sub> O	4.24	4.55	4.27	4.57	4.10	5.07	4.20	3.96	1.60	1.77	3.87	3.92
K <sub>2</sub> O	2.12	2.12	1.70	2.11	2.40	2.87	2.40	2.45	1.89	1.84	4.31	4.31
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.21	0.24	0.21	0.36	0.30	0.20	0.30	0.29	0.31	0.32	0.53	0.53
AK	1.00	1.30	2.00	0.80	1.80	0.50	1.60	4.50	3.10	2.80	1.90	2.40
Toplam	99.63	99.53	99.66	99.58	99.80	99.55	99.60	99.66	99.71	99.67	99.30	99.64
Zr	120	132	117	131	126	190	124	141	44	44	240	237
Sr	1171	1383	1380	1601	1343	1313	1202	1299	764	827	522	520
Rb	49	53	35	48	49	69	56	51	29	33	135	131
Th	9	11	11	12	12	16	11	12	3	2	2	2
Ta	0.5	0.6	0.6	0.6	0.4	0.7	0.5	0.7	0.1	0.1	1.3	1.3
Hf	3.1	3.7	3.1	3.7	3.4	5.0	3.3	4.0	1.3	1.3	6.5	6.6
Co	8	12	11	10	11	7	13	10	55	55	11	10
Cr	160	160	120	170	150	130	140	140	760	790	< 10	< 10
Ba	1115	1182	1161	1231	1048	1546	1162	1268	562	576	850	858
Nb	8	10	8	10	7	11	8	8	2	2	17	17
Mg#	29	30	35	32	34	31	31	30	53	50	24	24

Örnek No.	Kale Üyesi												
	Andezitik Breş Çakılları					Bazaltik Breş Çakılları			İkizce Andeziti			Andezit ve Bazaltı Dayıklı	
	6	8A	B6	B18	K4	K5	K14	13	22A	24	27	K18	K23
SiO <sub>2</sub>	52.57	56.71	67.40	61.09	46.70	59.74	44.70	67.07	63.65	70.50	52.97	69.84	60.56
TiO <sub>2</sub>	0.84	0.89	0.48	0.68	0.99	0.82	0.63	0.41	0.63	0.32	0.81	0.28	0.79
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.40	16.14	14.40	15.70	19.25	14.66	11.61	15.18	15.22	13.99	17.36	14.99	14.12
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	6.39	5.95	3.48	5.11	10.73	6.20	10.58	3.61	4.74	2.72	5.32	2.44	5.89
MnO	0.11	0.08	0.04	0.06	0.24	0.09	0.16	0.06	0.09	0.04	0.10	0.04	0.08
MgO	5.80	3.96	1.70	3.24	4.94	3.81	9.36	1.69	2.78	1.49	5.07	0.98	3.53
CaO	9.17	8.47	5.18	5.73	10.16	7.09	13.49	4.42	5.69	4.13	7.00	3.79	6.49
Na <sub>2</sub> O	3.46	3.53	3.53	3.90	2.50	3.46	1.56	4.05	3.68	3.55	4.19	4.13	3.24
K <sub>2</sub> O	1.47	2.01	1.53	1.88	1.29	2.09	2.26	2.07	1.82	1.87	2.65	2.19	2.07
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.47	0.45	0.13	0.21	0.26	0.32	0.30	0.17	0.27	0.10	0.42	0.10	0.33
AK	3.80	1.50	1.80	2.10	2.90	1.70	5.50	1.00	1.00	1.00	3.70	1.10	2.70
Toplam	99.48	99.69	99.67	99.70	99.96	99.98	100.15	99.73	99.57	99.71	99.59	99.88	99.80
Zr	107	84	91	77	42	97	40	92	91	71	111	81	94
Sr	1607	1387	1231	1345	621	1213	715	1069	1168	909	1074	1008	1156
Rb	45	32	39	51	23	51	40	49	28	46	47	64	46
Th	8	6	4	4	2	7	3	7	5	4	12	5	7
Ta	0.3	0.3	1	0.2	0.2	0.8	0.2	0.4	0.3	0.5	0.4	0.6	0.7
Hf	3.4	2.8	2.6	2.7	1.2	3.3	1.3	2.6	2.6	2.1	3.4	2.4	3.1
Co	24	17	15	20	27	18	50	8	15	8	16	5	17
Cr	320	130	170	130	< 10	10	580	170	250	130	150	< 10	20
Ba	1103	791	1297	679	463	703	770	990	878	1148	960	1139	683
Nb	6	4	5	3	2	10	2	6	5	6	7	8	9
Mg#	48	40	33	39	32	39	48	32	37	36	50	29	37

Not: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\*, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> cinsinden toplam demir. AK, ateşte kayıp.  
Mg# (Mg-numarası)=100xMgO/(MgO+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\*).

Çizelge 7. İkizce (Ordu) volkanitlerinin nadir toprak element analiz sonuçları.  
Table 7. Results of rare earth element (ppm) analysis of the İkizce (Ordu) volcanics.

Örnek No.	Teknecik Andezit Porfiri						İkizce Andeziti			
	5b	6c	8	14	17A	19A	13	22A	24	27
La	28.10	34.40	36.40	41.90	36.50	40.70	21.70	19.80	12.00	43.40
Ce	52.70	65.00	65.60	77.40	70.70	74.30	40.70	37.60	22.50	85.00
Pr	5.30	6.59	6.53	8.02	7.10	7.20	4.20	4.58	2.48	8.79
Nd	19.80	24.80	24.20	31.30	28.30	27.10	15.90	18.80	9.80	34.70
Sm	3.20	4.10	3.80	4.90	4.20	4.00	2.60	3.60	1.90	5.60
Eu	0.94	1.14	1.10	1.27	1.26	0.97	0.77	1.08	0.52	1.57
Gd	2.31	2.97	2.68	3.43	3.04	2.74	1.96	2.90	1.50	4.00
Tb	0.34	0.38	0.36	0.44	0.39	0.32	0.27	0.38	0.21	0.49
Dy	2.04	2.22	2.14	2.55	2.29	1.90	1.46	2.08	1.16	2.68
Ho	0.42	0.50	0.45	0.53	0.46	0.39	0.33	0.39	0.23	0.50
Er	1.20	1.45	1.23	1.46	1.37	1.17	0.97	1.14	0.68	1.52
Tm	0.18	0.19	0.17	0.19	0.18	0.17	0.14	0.15	0.09	0.19
Yb	1.23	1.41	1.19	1.33	1.40	1.24	0.94	0.96	0.69	1.27
Lu	0.19	0.21	0.18	0.20	0.20	0.19	0.16	0.14	0.11	0.19

