

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

İKİZCE (ÜNYE-ORDU) YÖRESİ VOLKANİK KAYAÇLARININ
PETROGRAFIK, JEOKİMYASAL VE PETROLOJİK İNCELENMESİ

127450

Jeoloji Mühendisi İrfan TEMİZEL

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce
“Jeoloji Yüksek Mühendisi”

Ünvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir

TC YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 04.01.2002

Tezin Savunma Tarihi : 24.01.2002

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Mehmet ARSLAN

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Cüneyt ŞEN

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Kenan GELİŞLİ

Enstitü Müdürü Prof.Dr.Asım KADIOĞLU

A. Kadioğlu

TRABZON 2002

ÖNSÖZ

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'ne Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Ordu İli Ünye İlçesi'ne bağlı İkizce Beldesi ve çevresinde yüzeylenen Tersiyer yaşlı volkanik kayaların petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özelliklerinin incelendiği bu çalışmada, bölgedeki volkanizmanın gelişimi ortaya konularak, kökeni belirlenmeye çalışılmıştır.

Danışmanlığımı üstlenerek, tez çalışmamın konusunu belirleyen ve her aşamasını izleyerek önerilerde bulunan hocam Doç.Dr.Mehmet ARSLAN'a teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmam boyunca genel jeolojik önerilerinden dolayı Prof.Dr.Osman BEKTAŞ'a ve Yrd.Doç.Dr.Kemal AKDAĞ'a, sedimantolojik incelemelerdeki yardımlarından dolayı Doç.Dr.Cemil YILMAZ'a, paleontolojik yaş tayinlerindeki yardımlarından dolayı Yrd.Doç.Dr.Sibel ÖZGÜR'e , petrografi ile ilgili konulardaki yardımlarından dolayı Doç.Dr.Cüneyt ŞEN'e, Yrd.Doç.Dr.Gültekin TOPUZ'a, Arş.Gör.Faruk AYDIN'a, arazi çalışmalarındaki yardımlarından dolayı Arş.Gör.Emel ABDİOĞLU'na, mikroprob analizlerinin yapılmasında yardımcı olan Dr. Paul W.O. HOSKIN (ABD) ve Nick Ware'e (Avustralya), bazı analizlerin değerlendirilmesinde bilgisayar programlarından yararlandığım Doç.Dr.Fuat Yavuz'a, ince kesit yapımındaki yardımlarından dolayı Teknisyen Murat Kayıkçı'ya teşekkür ederim.

Çalışmamın başından beri maddi ve manevi desteğini esirgemeyen aileme ve arazi ve büro çalışmalarında her zaman yanımda olan Arş.Gör.Arzu FIRAT ERSOY ve Arş.Gör.Hakan ERSOY'a içtenlikle teşekkür ederim.

İrfan TEMİZEL

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	VI
SUMMARY.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	XVI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Ulaşım ve Yerleşim.....	1
1.3. İklim ve Bitki Örtüsü.....	2
1.4. Topografya ve Akarsular.....	2
1.5. Bölgesel Jeoloji.....	2
1.6. Önceki Çalışmalar.....	6
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	11
2.1. Materyal ve Yöntemler.....	11
2.1.1. Arazi Çalışmaları.....	11
2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları.....	11
2.1.2.1. Mikroskopik Tayinler.....	11
2.1.2.2. Kimyasal Analizler.....	11
2.1.2.2.1. Tüm Kayaç Analizleri.....	12
2.1.2.2.2. Mikroprob Analizleri.....	12
2.1.3. Büro Çalışmaları.....	13
3. BULGULAR.....	14
3.1. Giriş.....	14
3.2. STRATİGRAFI.....	14
3.2.1. Akveren Formasyonu.....	14
3.2.1.1. Tekkiraz Üyesi.....	14
3.2.2. Koçevyanı Bazaltı.....	16
3.2.3. Tekkeköy Formasyonu.....	19
3.2.3.1. Çaybaşı Üyesi.....	19

3.2.3.2.	Kurttaşlı Tepe Andeziti.....	22
3.2.3.3.	Kale Üyesi.....	23
3.2.3.4.	İkizce Andeziti.....	27
3.2.3.5.	Teknecik Andezit Porfiri.....	28
3.2.4.	Bazalt ve Andezit Daykı.....	30
3.2.5.	Taraça.....	30
3.2.6.	Alüvyon.....	31
3.3.	PETROGRAFI.....	31
3.3.1.	Giriş.....	31
3.3.2.	Akveren Formasyonu.....	31
3.3.2.1.	Tekkiraz Üyesi.....	31
3.3.3.	Koçevyanı Bazaltı.....	32
3.3.3.1.	Mineral Kimyası.....	35
3.3.3.1.1.	Klinopiroksen.....	35
3.3.3.1.2.	Plajiyoklas.....	35
3.3.3.1.3.	Olivin.....	36
3.3.3.1.4.	Fe-Ti Oksitler.....	37
3.3.4.	Tekkeköy Formasyonu.....	42
3.3.4.1.	Çaybaşı Üyesi.....	42
3.3.4.2.	Kurttaşlı Tepe Andeziti.....	42
3.3.4.3.	Kale Üyesi.....	44
3.3.4.3.1.	Mineral Kimyası.....	46
3.3.4.3.1.1.	Plajiyoklas.....	46
3.3.4.3.1.2.	Hornblend.....	47
3.3.4.3.1.3.	Klinopiroksen.....	47
3.3.4.4.	İkizce Andeziti.....	47
3.3.4.4.1.	Mineral Kimyası.....	54
3.3.4.4.1.1.	Plajiyoklas.....	54
3.3.4.4.1.2.	Hornblend.....	55
3.3.4.4.1.3.	Klinopiroksen.....	55
3.3.4.4.1.4.	Fe-Ti Oksitler.....	57
3.3.4.5.	Teknecik Andezit Porfiri.....	57

3.3.4.5.1.	Mineral Kimyası.....	64
3.3.4.5.1.1.	Plajiyoklas.....	64
3.3.4.5.1.2	Hornblend.....	64
3.3.4.5.1.3.	Biyotit.....	66
3.3.4.5.1.4.	Fe-Ti Oksitler.....	68
3.3.4.5.2.	Teknecik Andezit Porfiri'nde Jeotermometre ve Jeobarometre hesaplamaları.....	68
3.3.5.	Bazalt ve Andezit Daykı.....	82
3.3.5.1.	Mineral Kimyası.....	84
3.3.5.1.1.	Plijiyoklas.....	84
3.3.5.1.2.	Hornblend.....	84
3.3.5.1.3.	Klinopiroksen.....	85
3.3.5.1.4.	Fe-Ti Oksitler.....	86
3.4.	VOLKANİK KAYAÇLARIN JEOKİMYASI.....	95
3.4.1.	Giriş.....	95
3.4.2.	Volkanik Kayaçların Kimyasal Adlandırılması.....	95
3.4.3.	Ana ve İz Elementler.....	100
3.4.4.	Uyumsuz Elementler.....	109
3.4.5.	Nadir Toprak Elementler.....	110
3.4.6.	Volkanik Kayaçların Tektonik Ortamı.....	114
3.5.	PETROJENEZ.....	116
3.5.1.	Giriş.....	116
3.5.2.	Kısmi Ergime.....	116
3.5.3.	Fraksiyonel Kristalleşme.....	119
3.5.4.	Asimilasyon.....	123
3.5.5.	Magma Karışımı.....	124
4.	İRDELEME VE TARTIŞMA.....	129
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	140
6.	KAYNAKLAR.....	142
7.	ÖZGEÇMİŞ.....	152

ÖZET

İkizce (Ünye-Ordu) yöresinde yer alan Tersiyer yaşlı volkanik kayaçların petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özelliklerinin incelendiği bu çalışmada, volkanizmanın gelişimi ortaya konularak, kökeni belirlenmeye çalışılmıştır. Doğu Pontid Güney zonunda yer alan inceleme alanının tabanında; Geç Kretase-Paleosen yaşlı Akveren Formasyonu'nun Tekkiraz Üyesi bulunmaktadır. Formasyon üzerine uyumsuzlukla Paleosen-Eosen yaşlı Koçevyanı Bazaltı gelmektedir. Bu birimi uyumsuzlukla örten Eosen yaşlı Tekkeköy Formasyonu alttan üste doğru; yer yer konglomeratik seviyelerle başlayan Çaybaşı Üyesi, Kurttaşlı Tepe Andeziti, Kale Üyesi, İkizce Andeziti ve Teknecik Andezit Porfiri'nden oluşmaktadır. Bu birimlerin hepsi Kuvaterner yaşlı taraça ve alüvyonlarla uyumsuz olarak örtülmektedir.

İncelenen volkanik kayaçlar; 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 ($Wo_{44-48}En_{42-48}Fs_{8-12}$), plajiyoklas (An_{32-50}), olivin (Fo_{82-84}), hornblend ($Mg^{\#} = 0.48-0.81$), 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 K içerirler. Ana ve iz element değişimleri, kayaçların gelişiminde klinopiroksen, olivin, hornblend, plajiyoklas, magnetit ve apatit fraksiyonlaşmasının etkili olduğuna işaret etmektedir. Yüksek BILE (Sr, K_2O , Rb, Ba) ve HNTE (La, Ce) ile düşük Nb, Zr, Y ve TiO_2 içerikleri kayaçların; yitim ve astenosferik ergiyiklerin karıştığı zenginleşmiş bir köken magmadan türediğine, Koçevyanı Bazaltı'nın yüksek basınçta (~2 kbar) olivin+ojit kontrollü fraksiyonlaşmayla, andezitik kayaçların ise daha sığ derinliklerde düşük basınçta (~1 bar) ojit + hornblend ± plajiyoklas kontrollü fraksiyonlaşma ve asimilasyon ± magma karışımıyla oluştuğunu açıklamaktadır.

Anahtar Kelimeler:Doğu Pontid, Tersiyer Volkanizması, Yay Volkanizması, Bazalt, Andezit, Kalkalkalen Volkanitler, Manto Metazomatizması, Fraksiyonel Kristallenme.

SUMMARY

Petrographical, Geochemical and Petrological Investigation of the İkizce (Ünye-Ordu) Area Volcanic Rocks

In this study, petrographical, geochemical and petrological characteristics of Tertiary aged volcanic rocks in the İkizce (Ünye-Ordu) area were determined, and the evolution and origin of volcanism were investigated. In the studied area located at the south of Eastern Pontid, the basement is represented by Late Cretaceous-Paleocene aged Tekkiraz Member of Akveren Formation. This formation overlain unconformably by Paleocene-Eocene aged Koçevyanı Basalt. Eocene aged Tekkeköy Formation, overlain unconformably this unit, is made up from bottom to top; Çaybaşı Member beginning locally with conglomerate, Kurttaşlı Tepe Andesite, Kale Member, İkizce Andesite and Teknecik Andesite Porphyr. All these units are overlain unconformably by Quaternary terrace and alluvium.

The investigated volcanic rocks contain commonly andesite, andesite porphyr and pyroclastics, rarely basalt and basaltic andesite, and show porphyric, microlitic porphyric, hyalo-microlitic porphyric, hyalopilitic and rarely intersertal, intergranular, fluidal and glomeroporphyric textures. The rocks include clinopyroxene ($W_{0.44-0.48}En_{42-48}Fs_{8-12}$), plagioclase (An_{32-50}), olivine (Fo_{82-84}), hornblende ($Mg^{\#} = 0.48-0.81$), biotite ($Mg^{\#} = 0.48-0.60$), rarely magnetite, apatite and zircon. The rocks show disequilibrium textures such as oscillatory zoning, sieve texture and corrosion in plagioclase phenocrysts, breakdown and opaqued hornblendes and biotites, melting in clinopyroxene. Volcanics are generally calcalkaline and tholeiitic-alkaline transitional in character, and have medium-K contents. Major and trace element variations indicate 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), low HFSE (Nb, Zr, Y, TiO_2) contents show that the rocks evolved from a parental magma derived from an enriched source formed by mixing of slab and asthenospheric melts. Koçevyanı Basalt formed olivine + augite controlled fractionation in high pressure (~2 kbar) whereas andesitic rocks developed augite + hornblende ± plagioclase controlled fractionation at shallow level low pressure (~1 bar), and assimilation ± magma mixing.

Key Words: Eastern Pontid, Tertiary Volcanism, Arc Volcanism, Basalt, Andesite, Calcalkaline Volcanism, Mantle Metasomatism, Fractional Crystallisation.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	Çalışma alanına ait yer bulduru haritası.....	1
Şekil 2.	Doğu Pontidler'deki Tersiyer volkanitleri ve bunları kesen sokulumların yayılımını gösteren basitleştirilmiş jeolojik harita Tersiyer magmatiklerini kapsayan önceki çalışmaların lokasyonları: 1) Şen ve diğ. (1997), Arslan ve diğ. (1999), Arslan ve diğ. (1999), Arslan ve diğ. (2000) ; 2) Keskin ve diğ. (1998) ; 3) Aliyazıcıoğlu ve Arslan (1998), Şen ve Kaygusuz (1998), Arslan ve Aliyazıcıoğlu (2000), Karlı ve diğ. (2000), Aydın ve diğ. (2001)	4
Şekil 3.	Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti	15
Şekil 4.	a) Koçevyanı Mahallesi dolayında yüzeysel alterasyona maruz kalmış bazaltların görünümü, b) Kürtün Mahallesi civarında, Koçevyanı Bazaltı'nda ışınal veya buket şekilli soğuma çatlaklarının görünümü.....	17
Şekil 5.	Kürtün Mahallesi'nde Koçevyanı Bazaltı içerisinde tüffit ile aralanmalı olarak bulunan marn, kiltası ve silttaşından oluşan ara seviye.....	18
Şekil 6.	Kürtün Mahallesi güneyinde Koçevyanı Bazaltı içerisinde ara seviye olarak gözlenen tüffit-marn-kiltası-silttaş-aglomera-tüf aralanması.....	18
Şekil 7.	Kürtün Mahallesi civarında Koçevyanı Bazaltı'nda gözlenen yastık debisi.....	19
Şekil 8.	Uzunkırık Mahallesi civarında gözlenen Çaybaşı Üyesi'ne ait konglomeraların arazi görünümü.....	20
Şekil 9.	Güllüce ve Kürtün Mahalleleri dolaylarında gözlenen Çaybaşı Üyesi'ne ait kalın-orta tabakalı, sarımsı gri renkli kumtaşının arazi görünümü.....	21
Şekil 10.	Hacıbel Mahallesi civarında gözlenen Çaybaşı Üyesi'nin en üst kısmını oluşturan ince-orta katmanlı, gri ve sarımsı gri renkli kumtaş, marn, kiltası ve silttaş aralanması.....	22

Şekil 11. Kurttaşlı Tepe civarında Çaybaşı Üyesi'ni keserek yerleşen, camsı ve bol kırıklı bir yapıya sahip olan Kurttaşlı Tepe Andeziti'nin arazi görünümü.....	23
Şekil 12. Hocaoğlu Mahallesi dolaylarında gözlenen oldukça yuvarlaklaşmış bazaltik aglomeranın görünümü.....	24
Şekil 13. Kale Mahallesi'nde yüzeylenen çapları 5-40 cm arasında değişen andezitik breşlerin arazi görünümü.....	25
Şekil 14. Kale Mahallesi'nde sivri kornişler şeklinde yükselen andezitik breşlerin arazi görünümü.....	25
Şekil 15. Kale Mahallesi'nde yüzeyleme veren andezitik breşlerin arazi görünümü.....	26
Şekil 16. Kuşça ve Kızılağaç Mahalleleri civarında yüzeyleme veren andezitik breşler ve bunların alt seviyelerinde gözlenen tabakalı tüflerin arazi görünümü.....	27
Şekil 17. İkizce yöresindeki kolon debili andezitlerin arazi görünümü.....	28
Şekil 18. İkizce yöresinde Akçay Deresi yatağında gözlenen kolon debili andezitlerin arazi görünümü.....	29
Şekil 19. Gokça Mahallesi dolayındaki andezit porfirlerde alterasyon sonucu oluşan halka şeklindeki ayrışma yapılarının görünümü.....	30
Şekil 20. Aydıntepe dolaylarında yüzeylenen biyomikritik kireçtaşlarının mikroskopta görünümü (Pf: Pelajik foraminifer) (Örnek No:C14).....	32
Şekil 21. Koçevyanı Bazaltı'nda oldukça iri ve ikizlenme gösteren klinopiroksen minerali (Ç.N.; Kpir :Klinopiroksen, Pl :Plajiyoklas, Op:Opak)(Örnek No:B ₂).....	33
Şekil 22. Koçevyanı Bazaltı'ndaki klinopiroksende kimi ergime sonucu gelişen elek dokusu (Ç.N.; Kpir: Klinopiroksen, Pl: Plajiyoklas) (Örnek No: 3A).....	33
Şekil 23. Koçevyanı Bazaltı'ndaki klinopiroksen ve opak minerallerinin oluşturduğu glomeroporfirik doku (Ç.N.; Kpir: Klinopiroksen, Pl:Plajiyoklas, Op: Opak) (Örnek No: K35).....	34
Şekil 24. Koçevyanı Bazaltı'ndaki bol çatlaklı, serpantinleşmiş olivinlerin mikroskopta görünümü (Ç.N.; Ol : Olivin, Pl : Plajiyoklas) (Örnek No:B1).....	35

Şekil 25. İri klinopiroksen mineralleri içeren bazaltların mikroskopta görünümü (Ç.N.; Kpir: Klinopiroksen, Pl: Plajiyoklas, Op: Opak) (Örnek No: B1).....	36
Şekil 26. Koçevyanı Bazaltı'ndaki klinopiroksenlere ait Wo-En-Fs üçgen diyagramı (Morimoto ve diğ., 1988).....	36
Şekil 27. Koçevyanı Bazaltı'ndaki plajiyoklaslara ait Ab-An-Or üçgen diyagramı.....	37
Şekil 28. Koçevyanı Bazaltı'ndaki Fe-Ti oksit minerallerinin bileşimini gösteren üçgen diyagramı (Bacon ve Hirschmann, 1988).....	37
Şekil 29. Çaybaşı Üyesi'ne ait kireçtaşlarının mikroskoptaki görünümü (N:Nummulites) (Örnek No: 3A).....	42
Şekil 30. Kurttaşlı Tepe Andeziti'ndeki plajiyoklaslarda gözlenen kemirilme dokusu ve metamikt zirkon minerali (T.N.; Pl: Plajiyoklas, Zr: Zirkon) (Örnek No: 2).....	43
Şekil 31. Breşlerdeki andezitik çakıllarda gözlenen plajiyoklasların sunduğu karmaşık ikizlenme (Ç.N.; Pl:Plajiyoklas, Hbl:Hornblend) (Örnek No: B8).....	44
Şekil 32. Breşlerdeki andezitik çakıllarda gözlenen hornblend minerallerinin sunduğu kemirilme yapıları (Ç.N.; Pl: Plajiyoklas, Hbl: Hornblend) (Örnek No: B8).....	45
Şekil 33. Breşlerdeki andezitik çakıllarda, hamurda mikrolitler halinde bulunan plajiyoklasların gösterdiği akma dokusu (Pl: Plajiyoklas, H: Hornblend) (Örnek No:6).....	46
Şekil 34. Kale Üyesi'ndeki bazaltik breş çakıllarına ait plajiyoklasların An-Ab-Or üçgen diyagramı.....	47
Şekil 35. Kale Üyesi'ndeki bazaltik breş çakıllarına ait hornblendlerin sınıflaması (Leake ve diğ., 1997).....	48
Şekil 36. Kale Üyesi'ndeki bazaltik breş çakıllarına ait klinopiroksenlerin Wo-En-Fs üçgen diyagramı (Morimoto ve diğ., 1988).....	48
Şekil 37. İkizce Andeziti'ndeki karmaşık ikiz ve zonlanma gösteren plajiyoklas fenokristali (Ç.N.; Pl: Plajiyoklas, Hbl: Hornblend, Op: Opak, Z: Zeolit) (Örnek No: 13).....	52

Şekil 38. İkizce Andeziti'ndeki plajiyoklas minerallerinin kenar kısımlarında gözlenen ince bir zarf şeklinde yeniden büyüme zonu (Ç.N.; Pl: Plajiyoklas, Kpir: Klinopiroksen, Op: Opak) (Örnek No:27)..	53
Şekil 39. İkizce Andeziti'nde elek dokusu gösteren plajiyoklas minerali (Ç.N.; Pl: Plajiyoklas, Hbl: Hornblend, Op: Opak) (Örnek No: 2A).....	53
Şekil 40. İkizce Andeziti'ndeki zonlanma gösteren hornblend (Ç.N.; Pl: Plajiyoklas, Hbl: Hornblend, Bi: Biyotit, Op: Opak) (Örnek No: 27).....	54
Şekil 41. İkizce Andeziti'ndeki plajiyoklaslara ait Ab-An-Or üçgen diyagramı.....	55
Şekil 42. İkizce Andeziti'ndeki hornblendlerin sınıflaması (Leake ve diğ.,1997).....	56
Şekil 43. İkizce Andeziti'ne ait klinopiroksenlerin Wo-En-Fs üçgen diyagramı (Morimoto ve diğ., 1988).....	56
Şekil 44. Teknecik Andezit Porfiri'ndeki karmaşık ikiz ve elek dokusu gösteren plajiyoklaslar (Ç.N.; Pl: Plajiyoklas, Hbl: Hornblend) (Örnek No: K19).....	57
Şekil 45. Teknecik Andezit Porfiri'ndeki karmaşık ikiz ve elek dokusu gösteren Plajiyoklaslar (Ç.N.; Pl: Plajiyoklas, Hbl: Hornblend) (Örnek No: K19).....	62
Şekil 46. Teknecik Andezit Porfirindeki halkalı zonlanma gösteren plajiyoklas (Ç.N.; Pl: Plajiyoklas, Hbl: Hornblend, Op: Opak) (Örnek No: K19).....	63
Şekil 47 Teknecik Andezit Porfiri'ndeki tek yönde dilinim (001) gösteren biyotitler (Ç.N.; Pl: Plajiyoklas, Hbl: Hornblend, Bi: Biyotit) (Örnek No: 6c).....	63
Şekil 48. Teknecik Andezit Porfiri'ndeki plajiyoklaslara ait Ab-An-Or üçgen diyagramı.....	65
Şekil 49. Teknecik Andezit Porfiri'ndeki hornblendlerin sınıflaması (Leake ve diğ.,1997).....	65
Şekil 50. Teknecik Andezit Porfiri'ndeki biyotitlerin Al (IV)'e karşı Fe / (Fe + Mg) grafiği (Deer ve diğ., 1992) (Taralı alan doğal biyotitlerin bileşimini temsil etmektedir).....	66

Şekil 51. Teknecik Andezit Porfiri'ndeki biyotitlere ait değişik sınıflandırma diyagramları (Speer,1987) a-) Mg - [Al (VI) + Fe ⁺³ +Ti] - [Fe ⁺² +Mn] üçgen diyagramı, b-) MgO - FeO(t) - Al ₂ O ₃ üçgen diyagramı, c-) MgO-FeO(t)-Al ₂ O ₃ üçgen diyagramı, d-) Fe ⁺² -Mg-Fe ⁺³ ayırtman diyagramı.....	67
Şekil 52. Teknecik Andezit Porfiri'ndeki Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988).....	68
Şekil 53. Teknecik Andezit Porfiri'ndeki plajiyoklaslara ait Ab-An-Or üçgen Diyagramı. İzoterm çizgileri Fuhrman ve Lindsley, (1988)'e göredir.....	69
Şekil 54. Bazalt Daykы'ndaki h' (100) ikizi gösteren hornblend minerali (Ç.N.; Pl: Plajiyoklas, Kpir: Klinopiroksen, Hbl: Hornblend, Op: Opak) (Örnek No:K23).....	82
Şekil 55. Andezit Daykы'ndaki hornblend ve klinopiroksen minerallerinin mikroskoptaki görünümü (Ç.N.; Pl: Plajiyoklas, Kpir: Klinopiroksen, Hbl: Hornblend, Op: Opak) (Örnek No:K18).....	84
Şekil 56. Andezit ve Bazalt Daykы'na ait plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramı.....	85
Şekil 57. Andezit ve Bazalt Daykы'na ait hornblendlerin sınıflaması (Leake ve diğ.,1997).....	85
Şekil 58. Bazalt Daykы'nın klinopiroksenlerine ait Wo-En-Fs üçgen diyagramı (Morimoto ve diğ., 1988).....	86
Şekil 59. Bazalt Daykы'na ait Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988).....	86
Şekil 60. İkizce (Ordu) yöresindeki volkanik kayaçların SiO ₂ 'ye karşı Na ₂ O+K ₂ O (TAS) diyagramı. Alkali-Yarıalkali eğrisi Irvine ve Baragar (1971)'e göredir.....	96
Şekil 61. İkizce (Ordu) yöresindeki volkanik kayaçların SiO ₂ 'ye karşı K ₂ O diyagramı (Le Maitre ve diğ., 1989).....	97
Şekil 62. İkizce (Ordu) yöresindeki volkanik kayaçların Nb/Yb karşı Zr/TiO ₂ *0.0001 diyagramı (Winchester ve Floyd, 1976).....	98
Şekil 63. İkizce (Ordu) yöresindeki volkanik kayaçların AFM (Na ₂ O+K ₂ O, FeO(t), MgO) diyagramı. Toleyitik - Kalkalkali ayırım eğrisi Irvine ve Baragar (1971)'e göredir.....	99

Şekil 64. İkizce (Ordu) yöresindeki volkanik kayaçların SiO ₂ 'ye karşı FeO(t) / MgO diyagramı. Toleyitik-Kalkalkali ayırım eğrisi Miyashiro (1974)'ya göredir.....	99
Şekil 65. İkizce (Ordu) yöresindeki volkanik kayaçların SiO ₂ 'ye karşı ana element değişim diyagramları.....	107
Şekil 66. İkizce (Ordu) yöresindeki volkanik kayaçların SiO ₂ 'ye karşı iz element değişim diyagramları.....	108
Şekil 67. İkizce (Ordu) volkanik kayaçlarının; A)E-Tipi MORB, B)N-Tipi MORB, C)Kıtasal Kabuk ve D)Okyanus Adası Bazaltı'na göre normalize edilmiş iz element dağılımları. Normalize değerleri Sun ve McDonough, (1989)'dan alınmıştır.....	109
Şekil 68. İkizce (Ordu) yöresindeki volkanik kayaçların SiO ₂ 'ye karşı nadir toprak element değişim diyagramları.....	111
Şekil 69. İkizce (Ordu) yöresindeki volkanik kayaçların her birine ait kondritlere göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları (Taylor ve McLennan,1985).....	112
Şekil 70. İkizce (Ordu) yöresi volkanik kayaçlarının kondritlere göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları (Taylor ve McLennan, 1985)....	114
Şekil 71. İkizce (Ordu) yöresi volkanik kayaçların Ba (ppm)'a karşı La (ppm) diyagramı (Perfit ve diğ., 1980; Gill, 1981).....	115
Şekil 72. İkizce (Ordu) yöresi volkanik kayaçların Zr (ppm) karşı Ba (ppm) diyagramı (Floyd, 1991).....	115
Şekil 73. İkizce (Ordu) yöresindeki volkanik kayaçların La/10 – Y/15 – Nb/8 üçgen diyagramı. Alanlar; 1) orojenik bölge (1A- kalkalkali bazaltlar, 1c- volkanik yay toleyitleri, 1B- 1A ve 1C arasında yer alan, kalkalkali bazaltlar ile toleyitlerin çakıştığı bölge), 2) kıtasal kabuk etkileri gösteren geç-post orojenik bölge (2A- kıtasal bazaltlar, 2B-yay gerisi havza bazaltları), 3) orojenik olmayan bölge (3A-alkali bazaltlar, 3B- zenginleşmiş E-Tipi MORB, 3C-az zenginleşmiş E-Tipi MORB, 3D- N-Tipi MORB) (Cabanis ve Lecolle, 1989) (oklar; MT-okyanus adası bazaltı ve dalma-batma bileşenleri arasındaki karışım hattı; CC- dalma-batma ve üst kabuk (UC) bileşenleri arasındaki karışım hattını göstermektedir).....	116

- Şekil 74. İkizce (Ordu) yöresi volkanik kayaçların Zr (ppm) karşı Co (ppm), Cr (ppm) ve Ni (ppm) değişimleri diyagramları..... 117
- Şekil 75. İkizce (Ordu) yöresi volkanik kayaçların gelişiminde kısmi ergime derecesini gösteren Zr/Nb karşı Zr/Y diyagramı. MORB alanları; (P-Tipi: Plum, T-Tipi:Geçiş, N-Tipi:Normal) LeRoex (1987)'den alınmıştır..... 118
- Şekil 76. İkizce (Ordu) yöresindeki volkanik kayaçların La +Ce karşı Ba (ppm) ve Nb (ppm) diyagramları ile Y (ppm) karşı La/Y diyagramı..... 119
- Şekil 77. İkizce (Ordu) yöresindeki volkanik kayaçların Fe₂O₃ / MgO karşı CaO /Al₂O₃ değişim diyagramı (Vektörler, minerallerin fraksiyonlaşma yönlerini göstermektedir)..... 120
- Şekil 78. İkizce (Ordu) yöresindeki volkanik kayaçların Zr (ppm) karşı TiO₂ (%), Y (ppm) ve Nb (ppm) diyagramları (Vektörler, minerallerin fraksiyonlaşma yönlerini göstermekte olup, Pearce ve Norry, 1979'e göredir)..... 121
- Şekil 79. İkizce (Ordu) yöresindeki volkanik kayaçlarının CaO'e karşılık Y diyagramı (Lambert ve Holland, 1974). Vektörler, bazaltik bileşim için minerallerin fraksiyonlaşma yönlerini göstermektedir)..... 122
- Şekil 80. İkizce (Ordu) yöresi volkanik kayaçların Nb / Y karşı Rb / Y diyagramı. Kabuk bileşimleri (ÜK: üst kabuk, BK: bulk kabuk, OK: ortalama kabuk) Taylor ve McLennan (1985) 'dan alınmıştır..... 124
- Şekil 81. İkizce (Ordu) yöresindeki volkanik kayaçların (La / Sm)_N karşı (Ba / La)_N grafiği. Ada yayı bazaltı ve okyanus volkanitleri alanı Arculus ve Powel (1986)' dan, diğer alanlar ise Defant ve diğ. (1991)' den, kondrit normalleştirme değerleri Taylor ve McLennan (1985)'dan alınmıştır..... 125
- Şekil 82. İkizce (Ordu) yöresi volkanik kayaçlarında magma karışımına işaret eden dengesizlik dokuları (Ç.N.); (a) Koçevyanı Bazaltı' nda klinopiroksen fenokristalinin kenarlarında kısmi ergime ile gelişen kemirilme yapısı (3A), (b)Teknecik Andezit Porfiri'ne ait plajiyoklas fenokristalinde elek dokusu ve kenarındaki yeniden büyüme zarfı (K15), (c)İkizce Andeziti'nde opak mineral ve volkanik cam inklüzyonları içeren, özşekilli hornblend fenokristali (K27), (d)Teknecik Andezit