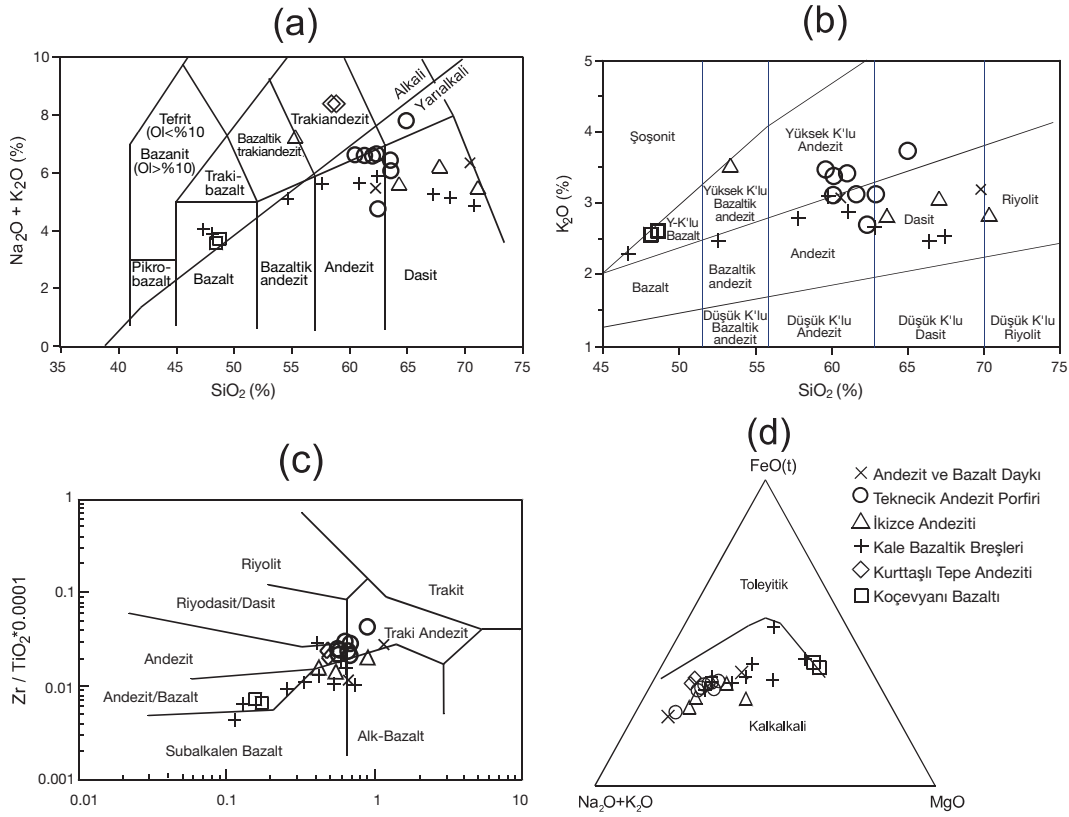
  

Örnek No.	Kale Üyesi				Koçevyanı Bazaltı		Kurttaşlı Tepe Andeziti		Bazalt ve Andezit Daykı	
	And. Breş Çakılları		Baz. Breş Çakılları		31A	B1	K1	K2	K18	K23
	6	8A	K5	K14						
La	32.50	25.00	26.50	11.90	12.40	12.00	45.20	44.10	16.50	25.00
Ce	67.90	53.50	54.10	23.60	26.00	26.00	93.90	92.10	29.60	51.90
Pr	7.41	6.11	6.23	3.06	3.26	3.20	10.93	10.71	3.08	6.09
Nd	31.90	26.60	24.20	14.00	15.40	16.00	42.80	42.00	11.60	23.70
Sm	5.00	5.10	4.50	3.20	3.80	3.70	8.50	8.80	1.80	4.50
Eu	1.55	1.49	1.24	1.03	1.10	1.10	1.72	2.08	0.58	1.24
Gd	3.84	3.85	3.07	3.09	3.33	3.30	6.99	6.63	1.40	3.69
Tb	0.49	0.47	0.47	0.42	0.45	0.40	1.12	1.08	0.23	0.55
Dy	2.66	2.68	2.87	2.72	2.37	2.50	6.43	6.48	1.2.0	2.75
Ho	0.55	0.58	0.49	0.45	0.49	0.50	1.16	1.20	0.24	0.53
Er	1.38	1.54	1.46	1.35	1.39	1.30	3.80	3.53	0.69	1.56
Tm	0.16	0.20	0.20	0.17	0.20	0.20	0.51	0.47	0.07	0.20
Yb	1.19	1.40	1.23	1.16	1.27	1.30	3.57	3.22	0.53	1.17
Lu	0.16	0.19	0.20	0.19	0.19	0.20	0.52	0.55	0.12	0.23

mentlere dayalı kayaç sınıflamasına da yer verilmiştir. Buna göre, Winchester ve Floyd (1977)'un Nb/Yb'ye karşı Zr/TiO<sub>2</sub>\*0.0001 kimyasal adlandırma diyagramında; örneklerin genel olarak andezit, trakiandezit, andezit/bazalt, subalkalen bazalt, alkalen bazalt alanlarına düştüğü gözlenmektedir (Şekil 9c). Yarı alkalen karaktere sahip volkanik kayaçların afinitelerini belirlemek için Irvine ve Baragar (1971)'in AFM (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O, FeO, MgO) üçgen diyagramı kullanılmıştır (Şekil 9d). Koçevyanı bazaltına ait örnekler ile Kale Üyesine ait breşin bazaltik çakılları geçiş, andezitik bileşimli örneklerin ise kalkalkali karakterli olduğu görülmektedir (bkz. Şekil 9d).

### Ana ve İz Elementler

İncelenen volkanitlerin SiO<sub>2</sub>'ye karşı ana oksit ve iz elementlerdeki değişimler kayaçlarda gözlenen ana fenokristal fazlarının ayrılaşmasıyla ilişkilidir (Şekil 10 ve 11). Bazaltik bileşimli kayaçlarda (Koçevyanı bazaltı ve Kale Üyesine ait bazaltik breşler), SiO<sub>2</sub> artışıyla Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, TiO<sub>2</sub>, Sr, Zr, Th ve Hf içerikleri artarak pozitif ilişki, andezitik bileşimli kayaçlarda (Teknecik andezit porfiri) ise SiO<sub>2</sub> artışıyla Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, TiO<sub>2</sub>, Sr, Zr, Th ve Hf içerikleri azalarak negatif bir ilişki gözlenmektedir. SiO<sub>2</sub>'nin artmasına karşı Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, MnO, Sr, Zr, Hf ve Th içeriklerinde önce artma daha sonra da bir azalma söz konu-



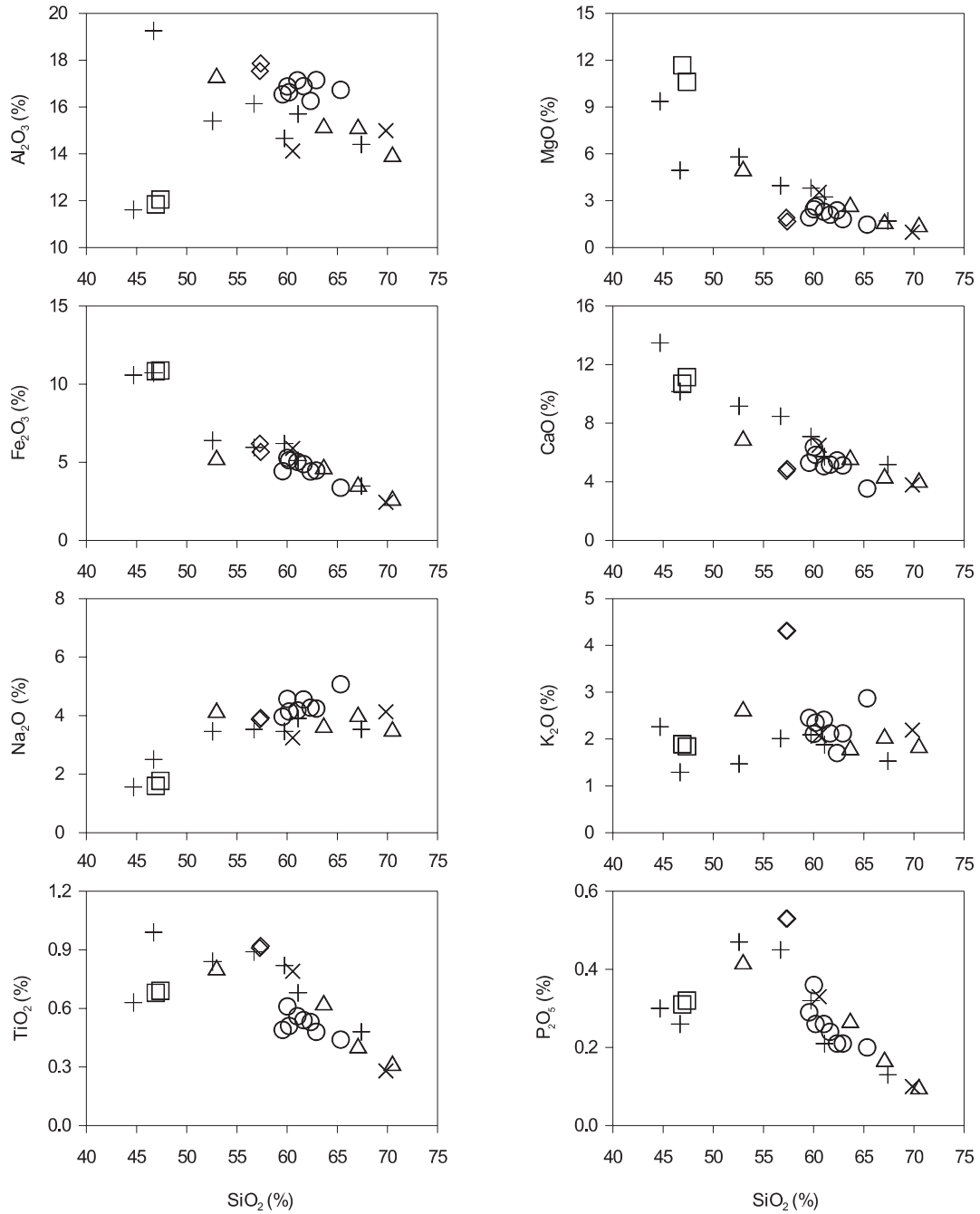
Şekil 9. (a)  $\% \text{SiO}_2$ 'ye karşı  $\% \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  kimyasal adlama diyagramı (Le Maitre, 1989; Alkali-Subalkali eğrisi Irvine ve Baragar (1971)'a göre), (b)  $\% \text{SiO}_2$ 'ye karşı  $\% \text{K}_2\text{O}$  kimyasal adlama diyagramı (Le Maitre, 1989), (c)  $\text{Nb}/\text{Yb}$  karşı  $\text{Zr}/\text{TiO}_2 * 0.0001$  kimyasal adlama diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977), (d) AFM üçgen diyagramı (Toleyitik - Kalkalkali ayırım eğrisi Irvine ve Baragar (1971)'a göre).

Figure 9. a)  $\text{SiO}_2$  (wt.%) versus  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  (wt.%) chemical nomenclature diagram (Le Maitre, 1989; Alkali-Subalkaline dividing line is from Irvine and Baragar (1971)), (b)  $\text{SiO}_2$  (wt.%) versus  $\text{K}_2\text{O}$  (wt.%) chemical nomenclature diagram (Le Maitre, 1989), (c)  $\text{Nb}/\text{Yb}$  versus  $\text{Zr}/\text{TiO}_2 * 0.0001$  chemical nomenclature diagram (Winchester and Floyd, 1977), (d) AFM ternary plot (Tholeiitic-Calcaline dividing curve is from Irvine and Baragar (1971)).

sudur (bkz. Şekil 10 ve 11). Kayaçların tümünde gözlenen,  $\text{SiO}_2$  artışına karşın  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ve  $\text{Cr}$  azalması önemli ölçüde klinopiroksen ve plajiyoklas ayrılaşmasını yansıtmaktadır. Klinopiroksen ve plajiyoklas, magmanın soğuması esnasında kabuk içerisindeki magma odasında meydana gelen önemli kristalleşmelerdir. Kristallenme basıncı ile klinopiroksen/plajiyoklas oranı azalmakta (Gust ve Perfit, 1987), magmadaki su içeriği artmaktadır. Bunların yanısıra plajiyoklas oranı da azalmaktadır (Eggler, 1972; Presnall vd., 1978; Baker ve Eggler, 1983).  $\text{SiO}_2$  artışına karşın  $\text{Al}_2\text{O}_3$  azalması (çoğunlukla andezitik kayaçlarda), volkanik kayaçların gelişiminde hornblend ayrılaşmasının da etkili olabileceğini göstermektedir. Üstelik, hornblendlerin kalk-alkalin karakterli volkanik kayaçların gelişiminde önemli bir ayrılaşma

fazı olduğu da bilinmektedir (Chawthorn ve O'Hara, 1976). Kayaçların tümünde gözlenen  $\text{SiO}_2$  artışına karşın  $\text{Fe}_2\text{O}_3^*$  ve  $\text{TiO}_2$  azalması magnetit ayrılaşmasına işaret etmektedir.  $\text{SiO}_2$ 'ye karşı  $\text{P}_2\text{O}_5$  değişim diyagramında bazaltik kayaçlarda gözlenen pozitif ilişki apatit zenginleşmesini, genellikle andezitik kayaçlarda gözlenen negatif ilişki ise apatit ayrılaşmasını yansıtmaktadır.  $\text{SiO}_2$ 'ye karşı  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Ba}$ ,  $\text{Rb}$ ,  $\text{Nb}$  ve  $\text{Ta}$  ilişkileri göreceli olarak düzensiz olmakla birlikte, pozitif eğilimlidir. Gözlenen düzensiz dağılım, kısmen alterasyondan (özellikle alkalilerde) kaynaklanabilir. Ana oksit ve iz element değişim diyagramlarında gözlenen bu ilişkiler, volkanik kayaçların gelişiminde mineral ayrılaşmasının etkili olduğunu ve klinopiroksen, hornblend, plajiyoklas, magnetit ve apatit