- Porfiri'nde halkalı zonlu ve süngerimsi plajiyoklas (K15), (e)Koçevyanı Bazaltı'nda plajiyoklas ve opak mineral inklüzyonları içeren klinopiroksenin oluşturduğu kümülofirik doku (B2), (f)Teknecik Andezit Porfiri'nde volkanik cam inklüzyonları içeren, halkalı zonlu plajiyoklas (B3)..... 126
- Şekil 83. Plajiyoklaslarda merkezden kenara doğru halkalı zonlanma profillerinin şematik gösterimi. A) Magma karışımı (Nixon ve Pearce, 1987), B) Lokal dengesiz kristallenme (Loomis, 1982), C) Magma karışımı ve dengesiz kristallenmenin birlikte etkisi (Stamatelopolou -Seymour ve diğ., 1990) nedeniyle halkalı zonlanma gelişimi..... 127
- Şekil 84. İkizce (Ordu) yöresinin, Doğu Pontid Kuzey Zonu (Trabzon-Tonya yöresi) ve Güney Zonu'ndaki (Gümüşhane-Kale yöresi) diğer Üst Kretase sonrası litolojilerle karşılaştırılmalı kolon kesitleri (Trabzon-Tonya yöresi ve Gümüşhane-Kale yöresine ait stratigrafik kolon kesitler, Arslan ve diğ., 2001'den alınmıştır)..... 130
- Şekil 85. İkizce (Ordu) volkanitleri (a) ile Kuzey (Trabzon ve Tonya) zonu ve Güney (Gümüşhane) zonu (b) volkanitlerinin karşılaştırmalı NTE dağılımları (Kuzey ve Güney zonu, NTE dağılımları, Arslan ve diğ. (2001)'den alınmıştır)..... 135
- Şekil 86. İkizce (Ordu) yöresi volkanik kayaların Ol-Kpir-K üçgen diyagramı (Grove ve Kinzler, 1986)..... 137
- Şekil 87. İkizce (Ordu) yöresi volkanik kayaların Ti (ppm) karşı La/Nb diyagramı ve Ti / Hf karşı La / Ta diyagramları. Yitim ergiyiklerini içeren alan, Schiano ve diğ. (1995) ve Yogodzinski ve diğ. (1995); MORB ve OAB alanları ise, Sun ve McDonough (1989)'dan alınmıştır... 138
- Şekil 88. İkizce (Ordu) yöresi volkanik kayaların Ta/Yb karşı Th/Yb (a) ve Ta/Yb karşı $(K_2O/Yb) \cdot 10^{-4}$ (b) diyagramları (Pearce ve diğ., 1983). FC (Fraksiyonel kristallenme), AFC (Asimilasyon+fraksiyonel kristallenme), SZ (Yitim zonu), E (zenginleşme), D (azalma), F (akma) ve manto metazomatizmasını gösterir vektörler Pearce ve diğ.(1990)'den, Alanlar; T(Tonga tipi), M (Marianas tipi) ve A (And tipi) Pearce (1983)'den alınmıştır..... 139

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Koçevyanı Bazaltı'na ait klinopiroksenlerin mikroprob analiz sonuçları.....	38
Tablo 2. Koçevyanı Bazaltı'na ait plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları...	39
Tablo 3. Koçevyanı Bazaltı'na ait olivinlerin mikroprob analiz sonuçları.....	40
Tablo 4. Koçevyanı Bazaltı'na ait Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları...	41
Tablo 5. Kale Üyesi'ndeki bazaltik breşlere ait plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları.....	49
Tablo 6. Kale Üyesi'ndeki bazaltik breşlere ait hornblenlerin mikroprob analiz sonuçları.....	50
Tablo 7. Kale Üyesi'ndeki bazaltik breşlere ait klinopiroksenlerin mikroprob analiz sonuçları.....	51
Tablo 8. İkizce Andeziti'ne ait plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları.....	58
Tablo 9. İkizce Andeziti'ne ait hornblenlerin mikroprob analiz sonuçları.....	59
Tablo 10. İkizce Andeziti'ne ait klinopiroksenlerin mikroprob analiz sonuçları....	60
Tablo 11. İkizce Andeziti'ne ait Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları.....	61
Tablo 12. Teknecik Andezit Porfiri'ne ait plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları.....	70
Tablo 13. Teknecik Andezit Porfiri'ne ait hornblendlerin mikroprob analiz sonuçları.....	75
Tablo 14. Teknecik Andezit Porfiri'ne ait biyotitlerin mikroprob analiz sonuçları.....	77
Tablo 15. Teknecik Andezit Porfiri'ne ait Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları.....	78
Tablo 16. Teknecik Andezit Porfiri içerisindeki Hornblend-Plajiyoklas mineral birlikteliğinden hesaplanan jeotermometre.....	79
Tablo 17. Teknecik Andezit Porfiri hornblendlerden hesaplanan jeotermometre..	80
Tablo 18. Bazalt Daykısı'na ait plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları.....	87
Tablo 19. Andezit Daykısı'na ait plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları.....	88
Tablo 20. Bazalt Daykısı'na ait hornblendlerin mikroprob analiz sonuçları.....	90

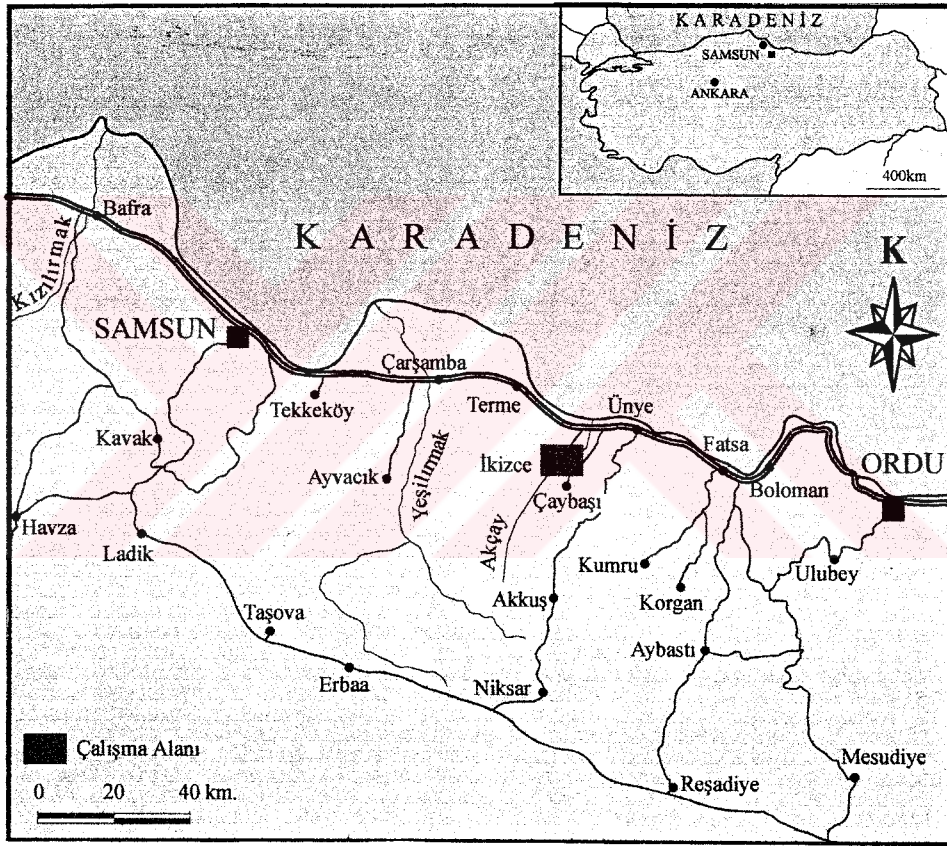
Tablo 21. Andezit Dayk�'na ait hornblendlerin mikroprob analiz sonuçları.....	91
Tablo 22. Bazalt Dayk�'na ait klinopiroksenlerin mikroprob analiz sonuçları.....	92
Tablo 23. Bazalt Dayk�'na ait Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları.....	94
Tablo 24. İkizce (Ordu) yöresi volkanik kayaçlarının ana (% ağ.) ve iz (ppm) element analizleri ve CIPW normatif mineralojik bileşimleri (%ağ).....	101
Tablo 25. İkizce yöresi volkanik kayaçların nadir toprak element (ppm) analizleri.....	104
Tablo 26. İkizce (Ordu) yöresi volkanitlerinin, Doğu Pontid Güney ve Kuzey zonundaki diğer Tersiyer volkanitleri ile karşılaştırılmalı mineralojisi ve petrografisi (Gümüşhane, Trabzon ve Tonya yöresi Arslan ve diğ. (2001)'den alınmıştır.....	133



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Bu çalışmanın amacı, İkizce (Ünye-Ordu) ve çevresinde yer alan Tersiyer yaşlı volkanik kayaların petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özelliklerini ortaya koyarak bölgedeki volkanizmanın gelişimini açıklamak ve kökenini belirlemektir. Ayrıca çalışmada elde edilen sonuçlar ile çeşitli araştırmacılar tarafından diğer bölgelerde çalışılmış olan Tersiyer yaşlı volkanik kayaların özellikleriyle karşılaştırmaktır. Çalışma alanı, Samsun F38d3-d4 paftasında olup, yaklaşık 120 km² lik bir alan kapsamaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası.

1.2. Ulaşım ve Yerleşim

Çalışma alanına ulaşım, ilk 300 km' si Samsun-Trabzon devlet karayolundan, geri kalan 10 km'si ise Ünye'yi İkizce'ye bağlayan asfalt yoldan sağlanmaktadır. İnceleme alanı ve çevresinde, asfalt yolların yanı sıra mahalleleri birbirine bağlayan stabilize yollar da mevcuttur.

Bölgede İkizce beldesi dışında önemli bir yerleşim yeri bulunmamaktadır ve dağınık bir yerleşime sahip bir çok köy ve mahalle mevcuttur. Bunların başlıcaları, Kiraztepe, Dumantepe, Leylek, Boğmalık, Teknecik, Kale, Avcıdere, Düzmeşe, Kurtluca, Koçevyanı, Aydın-tepe, Kurtköy ve Dikmece'dir.

1.3. İklim ve Bitki Örtüsü

Çalışma alanı ve çevresinde kışlar ılık, yazlar sıcak ve nemli olup bütün mevsimler yağışlıdır. Ordu İl merkezindeki meteoroloji istasyonunun ölçümlerine göre en soğuk ay, ortalama 6.6 °C ile Ocak , en sıcak ay ise ortalama 21.8 °C ile Temmuz'dur. En fazla yağış, ortalama 132.9 mm ile Aralık ayında, en az yağış ortalama 54.4 mm ile Mayıs ayında görülmektedir. Özellikle kıyı kesimlerinden doğuya doğru gidildikçe yağışlar artar. Meteoroloji istasyonundan alınan ölçümlere göre Ünye'de yıllık yağış 975 mm'dir.

Bölge bitki örtüsü bakımından oldukça zengindir. İnceleme alanında ormanlık kısımlar oldukça az olmasına karşın bölge halkının geçimini sağlayan fındık ağaçları oldukça yaygındır. Yüksek kesimlerde meşe, gürgen, kayın gibi yayvan yapraklı ağaçlar bulunmaktadır.

1.4. Topoğrafya ve Akarsular

Çalışma alanının güney kesimleri Kuzey Anadolu dağlarının orta bölümlerinin bir uzantısıdır. İnceleme alanı ve çevresi doğu ve batı Karadeniz bölgesindeki dağlara oranla çok daha alçak olan Canik dağlarının kuzey kesimlerinde yer almaktadır. Bu kesimlerde yükseklikler 1000 metreyi geçmeyen basık, yuvarlak ve dar sırtlar biçimindedir. Bölgede en yüksek tepeler, Gerişdağ (784 m.), Teknecik Tepesi (658 m.), Dumanlı Tepesi (590 m.), Kiraz Tepesi (444 m.), Karacailyas Tepesi (625 m.), Kurttaşlı Tepesi (389 m.)'dir. En önemli akarsular ise çalışma alanının doğusunda yer alan Akçay ve Curi Dereleri'dir.

1.5. Bölgesel Jeoloji

Pontidler, Samsun'un batısında ve doğusunda, Doğu Pontidler ve Batı Pontidler olarak ikiye ayrılmaktadır. Doğu Pontidler, Özsayar ve diğ. (1981)'e göre yaklaşık olarak Ardanuç-İspir-Kemaliye-Reşadiye sınırı ile kuzey ve güney olmak üzere iki zona ayrılmaktadır. Bektaş ve diğ. (1995)'e göre ise Kuzey Zon, Eksen Zonu ve Güney Zon olmak üzere üç zona ayrılmaktadır. Doğu Pontid Kuzey Zonu'nda magmatik ve volkanotortul kayalar yer almaktadır. Doğu Pontid Güney Zonu'nda ise tortul ve volkanik kayalar

bulunmaktadır. Ayrıca Doğu Pontidler'deki Tersiyer yaşlı magmatik kayalar birçok araştırmacı tarafından farklı amaçlar için çalışılmıştır (Şekil 2).

İnceleme alanı Doğu Pontid Tektonik Kuşağı'nın Güney Zonu'nda yer almaktadır. Yörede, Üst Kretase'den Eosen sonuna kadar değişik yaşta ve farklı litolojide birimler yüzeyleme vermektedir.

Doğu Pontid'lerde temel Paleozoyik yaşlı metamorfik kayalar ve bunları kesen granitoidlerden oluşmaktadır (Çoğulu, 1970). Mikaşistler, kloritşistler, kalkşistler, mermerler, metagabrolar ve metabazaltlardan oluşan Paleozoyik temel, Korkmaz ve Baki (1984) tarafından Pulur Masifi olarak adlandırılmıştır. Bu metamorfik seriyi üstleyen en yaşlı birim Permo-Karbonifer yaşlı olması nedeniyle metamorfiklerin yaşı Permo-Karbonifer öncesi olarak kabul edilmektedir (Ağar, 1977; Korkmaz ve Baki, 1984). Ayrıca Paleozoyik yaşlı metamorfikleri kesen Gümüşhane Granitoidi içerisinde görülen büyük boyutlardaki şist anklavları bunların metamorfiklerden daha genç olduğunu kanıtlamaktadır (Gürsoy ve diğ., 1983).

Metamorfik temel üzerine uyumsuzlukla volkano-tortul kayalardan oluşan Liyas yaşlı Hamurkesen Formasyonu gelmektedir. Birim, genellikle yeşilimsi gri renkli bazalt ve piroklastitlerinden oluşmaktadır. Bazalt ve piroklastitleri arasında kalınlığı fazla olmayan (3-5m) kırmızı-bordo renkli kireçtaşı ve kumtaşı seviyeleri bulunmaktadır (Güven ve diğ., 1993). Aynı birim Eren (1983) tarafından Zimonköy Formasyonu olarak adlandırılmıştır.

Hamurkesen Formasyonu'nun üzerine uyumlu olarak Dogger-Malm-Alt Kretase yaşlı Berdiga Formasyonu gelmektedir (Pelin, 1977). Kuzey Zon'da masif yapıda ve resifal karakterde görülen kireçtaşları, Güney Zon'da daha derin denizel bir ortama işaret eden orta tabakalı bir yapıya sahiptir (Güven ve diğ., 1993).

Berdiga Formasyonu'nun üzerine uyumlu olarak Senoniyen (Santoniyen-Kampaniyen) yaşlı bazalt, andezit ve piroklastitleri ile kumtaşı, kireçtaşı, silttaşı, çamurtaşı, marn, tüfit ara seviyelerinden oluşan Mesudiye Formasyonu gelmektedir (Keskin ve diğ., 1998). Bu birim ilk kez Tokel (1972) tarafından Kermutdere Formasyonu olarak tanımlanmıştır. Aynı birim Güven (1993) tarafından, Mescitli Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Mesudiye Formasyonu içerisinde yer alan, kırmızı renkli kireçtaşı (mikrit-biyomikrit) silttaşı, kilttaşı, kumtaşı ve marn ara seviyeleri içeren birim Kapanboğazı Üyesi olarak ayırtlanmıştır. Kampaniyen sonuna doğru oluşan traki andezit, andezit ve piroklastitleri (yer yer dasit,

riyodasit), tf-bre ve bentonit Tirebolu Formasyonu adıyla tanımlanmıştır (Keskin ve diğ., 1998) ve Kaçkar Granitoyidi-I tarafından kesilmektedir.

Tirebolu Formasyonu'nun üzerine uyumlu olarak kireçtaşı, killi-kumlu kireçtaşı, çamurtaşı, tüfit, marn, silttaşı ve kumtaşı ardalanmasından oluşan Maestrichtiyen-Paleosen (Tanesiyen) yaşı Akveren Formasyonu gelmektedir. Akveren Formasyonu ye mertebesinde ayırtlanmış ve Tekkiraz yesi, Kaleköy yesi ve Kozmandağı Kireçtaşı yesi olarak isimlendirilmiştir. Kozmandağı Kireçtaşı yesi, Akveren Formasyonu'nun en üst seviyesini oluşturmaktadır ve masif kireçtaşı, kumlu kireçtaşı ve algli kireçtaşlarından meydana gelmektedir (Keskin ve diğ.,1998).

Bu birimlerin üzerine açısal uyumsuzlukla kumtaşı, kumlu kireçtaşı, çamurtaşı silttaşı, marn ardalanması ile yer yer çakıltaşı ara seviyeleri içeren Alt-Orta Eosen (İpreziyen-Alt Lütesiyen) yaşı Kumru Formasyonu gelmektedir (Keskin ve diğ., 1998).

Kumru Formasyonu'nun üzerine andezit, bazalt ve piroklastitleri ile kumtaşı, silttaşı marn ve çakıltaşı ara seviyelerinden oluşan Orta-st Eosen (st Lütesiyen-Priyaboniyen) yaşı Tekkeköy Formasyonu gelmektedir (Keskin ve diğ., 1998). İnceleme alanının hemen hemen tamamını oluşturan bu birim, bu çalışmada ye mertebesinde ayırtlanarak ele alınmıştır. Bunlar; kumtaşı, silttaşı, kumlu kireçtaşı, marn, çakıltaşı ve yer yer tüfit ve konglomeralardan oluşan aybaşı yesi, bre, aglomera ve tüflerden oluşan Kale yesi, genellikle camsı yapı gösteren andezitlerden oluşan Kurttaşı Tepe Andeziti, prizmatik debili andezitlerden oluşan İvizce Andeziti ve porfirik andezitlerden oluşan Teknecik Andezit Porfiri'dir.

Eosen yaşı Kumru ve Tekkeköy Formasyonları, Eren (1983) tarafından Alibaba Formasyonu olarak adlanmıştır. Formasyon ilk kez Tokel (1972) tarafından tanımlanmıştır ve kumlu kireçtaşı, aglomera, hornblendli andezit ve tüfit arakatkısı içeren yastık lav yapısı gösteren andezit ve aglomeralardan oluşmaktadır (Eren, 1983). Kaçkar Granitoyidi II tarafından kesilen birim Güven (1993) tarafından Kabaköy Formasyonu olarak tanımlanmıştır.

Tekkeköy Formasyonu'nun üzerine uyumsuzlukla gelen Canik Volkanitleri Miyo-Pliyosen yaşıdır (Keskin, 1998). Aynı birim Güven (1993) tarafından Pliyosen yaşı bazalt ve piroklastitlerinden oluşan Blblen Yayla Volkanitleri şeklinde tanımlanmaktadır.

Kuvaterner yaşı traverten, taraça ve alüvyondan oluşan birimlerle istif son bulmaktadır.

1.6.Önceki Çalışmalar

İnceleme alanını kapsayan bölgede genel jeoloji, mineraloji-petrografi ve maden yatakları-jeokimya açısından birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar kısaca aşağıda özetlenmiştir.

Tokel (1972), Gümüşhane yöresinde yaptığı çalışmada bölgenin stratigrafisini ve volkanitleri incelemiş, Üst Kretase ve Eosen volkanitlerinde petrokimyasal çalışmalar yapmıştır. Tokel, Üst Kretase yaşlı filişleri Kermutdere Formasyonu olarak, Eosen yaşlı volkano-tortul istifini de Alibaba Formasyonu olarak tanımlamıştır.

Göksu (1974), 1/500 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Samsun paftasını derlemiştir. Ordu yöresindeki Eosen yaşlı birimlerin daha yaşlı birimlerin üzerine transgressif olarak geldiğini, bölgede faylarla kırılmış Germano tip bir yapının etken olduğunu ve bu eski fayların ise magmatitlerin çıkış yollarını oluşturduğunu belirtmiştir.

Tokel (1977), Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki Tersiyer volkanizmasını incelemiş ve bunların kalko-alkalen sınıfın kalsik ucunda yer aldığını, silisyuma doymuş ve genellikle Al_2O_3 bakımından zengin olduğunu belirtmiştir.

Terlemez ve Yılmaz (1980), Ünye-Ordu-Koyulhisar-Reşadiye arasında kalan bölgede yaptıkları incelemede, yörede Orta Jura - Pliyosen yaş aralığında ve çeşitli fasiyeslerde kayaların yüzeylediğini; istifin temelini kireçtaşlarının oluşturduğunu, bunun üzerine açısız uyumsuzlukla tüffit, andezit, aglomera, kireçtaşı ve kumtaşı ardalanmasının oturduğunu; bu birimin dasit ve siyenitlerle kesildiğini, daha üstte, kuzeyde tüffit killi kireçtaşı ardalanması, güneyde kumlu kireçtaşı ardalanması bulunduğunu ve bu iki dizinin daha genç birimler altında yanal geçişli olduğunu belirtmiştir. Paleosen yaşta tüffit, aglomera ve kömür ara katkılı kireçtaşı ve kumtaşı ardalanması, Maestrichtiyen yaştaki birimlerin devamı şeklinde çökeldiğini, bunların üzerine açısız uyumsuzlukla bazı yerlerde kireçtaşı, bazı yerlerde de bazalt geldiğini belirtmektedir. Bu birimin üzerinde Eosen yaşlı aglomera ile andezit ve aglomera arakatkılı kumtaşı istifinin bulunduğunu, Miyosen-Pliyosen devresinde çeşitli bazalt oluşumlarının geliştiğini ve bu birimleri alüvyonlarla örtüldüğünü vurgulamaktadır.

Özbeşikçi ve diğ. (1981), Doğu Karadeniz Bölgesi'nin manganez cevherleşmesi potansiyelini ortaya koymak amacıyla yaptıkları incelemelerde, Ordu yöresinde andezitik bir volkanizma ve piroklastitlerinden bahsetmiştir. Daha sonra riyolit, dasit volkanizması

ile piroklastitlerinin oluşturdukları istifi tanımlamıştır. Deniz altında devam eden volkanizmanın kireçtaşı, marn, kumtaşı ve kiltarı istifinde arakatlı olarak bulunduğunu; yine sığ denizel ortam koşullarında çökelmış sedimanter arakatlı volkanik serilerin genç intrüziflerle kesildiğini belirtmiştir.

Çınar ve diğ. (1983), Gümüşhane ili ve Güneybatı yöresinin Jeolojisi ile Maden Zuhurlarına İlişkin rapor adlı çalışmalarında yöredeki kayaların Üst Permokarbonifer ile Eosen aralığında oluştuklarını belirtmişlerdir. Paleozoyik ile Jura arasında ve Üst Kretase ile Eosen yaşlı birimler arasında diskordans olduğunu ve kayaların Alpin Orojenezi'nin değişik fazlarının etkisinde kaldığını belirtmektedirler. Yazarlar, yöredeki kayaların daha çok kıvrım tektoniği etkisinde kaldığını, genel doğrultularının ve kırık tektoniğinin KB-GD yönünde olduğunu belirtmişlerdir.

Çınar ve diğ. (1988), Ordu İli güney yöresinin maden potansiyelini araştırmak amacıyla 1/25 000 ölçekli 11 paftayı içeren yaklaşık 1350 km² lik alanın jeolojik etüdüyle, 450 km² lik bir alanın genel jeokimyasal etüdü yapılmışlardır. Çalışmacılar, yörede ekonomik olabilecek Cu-Pb-Zn, Sb ve Mn cevherleşmeleriyle, kil yataklarını belirlemişlerdir. Bu çalışmacılara göre bölgede volkanizma ve sedimantasyon ardışıklı olup, Üst Kretase- Eosen zaman aralığında gelişmiş volkanizma andezit, bazalt ve dasit karakterli olup, lav akıntıları, tüfler ve aglomeralar şeklinindedir. Volkanik ve tortul kayalar Üst Kretase ve Tersiyer yaşlı genç intrüzyonlar tarafından kesilmektedir.

Çınar ve diğ. (1989), Ordu ili Kumru, Korgan-Aybastı, Akkuş civarında maden jeolojisi amaçlı yaptıkları 1/25000 ölçekli harita çalışmalarında yörede denizaltı volkanizmasının etkili olduğunu, bazik volkanik kayaların yanı sıra tortul birimler ve bunları kesen genç intrüzifleri tespit etmişlerdir. Kaya birimlerinin Üst Kretase ile Eosen arasında değiştiğini, magmatik ve tektonik faaliyetlerin oluşumunda Alt ve Orta Alpin orojenik fazların etkili olduğunu, Paleosen ile Alt Eosen arasında belirlenen uyumsuzluğun Laramik fazına karşılık geldiğini söylemişlerdir. İnceleme alanında başlıca Cu, Pb, Zn, bentonit, kömür ve asfalt zuhurları belirlemişlerdir. Polimetalik cevher zuhurlarını Üst Kretase yaşlı andezitik kayalar içerisinde, hidrotermal damar şeklinde, bentonitleri de trakiandezitlerin hidrotermal alterasyonu sonucunda oluştuklarını belirtmişlerdir.

Güven ve diğ. (1993), Karadeniz Bölgesi'nin 1/25000 ölçekli metallojeni haritasını hazırlamış, çalışmaları yeniden derleyerek, Pontidler'in kuzey ve güney zonlarına ait iki farklı stratigrafik kolon kesit önermiştir.

Bektaş ve diğ. (1996), Doğu – batı yönünde uzanan Doğu Pontid Tektonik Birliği'ni, farklı kayaç birliği ve fasiyesleri açısından kuzey zon, eksen zonu ve güney zon olarak üç alt gruba ayırmıştır. Sarhan ve Saraycık yöresi bu çalışmaya göre, granitoid ve hornblendli biyotitli, ultramafik kayaçlar içeren metamorfik masifler bulunduran ve Hersiniyen temeline karşılık gelen güney zonda bulunmaktadır.

Arslan ve diğ. (1997), “Doğu Pontid Volkanik Kayaçlarının Jeokimyası ve Petrojenezi” adlı çalışmada, Doğu Pontid’leri Liyas, Üst Kretase ve Eosen’de olmak üzere üç ana volkanik evreye ayırmıştır. Her bir evreyi jeokimyasal ve petrolojik olarak ayrı ayrı incelemiş ve birbiriyle karşılaştırmalarını yapmıştır. Liyas volkanizmasının ekstansiyonel rejim altında riftleşmeye bağlı olarak, Üst Kretase volkanizmasının yitim sonucu, Eosen volkanizmasının ise yitim sonunda alt kabuk ve/veya üst mantodan kısmi ergime sonucu oluştuklarını belirtmiştir. Bütün jeokimyasal ve petrolojik verilerin Doğu Pontid volkanik kayaçlarının ada yayında oluştuklarına işaret ettiklerini vurgulamışlardır.

Şen ve diğ. (1997), “ Doğu Pontid Alkalen Volkanik Provensi” adlı çalışmada, Senozoyik döneminde gelişen volkanik faaliyetler sonucunda oluştuğunu, petrografik ve jeokimyasal verilerin, alkalen kayaçların iki farklı gruptan (Tonya grubu ve Trabzon grubu) oluştuğunu belirtmişlerdir. Petrografik olarak, her iki grubun alkali bazalt, tefrit, fonolitik tefrit, bazanit, nefelinit, nefelin latit ve bunların piroklastik kayaçlarını içerdiğini söylemişlerdir. Jeokimyasal verilerin, Tonya grubu örneklerinin Trabzon grubu örneklerine göre daha yüksek MgO ve Ni, daha düşük hafif nadir toprak element (HNTE) içeriklerine ve büyük iyon yarıçaplı litofil element (BİLE) / aşırı duraylı element (ADE) oranlarına sahip olduklarını vurgulamışlardır. İlk bulguların bu iki kayacın, metazomatizmaya uğramış bir manto kaynağından türeyen ve sığ derinlikte diferansiyasyona uğrayan birincil bir magma ile ilişkili olabileceğini belirtmişlerdir.