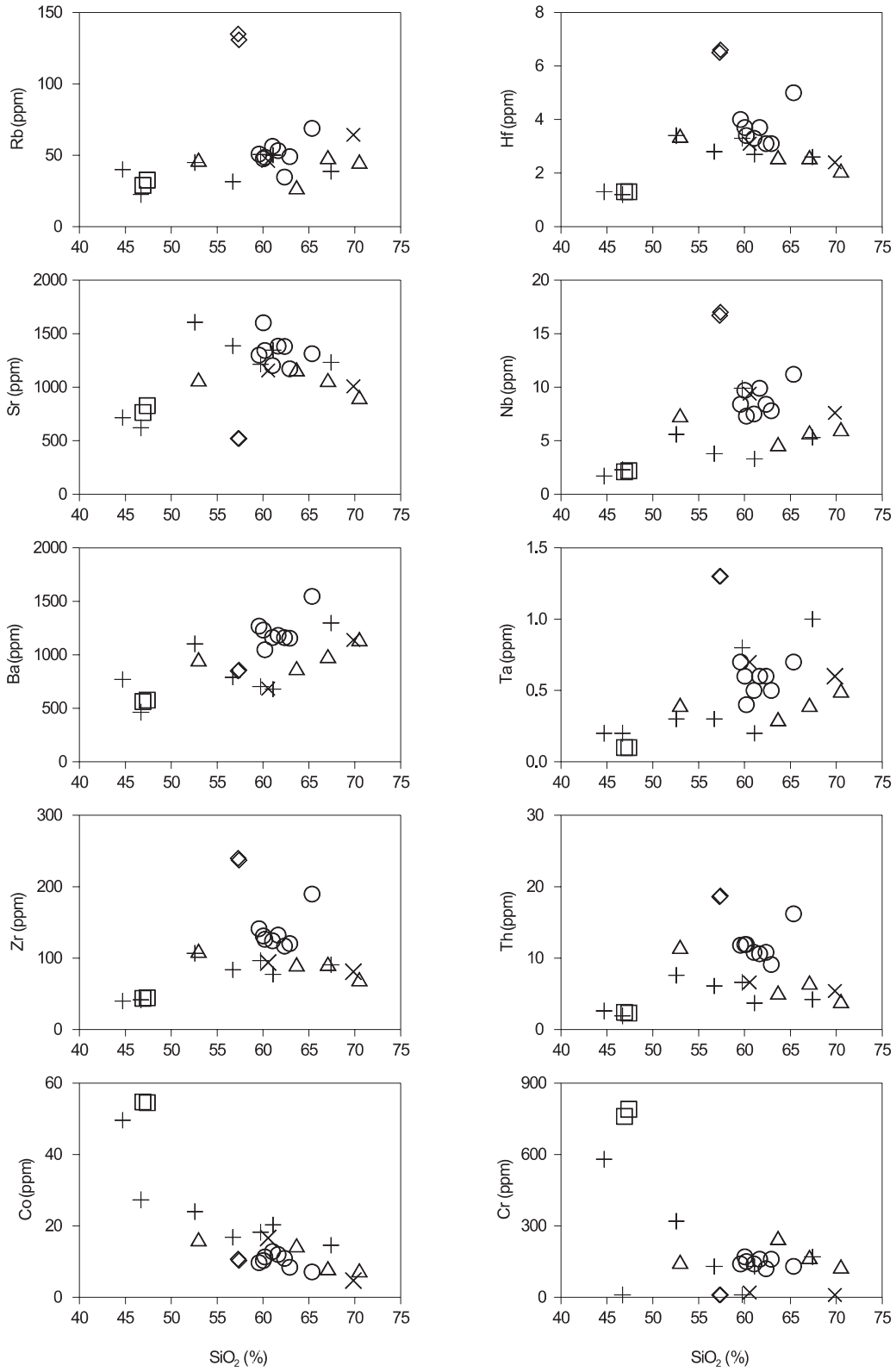
Şekil 10. İközce (Ordu) volkanitlerinin % SiO<sub>2</sub>'ye karşı ana oksit (% ağırlık) değişim diyagramları (semboller Şekil 9'daki gibidir).

Figure 10. SiO<sub>2</sub> (wt.%) versus major oxide (wt.%) variation plots of the İközce (Ordu) volcanics (symbols are the same as for Figure 9).

ayrışmasının önemli ölçüde rol oynadığını göstermektedir (bkz. Şekil 10 ve 11).

Genel olarak, incelenen volkanik kayaların silis içeriği arttıkça, uyumsuz element içeriklerinin

artması (Ba, Sr) ve uyumlu element içeriklerinin azalması mineral ayrışmasıyla açıklanmaktadır. Bu özellik, kayaların bir ana magmadan mineral ayrışmasıyla türemiş olabileceğini, ancak bunun kayaların gelişiminde ana



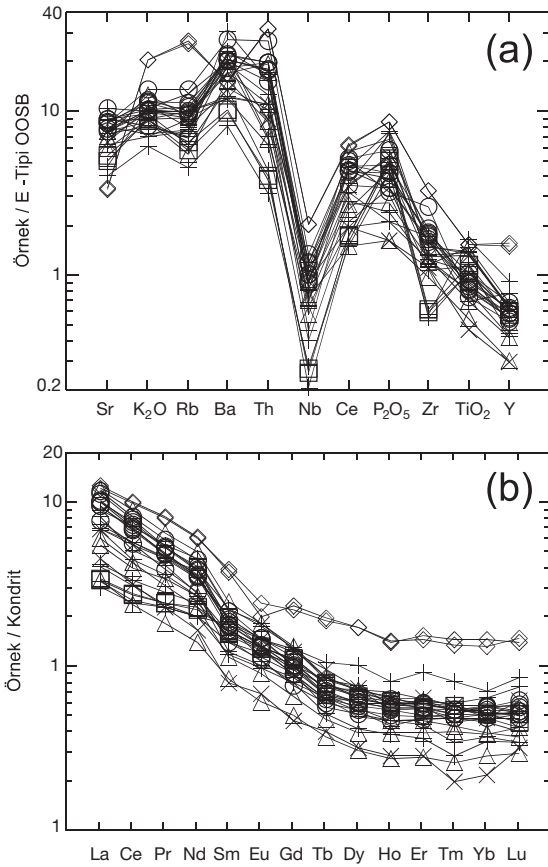
Şekil 11. İkizce (Ordu) volkanitlerinin %  $\text{SiO}_2$ 'ye karşı iz element (ppm) değişim diyagramları (semboller Şekil 9'daki gibidir).

Figure 11.  $\text{SiO}_2$  (wt.%) versus trace element (ppm) variation plots of the İkizce (Ordu) volcanics (symbols are the same as for Figure 9).

magmatik olay olmadığını ve diğer magmatik olayların (magma karışımı, kabuk özümlemesi vb.) da rol oynadığına işaret etmektedir.

### Uyumsuz Elementler

İncelenen kayalar, eski bir yitim zonu ortamına ait olduklarından iz element içerikleri zenginleşmiş okyanus ortası sırtı bazaltına (E-Tipi MORB) göre oranlanarak oluşturulan dağılım diyagramlarıyla ana magmaları belirlenmeye çalışılmıştır (Şekil 12a). İz element dağılım diyagramlarına bakıldığında; kayaların tümünde



Şekil 12. (a) E-tipi okyanus ortası sırtı bazaltlarına (OOSB) (Sun ve McDonough, 1989) göre normalleştirilmiş iz element dağılımları, (b) kondrite (Taylor ve McLennan, 1985) göre normalleştirilmiş nadir toprak element dağılımları (semboller Şekil 9'daki gibidir).

Figure 12. (a) E-type MORB (Sun and McDonough, 1989) normalised trace element plot, (b) chondrite (Taylor and McLennan, 1985) normalised rare earth element patterns (symbols are the same as for Figure 9).

büyük iyon yarıçaplı litofil element (Sr, K<sub>2</sub>O, Rb ve Ba) konsantrasyonları bakımından zenginleşme, Nb, Zr, TiO<sub>2</sub> ve Y içerikleri bakımından fakirleşme söz konusudur. Bu özellik, volkanik kayalarda kabuk özümlemesi ± magma karışımının varlığına işaret etmektedir. Negatif Nb anomalisi (bkz. Şekil 12a) ise, kayaların ana magmasının gelişiminde yitim bileşeninin varlığını göstermektedir (Pearce, 1983). Ayrıca Koçevyanı bazaltı ve andezitik kayaların tümünün iz element dağılımlarının birbirine benzerlik göstermesi, bunların kökenlerinin benzer olduklarını ve daha sonra magmatik süreçlerden (kabuk özümlemesi ± magma karışımı) etkilenerek geliştiklerini göstermektedir.

### Nadir Toprak Elementleri

İncelenen kayaların kondritlere göre normalize edilmiş nadir toprak element (NTE) dağılımları birbirine benzerlik göstermektedir (Şekil 12b). Bu durum, bazaltik ve andezitik kayaların aynı kökenden türediklerini doğrulamaktadır. Kayalarda hafif nadir toprak element (HNTE) zenginleşmesinin, orta ve ağır nadir toprak element (ANTE) zenginleşmesine göre daha fazla olduğu görülmektedir (bkz. Şekil 12b). Dağılımların orta kısmının çukur olması ve HNTE'e doğru gidildikçe yukarıya doğru konkav bir yapı sunması, volkanik kayaların gelişiminde hornblend ayrılaşmasının etkili bir şekilde rol oynadığını göstermektedir (Green ve Pearson, 1985; Romick, 1987). Dağılımlara bakıldığında; Kurttaşlı Tepe andezitine ait örnekler hariç, örneklerde önemli derecede Eu anomalisinin olmaması, bu kayaların gelişiminde plajiyoklas ayrılaşmasının önemli bir rol oynamadığını veya yüksek oksijen fugasitesini göstermektedir (Gill, 1981).

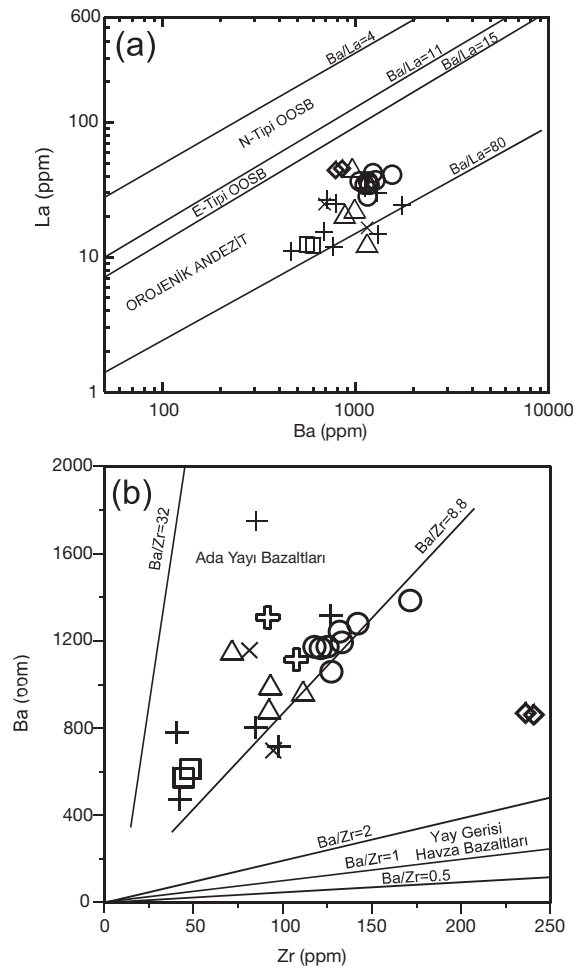
### Tektonik Ortam

İncelenen kayaların genel petrokimyasal özellikleri, birbirine yaklaşan plakalarla ilişkili yitim zonu volkanitlerinin özelliklerine benzemektedir (Saunders vd., 1980; Gill, 1981; Ewart, 1982; Pearce, 1983; Thompson vd., 1984; White ve Patchett, 1984). Bu özellikler; düşük Nb, Zr ve TiO<sub>2</sub> içeriği, büyük iyon yarıçaplı litofil element (LILE) ve yüksek hafif nadir toprak element (HNTE) içerikleri ile yüksek Ba/Zr oranlarına sahip olmalarıdır. İncelenen örneklerin Ba/La oranları yaklaşık 20-85 arasında değişmekte olup, orojenik andezitlere benzerlik gösterirler

(Şekil 13a). Zr'a karşı Ba diyagramında (Floyd vd., 1991) volkanik kayaların çoğu ada yayı bazaltları alanına düşmektedir (Şekil 13b). Bu alanın dışında kalan örnekler, aşırı derecede farklılaşmaya uğramış örnekleri temsil etmektedir.