Keskin ve diğ. (1998), “Ünye-Fatsa-Korgan (Ordu) Dolayının Jeolojisi” isimli çalışmada, bu yörede yüzeylenen kayaçları üye mertebesinde ayırtlamış ve maden zuhurları açısından incelemişlerdir. İnceleme alanının tabanını Senoniyen (Santoniyen-Kampaniyen) yaşlı bazalt, andezit ve piroklastitleri ile kumtaşı, silttaşı, kireçtaşı, silttaşı, çamurtaşı, marn, tüffit ara seviyelerinden oluşan Mesudiye Formasyonu’nun oluşturduğunu; bu formasyonun üzerine uyumlu olarak kireçtaşı, killi-kumlu kireçtaşı, çamurtaşı, tüffit, marn, silttaşı, kumtaşı aralanmasından oluşan Maestrichtiyen-Paleosen (Tanesiyen) yaşlı Akveren Formasyonu’nun geldiğini belirtmişlerdir. Akveren Formasyonu’nu da üyelere

ayırarak, alttan üste doğru Tekkiraz Üyesi, Kaleköy Üyesi ve Kozmandağı Kireçtaşı olarak tanımlamışlardır. Bu formasyonun üzerine açısız uyumsuzlukla kumtaşı, kumlu kireçtaşı, çamurtaşı, silttaşı, marn aralanması ile yer yer çakıltası ara seviyeleri içeren Alt-Orta Eosen (İpreziyen-Alt Lütésiyen) yaşlı Kumru Formasyonu'nun geldiğini, bu formasyonun üzerine andezit, bazalt ve piroklastitleri ile kumtaşı, silttaşı, marn ve çakıltası ara seviyelerinden oluşan Orta-Üst Eosen yaşlı Tekkeköy Formasyonu'nun geldiğini vurgulamışlardır. Ayrıca Kümbet mikrodiyorit ve andeziti ile İkizce andezitinin Tersiyer yaşlı volkanitler olduklarını ifade etmişlerdir. Tekkeköy Formasyonu'nun üzerine açısız uyumsuzlukla bazalt, tuf ve andezitlerde oluşan Miyo-Pliyosen yaşlı Canik Volkanitleri'nin geldiğini ve tüm bu birimlerin Kuvaterner yaşlı taraça ve alüvyonlarla örtüldüğünü belirtmişlerdir.

Şen ve Kaygusuz (1998), "Torul (Gümüşhane) Çevresinde Yüzeyleyen Volkanitlerin Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri" isimli çalışmada, petrografik ve jeokimyasal incelemeler sonucu volkanitlerin kaynağının Liyas'da zenginleşmiş, Üst Kretase ve Eosen'de yitim sonucu metazomatizmaya uğramış okyanus ortası bazalt mantosu olabileceğini belirtmiştir.

Aliyazıcıoğlu (1999), "Kale (Gümüşhane) Yöresi Volkanik Kayaçlarının Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik İncelenmesi" adlı çalışmasında; Kale Formasyonu'nu oluşturan mikritik kireçtaşlarında ve aglomeralar içerisindeki mikritik kireçtaşı çakıllarında Paleosen mikrofosilleri bulunduğunu ve bu nedenle volkanizmanın Paleosen döneminde başlayıp Eosen'de etkili bir şekilde devam ettiğini belirtmiştir. Ayrıca petrografik ve jeokimyasal incelemeler sonucunda volkanitlerin bazik bileşimli bir ana magmadan hornblend-ojit kontrollü fraksiyonel kristallenme, kontaminasyon ve magma karışımı olayları sonucu oluştuğunu ileri sürmüştür. Volkanitlerin ana magmasının zenginleşmiş bir ana kaynaktan muhtemelen metazomatizmaya uğramış bir manto kaynağından türemiş olduğunu ve yöredeki volkanizmanın ekstansiyonel rejimdeki bir tortulaşma havzasında önce patlamalı (aglomera ve tüfleri oluşturan) olarak, daha sonra da bunu takip eden lav erylipsiyonu (andezitik kayaçları oluşturan) şeklinde geliştiğini vurgulamıştır.

Karlı ve diğ. (2000), Doğu Pontidler'in güneyinde yer alan Dülek ve Sarıççek Plütonları'nın kalkalkalin, I-Tip ve metalümin karakterli olduklarını ve bol miktarda mafik mikrogranüler anklav içerdiklerini belirtmişlerdir. Ayrıca hem anakayaç hem de mafik mikrogranüler anklavlardaki minerallerin benzer mineralojik ve kimyasal bileşimler

gösterdiklerini, bu özellikleri de eş yaşlı asidik ve bazik ergiyiklerin mekaniksel etkileşimlerine bağladıklarını ifade etmişlerdir.

Arslan ve diğ. (2001), "Trabzon ve Gümüşhane Yörelerinde (KD,Türkiye) Yüzeyleyen Eosen (?) Volkanitlerinin Karşılaştırmalı Jeolojisi, Mineralojisi ve Petrolojisi" isimli çalışmada; Pontid'lerin Güney zonunda yüzeyleyen Tersiyer volkanizmasının Paleosen mikritik kireçtaşlarıyla geçişli nummulitli seviyeler içeren tortul kayaçların hemen üzerine uyumlu olarak geldiğini, buna karşın Kuzey zondaki Tersiyer volkanizmasının çoğu yerde Üst Kretase tortulları üzerine uyumsuz olarak, bazen de Üst Kretase volkanitleri üzerine uyumsuzluk konglomerası ile oturduğunu belirtmişlerdir. Güneydeki volkanitlerin bazaltik andezit, andezit, az oranda bazalt ve piroklastitlerinden oluşmuş, kalkalkalen karakterli bir seri oluşturduklarını; kuzeydeki volkanitlerin ise alkalen bazalt, tefrit, bazanit, fonolitik tefrit ve piroklastitlerden oluşan bir alkalen seri özelliğinde olduklarını ifade etmişlerdir. Ayrıca kuzeydeki alkalen seride iz elementleri farklı iki grup kayacın (Trabzon ve Tonya grupları) varlığından söz etmişler ve kuzey zonu volkanitlerinin gelişiminde, esasen yüksek basınçlarda gerçekleşen differansiyasyon ve değişen oranda kısmi ergimenin etkili olduğunu vurgulamışlardır. Bunların yanısıra, Paleosen sonundan itibaren oluşan Güney zonu volkanitlerinin, güneye doğru dalan bir plakanın metazomatizmaya uğrattığı mantodan itibaren; Kuzey zonu volkanitlerinin ise sıkışmadan dolayı eğim açısının dikleşmesi sonucu daha derin kökenli bir mantodan itibaren oluştuklarını belirtmişlerdir.

Aydın ve diğ. (2001), Doğu Pontidler'in Kuzey zonunda Trabzon çevresinde yüzeyleyen volkanitlerin Pliyosen (Üst Neojen) yaşlı olduklarını ve zonlu piroksenler içerdiklerini vurgulamışlardır. Ayrıca bu piroksenlerin düşük basınçlardaki fraksiyonlaşmayla oluştuklarını ve peridotitik ksenolitlerden oldukça farklı bileşimlerde olduklarını belirtmişlerdir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal ve Yöntemler

Bu çalışmanın amacı, İkizce (Ünye-Ordu) yöresindeki Tersiyer yaşlı volkanik kayaçların petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özelliklerini belirlemek ve elde edilen verileri yorumlayarak bu yöredeki volkanizmanın gelişimini açıklamaktır. Yapılan çalışmalar arazi ve laboratuvar çalışmaları olarak iki kısımda gerçekleştirilmiştir.

2.1.1. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları, Ünye (Ordu) ilçesi sınırları dahilinde bulunan İkizce, Kiraztepe, Dumantepe, Düzmeşe, Kurtluca, Koçevyanı, Hacıbel, Aydın-tepe, Kurttaşlı Tepe ve Karlıtepe yörelerini içine alan yaklaşık 120 km² lik bir alanı kapsamaktadır. Bölgenin 1/25000 ölçekli jeolojik haritası ve kesitleri hazırlanmıştır (Ek-1,2). Çalışma alanından farklı hatlar boyunca toplam 185 adet kayaç örneği alınmış ve 1/25 000 ölçekli ayrıntılı örnek alım haritası hazırlanmıştır (Ek-3). Ayrıca tortul birimlerden ve tüflerden tabaka ölçümleri alınmıştır.

2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvar çalışmaları mikroskopik tayinler ve kimyasal analizler olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir.

2.1.2.1. Mikroskopik Tayinler

Çalışma alanından alınan el örneklerinden K.T.Ü Jeoloji Mühendisliği Bölümü ince kesit hazırlama laboratuvarında 120 adet ince kesit hazırlanmıştır. Bu kesitler, mineralojik ve petrografik özelliklerinin belirlenmesi ve kayaç adlamasının yapılabilmesi için araştırma laboratuvarındaki LEITZ marka polarizan mikroskopta ayrıntılı olarak incelenmiş ve önemli olanlardan mikrofotograf çekilmiştir. Ayrıca tortul birimlerden alınan kireçtaşı örneklerinden yapılan ince kesitlerden bazılarında paleontolojik yaş tayini yapılmıştır.

2.1.2.2. Kimyasal Analizler

Çalışma alanının jeolojisine ve polarizan mikroskopta incelenen ince kesitlere göre seçilen taze örneklerden ana, iz ve nadir toprak element analizleri yapılmıştır. Kimyasal analizleri yapmak için üç ayrı yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemler; ana ve iz element

analizleri için ICP ve nadir toprak element analizleri için ICP-MS; mineral kimyası için yapılan Elektron Mikroprob'dur.

Bu analizlerden ICP ve ICP-MS analizleri Kanada'da ACME Analiz Laboratuvarında, Elektron Mikroprob analizleri ise Avustralya'da Avustralya Ulusal Üniversitesi Yer Bilimleri Araştırma Okulu'nda yaptırılmıştır.

2.1.2.2.1. Tüm Kayaç Analizleri

Tüm kayaç analizleri için; K.T.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü örnek hazırlama laboratuvarında 250-300 gr ağırlığındaki örnekler önce çeneli daha sonrada halkalı öğütücüde yaklaşık 200 mesh boyutuna kadar öğütülerek ana, iz ve nadir toprak element analizleri için Kanada'da ACME Analiz laboratuvarına gönderilmiştir. Burada ana ve iz elementler ICP, nadir toprak elementler ise ICP-MS ile analiz edilmiştir. Öğütülen toz örneklerden 0.2 gr alınarak 1.5 gr LiBO₂ ile karıştırılarak, % 5 HNO₃ içeren bir sıvı içinde çözündürülmüştür. Ana elementler % ağırlık, iz elementler ise ppm olarak ölçülmüştür. Nadir toprak elementler ise, toz örneklerden 0.25 gr alınarak dört farklı asit içerisinde çözündürülmüş ve ppm olarak tespit edilmiştir.

2.1.2.2.2. Mikroprob Analizleri

Mikroprop analizleri için; K.T.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü ince kesit hazırlama laboratuvarında, ilk önce seçilen ayrışmamış kayaçlar, kayaç kesme makinesinde ince plakalar halinde kesilmiştir. Bu plakalar, 25 mm genişliğinde ve 46 mm uzunluğunda kesilmiş ebatlara sahip olan cam üzerine Kanada Balzamu ile yapıştırılmıştır. Kesitler 0.035 mm kalınlığa kadar aşındırılmış ve daha sonra da alüminyum tozda iyice parlatılmıştır. Hazırlanan bu kesitler polarizan mikroskopta detaylı bir şekilde incelenerek, elektron mikroprob analizi yapılacak mineraller belirlenmiştir. Belirlenen bu mineraller, parlatılmış kesitin arka yüzeyinde cam kalemiyle daire içine alınarak işaretlenmiştir. Daha sonra iyice parlatılmış olan kesitler alkol veya asetonla temizlendikten sonra karbonla kaplanmıştır. Böylece hazırlanmış olan karbonla kaplanmış parlatılmış kesitler Avustralya'da Avustralya Ulusal Üniversitesi Yer Bilimleri Araştırma Okulu'na gönderilmiştir. Burada elektron mikroprob analizlerinin yapımında CAMECA "MICROBEAM" (1983) elektronprob cihazı kullanılmıştır. Bu cihaz LINK SYSTEM Sberyllium penceresine, Si (Li) detektörüne (1985) sahiptir. Kullanılan ışın şartları 15kV ve 7nA olup sayma zamanı 80 sn'dir.

Analizler sonucunda elde edilen veriler değişik adlama ve sınıflama grafikleri kullanılarak yorumlanmıştır.

2.1.3. Büro alışmaları

Arazi ve laboratuvar çalışmalarındaki verilerin biraraya getirilip yorumlanması için büro çalışması yapılmıştır. Arazi ve laboratuvar çalışmalarının sonucunda çalışma alanının 1/25000 ölçekli jeolojik haritası ve kesitleri hazırlanmıştır (Ek 1,2). Ayrıca alışma alanından alınan örneklerden 1/25 000 ölçekli örnek alım haritası çizilmiştir (Ek 3). Bu haritaların iziminde Aldus FreeHand 3.1 izim programı kullanılmıştır. Analitik yöntemler sonucunda elde edilen veriler çeşitli programlar kullanılarak grafikler çizilmiş ve yorumlanmıştır. Bu grafikleri çizmek için Golden Software Grapher 2.1 grafik çizim programı kullanılmıştır. Analiz sonuçlarının bulunduğu tablolarda gerekli olan diğer verileri hesaplamak ve değişik diyagramlara düşürmek için Newpet, Minpet, Mincalc, Igneous Petrology Computations, Bioterm, Amphcal, Pyroxene, Limica isimli paket programlar kullanılmıştır. Ayrıca termometre ve barometre hesaplanması içinde, değişik araştırmacıların makalelerinde ne sürdükleri programlar ve formüller kullanılmıştır.

Yapılan bu çalışmalar sonucunda bütün veriler değerlendirilip yorumlandıktan sonra tez yazımı gerçekleştirilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Giriş

Doğu Pontid Güney Zonu'nda yer alan çalışma alanında, en yaşlı birim Keskin ve diğ. (1998) tarafından adlandırılan Geç Kretase-Paleosen yaşlı Akveren Formasyonu'na ait Tekkiraz Üyesi'dir. Yapılan çalışmalar sonucu belirlenen ve ilk kez tanımlanan Paleosen-Eosen yaşlı Koçevyanı Bazaltı bu birimi üzerlemektedir. Bütün bu birimlerin üzerine uyumsuzlukla gelen ve çalışma alanının hemen hemen tamamını kapsayan Eosen yaşlı Tekkeköy Formasyonu ilk defa Keskin ve diğ. (1998) tarafından tanımlanmıştır. Bu birim yapılan çalışmalar sonucunda üye mertebesine ayrtlanarak incelenmiştir. Bu formasyonun tabanını Çaybaşı Üyesi (Keskin ve diğ., 1998) oluşturmaktadır. Bu birimi keserek yüzeylenen Kurttaşlı Tepe Andeziti çalışma alanının küçük bir kısmında yüzeyleme vermektedir. Bu birimlerin üzerinde genellikle breşlerden oluşan Kale Üyesi yer almaktadır. Bunların üzerine de İkizce Andeziti gelmektedir. Eosen yaşlı Kale Üyesi'ne ait breşler, çalışma alanının en genç birimi olan Teknecik Andezit Porfiri tarafından kesilmektedir. İstif Kuvaterner yaşlı taraça ve alüvyonlarla örtülmektedir (Ek-1, Şekil 3).

3.2. STRATİGRAFI

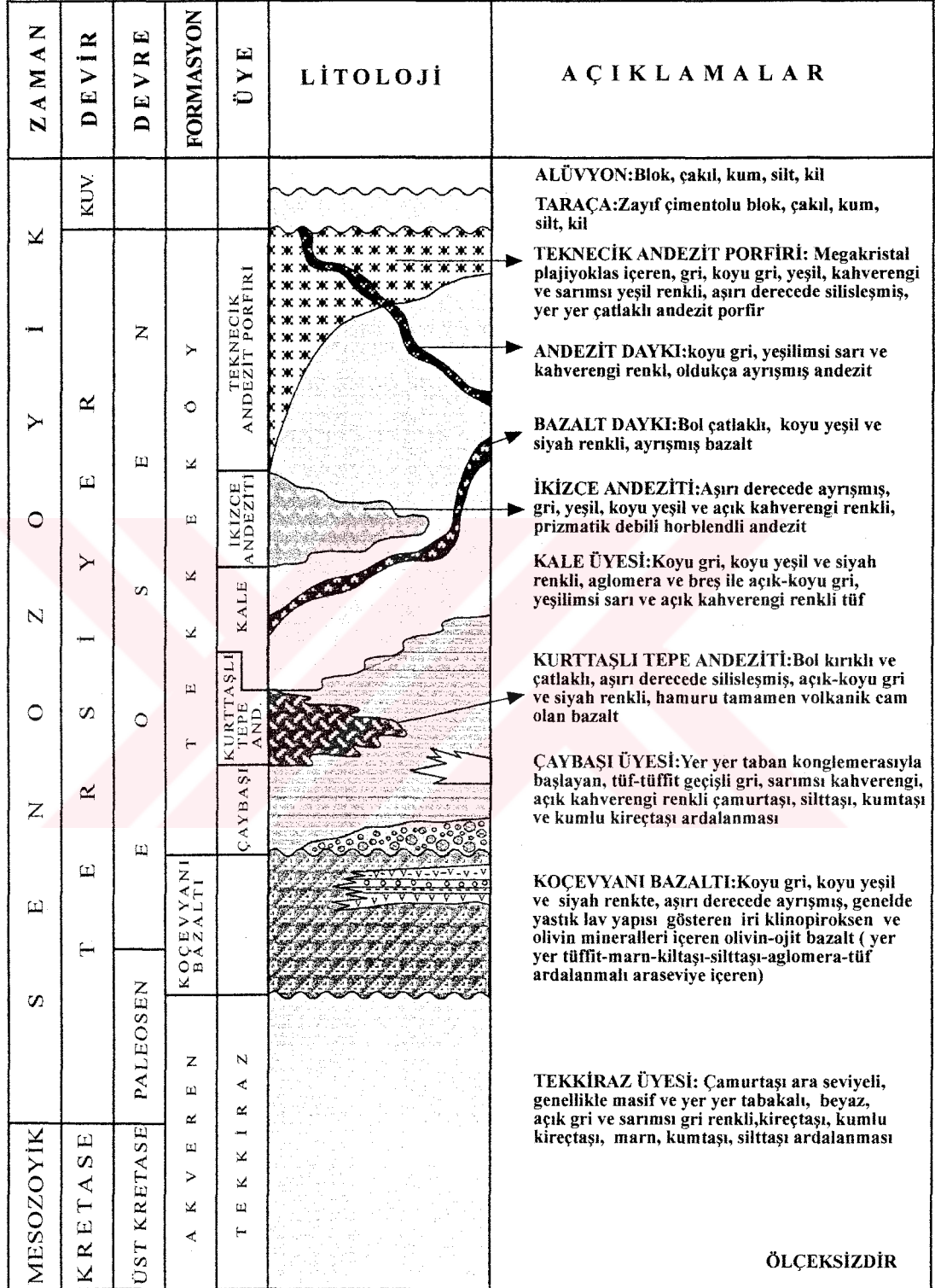
3.2.1. Akveren Formasyonu

Kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, marn, silttaşı, kumtaşı aralanmasından oluşan istif Blumenthal (1950) tarafından 'Gerze tipi kalkerli fliš' olarak adlanmıştır. Bu birim daha sonraları Akveren Formasyonu olarak, Ketin ve Gümüş (1963), Gedik ve Korkmaz (1984), Yoldaş ve diğ. (1985), Hakyemez ve diğ. (1988) tarafından kullanılmıştır.

3.2.1.1. Tekkiraz Üyesi

Çamurtaşı, kireçtaşı, kumtaşı, marn, tuf-tüfit seviyelerinden oluşan birim, Tekkiraz Üyesi olarak adlandırılmıştır (Keskin ve diğ., 1998). Çalışma alanında görülen kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn, tuf-tüfit bu birimle aynı özellik gösterdiği için aynı ad kullanılmıştır.

Birim inceleme alanında Aydın-tepe, Muhacirler, Yazı, Hatipler ve Kayadibi Mahalleleri dolaylarında yüzeyleme vermektedir. Genelde gri, beyaz renkli kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn ve andezitik tuf-tüfit ara seviyelerinden oluşmaktadır.



Şekil 3. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti

Marn seviyeleri gri renklidir ve bunlar orta tabakalı olmakla beraber bol foraminifer içermektedir. Kireçtaşları gri-beyaz , kırmızı renklidir. Bunlarda genellikle masif, yer yer orta-kalın tabakalıdır. Killi kireçtaşları kırmızı ve pembe renkli olup, bol makro fosil içermektedir. Tüfler açık gri, sarımsı renkli olup, oldukça alteredir ve birim içerisinde ara seviyeler halinde gözlenmektedir.

Çalışma alanının en yaşlı birimini oluşturan Tekkiraz Üyesi içerisinde yer alan kireçtaşları genelde masif olarak gözlenmektedir. Yer yer gözlenen killi kireçtaşları ve marnlara ait tabaka doğrultuları K60-70B arasında, eğimleri ise 10-25° KB arasında değişmektedir.

Keskin ve diğ. (1998)'in yaptığı çalışmaya göre birimin yaşı; Maestrichtiyen'nin alt seviyelerinde içerdiği *Globotruncana arca* (Cushman), *Glt. Linneiana* (d'Orbigny), *Globotruncana Stuarti* (de LAPPARENT), *Orbitoides mediva* (d'Arch), *Globotruncana sp.*, *Gansserina sp.* bulgularına; Paleosen'de içerdiği *Globigeriniade*, *Pithonella*, *Stomiosphaera sp.*, *Gansserina*, *Rotalidae*, *Broyozoa*, *Mercan* ve *Alg* bulgularına göre Maestrichtiyen-Paleosen'dir. Elde edilen bu bilgiler derin deniz ortamını yansıttığından, volkanizmadan önce tortulaşmanın derin denizel ortamda başladığı ileri sürülmüştür.

Tekkiraz Üyesi çalışma alanında incelenen birimlerin tabanını oluşturmaktadır.

3.2.2. Koçevyanı Bazaltı

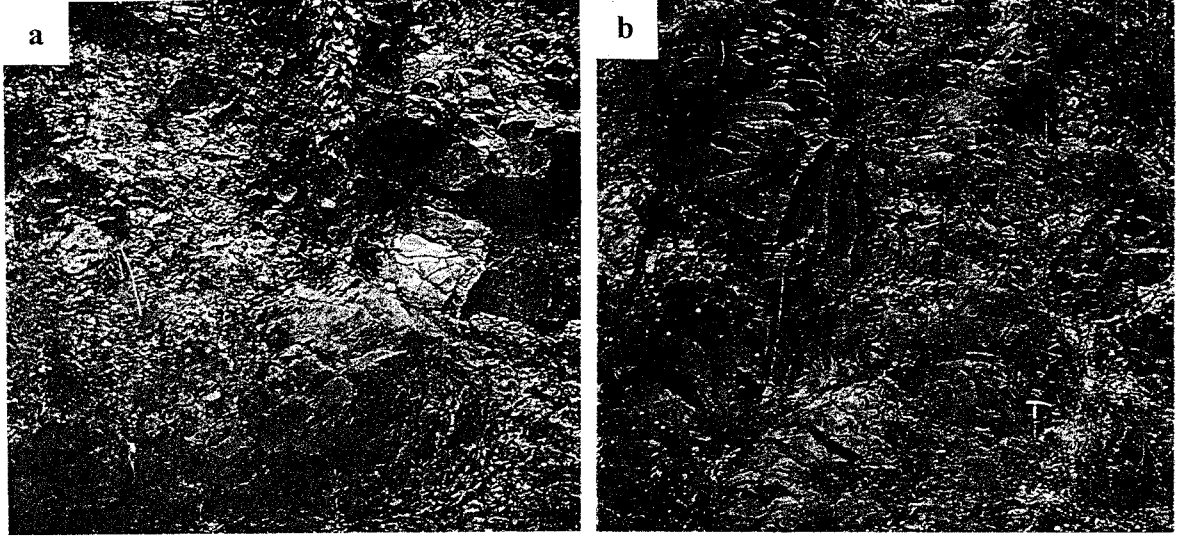
İnceleme alanında iri ojit kristallerine sahip yeşil, koyu yeşil ve siyah renkli, masif, yer yer yastık lav debisi gösteren bazaltlardan oluşan birim, bu çalışmada Koçevyanı Bazaltı olarak adlanmıştır.

Birim yaklaşık KD-GB doğrultulu muhtemel bir düşey fayın oluşturduğu süreksizlik zonu boyunca yükselmiştir. Ancak fay boyunca yükselen bazaltlar, Çaybaşı Üyesi tarafından örtüldüğü için çalışma alanında, sadece Koçevyanı ve Kürtün Mahalleleri dolaylarında çok küçük mostralara sahiptir.

Çalışma alanında Koçevyanı Mahallesi dolayında yüzeyleme veren ve makroskobik olarak porfirik doku gösteren bazaltlar içerisinde iri ojit kristalleri izlenebilmektedir. Yer yer altere olmuş olan bazaltlarda silisleşme, kloritleşme ve killeşme hakimdir. Ayrışma çoğunlukla hidrotermal ve yüzeyseldir (Şekil 4a).

Kürtün Mahallesi civarında yüzeyleme veren bazaltlarda belirgin bir şekilde soğuma çatlaklarını görmek mümkündür. Bunlar da makroskobik olarak yine iri ojit minerallerine

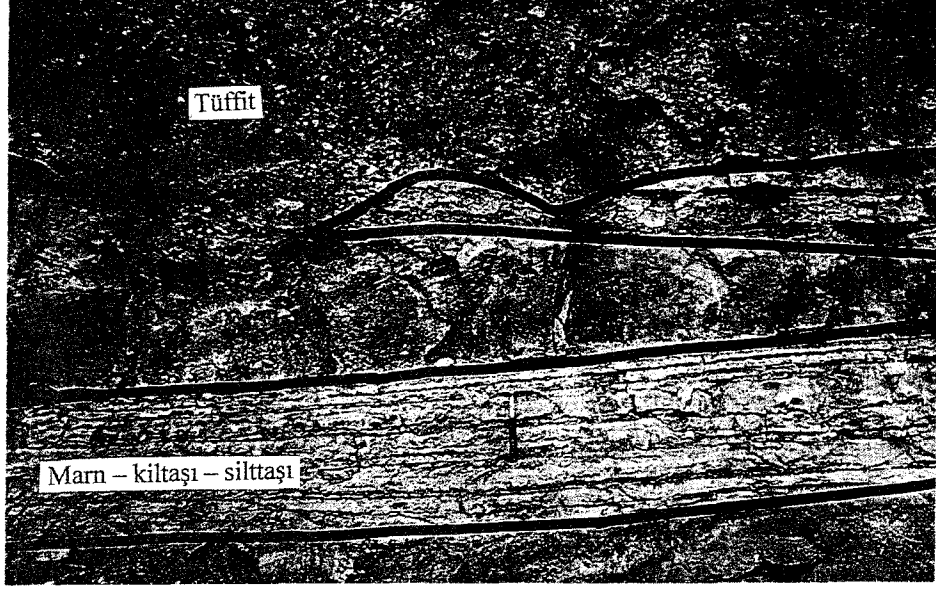
sahiptir. Çatlaklar, bir merkezden dışarıya doğru uzanan ışınsal veya buket şeklinde bir debi sunmaktadır (Şekil 4b).



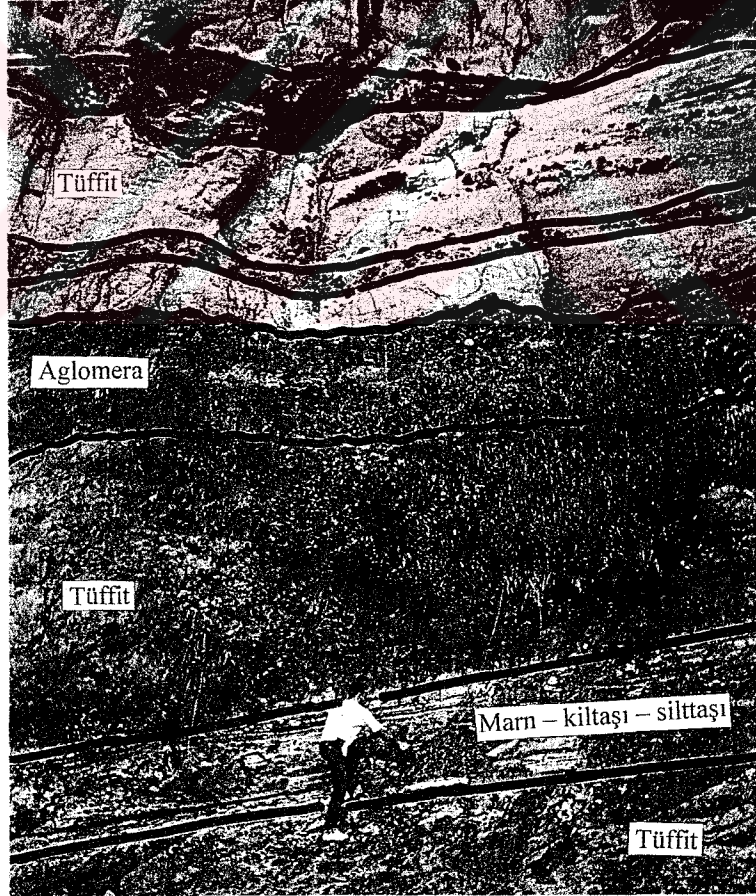
Şekil 4.a) Koçevyanı Mahallesi dolayında yüzeysel alterasyona maruz kalmış bazaltların görünümü, b) Kürtün Mahallesi civarında, Koçevyanı Bazaltı'nda ışınsal veya buket şekilli soğuma çatlaklarının görünümü

Koçevyanı Bazaltı içerisinde, Kürtün Mahallesi'nin güneyinde, bazaltik bileşimli aglomeralar ve çok ince taneli ve makro fosil içeren tüffitler; ince-orta tabakalı marn, siltaşı ve kiltaşından oluşan tortullar ile ardalanmalı olarak bulunmaktadır. Bu istif soğuma çatlaklarına sahip olan bazaltlar içerisinde bir ara seviye olarak gözlenmektedir.

İstifin en altında koyu gri, koyu yeşil ve koyu kahverengi renkteki tüffitler ile açık gri, sarımsı yeşil ve açık kahverengi renkteki ince-orta tabakalı (5-15cm) tortul kısım ardalanmalı olarak bulunmaktadır (Şekil 5). Bunların üzerinde ise içerisinde makroskobik olarak iri ojit minerallerinin gözlendiği bazaltik aglomeralar yer almaktadır. Aglomera çakılları oldukça alteredir. Hidrotermal alterasyonun etkili olduğu bu kayalarda, özellikle kloritleşme yaygın olarak gözlenmektedir. Bazaltik çakılların bağlayıcısı ise aşırı derecede alterasyona uğramış tüflerdir. Bu istifin en üst kısmını ise çok ince taneli koyu gri renkte tüffit oluşturmaktadır. Bu istifin kalınlığı yaklaşık 15 m, genişliği ise yaklaşık 150-200 m arasında değişmektedir (Şekil 6). Ara seviye olarak gözlenen bu düzey, kısa bir zaman aralığında volkanik faaliyetin duraksadığını ve tortullaşmanın devam ettiğini, daha sonrada tekrar volkanizmanın faaliyete geçtiğinin bir göstergesi sayılabilir.

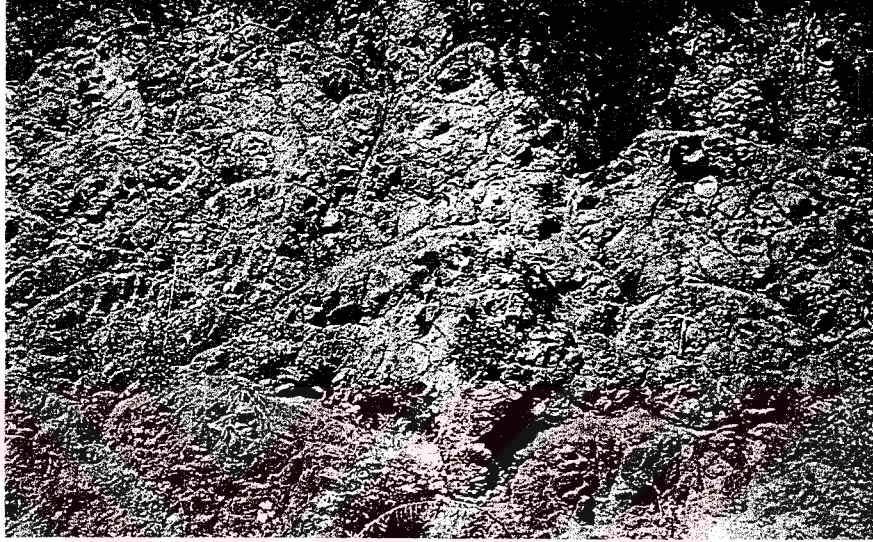


Şekil 5.Kürtün Mahallesi'nde Koçevyanı Bazaltı içerisinde tüffit ile ardalanmalı olarak bulunan marn, kilitaşı ve silttaşından oluşan ara seviye



Şekil 6.Kürtün Mahallesi güneyinde Koçevyanı Bazaltı içerisinde ara seviye olarak gözlenen tüffit-marn-kilitaşı-silttaşı-aglomera-tüf ardalanması

Kürtün Mahallesi civarında daha geniş bir alanda yüzeyleyen bazaltlarda ise yastık debisi hakimdir ve yastıkların çapları 60-90 cm arasında değişmektedir. Yastıkların arasında kalan boşlukları dolduran malzeme yine volkanik kırıntılardır (Şekil 7). Fakat daha çok altere olduğu için açık kahverengi ve sarımsı kahverengi renklerde gözlenmektedir. Yastık debisi denizel ortamı temsil ettiğinden, tortulaşmadan sonra volkanizmanın sığ denizel ortamda başladığını ve devam ettiğini söyleyebiliriz.



Şekil 7. Kürtün Mahallesi civarında Koçevyanı Bazaltı'nda gözlenen yastık debisi

3.2.3. Tekkeköy Formasyonu

Andezit, bazalt ve piroklastitleri ile kumtaşı, silttaşı, marn, tüfit ara seviyelerinden oluşan volkanik istif ilk defa Yoldaş ve diğ. (1985) tarafından Tekkeköy Formasyonu adı verilmiştir. Çalışma alanının yakın çevresinde çalışmalar yapan araştırma şirketlerinden T.P.A.O. (1963) Formasyonu, Kusuri Formasyonu'nun Sürmeli Üyesi olarak, Gedik ve Korkmaz (1984) Yenikonak Formasyonu'nun Sürmeli Üyesi olarak adlandırmıştır.

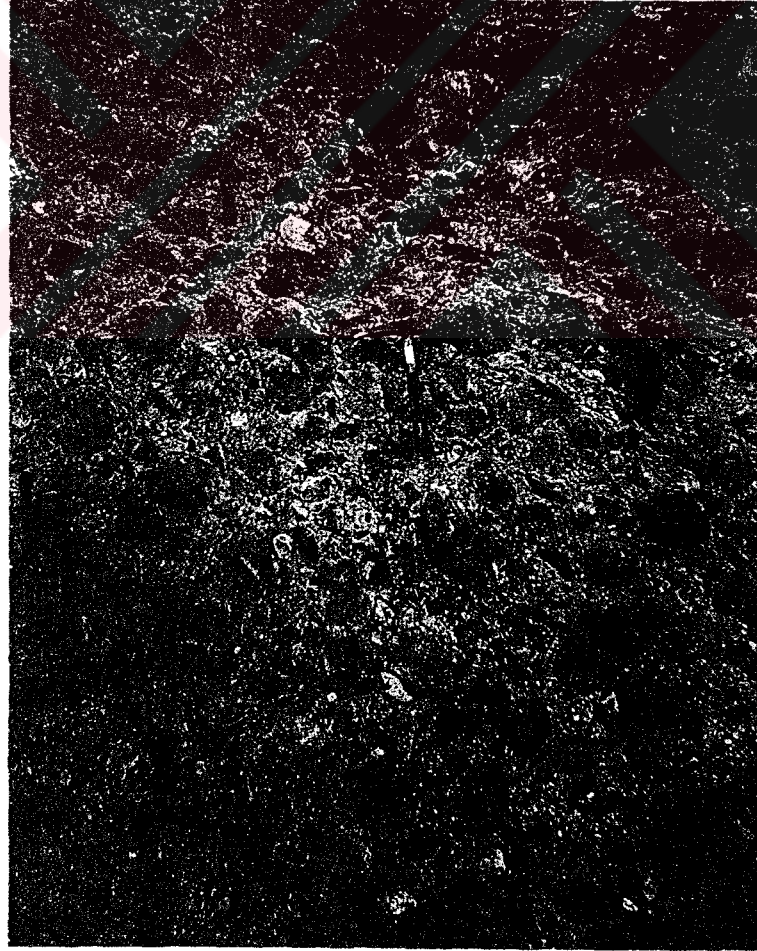
Çalışma alanının büyük bir bölümünde yüzeyleyen Tekkeköy Formasyonu, bu çalışmada üye mertebesinde ayrırtılarak ayrı ayrı ele alınmıştır.

3.2.3.1. Çaybaşı Üyesi

Çamurtaşı, silttaşı ve kumtaşı ardalanması ile çakıltaşı ara seviyelerinden oluşan istif Çaybaşı Üyesi olarak adlandırılmıştır (Keskin ve diğ., 1998). Çalışma alanında görülen çamurtaşı, silttaşı ve kumtaşları ardalanması ile kumlu kireçtaşları bu istif ile benzer özellik gösterdiği için aynı isimle adlandırılmıştır. Ayrıca bunlardan başka inceleme alanında yer yer gözlenen taban konglomerası bu birimlerin tabanında bulunmaktadır.

Birim inceleme alanında Uzunkırık, Güllüce, Kürtün, Hacıbel, Kabalı ve İsmaili Mahalleleri dolaylarında yüzeyleme vermektedir. İstif tabandan tavana doğru; yer yer konglomera ile başlayan kumtaşları, kumlu kireçtaşları, silttaşları ve çamurtaşlarından oluşmakta ve çakıltası ara seviyeleri de içermektedir.

Uzunkırık Mahallesi civarında yüzeylenen ve birimin tabanında gözlenen konglomeralar andezit, bazalt, kumtaşı ve kireçtaşı çakıllarından oluşmaktadır. Çakılların boyutları 5-40 cm arasında değişmekte olup, koyu gri, sarımsı yeşil, koyu yeşil ve siyah renktedir (Şekil 8). Hidrotermal ve yüzeysel ayrışmanın gözleendiği yerlerde ise açık ve koyu kahverengi tonlarındadır. Çakılların arasını dolduran bağlayıcı ise silttaşı, kumtaşı ve kumlu kireçtaşı bileşimindedir. Bağlayıcı oldukça ayrışmış olup sarımsı kahverengi ve açık sarı renktedir. Ayrıca konglomera içerisinde gözlenen bazaltik çakıllardan yapılan makroskobik ve mikroskobik taylorlerde, tabandaki Koçevyanı Bazaltı ile aynı özelliklere sahip olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 8. Uzunkırık Mahallesi civarında gözlenen Çaybaşı Üyesi'ne ait konglomeraların arazi görünümü

Tabanda bulunan konglomeranın üzerinde kalın katmanlı, karbonat çimentolu, sarımsı gri renkli kumtaşları ve çoğunlukla ince-orta katmanlı, gri renkli ve planktonik fosil içeren silttaşlarından oluşan tortul kayaçlar yer almaktadır. Bu istif Güllüce ve Kürtün Mahalleleri dolaylarında yüzeylenmektedir. Burada gözlenen kumtaşları oldukça ayrılmış olup tabaka kalınlıkları 10-80 cm arasında değişmektedir. Silttaşları ve kalın tabakalı kumtaşları arasında bir ardalanma söz konusudur. Hidrotermal ve yüzeysel ayrışmanın yoğun olarak gözlemlendiği bölgede kayaçlar yamaç boyunca yuvarlanıp ufalanmaktadır. Limonitleşmenin bol olarak gözlemlendiği yerlerde kayaçlar gerçek rengini kaybetmiş ve açık sarımsı, sarımsı kahverengi ve sarımsı gri renkte gözlenmektedir. İstif içerisindeki kumtaşlarına ait tabaka doğrultuları K60-65B arasında, eğimleri ise 12-25 ° KB arasında değişmektedir (Şekil 9).



Şekil 9. Güllüce ve Kürtün Mahalleleri dolaylarında gözlenen Çaybaşı Üyesi'ne ait kalın-orta tabakalı, sarımsı gri renkli kumtaşının arazi görünümü

Hacıbel, İsmaili, Kızılağaç Mahalleleri civarında yüzeylenen ve kalın katmanlı tortul istifin üzerinde bulunan birim, daha ince tabakalara sahip tortullardan oluşmaktadır. Bunlar ince-orta katmanlı, karbonat çimentolu ve makro fosil içeren kumtaşları; gri renkli, ince-orta katmanlı ve planktonik fosil içeren silttaşları ve sarımsı yeşil, boz-gri renkli çamurtaşları ve yer yer ara seviye olarak gözlenen gri-boz ve açık kahverengi renkte ve genelde kötü boyanmalı çakıltaşlarıdır. Bu ince tabakalı istifte en çok limonitleşme ve hematitleşme yaygındır. Bu istif içerisinde yer alan kumtaşlarına ait tabaka doğrultuları K60-70B arasında, eğimleri ise 10-20 ° KB arasında değişmektedir (Şekil 10).



Şekil 10. Hacibel Mahallesi civarında gözlenen Çaybaşı Üyesi'nin en üst kısmını oluşturan ince-orta katmanlı, gri ve sarımsı gri renkli kumtaşı, marn, kiltası ve silttaşı ardalanması

Keskin ve diğ. (1998)'in yaptığı çalışmaya göre birimin yaşı, içerdiği *Globigerinatheka subconglobata* (SHUTSKAYA), *Catapsydrax dissimilis* (CUSHMAN ve BERMUDEZ), *Hantkenina dumplei* (WINZIERL ve APPLIN), *Globigerinatheka index* (FINLAY), *Globigerina senni* (BECKMAN), *Globorotalia spinuloca* (CUSHMAN), *Globorotalia cf. Bulbrooki* (BOLLI), *Globigerinatheka sp.* ve *Globigerina sp.* bulgularına göre Üst İpreziyen-Alt Lütesiye'nin'dir.

3.2.3.2. Kurttaşlı Tepe Andeziti

İnceleme alanında koyu gri, siyah ve kahverengimsi renklerde, camsı ve çok kırıklı bir yapıya sahip olan andezitlerden oluşan birim, ilk defa bu çalışmada Kurttaşlı Tepe Andeziti olarak ayırtlanmış ve adlanmıştır.

Çalışma alanında Kurttaşlı Tepe dolaylarında gözlenen andezitler masif, fakat çok kırıklı bir yapıya sahiptir ve bu kırıklar silis ve yer yer kil dolguludur. Kayaçların dış yüzeyleri hidrotermal ve yüzeysel alterasyondan dolayı, açık gri renkte bir zarf ile

çevrelenmiş şekilde gözükmetedir. Kayacın iç kısımları ise siyah, koyu gri ve koyu yeşil renktedir. Bu yörede gözlenen andezitler, daha camsı olmasından ve içerisindeki minerallerinin makroskobik olarak gözle görülememesinden dolayı diğerlerinden farklılık gösterir (Şekil 11).



Şekil 11.Kurttaşlı Tepe civarında Çaybaşı Üyesi'ni keserek yerleşen, camsı ve bol kırıklı bir yapıya sahip olan Kurttaşlı Tepe Andeziti'nin arazi görünümü

Birim, aynı formasyon içerisindeki Çaybaşı Üyesi'ni oluşturan tortul birimleri kestiğinden dolayı Üst İpreziyen-Alt Lütisiyen'den daha genç olduğu düşünülmektedir.

3.2.3.3. Kale Üyesi

İnceleme alanında koyu gri, koyu yeşil, kahverengi ve siyah renklerde gözlenen aglomera ve breşler ile gri, koyu gri, yeşilimsi sarı ve açık kahverengi renklerde gözlenen tüflerden oluşan birim ilk defa bu çalışmada Kale Üyesi olarak adlanmıştır.

İnceleme alanında gözlenen aglomera ve breşler Kale, Hocoğlu, Şadırlık, Bolluk, Geriş, Dikmece, Çamlıca, Ağyeri ve Avcıdere Mahalleleri dolaylarında, tüfler ise Kuşça, Kızılağaç ve Kürtün Mahalleleri'nde yüzeyleme vermektedir.

Hocoğlu Mahallesi dolaylarında gözlenen aglomeralar, koyu yeşil ve siyah renktedir. Hidrotermal ve yüzeysel ayrışma hakimdir. Bu nedenle kayaç kısmen gerçek rengini kaybetmiş ve koyu yeşil renkte gözlenmektedir. Diğer aglomeralardan farkı çaplarının daha büyük olması ve bileşiminin sadece bazalt olmasıdır. Piroklast çapları yer yer yaklaşık 30-90 cm arasında değişen aglomeralar, daha çok Akçay Deresi boyunca gözlenmektedir. Ayrışma, kırıkların arasını dolduran kil ve kalsitlerle kendini göstermektedir (Şekil 12).



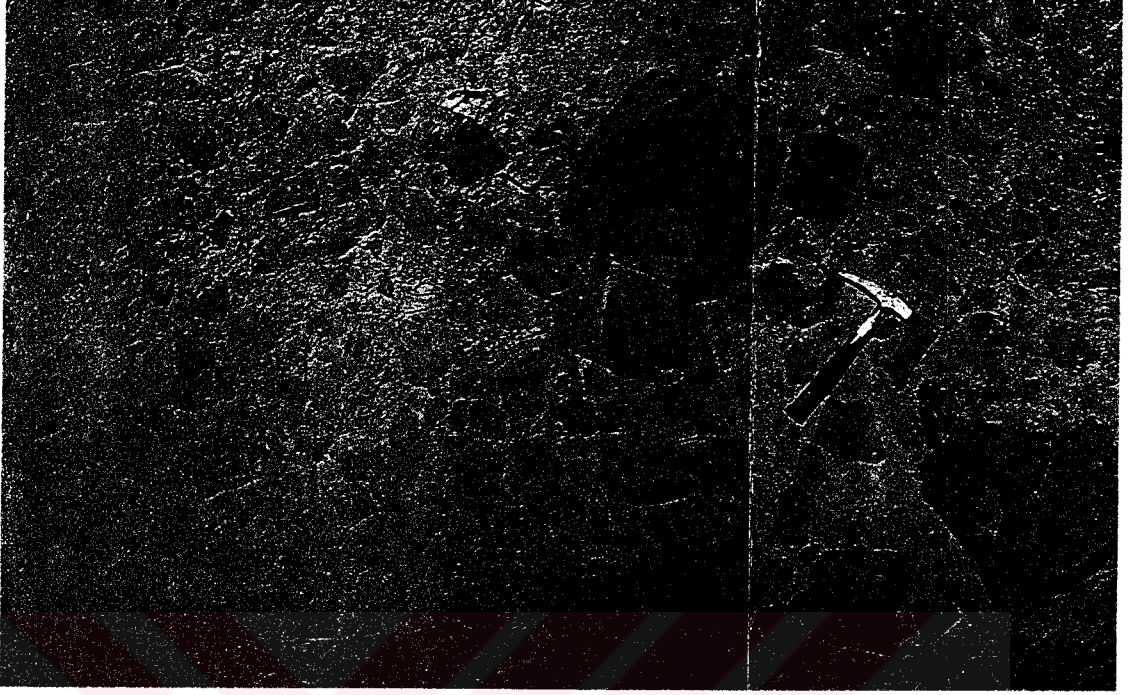
Şekil 12. Hocaoğlu Mahallesi dolaylarında gözlenen oldukça yuvraklaşmış bazaltik aglomeranın görünümü

Kale Mahallesi civarında gözlenen breşler çalışma alanının hemen hemen en yüksek kodunda bulunmaktadır. Breş çakılları oldukça sert bir yapıya sahip olup, çapları 5-40 cm arasındadır (Şekil 13). Değişik boyutlarda gözlenen çakılların bileşimi genellikle andezit, nadiren bazalttır. Çakıllar oldukça köşelidir ve alterasyondan dolayı bazı kısımlar açık gri, kahverengi ve sarımsı yeşil renklerde gözlenmektedir. Bağlayıcı da yer yer oldukça serttir ve bileşimi andezittir. Bağlayıcı, çakıllardan daha açık renklerde olup açık gri, sarımsı gri, açık kahverengi ve sarımsı yeşildir. Çakıllarda bir derecelenme yoktur. Burada gözlenen breşler, adeta bir yay etrafında yan yana dizilmiş sivri kornişler şeklinde topografya sunmaktadır (Şekil 14 ve 15). Bu da muhtemelen bir patlama breşi (veya baca breşi) olduklarına işaret edebilir.

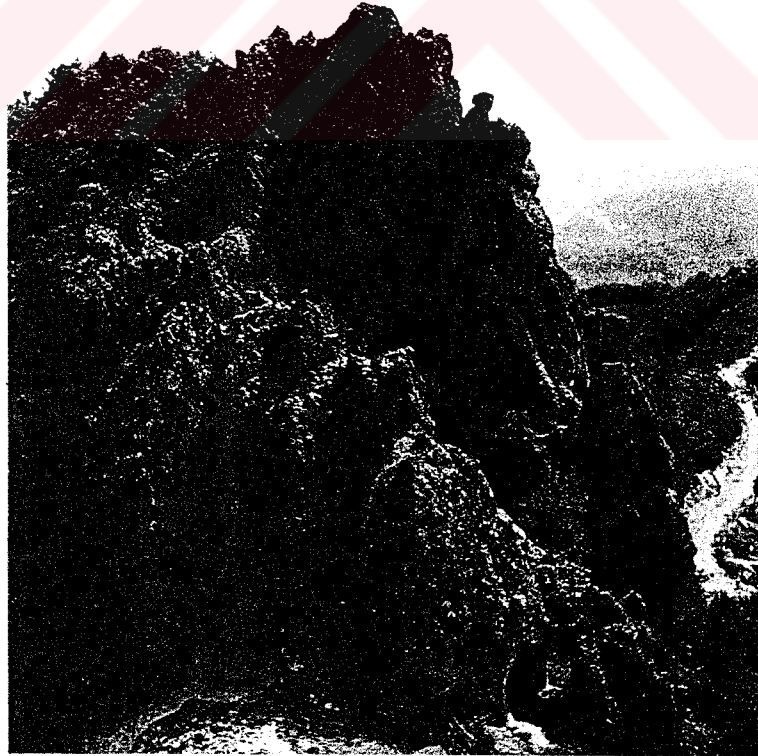
Dumantepe ve Avcıdere Mahalleleri dolaylarında gözlenen breşler ise koyu gri, koyu yeşil ve siyah renklerde gözlenmektedir. Breş çakılları oldukça serttir ve çapları 5-50 cm arasında değişmektedir. Çakılların bileşimi andezit ve bazalttır. Bağlayıcının bileşimi andezit olup, genelde açık-koyu gri, açık kahverengi ve siyah renktedir. Bağlayıcı çok ayrılmıştır ve yüzeysel alterasyondan oldukça etkilenmiştir.

Kuşça ve Kızılağaç mahalleleri civarında yüzeyleme veren tabakalı tüfler, bağlayıcısı aşırı derecede ayrılmış olan breşlerin tabanında yer almaktadır. Tüfler açık sarı, açık ve

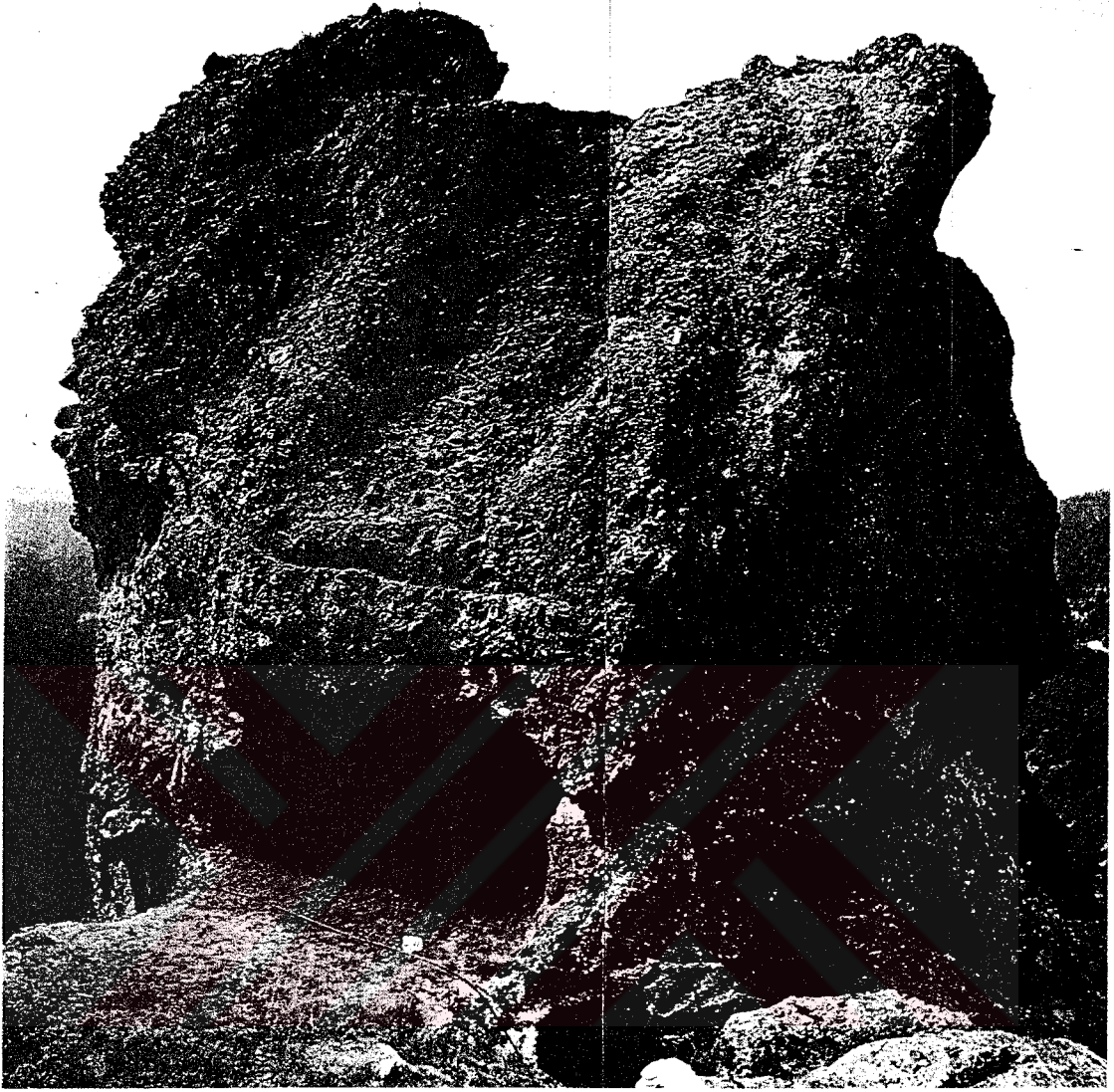
koyu gri renklere görülmektedir. Tabaka kalınlıkları 10-40 cm arasında değişmektedir. Tabaka doğrultuları K70B olup, eğimleri ise 10-20 ° KB arasında değişmektedir (şekil 16).



şekil 13. Kale Mahallesi'nde yüzeylenen çapları 5-40 cm arasında değişen andezitik breşlerin arazi görünümü

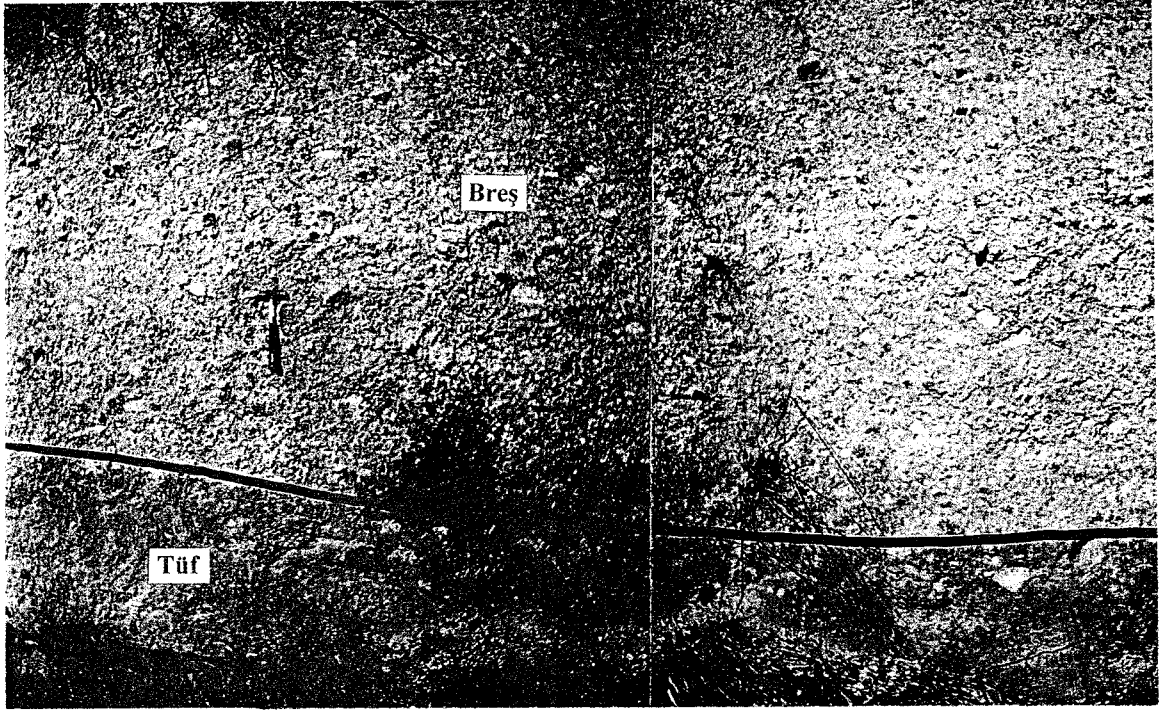


şekil 14. Kale Mahallesi'nde sivri kornişler şeklinde yükselen andezitik breşlerin arazi görünümü



Şekil 15.Kale Mahallesi'nde yüzeyleme veren andezitik breşlerin arazi görünümü

Leylek-Dumantepe-Kuşçu dolayında yüzeylenen ve Tekkeköy Formasyonu'nun tabanını oluşturan gri-grimsi yeşil renkli çamurtaşı-kumtaşı ardalanmasından oluşan birim içerisinde elde edilen *Globogerina eoacena* (GUEMBEL), *Globigerina primitiva* (FINLAY), *Globorotalia bulbrooki* (BOLLI), *Catapsydrax dissimilis* (CUSHMAN ve BERMUDEZ), *Globigerina linaperta* (FINLAY), *Hantkenina alabamensis* (CUSHMAN), *Hantkenina longispina* (CUSHMAN), *Truncorotaloides sp.*, *Uvigerina sp.* fosil bulgularına göre, birimin yaşı Üst Lütesiyen-Priyaboniyen olarak tanımlanmıştır (Keskin ve diğ., 1998).