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Doğu Pontid kuzey ve güney zonu volkanitleri çok sayıda araştırmacı tarafından incelenmiş ve



Şekil 13. (a) Ba (ppm)'a karşı La (ppm) diyagramı (alanlar Perfit vd. (1980) ve (Gill, 1981)'e göredir), (b) Zr (ppm)'a karşı Ba (ppm) diyagramı (alanlar Floyd vd. (1991)'ne göredir, semboller Şekil 9'daki gibidir).

Figure 13. (a) Ba (ppm) versus La (ppm) plot (Field boundaries are from Perfit et al. (1980) and (Gill, 1981)), (b) Zr (ppm) versus Ba (ppm) plot (field boundaries are from Floyd et al. (1991), symbols are the same as for Figure 9).

bu incelemeler sonucunda Tersiyer volkanizmasının gelişimi hakkında pek çok veri elde edilmiştir. İkizce (Ordu) yöresinde yapılan bu çalışmayla, bugüne değin kuzey zonda ve güney zonda yapılan önceki çalışmalara katkıda bulunularak, stratigrafik, petrografik ve petrokimyasal açıdan Tersiyer volkanizmasının gelişimi açıklanmaya çalışılmıştır.

İkizce yöresinde çalışma alanının tabanını, Geç Kretase-Paleosen yaşlı Akveren Formasyonu'na ait Tekiraz Üyesi oluşturmaktadır. İri ojit kristallerine sahip yeşil, koyu yeşil ve siyah renkli bazaltlardan oluşan Paleosen (?) -Eosen yaşlı Koçevyanı bazaltı bu birimi uyumsuz olarak üzerlemektedir. Tüm bu birimlerin üzerine uyumsuzlukla gelen ve çalışma alanının hemen hemen tamamını kapsayan andezit, bazalt ve piroklastitleri ile kumtaşı, silttaşı, marn, tüfit ara seviyelerinden oluşan Eosen yaşlı Tekkeköy Formasyonu gelmektedir. İstif, Kuvaterner yaşlı taraça ve alüvyonlarla örtülmektedir.

İkizce (Ordu) yöresindeki volkanitler; çoğunlukla andezit, andezit porfir ve piroklastitleri ile daha az oranlarda bazalt ve bazaltik andezitlerden oluşmakta ve genelde porfirik, mikrolitik porfirik, hyalomikrolitik porfirik, hyalopilitik, entersertal, entergranüler, yer yer akıntı ve glomeroporfirik doku göstermektedirler. Koçevyanı bazaltının belirgin özelliği, diyopsit-ojit ( $Wo_{46-47}En_{43-40}Fs_{11-13}$ ) ve olivin ( $Fo_{83-84}$ ) fenokristallerini içermesidir. Andezit porfirde ise, halkalı ve karmaşık zonlanma gösteren mega fenokristal plajiyoklas ( $An_{31-43}Ab_{67-54}Or_{2-3}$ ) mineralleri ile opaklaşma ve bozunma yapılarının çok iyi gözlemlendiği biyotit ( $Mg^{\#}=0.48-0.60$ ) mineralleri oldukça yaygındır. Bu minerallere ayrıca, fenokristal olarak, plajiyoklas ( $An_{32-80}$ ), hornblend ( $Mg^{\#}=0.49-0.82$ ) ve magnetit, tali mineral olarak da apatit ve zirkon eşlik etmektedir.

İkizce (Ordu) yöresi volkanitleri; kalkalkalen karakterli olup, genellikle orta derecede  $K_2O$  içermektedir. Artan  $SiO_2$  karşı  $MgO$ ,  $CaO$ ,  $MnO$ ,  $Fe_2O_3^*$ ,  $Cr$  ve  $Co$  içeriklerinde azalma,  $Al_2O_3$ ,  $P_2O_5$ ,  $TiO_2$ ,  $Sr$ ,  $Zr$ ,  $Th$  ve  $Hf$  içeriklerinde ise artış söz konusudur. Bu ilişkiler; bazaltik kayaların gelişiminde klinopiroksen+olivin+magnetit ayrılaşmasının, andezitik kayaların gelişiminde ise klinopiroksen+plajiyoklas+magnetit ayrılaşmasının etkin bir şekilde rol oynadığına işaret etmektedir. Ayrıca, Temizel ve Arslan

(2003) yaptıkları mineral ayrımlaşması olaylarının jeokimyasal modellemesi çalışmalarında volkanitlerin iz element çiftlerinden (Zr karşı Nb, Zr karşı La, La+Ce karşı Nb gibi) yararlanarak kayaçların gelişimi sırasında klinopiroksen, plajiyoklas ve magnetit ayrımlaşmasının önemli şekilde rol oynadığını belirlemişlerdir.

İncelenen volkanitler; yüksek Sr, K<sub>2</sub>O, Rb, ve Ba içeriklerine, düşük Nb, Zr ve TiO<sub>2</sub> içeriklerine sahip olup, bunların iz element dağılımları E-Tipi MORB'a daha çok benzerlik göstermektedir. Volkanitlerin NTE dağılımlarının birbirine paralellik göstermesi, bazaltik ve andezitik bileşimli kayaçların aynı kökenden türediklerini doğrulamaktadır. Ayrıca, Temizel ve Arslan (2003) yaptıkları NTE kısmi ergime modellemesine göre ana magmanın oluşumunda ilksel magmaya göre kısmi ergime miktarının ağır nadir toprak elementler dikkate alındığında, yaklaşık % 30-35, hafif nadir toprak elementlerde ise yaklaşık % 10-30 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. İkizce volkanitlerine ait NTE dağılımlarının, E-Tipi MORB ve OIB'ye ait dağılımlarla benzerlik sunmasını, volkanitlerin yitim ve astenosferik ergiyiklerin karıştığı zenginleşmiş bir köken magmadan türeyebilecekleri şeklinde yorumlamışlardır (Temizel ve Arslan, 2003).