Şekil 16.Kuşça ve Kızılağaç Mahalleleri civarında yüzeyleme veren andezitik breşler ve bunların alt seviyelerinde gözlenen tabakalı tüflerin arazi görünümü

3.2.3.4. İkizce Andeziti

İnceleme alanında gri-yeşil, koyu yeşil, kahverengi renklerde prizmatik debili andezitten oluşan birim İkizce Andeziti olarak adlanmıştır. Keskin ve diğ. (1998)'e göre İkizce Andeziti, gri-yeşil renkli andezitten oluşmaktadır. Fakat inceleme alanında bu birim prizmatik debili andezit ve andezit porfir olarak iki ayrı üye olarak ele alınmıştır. Prizmatik debi gösteren andezit İkizce Andeziti, porfirik özellik gösteren andezitler ise Teknecik Andezit Porfiri adı altında incelenmiştir.

Birim inceleme alanında İkizce Beldesi ile Kurtköy, Yunuskırığı, Kocaman, Kurudere, İncügez ve Kışla Mahalleleri dolaylarında yüzeyleme vermektedir.

Çalışma alanında incelenen bu birim dik topografya sunar. Birim iki yönde gelişmiş çatlak sistemine sahiptir. Bunlardan birincisi, 40-50 ° arasında yönlem, 70-80 ° arasında dalım değerlerine; ikincisi ise 210-220 ° arasında yönlem, 60-70 ° arasında dalım değerlerine sahiptir. Çatlakların arası kil dolguludur. Kayacın makroskobik görünümünde aşırı derecede altere olduğu, buna da hidrotermal ve yüzeysel alterasyonun neden olduğu belirlenmiştir. Gözlenen alterasyonlar killeşme, hematitleşme, silisleşmedir. Kayaçlar daha çok koyu gri, koyu yeşil ve siyah renklidir. Alterasyondan etkilenen kısımlar koyu sarı, sarımsı kahverengi renklerde olduğu gözlenmiştir.

İkizce Andeziti'nin bulunduğu bölgede topografya yapısal unsurların (faylanma ?) kontrolü altında gelişmiştir. Dere yataklarının aniden yön değiştirmesi, birimin dik topografik şevlerle aniden sona ermesi gibi topografik olaylar bu bölgede yapısal unsurların etkili olduğunu göstermektedir. Özellikle kolon debili andezitin dere yatağında aniden yön değiştirmesi ile kolon debilerin kıvrımlanması ve dik bir topografya oluşturacak şekilde aniden kesilmesi, olası paleo fayların varlığını ortaya koymaktadır (Şekil 17 ve 18).



Şekil 17. İkizce yöresindeki kolon debili andezitlerin arazi görünümü

3.2.3.5. Teknecik Andezit Porfiri

Çalışma alanında gri, koyu gri, yeşil, koyu yeşil, kahverengi ve sarımsı kahverengi renkte görülen andezit porfirden oluşan birim, Teknecik Andezit Porfiri olarak adlanmıştır. İnceleme alanında daha önceden bir çok araştırmacı tarafından çalışmalar yapılmıştır. Bu birim Çınar ve diğ. (1988)'e göre mikrodiyorit, Güven ve diğ. (1993)'e göre de Kaçkar granitoyidi olarak isimlendirilmiştir. Keskin ve diğ. (1998) ise aynı birimi İkizce Andeziti olarak tanımlamıştır. Fakat yapılan incelemelerde birimin sub-vulkanik karakterli olduğu tespit edilmiş ve Teknecik Andezit Porfiri olarak adlanmasının uygun olacağı düşünülmüştür.

Çalışma alanında Teknecik, Kurtluca, Kiraztepe, Düzmeşe, Başönü, Boğmalık, Gokça, Karadere, Tuzlusu ve Derebaşı Mahalleleri dolayında yüzeyleme vermektedir.



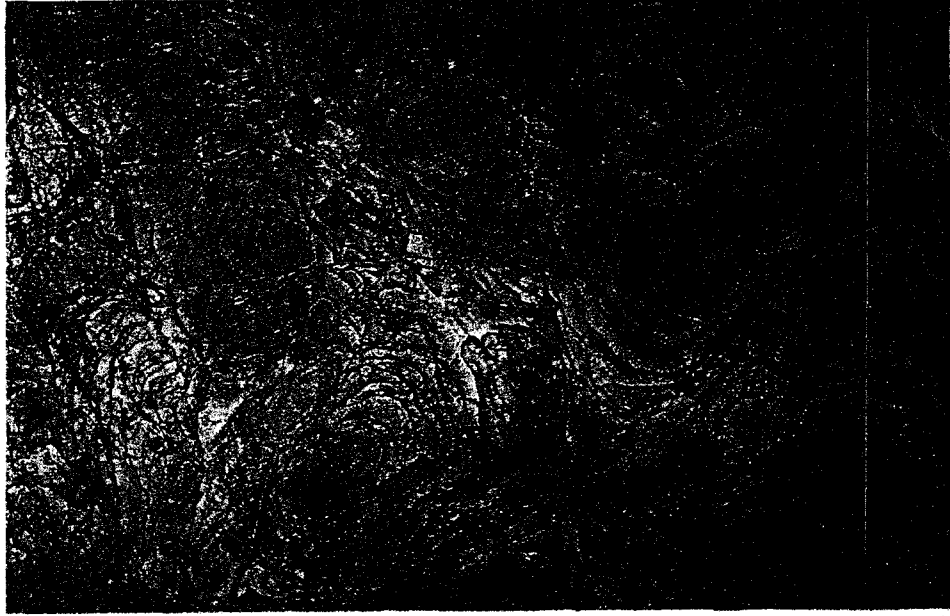
Şekil 18. İkizce yöresinde Akçay Deresi yatağında gözlenen kolon debili andezitlerin arazi görünümü

Birim en iyi Teknecik, Kurtluca ve Düzmeşe Mahalleleri ve Teknecik Tepesi dolayında gözlenmektedir. Kayaç içerisinde plajiyoklas mega kristallerini gözle görmek mümkündür. Andezit porfirler çoğunlukla masif ve nispeten çatlaklıdır. Yer yer yüzeysel ve hidrotermal alterasyona maruz kalmış olan andezit porfirlerde killeşme, hematitleşme, limonitleşme ve silisleşme mevcuttur. Birim makroskobik olarak ne kadar dayanıklı görünse de kırılgan ve dağılgandır. Genellikle koyu yeşil, yeşil, siyah ve koyu kahverengi renklerde gözlenen birimin alterasyona uğramış kısımları ise açık sarı, açık kahverengi, sarımsı yeşil renklerde gözükmetedir.

Arazi gözlemleri neticesinde, birimin yaklaşık KD-GB doğrultulu bir çok muhtemel düşey fay ile sınırlanmış olduğu ve bu fay zonları boyunca yükseldiği düşünülmektedir.

Gokça Mahallesi dolayında gözlenen andezit porfirlerde alterasyon çok yaygındır. Bundan dolayı da demir boyamalarının birim üzerinde oluşturduğu halka şeklindeki ayrışma yapıları oldukça dikkat çekicidir (Şekil 19).

Ayrıca andezit porfirlerin altere olarak gözükmediği bölgeler, daha çok yan kayaç ile temasta bulunduğu dokanak bölgeleridir. Daha iç kesimlere yaklaştıkça alterasyon azalmakta ve kayaç içerisindeki plajiyoklas mineralleri gözle görülecek kadar irileşmektedir.



Şekil 19.Gokça Mahallesi dolayındaki andezit porfirlerde alterasyon sonucu oluşan halka şeklindeki ayrışma yapılarının görünümü

3.2.4. Bazalt ve Andezit Daykları

İnceleme alanında Dumantepe Mahallesi civarında gözlenmektedir. Bazalt daykı, hem bağlayıcısı hem de çakılları çok sert bir yapıya sahip olan breşleri kesmektedir. Genişliği 4-5 m olan bazaltik daykın boyu tam olarak belirlenememiş olup, doğrultusu yaklaşık KB-GD'dur. Makroskobik olarak koyu gri ve siyah renklidir. Oldukça ince taneli olup mineraller gözle görülmemektedir. Birim çok sert bir yapı sunmaktadır. Çatlak ve kırıkların bol olarak bulunduğu kısımlar daha açık renkte gözükmektedir. Genelde altere olan kısımlarda kloritleşme ve silisleşme gözlenmektedir.

Andezit daykı, inceleme alanında Düzmeşe Mahallesi dolayında Teknecik Andezit Porfiri'ni kesmektedir. Genişliği 3-3.5 m arasında değişmekte olup, uzunluğu tam olarak tespit edilememiştir. Andezit porfirin yoğun alterasyona uğradığı bu bölgede çok net olarak gözlenen daykın doğrultusu yaklaşık KB-GD'dur. Genelde yeşilimsi gri ve koyu gri renkte gözlenen dayk, çatlakları boyunca killeşme ve silisleşme gibi alterasyon ürünleri sunarlar.

3.2.5. Taraça

Çalışma alanında Evcı, Sakarlı, Cılar, Kozluk, Koçuklu, Yeni, Beyevyanı dolaylarında D-B doğrultusunda kıyıya paralel olarak uzanmaktadır. Bu çökeller Akçay ve Curi Irmakları çevresinde eğimi çok az olan düzlükler şeklinde görülür.

Genellikle zayıf çimentolu çakıl, kum, silt, mil gibi malzemelerden meydana gelmiştir. Çakıllar oldukça yuvarlaktır ve bunların bileşimleri çoğunlukla andezit ve bazalttır.

Ünye batısında yapılan araştırmalarda taraça olarak adlandırılan bu çökellerin Pleistosen yaşlı oldukları ortaya koyulmuştur (Erkal, 1991).

3.2.6. Alüvyon

İnceleme alanında Miliç, Akçay ve Curi ırmakları vadilerinde ve bu ırmakların Karadeniz'e döküldüğü kesimlerde tutturulmamış çakıl, kum, mil gibi malzemelerden meydana gelmiştir. Çakılların bileşimi yine andezit ve bazalttır.

3.3. PETROGRAFI

3.3.1. Giriş

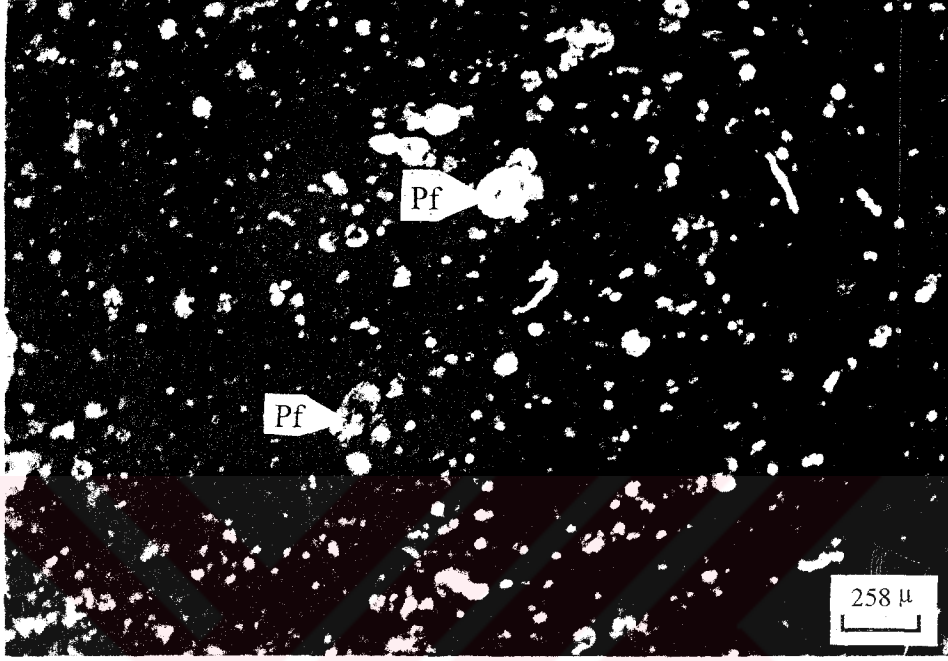
İnceleme alanındaki bütün birimleri temsil edecek şekilde 185 adet kayaç örneği alınmıştır. Bunlardan 120 tanesinin ince kesiti yapılmıştır. Bütün kesitler polarizan mikroskopta ayrıntılı olarak incelenerek mineralojik ve petrografik özellikleri belirlenmiştir. Daha sonrada bu bilgiler ışığında kayaç adlaması yapılmıştır. Teknecik Andezit Porfiri'ndeki plajiyoklas, hornblend, biyotit ve opak mineralleri üzerinde toplam 74 noktada; İkizce Andeziti'ndeki plajiyoklas, hornblend, klinopiroksen ve opak mineraller üzerinde toplam 28 noktada; Koçevyanı Bazaltı'ndaki plajiyoklas, klinopiroksen, olivin ve opak mineraller üzerinde toplam 28 noktada; Kale Üyesi'ne ait aglomera çakıllarındaki plajiyoklas, hornblend, ojit ve opak mineraller üzerinde toplam 20 noktada; Bazalt daykındaki plajiyoklas, klinopiroksen, olivin ve opak mineraller üzerinde toplam 26 noktada ve Andezit daykındaki plajiyoklas ve hornblend mineralleri üzerinde toplam 16 noktada elektron mikroprob analizi yapılarak bu minerallerin kimyası ve cinsi tayin edilmiştir. Tortul kayaçlardan yapılan ince kesitlerin petrografik incelemeleri sonucunda, çökeltme ortamı yorumlanmış ve tespit edilen mikrofosiller yardımıyla yaş tayini yapılmıştır.

3.3.2. Akveren Formasyonu

3.3.2.1. Tekkiraz Üyesi

Aydıntepe Mahallesi dolaylarında genellikle masif ve yer yer tabakalı beyaz, sarımsı beyaz kireçtaşlarından alınan örneklerin mikroskobik incelemelerinde, mikrit çimentolu kireçtaşlarının, biyomikritlerden oluştuğu tespit edilmiştir. Genellikle korunmuş ve bol olarak bulunan pelajik foraminifer, nadir olarak gözlenen bentik foraminifer ve pelajik

bivalv parçalarından oluşan biyoklastlar, kayaç içerisinde %30 oranında olup, genelde parçalı olarak bulunmaktadır (Şekil 20). Düşük enerjili derin deniz ortamında oluşmuş olan kireçtaşları, Folk (1962)'ye göre biyomikritik kireçtaşı olarak adlandırılmıştır.



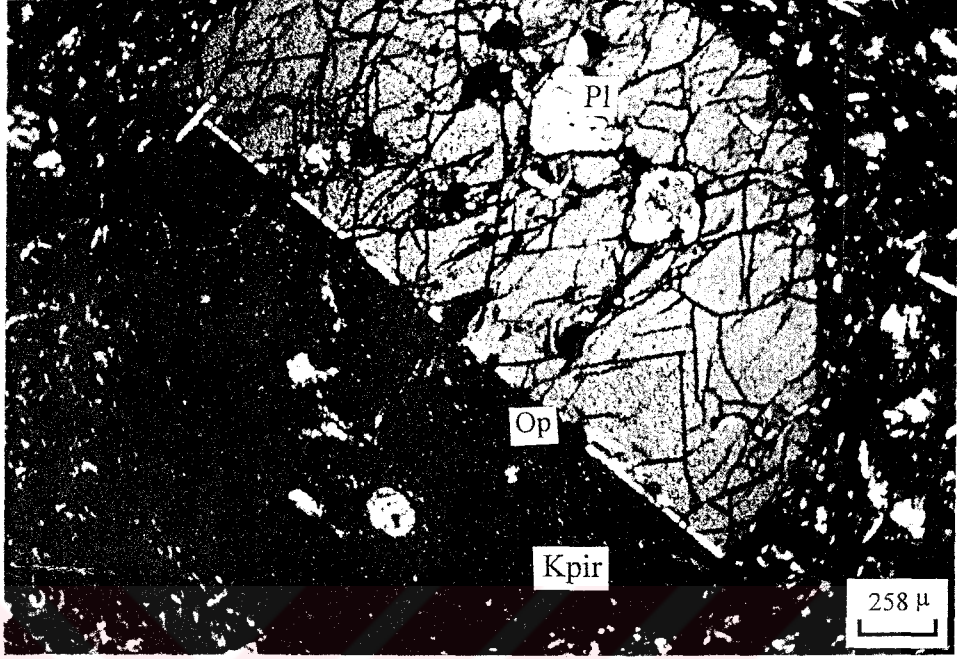
Şekil 20. Aydıntepe dolaylarında yüzeylenen biyomikritik kireçtaşlarının mikroskopta görünümü (Pf: Pelajik foraminifer)(Örnek No:C14)

3.3.3. Koçevyanı Bazaltı

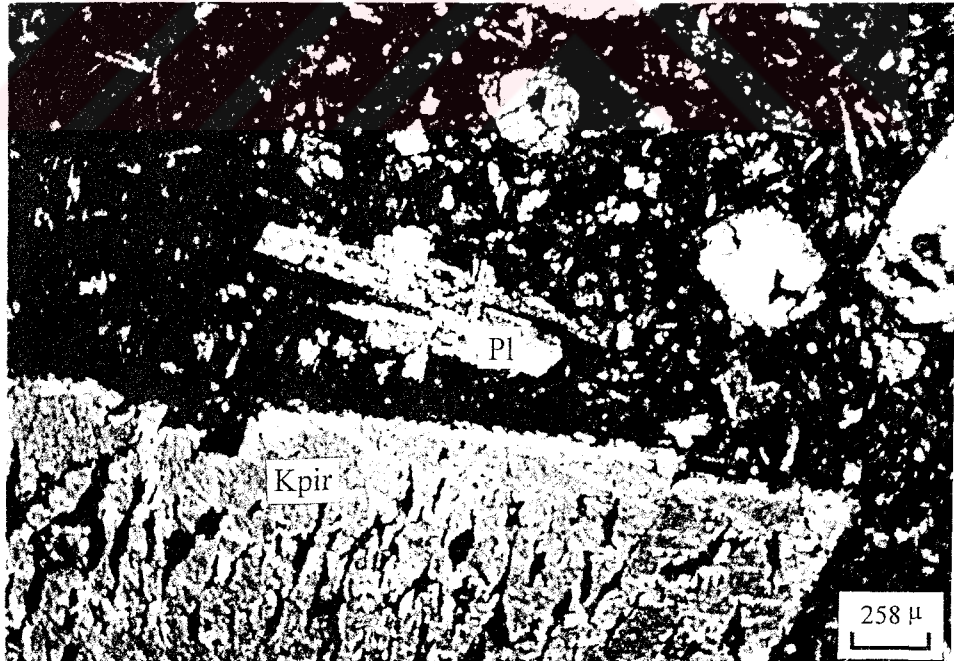
Genellikle porfirik, glomeroporfirik (kümülofirik), hyalopilitik, entergranüler ve entersertal doku göstermektedir. Kayaç içerisinde megakristal olarak klinopiroksen, fenokristal olarak plajiyoklas, olivin ve opak mineral gözlenmektedir. İkincil mineral olarak bunlara kalsit ve klorit eşlik etmektedir. Hamurda ise daha çok plajiyoklas mikrolitleri ve volkanik cam bulunmaktadır. Genellikle de mikrolitik ve hyalo-mikrolitik doku gözlenmektedir.

Klinopiroksen mineralleri iri ve çok iri kristaller halinde gözlenmektedir. Hamurda ise mikrolitler halinde bol olarak bulunmaktadır. Mineraller özşekilli ve yarı özşekillidir. Birbirine dik iki yönlü dilinim sistemine sahiptir. Tek nikelde açık yeşil; çapraz nikelde mavi, kırmızı, sarı renklerde gözlenmektedir. Sönme açısı ($z \wedge c$) $35-38^{\circ}$ arasında değişmektedir. Bol olarak plajiyoklas, opak mineral ve volkanik cam inklüzyonları içermektedir. Özşekilli olan minerallerde ikizlenme ve zonlanma gözlenmektedir (Şekil 21). Bazıları $h'(100)$ ikizi göstermektedir. Bol çatlak ve kırıklara sahip olup, bunlar

kalsit ile dolmuştur. Alterasyona uğramış olanlarda kloritleşme gözlenmektedir. Ayrıca bazı klinopiroksenlerde kısmi ergime ile gelişen kaba elek dokusu vardır. (Şekil 22).



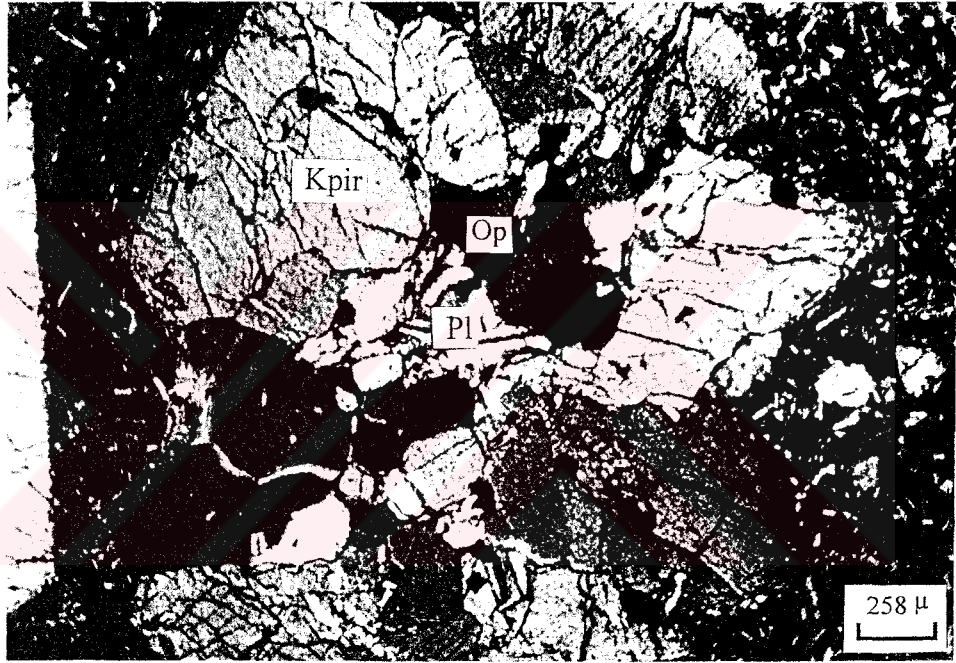
Şekil 21.Koçevyanı Bazaltı'nda oldukça iri ve ikizlenme gösteren klinopiroksen minerali (Ç.N.; Kpir :Klinopiroksen, Pl :Plajiyoklas, Op:Opak)(Örnek No:B₂)



Şekil 22.Koçevyanı Bazaltı'ndaki klinopiroksende kimi ergime sonucu gelişen elek dokusu (Ç.N.; Kpir: Klinopiroksen, Pl: Plajiyoklas) (Örnek No: 3A)

Bazı fenokristal klinopiroksen kristallerinin ise kenar kısımları testere gibi tırtıklıdır. Bu doku, klinopiroksen mineralinin kenarlarından itibaren kısmi ergimesiyle gelişmiştir. Bu da dengesizlik ortamını göstermekte olup, termodinamik olayların (basınç, sıcaklık vb.) magmanın kristalleşmesi sırasında değiştiğine işaret etmektedir. Ayrıca birçok klinopiroksen ve opak mineralin bir araya gelerek glomeroporfirik (kümülofirik) doku göstermesi dikkat çekici bir unsurdur (Şekil 23).

Plajiyoklas mineralleri özşekilli ve yarı özşekillidir. Tek nikelde renksiz, çapraz nikelde gri, beyaz renklerde gözlenmektedir. Yer yer altere olup, daha çok hamurda mikrolitler halinde gözlenmektedir.



Şekil 23. Koçevyanı Bazaltı'ndaki klinopiroksen ve opak minerallerinin oluşturduğu glomeroporfirik doku (Ç.N.; Kpir: Klinopiroksen, Pl:Plajiyoklas, Op: Opak) (Örnek No: K35)

Olivin mineralleri genelde özşekilli ve yarı özşekilli fenokristaller halinde gözlenmektedir. Yer yer yuvarlağımsı ve iri uzun latalar oluşturacak şekilde, klinopiroksen minerallerinin çevresinde bulunmaktadır. Tek nikelde genelde renksiz, çapraz nikelde oksidasyon sonucu Fe bakımından zengin olanlarda yeşilimsi sarı (x ve z yönlerinde) ve turuncumsu sarı (y yönünde) renkte görülmektedir. Ayrıca paralel sönme gösterirler. Fe⁺³ getirimi sonucu daha çok kenar zonu olarak olivinin çevresinde, sarımsı kahverengi, zayıf pleokroik iddingsit gözlenmektedir. Ayrıca bazı olivin kristallerinde hidrotermal koşullar altında ve CO₂ içeren suyun etkisiyle serpantinleşmiştir. Olivinin kenar ve çatlaklarından

itibaren gelişen ve çatlaklara dik olarak dizilim gösteren krizotil (ağ veya kafes yapısı) oluşumu gözlenmektedir. Ayrıca serpantinleşmeye maruz kalmış olan olivin mineralleri içerisinde opak mineral inklüzyonları da bulunmaktadır (Şekil 24).

Opak mineraller genelde küçük düzensiz, bazen de köşeli taneler halinde gözlenmektedir. Özellikle de klinopiroksen ve olivin mineralleri içerisinde inklüzyonlar halinde bulunmaktadır (Şekil 25).

Hamurda plajiyoklas, ojit, opak mineral ve volkanik cam bulunmaktadır. Ayrıca yer yer karbonatlaşma gözlenmektedir.



Şekil 24.Koçevyanı Bazaltı'ndaki bol çatlaklı, serpantinleşmiş olivinlerin mikroskopta görünümü (Ç.N.; Ol :Olivin, Pl :Plajiyoklas) (Örnek No:B1)

3.3.3.1. Mineral Kimyası

3.3.3.1.1. Klinopiroksen

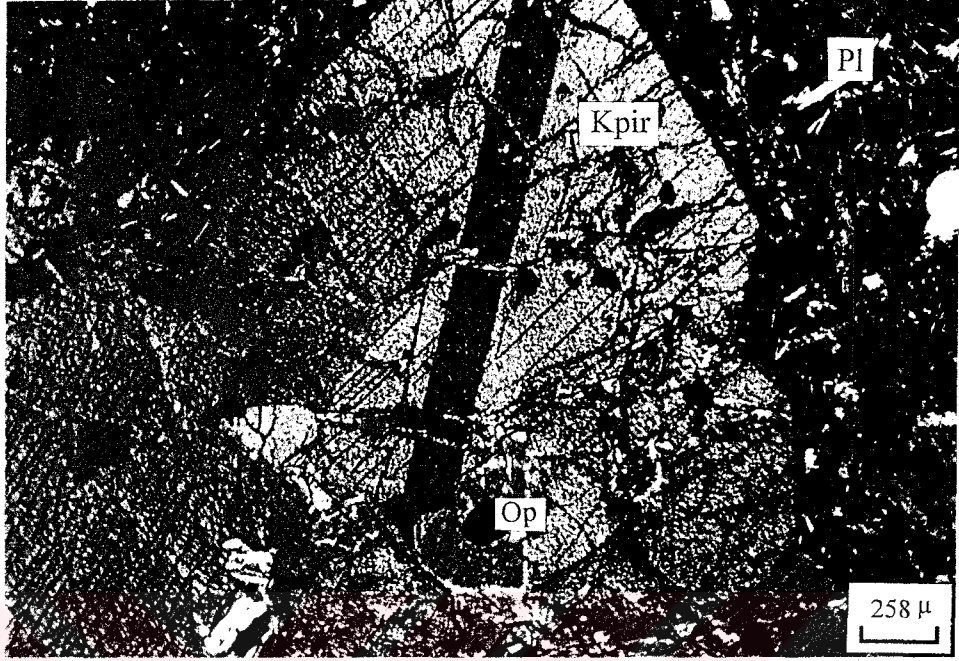
Klinopiroksenlerden elde edilen mikroprob analizleri (Tablo 1) dikkate alındığında Morimoto ve diğ. (1988)'ne göre diyopsitik ojit olarak tanımlanabilir (Şekil 26).

Diyopsitlerin bileşimi $Wo_{46} En_{42} Fs_{12} - Wo_{48} En_{39} Fs_{13}$ arasında değişmektedir. Bu minerallerde $Mg / (Mg + Fe^{+2})$ oranı 0.67-0.79 arasındadır.

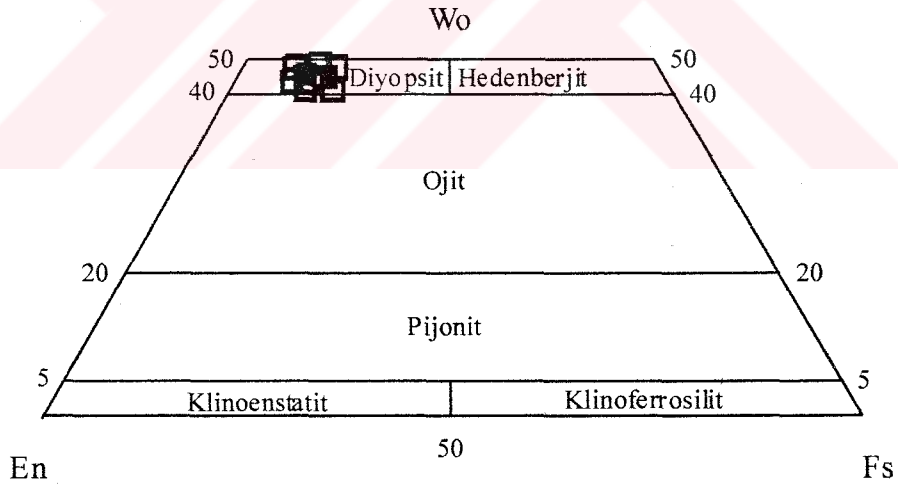
3.3.3.1.2. Plajiyoklas

Bazaltlardaki plajiyoklasların cinsi bitovnittir (Şekil 27). Daha çok fenokristaller halinde gözlenen plajiyoklaslarda önemli bir bileşimsel değişim söz konusu değildir.

Bileşimler genellikle kenar kısımlarda $An_{76-80} Ab_{22-17} Or_{2-3}$ iken, merkez kısımlarda ise $An_{72-78} Ab_{25-20} Or_{3-2}$ değerlerine sahiptir (Tablo 2).



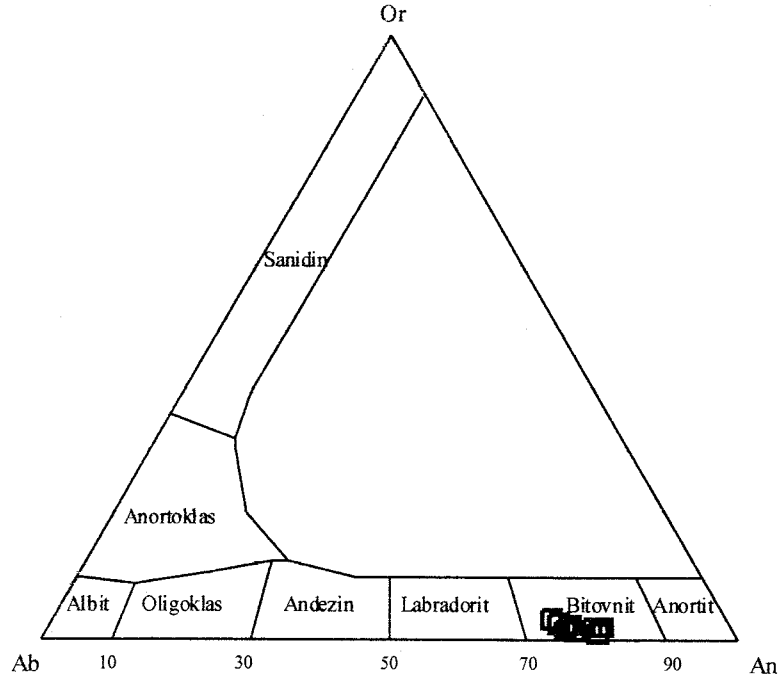
Şekil 25. İri klinopiroksen mineralleri içeren bazaltların mikroskopta görünümü (Ç.N.; Kpir: Klinopiroksen, Pl: Plajiyoklas, Op: Opa) (Örnek No: B1)



Şekil 26. Koçevyanı Bazaltı'ndaki klinopiroksenlere ait Wo-En-Fs üçgen diyagramı (Morimoto ve diğ., 1988)

3.3.3.1.3. Olivin

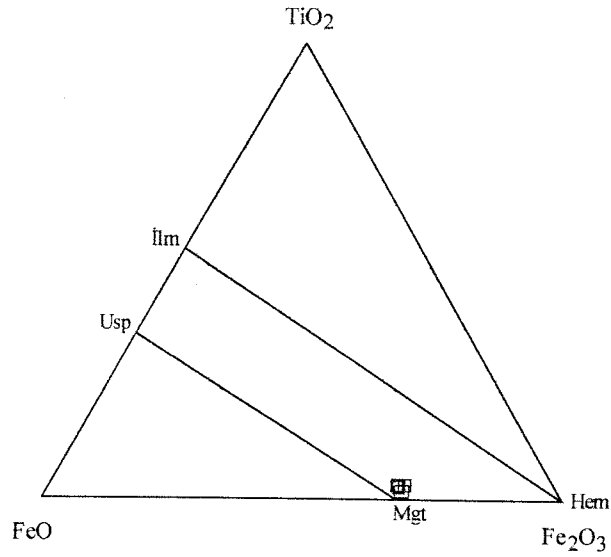
Fenokristal ve mikrofenokristal olarak gözlenen olivinlerin bileşimleri Fo_{82-84} arasında değişmektedir. Genelde aynı bileşime sahip olivinlerde $Mg / (Mg + Fe^{+2})$ oranı ise 0.84-0.85 arasındadır (Tablo 3)



Şekil 27.Koçevyanı Bazaltı'ndaki plajiyoklaslara ait Ab-An-Or üçgen diyagramı

3.3.3.1.4. Fe-Ti Oksitler

Genellikle klinopiroksen megakristalleri ve olivin fenokristalleri içerisinde inklüzyonlar halinde gözlenen oksit minerallerin hepsi magnetittir (Şekil 28). Bu mineraller Bazalt Daykı'nın Fe-Ti oksitleriyle karşılaştırıldığında; daha düşük Fe_2O_3 ve TiO_2 içeriğine ve daha yüksek Al_2O_3 ve MgO içeriğine sahiptir (Tablo 4).



Şekil 28.Koçevyanı Bazaltı'ndaki Fe-Ti oksit minerallerinin bileşimini gösteren üçgen diyagramı (Bacon ve Hirschmann, 1988)

Tablo 1. Koçevyanı Bazaltı'na ait klinopiroksenlerin mikroprob analiz sonuçları.

Örnek	31A	31A	31A	31A	31A	31A	31A	31A
	Klinopir-6 mega <u>kenar</u>	Klinopir-6 mega <u>merkez</u>	Klinopir-6 mega <u>merkez</u>	Klinopir-6 mega <u>kenar</u>	Klinopir-7 feno <u>kenar</u>	Klinopir-7 feno <u>merkez</u>	Klinopir-7 feno <u>merkez</u>	Klinopir-7 feno <u>kenar</u>
SiO ₂	48.98	49.43	48.72	50.38	45.67	48.74	50.14	50.54
TiO ₂	0.53	0.43	0.66	0.43	1.01	0.60	0.51	0.46
Al ₂ O ₃	5.54	5.04	6.23	4.21	8.18	5.84	4.82	4.10
FeO	7.93	7.76	7.88	7.43	10.44	7.95	7.44	7.16
MnO	<0.08	0.13	0.10	0.21	0.14	0.08	0.11	<0.08
MgO	14.02	14.29	13.39	15.03	12.09	13.93	14.69	15.09
CaO	22.82	22.81	22.59	22.40	22.21	22.77	22.70	22.57
Na ₂ O	<0.13	<0.13	0.16	<0.13	<0.13	<0.13	<0.13	<0.13
K ₂ O	<0.04	<0.04	0.09	0.05	<0.04	<0.04	<0.05	<0.04
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr ₂ O ₃	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
Toplam	99.82	99.89	99.82	100.14	99.74	99.91	100.40	99.92
Formül 6 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.								
Si	1.83	1.84	1.82	1.87	1.73	1.82	1.86	1.88
Ti	0.01	0.01	0.02	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01
Al	0.24	0.22	0.27	0.18	0.37	0.26	0.21	0.18
Fe ⁺²	0.25	0.24	0.25	0.23	0.33	0.25	0.23	0.22
Mn	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.78	0.80	0.75	0.83	0.68	0.78	0.81	0.83
Ca	0.91	0.91	0.90	0.89	0.90	0.91	0.90	0.90
Na	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
Toplam	4.03	4.03	4.03	4.03	4.05	4.03	4.02	4.02
Mg [#]	0.76	0.77	0.75	0.78	0.67	0.76	0.78	0.79
Wo	47.04	46.70	47.61	45.46	46.97	47.03	46.30	45.92
En	40.21	40.70	39.26	42.44	35.57	40.03	41.68	42.71
Fs	17.76	12.61	13.13	12.11	17.47	12.95	12.02	11.37

$$Mg^{\#} = Mg / (Mg + Fe^{+2})$$

Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır.

Tablo 2. Koçevyanı Bazaltı'na ait plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları.

Örnek	31A	31A	31A	31A	31A	31A	31A	31A
	plaj-1	plaj-1	plaj-1	plaj-1	plaj-3	plaj-3	plaj-3	plaj-3
	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno
	kenar	merkez	merkez	kenar	kenar	merkez	merkez	kenar
SiO ₂	48.17	49.69	48.84	49.46	48.99	50.00	49.3	49.45
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	31.67	30.67	31.72	31.54	31.05	30.37	30.62	31.15
FeO	1.49	1.27	1.16	1.23	1.19	1.16	1.23	1.42
MnO	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.07	<0.07
MgO	0.44	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	0.11	0.14
CaO	15.9	15.16	15.83	15.69	15.18	14.73	15.03	15.38
Na ₂ O	2.02	2.63	2.26	2.30	2.45	2.82	2.57	2.46
K ₂ O	0.32	0.46	0.34	0.41	0.40	0.53	0.49	0.43
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr ₂ O ₃	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	100.00	99.89	100.15	100.63	99.26	99.62	99.33	100.43

Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Si	8.89	9.15	8.98	9.04	9.07	9.22	9.13	9.07
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	6.89	6.66	6.87	6.80	6.78	6.60	6.68	6.73
Fe ⁺²	0.23	0.20	0.18	0.19	0.18	0.18	0.19	0.22
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.04
Ca	3.14	2.99	3.12	3.07	3.01	2.91	2.98	3.02
Na	0.72	0.94	0.81	0.81	0.88	1.01	0.92	0.87
K	0.08	0.11	0.08	0.10	0.10	0.13	0.12	0.10
P	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	20.07	20.04	20.03	20.01	20.02	20.04	20.05	20.05
An	79.70	74.10	77.90	77.10	75.50	71.90	74.20	75.60
Ab	18.30	23.20	20.10	20.40	22.10	24.90	22.90	21.90
Or	1.90	2.70	2.00	2.40	2.40	3.10	2.90	2.50

Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır.

Tablo 3. Koçevyanı Bazaltı'na ait olivinlerin mikroprob analiz sonuçları.

Örnek	31A	31A	31A	31A	31A	31A	31A	31A
	Olivin-2 feno kenar	Olivin-2 feno merkez	Olivin-2 feno merkez	Olivin-2 feno kenar	Olivin-4 feno kenar	Olivin-4 feno merkez	Olivin-4 feno merkez	Olivin-4 feno kenar
SiO ₂	39.56	40.00	39.74	39.61	39.93	39.70	39.97	39.66
TiO ₂	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.07
Al ₂ O ₃	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
FeO	14.86	14.54	14.42	14.71	14.68	14.56	15.2	14.82
MnO	0.31	0.30	0.28	0.38	0.29	0.24	0.29	0.25
MgO	44.43	45.02	44.57	44.36	44.59	44.28	44.64	44.27
CaO	0.43	0.32	0.30	0.40	0.38	0.40	0.34	0.39
Na ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr ₂ O ₃	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07
NiO	<0.12	<0.12	<0.12	<0.12	<0.12	<0.12	<0.12	<0.12
Toplam	99.59	100.17	99.31	99.46	99.87	99.19	100.44	99.38

Formül 4 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Si	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ⁺²	0.31	0.30	0.30	0.31	0.31	0.31	0.32	0.31
Mn	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Mg	1.67	1.68	1.68	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67
Ca	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Mg [#]	0.84	0.85	0.85	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
Fo	82.90	83.60	83.60	83.00	83.20	83.20	82.90	83.00
Fa	15.50	15.10	15.10	15.40	15.30	15.30	15.80	15.60

$$\text{Mg}^{\#} = \text{Mg} / (\text{Mg} + \text{Fe}^{+2})$$

Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır.

Tablo 4. Koçevyanı Bazaltı'na ait Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları.

Örnek	31A	31A	31A	31A
	Plaj-5	Plaj-5	Plaj-8	Plaj-8
	Magnetit	Magnetit	Magnetit	Magnetit
SiO ₂	<0.08	<0.08	<0.09	<0.09
TiO ₂	2.32	2.29	2.26	2.35
Al ₂ O ₃	9.49	9.37	9.27	9.36
Fe ₂ O ₃	53.91	53.26	54.98	55.23
FeO	23.23	23.29	23.85	23.50
MnO	0.37	0.25	0.30	0.33
MgO	7.30	7.12	7.15	7.46
CaO	0.09	0.07	<0.05	0.08
Na ₂ O	<0.17	<0.17	<0.18	<0.18
K ₂ O	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
Cr ₂ O ₃	3.45	3.49	3.31	3.32
Toplam	100.16	99.14	101.11	101.63
Formül 4 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.				
Si	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.06	0.06	0.07	0.06
Al	0.38	0.38	0.36	0.37
Fe ⁺³	1.40	1.40	1.42	1.41
Fe ⁺²	0.78	0.78	0.79	0.79
Mn	0.01	0.00	0.00	0.01
Mg	0.37	0.38	0.36	0.36
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	3.00	3.00	3.00	3.00
Ulvöspinel	3.00	3.00	3.00	3.00
Magnetit	44.00	45.00	47.00	45.00
Quandit	2.00	2.00	0.00	2.00
Kromit	0.00	0.00	1.00	0.00
Jakopsit	0.00	0.00	0.00	0.00
Magnezyoferrit	25.00	24.00	25.00	25.00
Hersinit	12.00	12.00	12.00	11.00
Spinel	6.00	6.00	6.00	6.00

Fe⁺³ ve Fe⁺² ayırımı stokiometrik olarak hesaplanmıştır.

3.3.4. Tekkeköy Formasyonu

3.3.4.1. Çaybaşı Üyesi

Mikroskobik incelemelerde sparit çimentolu kireçtaşlarının; biyoklast, intraklast ve kırıntılı bileşenlerden oluştuğu belirlenmiştir. Ekinit, Bryozoa, Nummulit, kavkı parçaları ve oldukça korunmuş olan bentik foraminiferden oluşan biyoklastlar, kayaç içerisinde %30 oranında bulunmaktadır. Kayaç içerisinde %15 oranında bulunan intraklastlar, değişik boylarda olup yuvarlaklaşmış taneler halindedir. Ayrıca kayaç bol olarak kuvars ve feldspat parçalarından oluşan kırıntılı bileşen içermektedir (Şekil 29). Yüksek enerjili sığ deniz ortamında oluşmuş olan kireçtaşları, Folk (1962)'ye göre kumlu biyointraspelit olarak adlandırılmıştır.



Şekil 29. Çaybaşı Üyesi'ne ait kireçtaşlarının mikroskoptaki görünümü (N:Nummulites)(Örnek No: 33A)

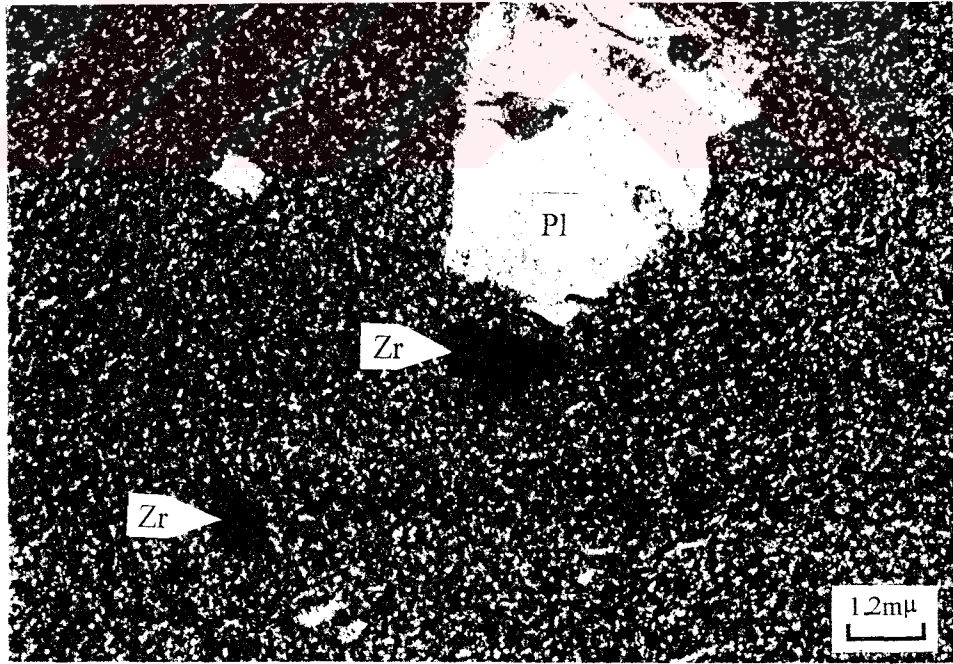
3.3.4.2. Kurttaşlı Tepe Andeziti

Genellikle hyalo-mikrolitik ve mikrolitik dokuya sahip olan andezitler içerisinde bol miktarda mikrofenokristal olarak plajiyoklas bulunmaktadır. Çoğunluğu volkanik camdan oluşan hamur içerisinde mikrolitler halinde plajiyoklas, hornblend, biyotit ve ojit mineralleri ile metamikt zirkon minerali gözlenmektedir. Ayrıca anortoklas ksenokristleri de ender olarak bulunmaktadır. Bol olarak mikro çatlaklara sahip olan kayacın mikroskobik incelenmesinde kalsit mineraline rastlanmaktadır.

Plajiyoklas kristalleri oldukça kırıklı, ayrılmış ve özşekilsizdir. Tek nikelde renksiz, çapraz nikelde gri,beyaz renklerdedir. Sönme açısı tayinlerinde (010)'a dik kesitlerde sönme açılarının 28-32 ° arasında değiştiği ve bileşimlerinin labrador (An_{52-56}) olduğu belirlenmiştir. Plajiyoklas minerallerinde herhangi bir ikizlenme söz konusu olmayıp, çoğunlukla minerallerde kemirilme tespit edilmiştir (Şekil 30). Plajiyoklas minerallerinin bir kısmı serisitleşmiş, kalsit ve kil minerallerine dönüşmüştür. Ayrıca hamurda plajiyoklas minerallerinin çok ince, iğnemsî şekillerde belli belirsiz yönlenme gösterdikleri de tespit edilmiştir.

Hornblend mineralleri genellikle hamurda mikrolitler halinde olup, özşekilsizdir. Açık kahverengi, koyu kahverengi ve koyu yeşil renkte gözlenen hornblend minerallerinde opaklaşma hakimdir. Pleokroizması yönler göre; x:sarımsı yeşil, z: açık sarı yeşildir. Hornblend minerallerinin çoğu parçalanmış ve kırılmıştır.

Genelde yarı özşekilli ve özşekilsiz klinopiroksen mineralleri, hamurda mikrolitler halinde bulunmaktadır. Yüksek röliyefe sahip olan klinopiroksen mineralleri, tek nikelde renksiz ve bazende kahverengimsi yeşil, çapraz nikelde ise II. sıranın mavi, yeşil renklerini sunmaktadır. Çok zayıf pleokroizma göstermektedirler.



Şekil 30.Kurttaşlı Tepe Andeziti'ndeki plajiyoklaslarda gözlenen kemirilme dokusu ve metamikt zirkon minerali (T.N.; Pl: Plajiyoklas, Zr: Zirkon) (Örnek No: K2)

Biyotit mineralleri genellikle mikrolitler halinde gözlenmektedir. Tek nikelde kahverengi, çapraz nikelde koyu yeşil, koyu kahverengi, nadiren daha açık renklerde

bulunurlar. Kuvvetli pleokroizma göstermektedirler ve yönlere göre; z: açık kahverengi, x: koyu kahverengidir. Yer yer ayrışma ürünü olarak kloritleşme gözlenmektedir. Ayrıca biyotit minerallerinde opaklaşma hakimdir.

Yer yer hamurda pleokroik haleler şeklinde görülen zirkon mineralleri, yüksek röliyefe sahiptir. Tek nikelde renksizdir, fakat bazen soluk kahverengimsi renkte görülmektedir.

3.3.4.3. Kale Üyesi

Breş çakıllarından alınan örneklerin çoğu andezit, yer yer bazalt bileşimlidir. Bu örneklerden sadece bazaltik çakıllardan mikroprob analizi yapılmış olup, mikrofotograflar çoğunlukla andezitik çakıllardan çekilmiştir. Bunlarda genellikle porfirik, mikrolitik porfirik, hyalo-mikrolitik porfirik ve glomeraporfirik doku gözlenmektedir. Kayaç içerisinde açık renkli mineral olarak plajiyoklas, mafik mineral olarak da hornblend, biyotit ve ojit mineralleri bulunmaktadır. Hamurda genellikle mikrolitik, hyalo-mikrolitik doku ile akma dokusu hakimdir.

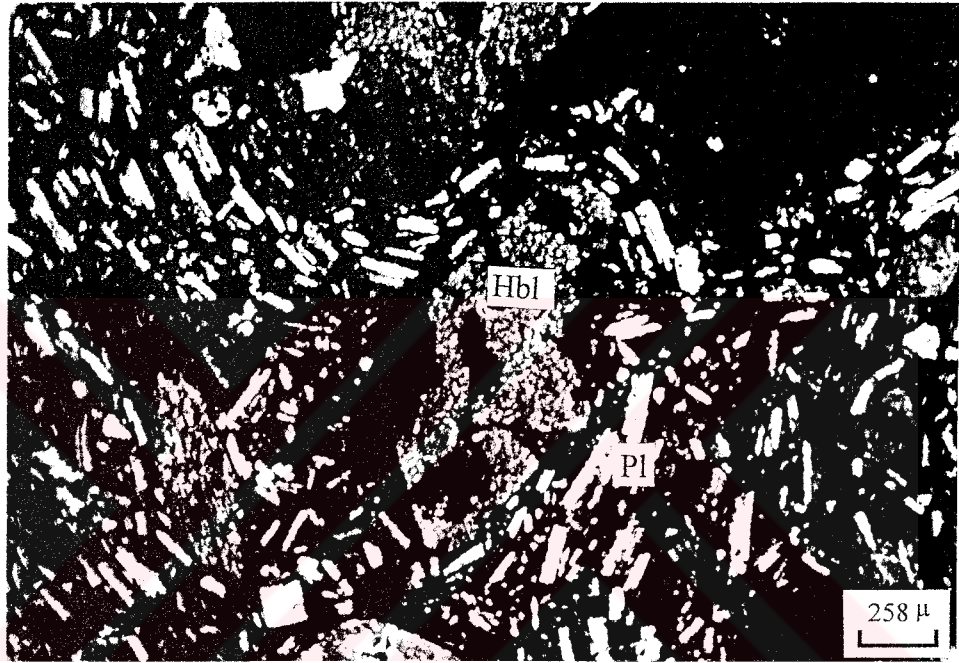
Plajiyoklas mineralleri kayaç içerisinde megakristal, fenokristal ve hamurda mikrolitler halinde bulunmaktadır. Genellikle özşekilli ve yarı özşekillidirler. Özşekilsiz olanlar kırıklı olup, dağınık halde bulunurlar. Halkalı zonlanma hakimdir. Yer yer albit ve karlsbad ikizi göstermektedir. Bununla beraber karmaşık ikizlenmeye de sıkça rastlanmaktadır (Şekil 31). Yer yer serisitleşmiş ve kil minerallerine dönüşmüştür.



Şekil 31. Breşlerdeki andezitik çakıllarda gözlenen plajiyoklasların sunduğu karmaşık ikizlenme (Ç.N.; Pl:Plajiyoklas, Hbl:Hornblend)(Örnek No: B8)

Opak mineraller, genelde küçük taneler halinde gözlenmektedir. Bunlar daha çok zonlu plajiyoklas ve hornblend kristallerinin içerisinde inklüzyonlar halinde bulunmaktadır.

Hamur plajiyoklas, hornblend, klinopiroksen mikrolitlerinden ve volkanik camdan oluşmaktadır. Yer yer kloritleşme, kalsitleşme ve serisitleşme hakimdir. Ayrıca plajiyoklas mikrolitleri, yenme ve kemirilme yapılarının gözlendiği hornblend mineralinin çevresini sararak akma dokusu göstermektedir (Şekil 33).



Şekil 33. Breşlerdeki andezitik çakıllarda, hamurda mikrolitler halinde bulunan plajiyoklasların gösterdiği akma dokusu (Pl: Plajiyoklas, H: Hornblend) (Örnek No:6)

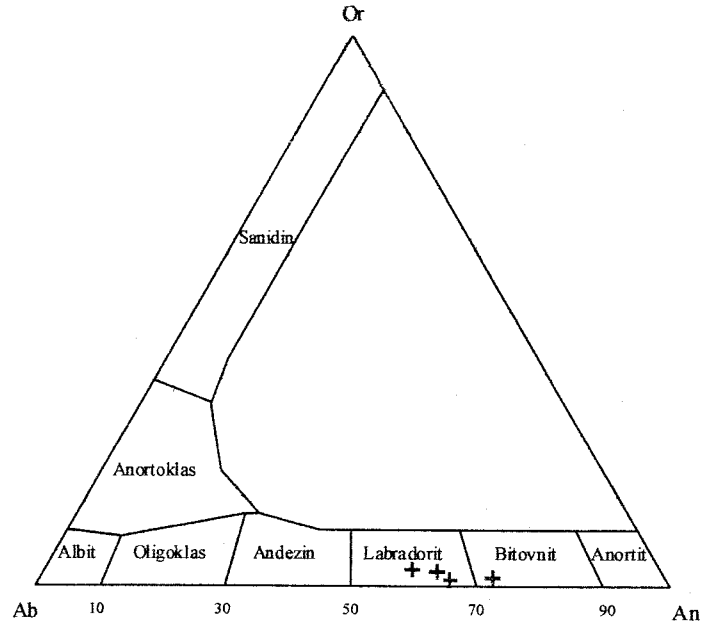
3.3.4.3.1. Mineral Kimyası

3.3.4.3.1.1. Plajiyoklas

Breşler içerisindeki bazaltik çakıllarda gözlenen plajiyoklaslar genelde labradorit, nadiren de bitovnittir (Şekil 34). Bu minerallerden elde edilen analiz sonuçları Tablo 5' te verilmiştir.

Bazaltik breş çakıllarında, mikrofenkristaller halinde gözlenen plajiyoklaslar çoğunlukla labradorit olup, bileşim $An_{58}Ab_{39}Or_3$ 'den $An_{63}Ab_{35}Or_2$ ' ye kadar değişmektedir.

Hamur içerisinde mikrolit olarak gözlenen plajiyoklas mineralleri genelde labradorit ($An_{64}Ab_{34}Or_2$) ve nadiren bitovnittir ($An_{72}Ab_{26}Or_2$).



Şekil 34.Kale Üyesi'ndeki bazaltik breş çakıllarına ait plajiyoklasların An-Ab-Or üçgen diyagramı

3.3.4.3.1.2. Hornblend

Hornblendlerin mikroprob analizleri (Tablo 6) dikkate alındığında, Leake ve diğ. (1997)'ne göre yapılan sınıflamada magnezyo-hastingsit olarak isimlendirilebilir(Şekil 35).

Magnezyo-hastingsitlerde $Mg / (Mg + Fe^{+3} + Fe^{+2})$ oranı mineralin kenar kısımlarında 0.68-0.73 arasında, mineral merkezinde ise 0.72-0.76 arasında değişmektedir.

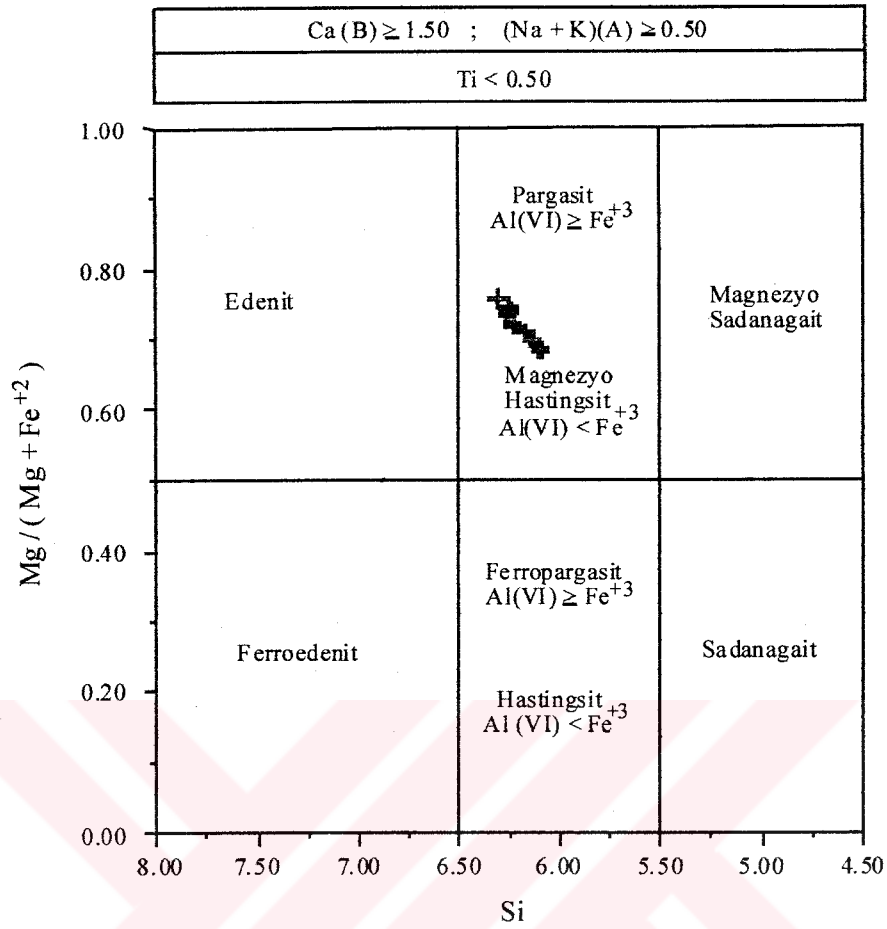
3.3.4.3.1.3. Klinopiroksen

Klinopiroksenlerin mikroprob analizleri (Tablo 7) dikkate alındığında, Morimoto ve diğ. (1988)'nin sınıflamasına göre diyopsit ve diyopsitik ojitdir. Bazı örnekler diyopsit-ojit sınırında yer almaktadırlar (Şekil36).