İnceleme alanındaki (İkizce-Ordu) volkanitlerinin yüksek Sr, K<sub>2</sub>O, Rb, Ba ve düşük Nb, Zr ve TiO<sub>2</sub> içeriklerine sahip olmalarından dolayı, Gümüşhane yöresindeki volkanitlere benzerlik göstermekte olup, yitim sonucu zenginleşmiş bir kaynaktan türeyen kalkalkalen volkanizma özelliği göstermektedirler (Temizel, 2002, Temizel ve Arslan, 2002). Ayrıca bu volkanik kayaçların yüksek LILE (Rb, Ba, Sr, K<sub>2</sub>O) içerikleri ile düşük Nb, Zr, TiO<sub>2</sub> ve Y içeriklerine sahip olması, bunların yiten bir plakanın dehidratasyonu sonucu metazomatizmaya uğrayarak zenginleşmiş bir manto kaynağının varlığını desteklemektedir. Bunların yanı sıra, volkanik kayaçlardaki kimyasal değişimler, kaynak bölgesindeki kısmi ergime, ayrımlaşma, özümleme ve magma karışımı gibi olaylarla açıklanabilir. Temizel ve Arslan (2003), İkizce volkanitleri üzerinde yaptıkları özümleme+mineral ayrımlaşması (AFC) jeokimyasal modelleme çalışmalarında, kayaçların gelişimi esnasında özümleme+mineral ayrımlaşması olayının (AFC) çok etkili olmayıp (özümleme oranı / mineral ayrımlaşması oranının

<%20), mineral ayrımlaşmasının daha baskın olduğunu belirtmişlerdir.

İkizce yöresindeki volkanik kayaçlar, Doğu Pontid kuzey zonu (Trabzon ve Tonya yöresi) ve güney zonunda (Gümüşhane-Kale yöresi) yer alan diğer volkanik kayaçlar ile stratigrafik, petrografik ve petrokimyasal özellikleri açısından deneştirildiğinde, daha çok güney zonu (Gümüşhane-Kale yöresi) volkanitlerine benzerlik göstermektedirler. Ayrıca, İkizce volkanitleri, güney zonu Tersiyer volkanitlerinin devamı olarak düşünülebilir.

## KATKI BELİRTME

Bu çalışma, birinci yazarın yüksek lisans tezinin bir bölümü olup, Karadeniz Teknik Üniversitesi BAP Birimi (Proje no: 2001.112.5.10) tarafından maddi olarak desteklenmiştir. Yazarlar, mikropob analizlerinin gerçekleştirilmesinde yardımcı olan Dr. Nick Ware (Avustralya Ulusal Üniversitesi, Avustralya)'e teşekkür ederler.

## KAYNAKLAR

- Adamia, S. A., Lordkipanidze, M. B., and Zakariadze, G. S., 1977. Evolution of an active continental margin as exemplified by the Alpine history of the Caucasus. *Tectonophysics*, 40, 183-199.
- Aliyazıcıoğlu, İ. ve Arslan, M., 1998. Gümüşhane yöresi volkanik kayaçlarının jeokimyasal ve petrolojik karakteristikleri: Doğu Pontid Güney Zonunda Paleosen-Eosen volkanizmasının gelişimi. *Türkiye Cumhuriyeti'nin 75. Yılında Fırat Üniversitesi'nde Jeoloji Mühendisliği Eğitiminin 20. Yılı Sempozyumu Bildiri Özleri Kitabı*, Elazığ, 24-25.
- Arslan, M., and Aliyazıcıoğlu, İ., 1998. Petrographical and geochemical characteristics of the Gümüşhane area Eocene volcanic rocks: Implications for the evolution of Eastern Pontide back-arc volcanism, Third International Turkish Geology Symposium Abstracts, Ankara, p.182.
- Arslan, M., and Aliyazıcıoğlu, İ., 2001. Geochemical and petrochemical characteristics of the Kale (Gümüşhane) volcanic rocks: Implications for the Eocene evolution of Eastern Pontide arc volcanism, Northeast Turkey. *International Geological Review*, 43(7), 595-610.
- Arslan, M., Tüysüz, N., Korkmaz, S., and Kurt H., 1997. Geochemistry and petrogenesis of

- the Eastern Pontide volcanic rocks, Northeast Turkey. *Chemi der Erde (Geochemistry)*, 57, 157-187.
- Arslan, M., Aslan, Z., Şen, C., and Hoskin, P., 2000. Constrains on petrology and petrogenesis of Tertiary volcanism in the Eastern Pontide Paleo-arc system, NE Turkey. *Goldschmidt 2000. Journal of Conference Abstracts, Volume 5(2)*, 157-158.
- Arslan, M., Temizel, İ., and Abdioğlu, E., 2002. Subduction input versus source enrichment and role of crustal thickening in the generation of Tertiary magmatism in the Pontid Paleo-Arc setting, NE Turkey. In: B. De Vivo and R.J. Bodgar (eds.) *Workshop-Short Course on Volcanic Systems, Geochemical and Geophysical Monitoring, Melt inclusions: Methods, Applications and Problems, Naples, Italy*, 13-16.
- Aydın, F., 2003. Değirmendere vadisi (Trabzon-Esirroğlu, KD-Türkiye) volkanitlerinin mineral kimyası, petrolojisi ve petrojenezi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 233 s (yayımlanmamış).
- Bacon, C.R., and Hirschmann, M. M., 1988. Mg/Mn partitioning as a test for equilibrium between coexisting Fe-Ti oxides. *American Mineralogist*, 73, 57-61.
- Baker, D.R., and Eggler, D.H., 1983. Fractionation paths of Atka (Aleutians) high-alumina basalts: constraints from phase relations. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 18, 387-404.
- Bektaş, O., Yılmaz, C., Taslı, K., Akdağ, K., and Özgür, S., 1995. Cretaceous rifting of the Eastern Pontide carbonate platform, NE Turkey: The formation of carbonate breccias and turbidites as evidence of a drowned platform. *Giornale di Geologia*, 57, 233-244.
- Çamur, M. Z., Güven, İ. H., and Er, M., 1996. Geochemical characteristics of the Eastern Pontide volcanics: An example of multiple volcanic cycles in arc evolution. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 5, 123-144.
- Chawthorn, R.G., and O'Hara, M.J., 1976. Amphibole fractionation in calcalkaline magma genesis. *American Journal of Science*, 276, 309-329.
- Deer, W. A., Howie, R. A., and Zussman, J., 1992. *An Introduction to the Rock-Forming Minerals*. Longman, London, 696 pp.
- Dymek, R. F., 1983. Titanium, aluminum and interlayer cation distributions in biotite from high-grade geisses, West Greenland. *American Mineralogist*, 68, 880-899.
- Eggler, D.H., 1972. Amphibole stability in H<sub>2</sub>O-undersaturated calcalkaline melts. *Earth and Planetary Science Letters*, 15, 28-34.
- Eğin, D., Hirst, D.M., and Phillips, R., 1979. The petrology and geochemistry of volcanic rocks from the northern Harşit river area, Pontid volcanic province, northeast Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 6, 105-123.
- Ewart, A., 1982. The mineralogy and petrology of Tertiary-Recent orogenic volcanic rocks: with special reference to the andesitic-basaltic compositional range. In: R.S. Thorpe (ed.) *Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks*, John Wiley, New York, 29-95.
- Floyd, P.A., Shail, R., Leveridge, B.E., and Franke, W., 1991. Geochemistry and provenance of Rhenohercynian synorogenic sandstones: implications for tectonic environment discrimination. In: A.C., Morton, S., Todd, and P.D.W. Haugton (eds.) *Geological Society of London Special Publication*, 57, 173-188.
- Gill, J.B., 1981. *Orogenic Andesites and Plate Tectonics*. Springer, Berlin, 390p.
- Green, T.H., and Pearson, N.J., 1985. An experimental study of Nb and Ta partitioning between Ti-rich minerals and silicate liquids at high pressure and temperature. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 47, 925-939.
- Gust, D.A., and Perfit, M.R., 1987. Phase relations of a high-Mg basalt from the Aleutian Island Arc: implications for primary island arc basalt and high-Al basalts. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 97, 7-18.
- Güven, İ. H., 1993. Doğu Pontidler'in jeolojisi ve 1/250 000 ölçekli kompilasyonu. MTA, Ankara (yayımlanmamış).
- Irvine, T.N., and Baragar, W.R.A., 1971. A guide to the chemical classification of common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8, 523-548.
- Kazmin, V. G., Sborshikov, I. M., Ricou, L. E., Zonenshain, L. P., Boulín, J., and Knipper, A. L., 1986. Volcanic belts as markers of the Mesozoic-Cenozoic Evolution of Tethys. *Tectonophysics*, 123, 123-152.
- Keskin, İ., Yergök, F. A., Kara, H., Dönmez, M. ve Arslan, M., 1998. Ünye-Fatsa-Kumru-Korgan (Ordu) dolayının jeolojisi. M.T.A Raporu, 10182, Ankara (yayımlanmamış).
- Le Maitre, R. W., 1989. *A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms*. Blackwell, Oxford, 193 pp.
- Leake E. B., Wooley, A. R., Arps, C. E. S., Birch, W. D., Gilbert, M. C., Grice, J. D., Hawthorne, F. C., Kato, A., Kisch, H. J., Krivovichev, V. G., Linthout, K., Laird, J., Mandarino, J., Maresch, W. V., Nickhel, E. H., Rock, N. M. S., Schumacher, J. C., Smith, D. C., Stephenson, N. C. N., Ungaretti, L., Whittaker, E. J. W., and Youzhi, G., 1997. *Nomenclature of Amphiboles Report of the*

- Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on New Minerals and Mineral Names. *European Journal of Mineralogy*, 9, 623-651.
- Morimoto, M., 1988. Nomenclature of pyroxenes. *Mineralogical Magazine*, 52, 535-550.
- Özsayar, T., Pelin, S. ve Gedikoğlu, A., 1981. Doğu Pontidler'de Kretase. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Yer Bilimleri Dergisi*, 2, 65-114.
- Pearce, J.A., 1983. Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: C.J., Hawkesworth, and M.J. Norry, (eds.) *Continental Basalt-sand Mantle Xenoliths*, Shiva, Cheshire, 230-249.
- Perfit, M.R., Gust, D. A., Bence, A.R., Arculus, R.J., and Taylor, S. R., 1980. Chemical Characteristic of Island-Arc Basalts: Implications for Mantle Sources. *Chemical Geology*, 30, 227-256.
- Presnall, D.C., Dixon, J.R., O'donnell, T.H., Drennes, N.L., Schrick, R.L., and Dycus, D.W., 1978. Liquidus phase relations on the join diopside-forsterite-anorthite from 1 atm to 20 kb: Their bearing on the generation and crystallization of basaltic magma. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 66, 203-220.
- Romick, J.D., 1987. Amphibole fractionation and magma mixing in andesites and dacites from the central Aleutians, Alaska. *Transactions American Geophysical Union (EOS)*, 68, 461 pp.
- Saunders, A. D., Tarney, J., and Weaver, S. D., 1980. Tranverse geochemical variations across the Antarctic Peninsula: Implications for the genesis of calc alkaline magmas. *Earth and Planetary Science Letters*, 46, 344-360.
- Sun, S., and McDonough, W.F., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalt: Implications for mantle composition and processes In: A.D. Saunders, and M.J. Norry, (eds.), *Magmatism in the Ocean Basins*, Geological Society of London Special Publication, 42, 313-345.
- Şen, C., 2000. Doğu Pontid alkali provensine (KD, Türkiye) ait Eosen sonrası kayalar içerisinde bulunan ultramafik nodüllerin petrografisi, mineralojisi ve kimyası. *Cumhuriyetin 75. Yıldönümü Yerbilimleri ve Madencilik Kongresi Bildiri Özleri Kitabı*, 1, 55-66.
- Şen, C., Arslan, M. ve Van. A., 1998. Doğu Pontid (KD Türkiye) Eosen (?) alkali volkanik provensinin jeokimyasal ve petrolojik karakteristikleri. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 7, 231-239.
- Taylor, S.R., and McLennan, S.M., 1985. *The Continental Crust, Its Composition and Evolution*. Blackwell, Oxford, 312 pp.
- Temizel, İ., 2002. İkizce (Ünye-Ordu) yöresi volkanik kayalarının petrografik, jeokimyasal ve petrolojik incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 152 s (yayımlanmamış).
- Temizel, İ., and Arslan, M., 2002. Geochemical and petrological characteristics of İkizce (Ordu) area volcanic rocks: Evidences on the evolution of Eastern Pontides Tertiary Volcanism, NE Turkey. 1st International Symposium of the Faculty of Mines (İTÜ) on Earth Sciences and Engineering, Abstracts, p.90.
- Temizel, İ. ve Arslan, M., 2003. İkizce (Ünye-Ordu) yöresi Tersiyer volkanitlerinin gelişiminde etkili olan magmatik olayların jeokimyasal modellenmesi (KD Türkiye). *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(2), 161-177.
- Thompson, R.N., Morrison, M.A., Hendry, G.L., and Parry, S.J., 1984. An assessment of the relative roles of crust and mantle in magma genesis: An elemental approach. *Philosophical Transactions of The Royal Society, London*, a310, 549-590.
- White, W.M., and Patchett, J., 1984. Hf-Nd-Sr isotopes and incompatible element abundances in island arcs: implications for magma origins and crust mantle evolution. *Earth and Planetary Science Letters*, 67, 167-185.
- Winchester, J., and Floyd, P.A., 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology*, 20, 325-343.
- Yoldaş, R., Keskin, B., Korkmaz, S., Didik, S., Kalkan, İ., Ağrıdağ, D. ve Besbelli, B., 1985. Samsun ve dolayının (Kızılırmak-Yeşilirmak arasındaki bölge) jeolojisi ve petrol olanakları. MTA Rapor No. 8130 (yayımlanmamış).