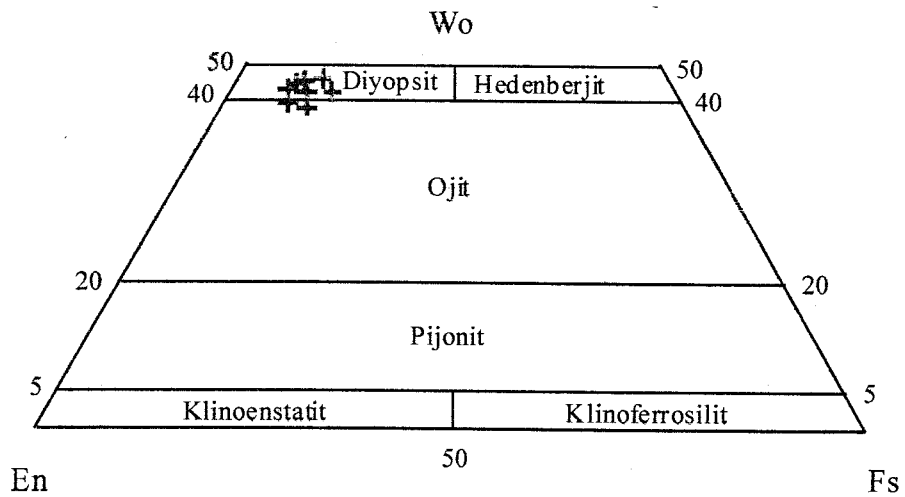
Diyopsitlerin bileşimleri mineralin kenar kısımlarında $Wo_{44-47} En_{42-45} Fs_{11-8}$, mineralin merkez kısımlarında ise $Wo_{45-48} En_{47-45} Fs_{8-7}$ 'dir. $Mg / (Mg + Fe^{+2})$ oranı ise kenar kısımlarda 0.78-0.83 arasında, merkezde 0.86-0.87 arasında değişmektedir.

3.3.4.4. İkizce Andeziti

Kayaçlarda, genelde mikrolitik, hyalo-mikrolitik, mikrolitik porfirik, entersertal ve entergranüler doku gözlenmektedir. Kayaç içerisinde açık renkli mineral olarak plajiyoklas, mafik mineral olarak da hornblend ve biyotit, mikrofenokristal olarak plajiyoklas, hornblend, biyotit ve klinopiroksen bulunmaktadır. İkincil mineral olarak klorit içermektedir. Hamurda genellikle mikrolitik, hyalo-mikrolitik doku gözlenmektedir.



Şekil 35.Kale Üyesi'ndeki bazaltik breş çakıllarına ait hornblendlerin sınıflaması
(Leake ve diğ., 1997)



Şekil 36.Kale Üyesi'ndeki bazaltik breş çakıllarına ait klinopiroksenlerin Wo-En-Fs
üçgen diyagramı (Morimoto ve diğ., 1988)

Tablo 5. Kale Üyesi'ndeki bazaltik breşlere ait plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları.

Örnek	<u>6</u>	<u>6</u>	<u>6</u>	<u>6</u>
	plaj-1 mikrolit	plaj-1 mikrolit	plaj-5 mikrofeno <u>kenar</u>	plaj-5 mikrofeno <u>merkez</u>
SiO ₂	49.88	52.66	53.68	52.63
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	30.87	29.85	28.66	29.30
FeO	0.71	0.79	0.77	0.82
MnO	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
MgO	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
CaO	14.41	12.95	11.57	12.45
Na ₂ O	2.99	3.74	4.23	3.88
K ₂ O	0.23	0.22	0.46	0.40
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr ₂ O ₃	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	99.10	100.21	99.37	99.47
Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.				
Si	9.20	9.55	9.79	9.62
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	6.71	6.38	6.16	6.31
Fe ⁺²	0.11	0.12	0.12	0.12
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	2.85	2.52	2.26	2.44
Na	1.07	1.32	1.49	1.38
K	0.05	0.05	0.11	0.09
P	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	20.00	19.94	19.93	19.96
An	71.70	64.80	58.50	62.40
Ab	26.90	33.90	38.70	35.20
Or	1.40	1.30	2.80	2.40

Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır.

Tablo 6. Kale Üyesi'ndeki bazaltik breşlere ait hornblendlerin mikroprob analiz sonuçları.

Örnek	6	6	6	6	6	6	6	6
	Magnezyo Hastingsit Amf -2 feno <u>kenar</u>	Magnezyo Hastingsit Amf -2 feno <u>merkez</u>	Magnezyo Hastingsit Amf -2 feno <u>merkez</u>	Magnezyo Hastingsit Amf -2 feno <u>kenar</u>	Magnezyo Hastingsit Amf -3 feno <u>kenar</u>	Magnezyo Hastingsit Amf -3 feno <u>merkez</u>	Magnezyo Hastingsit Amf -3 feno <u>merkez</u>	Magnezyo Hastingsit Amf -3 feno <u>kenar</u>
SiO ₂	42.05	42.71	43.25	41.62	42.51	42.69	42.39	41.15
TiO ₂	1.78	1.49	1.43	1.73	1.52	1.51	1.59	1.65
Al ₂ O ₃	13.26	12.67	12.37	13.63	12.65	12.53	12.90	14.16
FeO	10.74	9.82	9.29	11.06	9.89	9.74	10.46	11.41
MnO	0.16	<0.08	<0.08	0.12	<0.08	0.09	0.08	<0.08
MgO	14.55	15.54	16.06	14.29	15.28	15.77	14.96	13.71
CaO	12.29	12.28	12.14	12.12	12.23	12.25	12.28	12.33
Na ₂ O	2.18	2.30	2.17	2.09	2.11	2.16	1.95	1.92
K ₂ O	0.98	0.98	0.96	1.00	0.95	0.94	0.99	0.94
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr ₂ O ₅	<0.07	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
Toplam	98.00	97.79	97.68	97.66	97.14	97.68	97.61	97.26
Formül 23 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.								
Si	6.16	6.24	6.30	6.13	6.25	6.24	6.22	6.09
Ti	0.20	0.16	0.16	0.19	0.17	0.17	0.18	0.18
Al (IV)	1.89	1.82	1.77	1.94	1.81	1.83	1.85	1.98
Al (VI)	0.37	0.34	0.33	0.40	0.36	0.31	0.36	0.46
Al (T)	2.26	2.16	2.10	2.34	2.17	2.14	2.21	24.4
Fe ⁺³	0.41	0.43	0.47	0.49	0.45	0.52	0.50	0.50
Fe ⁺²	0.89	0.75	0.65	0.86	0.75	0.66	0.77	0.89
Mn	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00
Mg	3.18	3.38	3.49	3.14	3.35	3.44	3.27	3.02
Ca	1.93	1.92	1.89	1.91	1.93	1.92	1.93	1.96
Na	0.62	0.65	0.61	0.60	0.60	0.61	0.55	0.55
K	0.18	0.18	0.18	0.19	0.18	0.18	0.19	0.18
Toplam	15.90	15.92	15.88	15.89	15.88	15.91	15.86	15.86
Mg [#]	0.71	0.74	0.76	0.70	0.73	0.74	0.72	0.68

$$Mg^{\#} = Mg / (Mg + Fe^{+3} + Fe^{+2})$$

Fe⁺³ ve Fe⁺² ayırımı Leake ve diğ. (1997)'ne göre yapılmıştır.

Tablo 7. Kale Üyesi'ndeki bazaltik breşlere ait klinopiroksenlerin mikroprob analiz sonuçları.

Örnek	<u>6</u>	<u>6</u>	<u>6</u>	<u>6</u>	<u>6</u>	<u>6</u>	<u>6</u>	<u>6</u>
	Klinopir-4	Klinopir-4	Klinopir-4	Klinopir-4	Klinopir-6	Klinopir-6	Klinopir-6	Klinopir-6
	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno
	<u>kenar</u>	<u>merkez</u>	<u>merkez</u>	<u>kenar</u>	<u>kenar</u>	<u>merkez</u>	<u>merkez</u>	<u>kenar</u>
SiO ₂	52.47	53.25	53.47	53.74	50.45	51.73	52.3	52.78
TiO ₂	0.34	0.25	0.27	0.15	0.60	0.38	0.35	0.27
Al ₂ O ₃	2.41	2.39	2.31	1.47	4.39	3.36	3.27	3.17
FeO	6.21	5.02	4.49	4.42	7.14	4.70	4.66	5.62
MnO	0.20	<0.08	0.09	0.09	0.19	<0.08	0.10	<0.08
MgO	16.12	16.67	16.99	17.14	14.48	15.77	15.86	15.5
CaO	21.93	22.79	22.41	22.61	22.57	23.26	23.31	22.91
Na ₂ O	<0.13	<0.13	<0.13	<0.13	0.21	<0.13	<0.13	0.14
K ₂ O	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr ₂ O ₃	<0.08	<0.08	0.27	<0.08	<0.08	0.31	0.13	0.22
Toplam	99.67	100.36	100.29	99.62	100.02	99.52	99.98	100.62

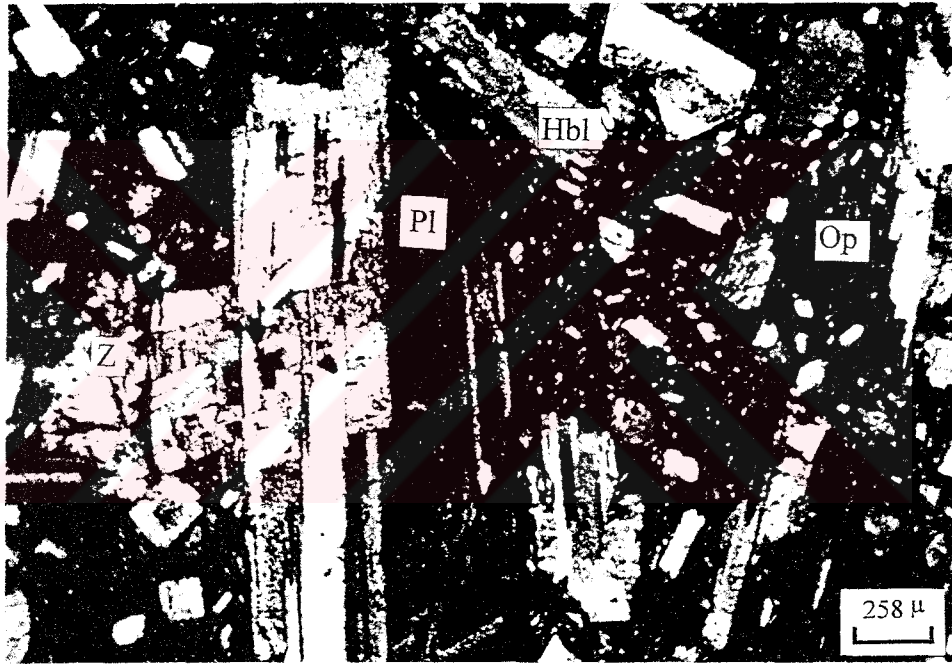
Formül 6 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Si	1.94	1.94	1.95	1.97	1.87	1.91	1.92	1.93
Ti	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01
Al	0.10	0.10	0.10	0.06	0.19	0.15	0.14	0.14
Fe ⁺²	0.19	0.15	0.14	0.14	0.22	0.15	0.14	0.17
Mn	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Mg	0.89	0.91	0.92	0.94	0.80	0.87	0.87	0.84
Ca	0.87	0.89	0.87	0.89	0.90	0.92	0.92	0.90
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
Toplam	4.00	4.00	3.99	4.00	4.02	4.00	4.00	4.00
Mg [#]	0.82	0.86	0.87	0.87	0.78	0.86	0.86	0.83
Wo	44.43	45.67	45.16	45.24	46.60	47.60	47.49	46.89
En	45.43	46.48	47.63	47.71	41.59	44.90	44.90	44.13
Fs	10.14	7.85	7.21	7.05	11.82	7.51	7.57	8.98

$$\text{Mg}^{\#} = \text{Mg} / (\text{Mg} + \text{Fe}^{+2})$$

Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır.

Plajiyoklas mineralleri kayaç içinde fenokristal ve hamurda mikrolitler halinde bulunmaktadır. Kristaller özşekilli ve yarı özşekillidirler. Sönme açısı tayinlerinde (010)'a dik kesitlerde sönme açılarının 22-26 ° arasında değiştiği ve bileşimlerinin andezin (An₃₈₋₄₈) olduğu belirlenmiştir. Genellikle albit, polisentetik ve bazen de kompleks ikiz sunmaktadır (Şekil 37). Plajiyoklas minerallerinin bir kısmı serisitleşmiş, kalsit ve kil minerallerine dönüşmüştür. Tek nikolde renksiz, çapraz nikolde gri,beyaz renklerdedir. Plajiyoklas minerallerinin kenar kısımlarında ince bir zarf şeklinde yeniden büyüme zonu gözlenmektedir (Şekil 38). Bu daha çok magma karışması sonucu minerallerin korrode olması ve sonra dengeye ulaştıktan sonra yeniden büyümesi şeklinde açıklanabilir. Ayrıca bazı plajiyoklas minerallerinde elek dokusu hakimdir (Şekil 39).

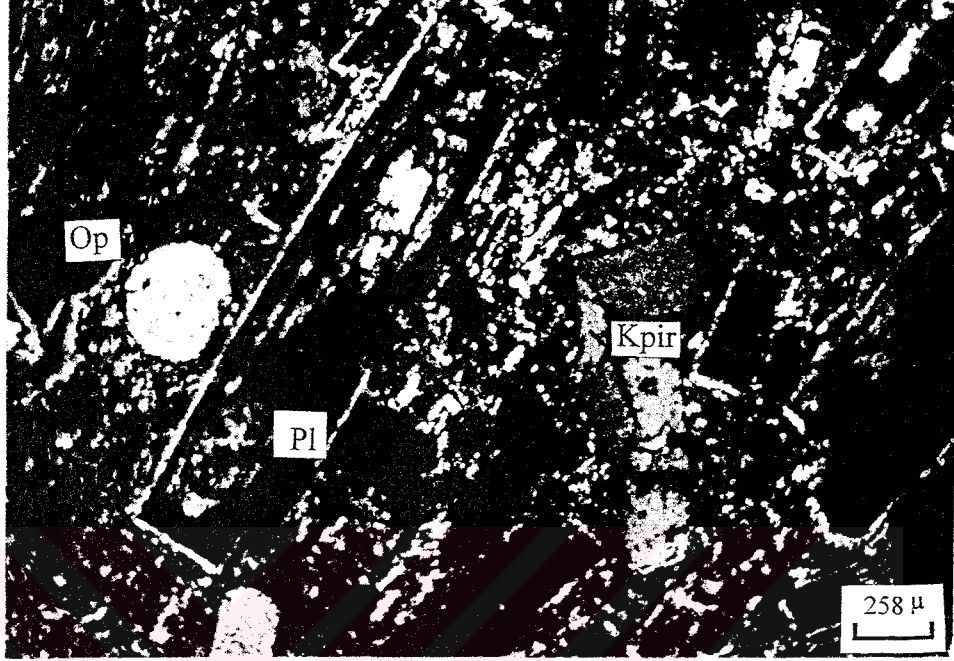


Şekil 37. İkizce Andeziti'ndeki karmaşık ikiz ve zonlanma gösteren plajiyoklas fenokristali (Ç.N.; Pl: Plajiyoklas, Hbl: Hornblend, Op: Opak, Z: Zeolit) (Örnek No: 13)

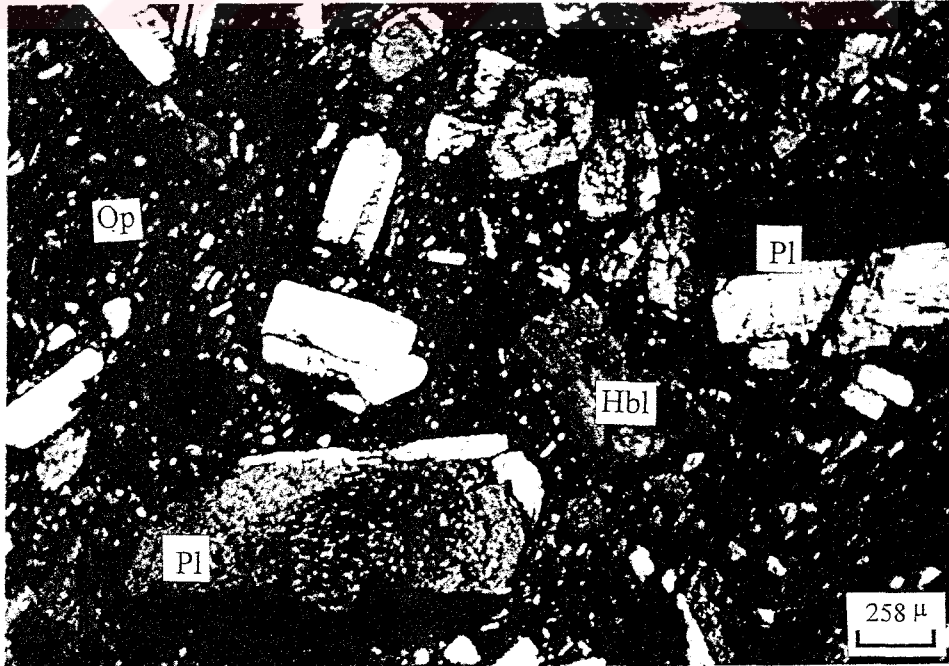
Hornblend mineralleri genellikle özşekilli ve yarı özşekillidirler. Özşekilli olanlarda h (100) ikizine sıkça rastlanmaktadır. Pleokroizması yönlerine göre; x:sarımsı yeşil, z: açık sarı yeşildir. Hem fenokristal olarak hem de hamurda mikrolit olarak bulunmaktadır. Yer yer alterasyona uğramış olan hornblend minerallerinde opasitleşme hakimdir. Hornblend minerallerinin çoğu parçalanmış ve kırılmıştır (Şekil 40).

Klinopiroksen mineralleri yarı özşekilli ve özşekilsizdir. Daha çok hamurda mikrolitler, halinde, yer yer fenokristaller halinde gözlenmektedir. Yüksek röliyefe sahip

olan klinopiroksen mineralleri, tek nikolde renksiz ve bazende kahverengimsi yeşil, çapraz nikolde ise II. sıranın mavi, yeşil renklerini sunmaktadır. Altere olanlarda kloritleşme oldukça yaygındır.



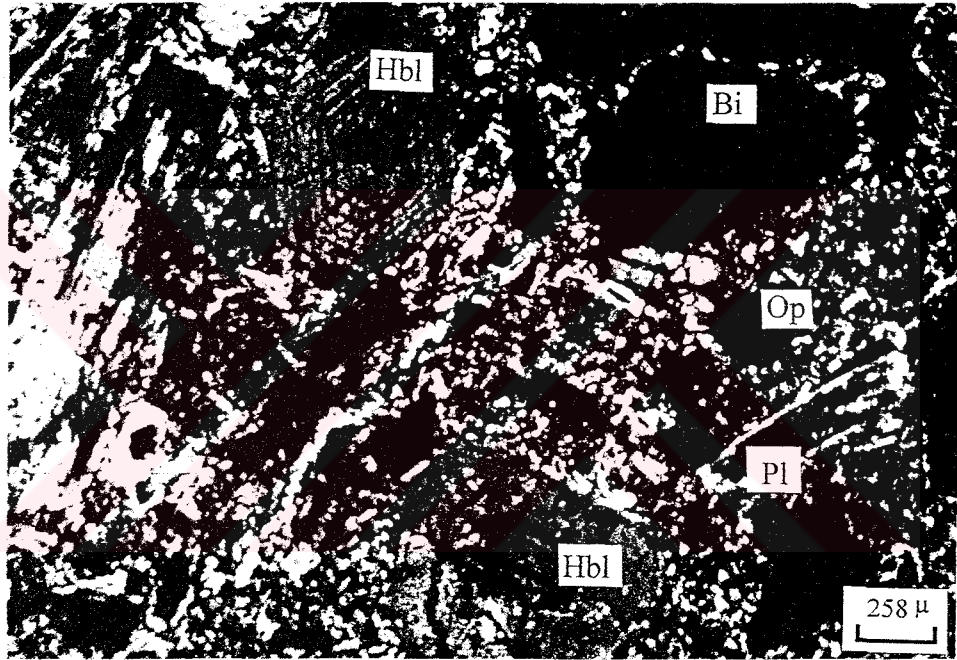
Şekil 38. İkizce Andeziti'ndeki plajiyoklas minerallerinin kenar kısımlarında gözlenen ince bir zarf şeklinde yeniden büyüme zonu (Ç.N.; Pl : Plajiyoklas, Kpir: Klinopiroksen, Op: Opak)(Örnek No: 27)



Şekil 39. İkizce Andeziti'nde elek dokusu gösteren plajiyoklas minerali (Ç.N.; Pl: Plajiyoklas, Hbl: Hornblend, Op: Opak) (Örnek No: 22A)

Biyotit mineralleri genellikle yarı özşekilli ve özşekillidir. (001) yönünde tek yönlü dilinim hakimdir. Tek nikelde kahverengi, çapraz nikelde koyu yeşil, koyu kahverengi ve siyah renkte, nadiren daha açık renklere bulunurlar. Kuvvetli pleokroizma göstermektedirler ve yönlere göre; z: açık kahverengi, x: koyu kahverengidir. Yer yer ayrışma ürünü olarak kloritleşme gözlenmektedir.

Hamur plajiyoklas, hornblend, klinopiroksen ve volkanik camdan oluşmaktadır. Genellikle kloritleşme, kalsitleşme ve serisitleşme hakimdir. Klinopiroksen minerallerinin hamurda mikrolitler halinde bulunup, fenokristal olarak bulunmaması, magmanın daha bazik bir magma ile karışmış olma olasılığını göstermektedir



Şekil 40. İkizce Andeziti'ndeki zonlanma gösteren hornblend (Ç.N.; Pl : Plajiyoklas, Hbl:Hornblend, Bi: Biyotit, Op: Opak)(Örnek No: 27)

3.3.4.4.1. Mineral Kimyası

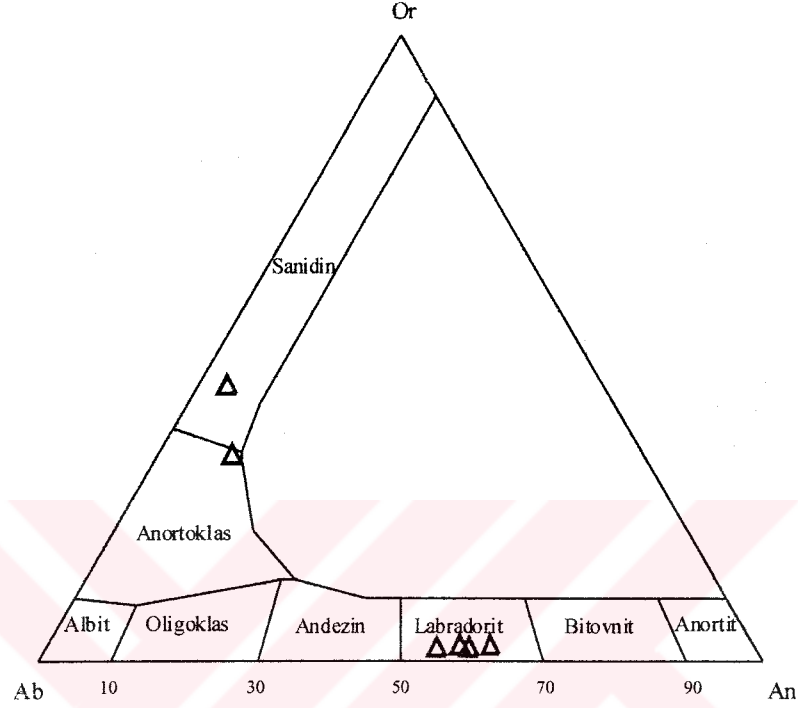
3.3.4.4.1.1. Plajiyoklas

İkizce Andeziti'ndeki plajiyoklasların analiz sonuçları (Tablo 8) dikkate alındığında, genellikle cinsi labradorittir (Şekil 41). Hamurdaki plajiyoklas mikrolitlerden yapılan analizler, bunların da daha çok sanidin ve anortoklas olduklarını göstermektedir (Örn:27/plj-3-mikrolit).

Genellikle kayaç içerisinde fenokristal olarak gözlenen plajiyoklaslar labradorit olup, An_{54-61} bileşimlidir. Plajiyoklaslar çoğunlukla karmaşık ikiz göstermektedir. Halkalı

zonlanma gösterenlerde, merkezden kenara doğru azda olsa bileşimsel bir değişim söz konusudur. Bu değişim kenarda $An_{54}Ab_{43}Or_3$ merkezde ise $An_{61}Ab_{37}Or_2$ dir.

Hamur içerisinde mikrolitler halinde gözlenen plajiyoklasların bileşimleri ise $An_5Ab_{51}Or_{344}$ - $An_{11}Ab_{57}Or_{32}$ arasında değişmektedir (Şekil 41).



Şekil 41. İkizce Andeziti'ndeki plajiyoklaslara ait Ab-An-Or üçgen diyagramı

3.3.4.4.1.2. Hornblend

Kayaç içerisinde gözlenen hornblendlerin analiz sonuçları dikkate alındığında, hepsi Leake ve diğ. (1997)'nin yaptığı sınıflamaya göre pargasittir (Şekil 42). Bu da, hornblendlerin Al(IV) içeriğinin Fe^{+3} içeriğinden fazla olmasından kaynaklanmaktadır.

Pargasitlerde $Mg / (Mg+Fe^{+3}+Fe^{+2})$ oranı 0.68-0.81 arasında değişmektedir. Bu mineraller Tekneçik Andezit Porfiri'ndeki hornblendlerle karşılaştırıldığında; daha yüksek $Mg / (Mg+Fe^{+3}+Fe^{+2})$ değerine ve daha düşük FeO içeriğine sahiptir.

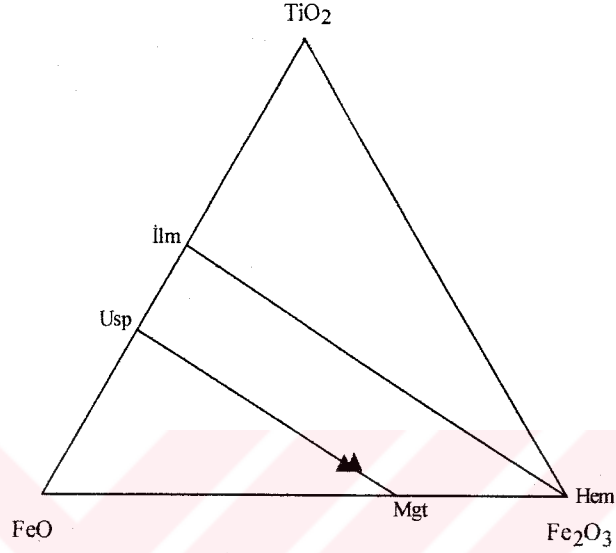
3.3.4.4.1.3. Klinopiroksen

Klinopiroksenlerin analiz sonuçları (Tablo 10) dikkate alındığında, Morimoto ve diğ. (1988)'nin yaptığı sınıflamaya göre diyopsit ve diyopsitik ojittir (Şekil 43). Bazı analizler diyopsit-ojit sınırında yer almaktadır.

Bileşimleri $Wo_{46}En_{43}Fs_{11}$ - $Wo_{49}En_{38}Fs_{13}$ arasında değişmektedir. $Mg / (Mg + Fe^{+2})$ oranları ise 0.79-0.75 arasındadır (Örn: 27).

3.3.4.4.1.4. Fe-Ti Oksitler

Genellikle mikrofeno-kristaller halinde gözlenen oksit mineralleri magnetittir (Şekil 44). Bu oksit mineralleri Teknecik Andezit Porfiri'ndeki Fe-Ti oksitlerle karşılaştırıldığında; daha yüksek Fe_2O_3 içeriğine, daha düşük FeO ve TiO_2 içeriğine sahiptir (Tablo 11).



Şekil 44. İkizce Andeziti'ne ait Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren FeO- Fe_2O_3 - TiO_2 üçgen diyagramı (Bacon ve Hirschmann, 1988)

3.3.4.5. Teknecik Andezit Porfiri

Genel olarak porfirik, mikrolitik porfirik, hyalo-mikrolitik porfirik doku göstermektedir. Kayaç içerisinde açık renkli mineral olarak plajiyoklas, mafik mineral olarak da hornblend ve biyotit, mikrofeno-kristal olarak yine plajiyoklas, hornblend, biyotit ve opak mineraller bulunmaktadır. İkincil mineral olarak çoğunlukla kalsit, daha az oranda ise klorit içermektedir. Aksesuar mineral olarak da apatit gözlenmektedir. Hamurda genellikle mikrolitik, hyalo-mikrolitik doku hakimdir.

Plajiyoklas mineralleri genellikle özşekilli ve yarı özşekillidirler. Kayaç içerisinde megakristal, fenokristal ve hamurda mikrolitler halinde bulunmaktadır. Tek nikelde renksiz, çapraz nikelde gri, beyaz renklere gözlenen plajiyoklas minerallerinin kenar kısımlarında kemirilme mevcuttur. Halkalı zonlanma hakim olup, yer yer albit, polisentetik ve karmaşık ikiz sunmaktadır. Kırık ve çatlaklar boldur ve bunlar ikincil kalsit ile dolmuştur. Plajiyoklas mineralleri yer yer serisitleşmiş ve kil minerallerine dönüşmüştür. Plajiyoklas mega kristallerinin bol olarak opak mineral, volkanik cam ve hornblend

Tablo 8. İkizce Andeziti'ne ait plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları.

Örnek	<u>22A</u>	<u>22A</u>	<u>22A</u>	<u>22A</u>	<u>27</u>	<u>27</u>
	plaj-3	plaj-3	plaj-3	plaj-3	plaj-3	plaj-3
	feno	feno	feno	feno	mikrolit	mikrolit
	<u>kenar</u>	<u>merkez</u>	<u>merkez</u>	<u>kenar</u>		
SiO ₂	52.62	54.30	53.62	53.72	64.71	64.87
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	29.56	28.63	29.25	29.04	20.49	19.24
FeO	0.83	0.76	0.75	0.78	0.59	0.63
MnO	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.08	<0.08
MgO	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
CaO	12.46	11.12	11.85	11.77	2.12	0.99
Na ₂ O	4.13	5.02	4.68	4.40	6.49	5.70
K ₂ O	0.35	0.44	0.41	0.40	5.68	7.41
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr ₂ O ₃	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	99.95	100.28	100.55	100.10	100.08	98.84
Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.						
Si	9.58	9.82	9.69	9.74	11.61	11.82
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	6.34	6.10	6.23	6.20	4.33	4.13
Fe ⁺²	0.13	0.12	0.11	0.12	0.09	0.10
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	2.43	2.15	2.29	2.28	0.41	0.19
Na	1.46	1.76	1.64	1.55	2.26	2.01
K	0.08	0.10	0.09	0.09	1.30	1.72
P	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	20.02	20.06	20.06	19.98	20.00	19.98
An	61.20	53.60	56.90	58.20	10.30	4.90
Ab	36.70	43.80	40.70	39.40	56.90	51.20
Or	2.10	2.50	2.30	2.30	32.80	43.80

Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır.

Tablo 9. İkizce Andeziti'ne ait horblendlerin mikroprob analiz sonuçları.

Örnek	22A	22A	22A	22A	22A	22A	22A	22A	27	27
	pargasit	pargasit	pargasit	pargasit	pargasit	pargasit	pargasit	pargasit	pargasit	pargasit
	Amf -2	Amf -2	Amf -2	Amf -2	Amf -4	Amf -4	Amf -4	Amf -4	Amf -2	Amf -2
	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno
	kenar	merkez	merkez	kenar	kenar	merkez	merkez	kenar	kenar	merkez
SiO ₂	44.08	41.30	41.91	42.77	41.64	43.19	43.49	41.39	41.73	41.21
TiO ₂	1.38	2.52	2.58	1.39	1.58	1.53	1.55	2.34	1.77	2.32
Al ₂ O ₃	12.53	13.31	12.59	13.42	14.97	13.08	12.69	13.28	13.96	13.18
FeO	7.26	10.27	9.14	8.45	8.40	7.33	7.26	10.60	10.57	11.34
MnO	<0.07	0.10	0.09	<0.08	<0.08	<0.07	<0.08	<0.08	0.00	0.00
MgO	17.06	14.68	15.64	16.06	15.67	16.98	17.32	14.38	14.36	14.11
CaO	11.68	11.41	11.44	11.85	12.06	12.20	12.20	11.88	12.31	12.05
Na ₂ O	2.27	2.65	2.54	2.42	2.31	2.24	2.18	2.27	2.56	2.36
K ₂ O	1.08	1.23	1.09	1.07	1.13	1.23	1.26	1.13	1.12	1.17
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr ₂ O ₅	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	0.00	0.00
Toplam	97.33	97.48	97.02	97.43	97.77	97.78	97.95	97.28	98.37	97.74

Formül 23 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Si	6.37	6.09	6.16	6.22	6.05	6.24	6.27	6.11	6.10	6.09
Ti	0.15	0.28	0.29	0.15	0.17	0.17	0.17	0.26	0.19	0.26
Al (IV)	1.68	1.95	1.88	1.83	2.01	1.82	1.80	1.93	1.94	1.96
Al (VI)	0.43	0.35	0.29	0.45	0.53	0.39	0.34	0.36	0.45	0.32
Al (T)	2.11	2.30	2.17	1.28	2.54	2.21	2.14	2.29	2.39	2.28
Fe ⁺³	0.34	0.31	0.33	0.38	0.44	0.38	0.43	0.34	0.26	0.35
Fe ⁺²	0.43	0.86	0.69	0.56	0.50	0.44	0.38	0.90	0.98	0.99
Mn	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	3.67	3.23	3.43	3.48	3.39	3.66	3.72	3.17	3.13	3.11
Ca	1.81	1.80	1.80	1.85	1.88	1.89	1.88	1.88	1.93	1.91
Na	0.64	0.76	0.72	0.68	0.65	0.63	0.61	0.65	0.72	0.67
K	0.20	0.23	0.20	0.20	0.21	0.23	0.23	0.21	0.21	0.22
Toplam	15.84	15.97	15.92	15.91	15.93	15.91	15.91	15.90	15.97	15.95
Mg [#]	0.81	0.72	0.75	0.77	0.78	0.81	0.81	0.68	0.71	0.69

$$\text{Mg}^{\#} = \text{Mg} / (\text{Mg} + \text{Fe}^{+3} + \text{Fe}^{+2})$$

Fe⁺³ ve Fe⁺² ayırımı Leake ve diğ. (1997)'ne göre hesaplanmıştır.

Tablo 10. İkizce Andeziti'ne ait klinopiroksenlerin mikroprob analiz sonuçları.

Örnek	<u>22A</u>	<u>22A</u>	<u>22A</u>	<u>22A</u>	<u>27</u>	<u>27</u>	<u>27</u>	<u>27</u>
	Klinopir-1	Klinopir-1	Klinopir-1	Klinopir-1	Klinopir-4	Klinopir-4	Klinopir-4	Klinopir-4
	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno
	<u>kenar</u>	<u>merkez</u>	<u>merkez</u>	<u>kenar</u>	<u>kenar</u>	<u>merkez</u>	<u>merkez</u>	<u>kenar</u>
SiO ₂	49.87	50.07	50.07	50.03	48.82	49.26	49.33	49.56
TiO ₂	0.68	0.87	0.84	0.72	0.80	0.69	0.56	0.70
Al ₂ O ₃	4.64	4.88	4.79	4.71	5.18	4.89	4.57	4.88
FeO	7.02	6.93	6.94	6.97	8.14	8.05	7.89	7.88
MnO	0.11	0.13	0.11	0.17	0.14	0.09	0.13	0.24
MgO	14.65	14.80	14.83	14.9	12.87	13.22	13.38	13.26
CaO	21.84	22.00	22.18	22.08	23.39	23.09	23.53	23.32
Na ₂ O	0.24	0.36	0.33	0.35	0.30	0.27	0.31	0.27
K ₂ O	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.05
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr ₂ O ₃	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
Toplam	99.05	100.04	100.08	99.92	99.64	99.57	99.70	100.11

Formül 6 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Si	1.87	1.85	1.86	1.86	1.84	1.85	1.85	1.85
Ti	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Al	0.20	0.21	0.21	0.21	0.23	0.22	0.20	0.21
Fe ⁺²	0.22	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	0.21	0.22	0.26	0.25	0.25	0.25
Mg	0.82	0.82	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
Ca	0.88	0.87	0.82	0.82	0.72	0.74	0.75	0.74
Na	0.02	0.03	0.88	0.88	0.94	0.93	0.95	0.93
K	0.00	0.00	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	4.02	4.03	4.03	4.03	4.04	4.03	4.04	4.03
Mg [#]	0.79	0.79	0.79	0.79	0.74	0.75	0.75	0.75
Wo	45.70	45.74	45.91	45.64	48.98	48.27	48.61	48.48
En	42.65	42.81	42.70	42.84	37.49	38.45	38.46	38.35
Fs	11.65	11.46	11.39	11.52	13.54	13.28	12.94	13.18

Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır.

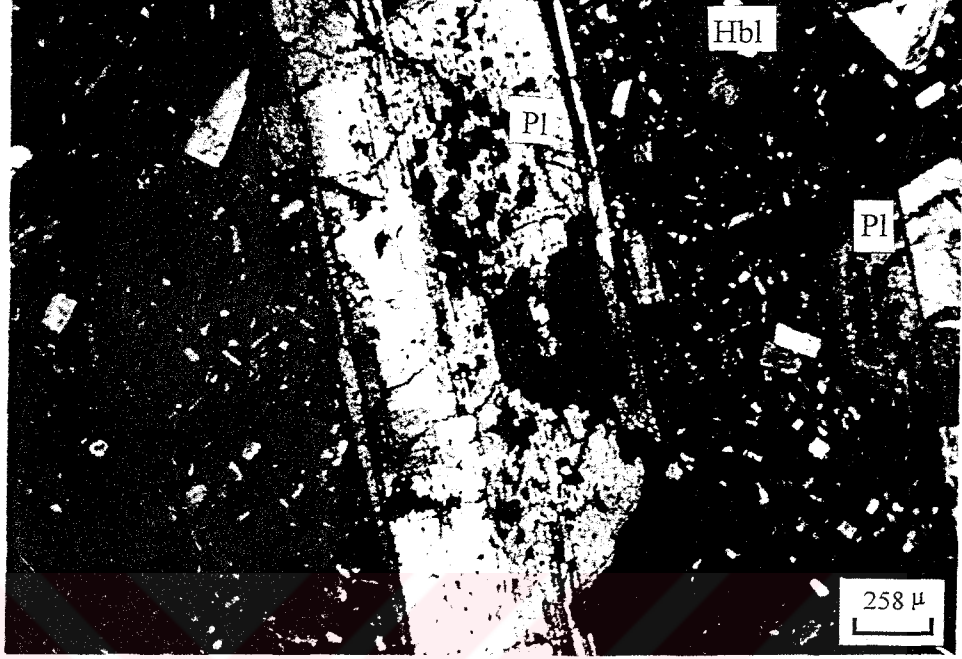
$$\text{Mg}^{\#} = \text{Mg} / (\text{Mg} + \text{Fe}^{+2})$$

Tablo 11. İkizce Andeziti'ne ait Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları.

Örnek	<u>27</u>	<u>27</u>
	Magnetit mikrofono	Magnetit mikrofono
SiO ₂	0.46	0.21
TiO ₂	6.30	6.51
Al ₂ O ₃	4.13	3.12
Fe ₂ O ₃	51.05	52.94
FeO	35.77	33.98
MnO	1.11	1.07
MgO	0.61	1.56
CaO	0.11	0.17
Na ₂ O	<0.19	<0.18
K ₂ O	0.05	0.05
Cr ₂ O ₃	<0.09	0.12
Toplam	99.60	99.74
Formül 4 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.		
Si	0.02	0.01
Ti	0.17	0.18
Al	0.20	0.14
Fe ⁺³	1.33	1.49
Fe ⁺²	1.11	1.07
Mn	0.04	0.03
Mg	0.03	0.08
Ca	0.00	0.00
Toplam	3.00	3.00
Ulvöspinel	17.00	16.00
Magnetit	67.00	66.00
Quandit	0.00	1.00
Kromit	0.00	0.00
Jakopsit	3.00	3.00
Magnezyoferrit	2.00	5.00
Hersinit	8.00	6.00
Spinel	0.00	0.00

Fe⁺³ ve Fe⁺² ayırımı stokiometrik olarak hesaplanmıştır.

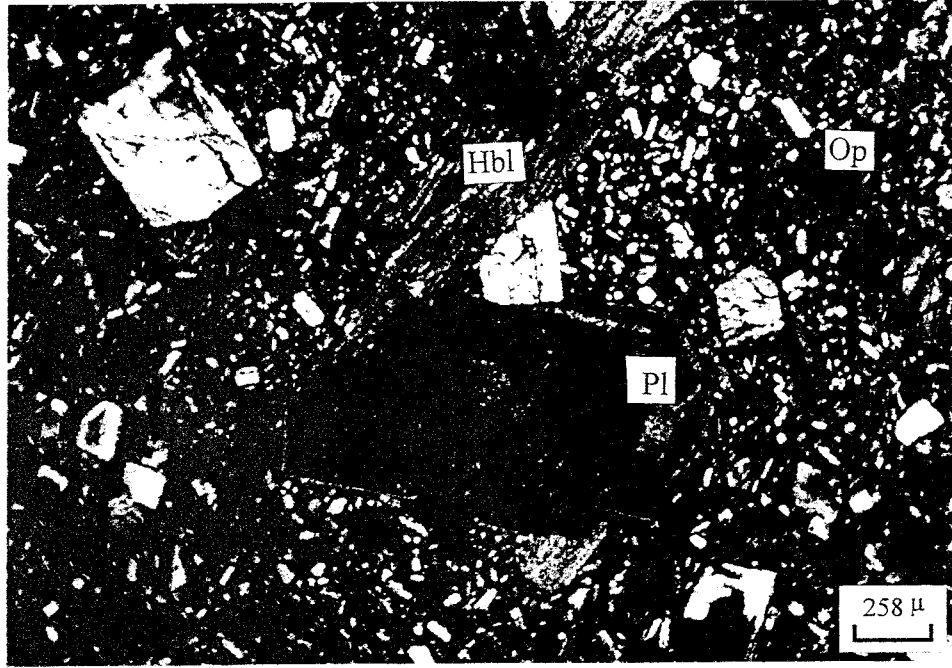
inklüzyonları içermesi, dengesiz kristalleşmeyi işaret eder. Ayrıca bu minerallerde elek (sünger) dokusu hakim olup, bu da magma karışımını işaret edebilir (Şekil 45).



Şekil 45. Teknecik Andezit Porfiri'ndeki karmaşık ikiz ve elek dokusu gösteren Plajiyoklaslar (Ç.N.; Pl: Plajiyoklas, Hbl: Hornblend)(Örnek No: K19)

Hem fenokristal olarak hem de hamurda mikrolit olarak bulunan hornblendler, genellikle özşekilli ve yarı özşekillidirler. Özşekilli olanlarda h^+ (100) ikizine sıkça rastlanmaktadır. Pleokroizması yönlerine göre; x: sarımsı yeşil, z: açık sarı yeşil ve yeşildir. Bazı örneklerde z yönündeki rengi koyu yeşildir. Genelde altıgen bazal kesitleri görülürken bazı kesitleri uzanım istikametine paralel tek dilinimlidir. Bazal kesitlerinde $56-124^{\circ}$ açı yapan iki dilinimi net olarak izlenmektedir. Yer yer alterasyona uğramış olan hornblend minerallerinde opasitleşme hakimdir. Bunlar da çoğunlukla kırmızımsı kahverengi renkte gözükmektedir. Bol olarak opak mineral ve volkanik cam inklüzyonları içermektedir. Bazı hornblend kristallerinde ise kemirilme ve yenme söz konusudur. Bu da dengesiz kristalleşmeyi işaret edebilir (Şekil 46).

Biyotit mineralleri genellikle levhalar halinde gözlenmektedir. (001) yönünde tek yönlü dilinim hakimdir. Tek nikolde kahverengi, çapraz nikolde koyu yeşil, koyu kahverengi ve siyah renkte, nadiren daha açık renklerde bulunurlar. Kuvvetli pleokroizma göstermektedirler ve yönlerine göre; z: açık kahverengi, x: koyu kahverengidir. Yer yer ayrışma ürünü olarak kloritleşme gözlenmektedir. Biyotitlerin tamamında kemirilme söz konusudur ve ayrıca bol olarak da volkanik cam içermektedir (Şekil 47).



Şekil46.Teknecik Andezit Porfiri'ndeki halkalı zonlanma gösteren plajiyoklas (Ç.N.; Pl: Plajiyoklas, Hbl: Hornblend, Op: Opak)(Örnek No: K19)



Şekil 47.Teknecik Andezit Porfiri'ndeki tek yönde dilinim (001) gösteren biyotitler (Ç.N.; Pl: Plajiyoklas, Hbl: Hornblend, Bi: Biyotit) (Örnek No: 6c)

Opak mineraller genelde küçük düzensiz şekillerde, bazen de köşeli taneler halinde, plajiyoklas ve hornblend minerallerinin içerisinde inklüzyonlar halinde gözlenmektedir.

Kalsit mineralleri boşluk dolgusu ve plajiyoklasların ayrışma ürünü olarak gözlenmektedir. Tek nikolde renksiz olup, röliyef pleokroizması gözlenen kalsit minerallerinde iki yönde dilinim mevcuttur.

Hamur plajiyoklas, hornblend, opak mineral ve volkanik cam içermektedir. Hamurda yer yer kalsitleşme ve serisitleşme gözlenir. Ayrıca hornblendin ayrışmasıyla da yer yer kloritleşme gözlenmektedir.

3.3.4.5.1. Mineral Kimyası

3.3.4.5.1.1. Plajiyoklas

Plajiyoklaslar genellikle andezin, nadiren oligoklas ve labradorittir (Şekil 48). Bu minerallere ait analiz sonuçları Tablo 12'de verilmiştir.

Megakristal olarak gözlenen plajiyoklaslar andezin olup bileşimleri $An_{30}Ab_{67}Or_3$ – $An_{43}Ab_{54}Or_3$ arasında değişmektedir. Genelde mineraller belirgin zonlanma gösterecek bileşimsel bir değişime sahip değildir. Fakat bir mineralde ters zonlanma tespit edilmiştir. Bu mineralin bileşimi kenarda An_{26-29} merkezde ise An_{39-41} olacak şekilde değişmektedir (Örn: 19A / Plj-3). Fenokristaller ise oligoklas ve labradorittir. Oligoklas olanlarda bileşim $An_{25}Ab_{71}Or_4$ – $An_{31}Ab_{65}Or_4$ arasında, labradorit olanlarda ise bileşim $An_{51}Ab_{47}Or_2$ – $An_{54}Ab_{45}Or_1$ arasında değişmektedir. Hamurda tespit edilen mikrolitler, oligoklas ve andezindir. Oligoklas olanların bileşimi An_{24-30} arasında, andezin olanların bileşimi ise An_{33-48} arasında değişmektedir. Sanidin ve anortoklas alanına düşen analizler volkanik camlara ait olup, bileşimi $An_6Ab_{43}Or_{51}$ – $An_{24}Ab_{63}Or_{413}$ arasında değişmektedir (Şekil 48).

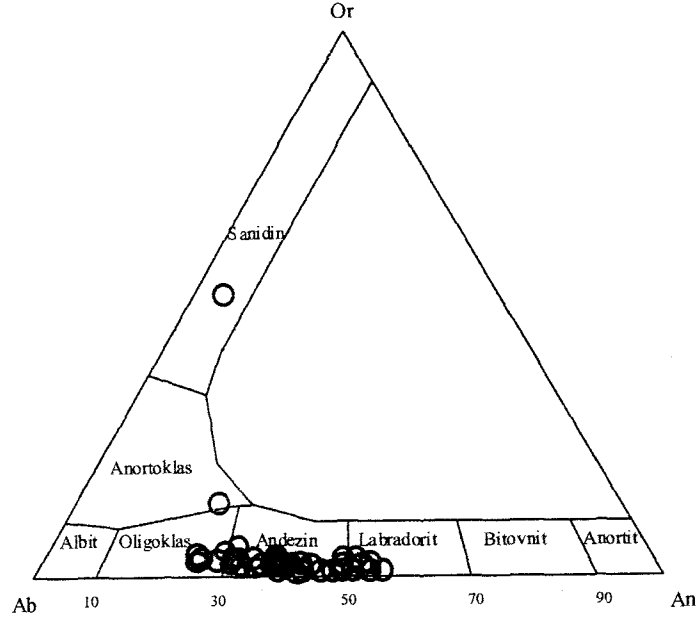
3.3.4.5.1.2. Hornblend

Leake ve diğ. (1997)'nin sınıflamasına göre hornblendlerin genellikle magnezyo-hastingsit ve pargasit olduğu belirlenmiştir (Şekil 49). Bu minerallerin analiz sonuçları Tablo 13'de verilmiştir.

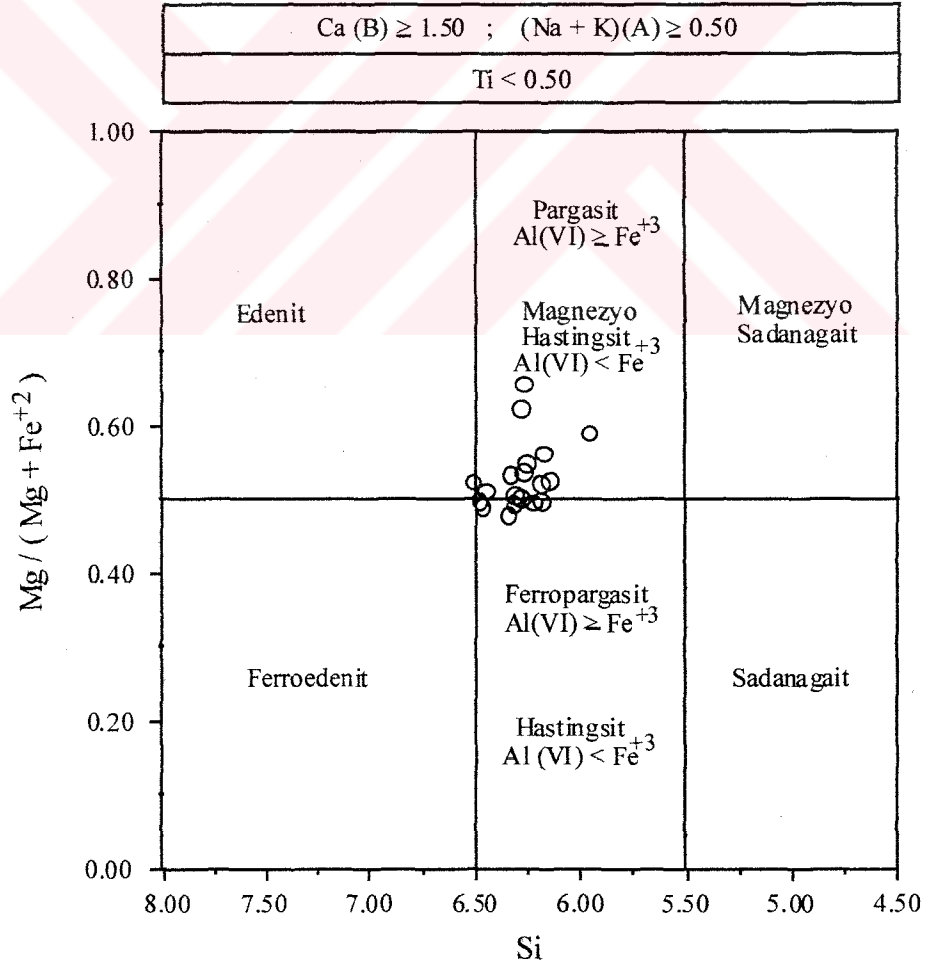
Magnezyo-hastingsitlerde $Mg/(Mg+Fe^{+3}+Fe^{+2})$ oranı bazı minerallerde kenar kısımda 0.48-0.54 iken merkezde 0.50-0.74'dir.

Pargasitlerde ise $Mg / (Mg+Fe^{+3}+Fe^{+2})$ oranı mineralin kenar kısmında 0.50-0.53 arasında merkezde ise 0.59-0.62 arasında değişmektedir.

Magnezyo-hastingsit ve pargasitlerde merkez kısımlardaki MgO içeriği, kenar kısımlardakilere oranla daha fazladır. Buna karşın Fe^{+2} ve Fe^{+3} içerikleri ise bunun tam tersi olup, mineral kenarlarında daha fazladır.



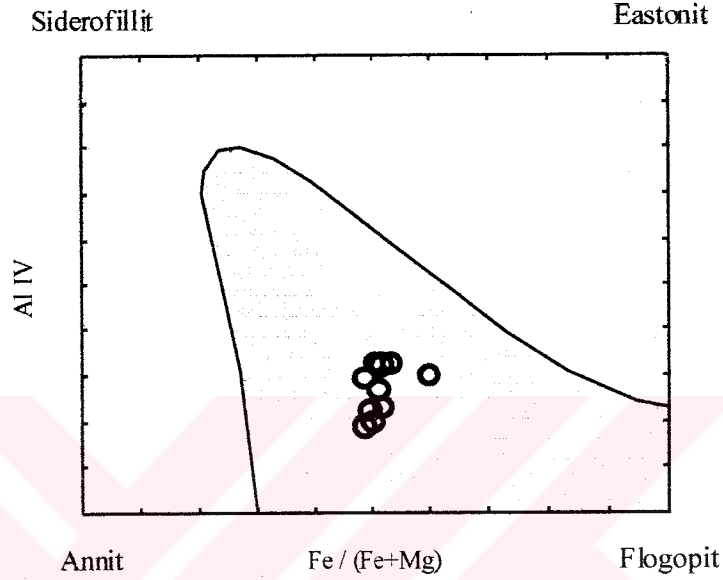
Şekil 48. Tekneçik Andezit Porfiri'ndeki plajiyoklaslara ait Ab-An-Or üçgen diyagramı



Şekil 49. Tekneçik Andezit Porfiri'ndeki hornblendlerin sınıflaması (Leake ve diğ., 1997).

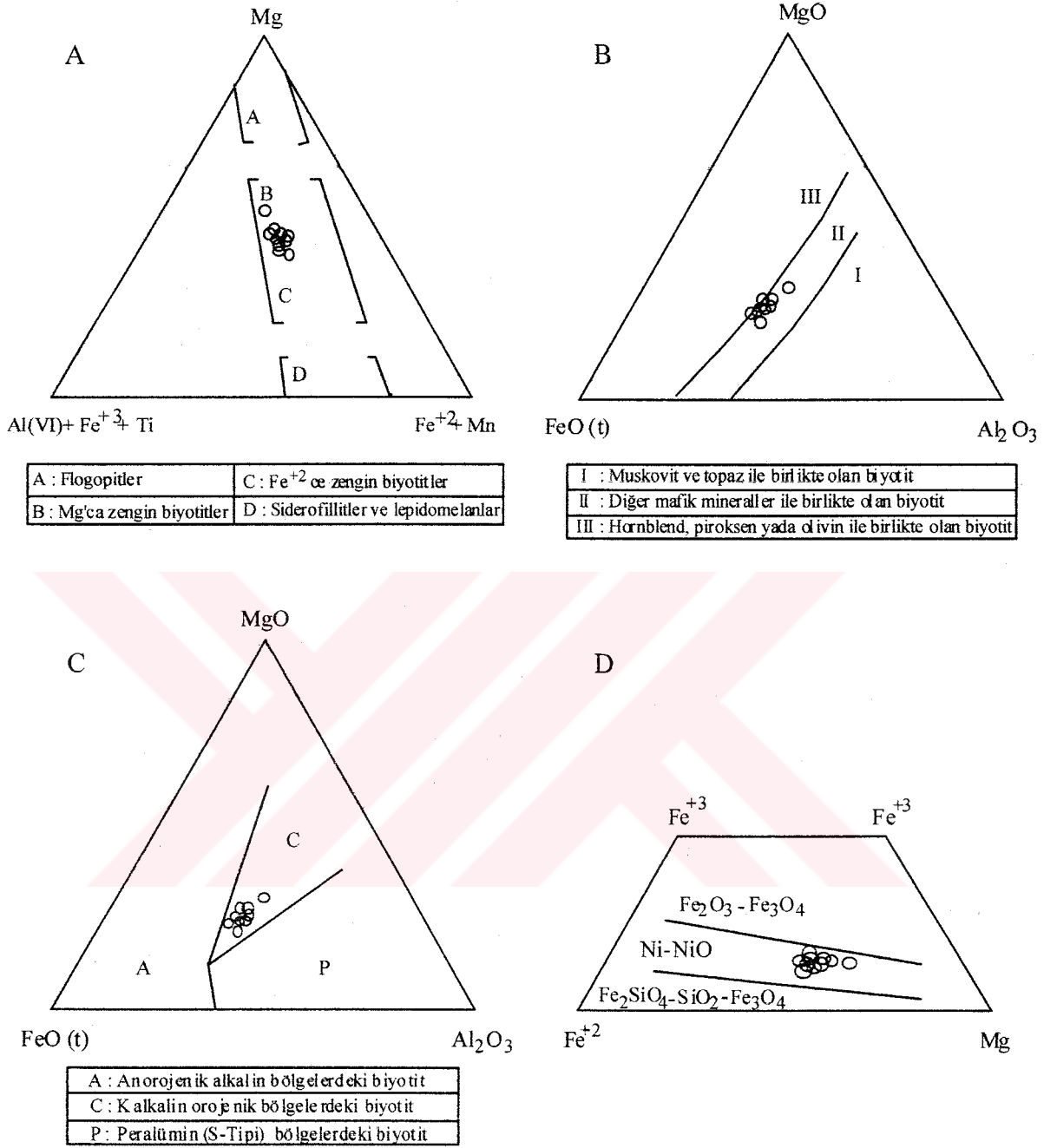
3.3.4.5.1.3. Biotit

Biyotitler, %43 flogopit ve % 45 annit bileşimlidir (Şekil 50). Belirgin bir bileşimsel değişime sahip değildirler. Sadece bir mineralde, merkezde %45 flogopit - %30 annit, kenarda %52 flogopit - % 23 annit 'tir (Örn no; 6C-byt-6). $Mg / (Mg+Fe^{+3}+Fe^{+2})$ oranı yaklaşık 0.51'dir, fakat bir mineralde merkezde 0.60, kenarda 0.51'dir (Örnek no:8) (Tablo 14).



Şekil 50. Teknecik Andezit Porfiri'ndeki biyotitlerin Al (IV)'e karşı Fe / (Fe + Mg) grafiği (Deer ve diğ., 1992) (Taraflı alan doğal biyotitlerin bileşimini temsil etmektedir)

Speer (1987)'e göre değişik parametreler baz alınarak farklı sınıflama grafikleri çizilmiştir. $MgO-FeO(t)-Al_2O_3$ parametrelerine göre çizilen üçgen diyagramda noktalar mineral birlikteliği bakımından II. ve III. bölgeye düşmekte olup 'diğer mafik mineraller ve hornblend, piroksen ya da olivin ile birlikte olan biyotit' sınıfına girmektedir (Şekil 51a). Yine $MgO-FeO(t)-Al_2O_3$ üçgen diyagramında noktalar orojenik bölge ayırtman diyagramında C alanına düşmekte olup 'kalkalkalin orojenik bölgelerdeki biyotit' sınıfına dahil edilmektedir (Şekil 51b). $Mg - [Al(VI) + Fe^{+3} + Ti] - [Fe^{+2} + Mn]$ üçgen diyagramında ise noktalar B ve C alanında yer almakta olup 'Fe⁺² ve Mg'ca zengin biyotitler' sınıfına girmektedir (Şekil 51c). Ayrıca $Fe^{+2}-Mg-Fe^{+}$ diyagramında ise 'Ni-NiO' alanına düşmektedir (Şekil 51d). Bu da orta derecedeki bir oksijen fugasitesini işaret etmektedir.



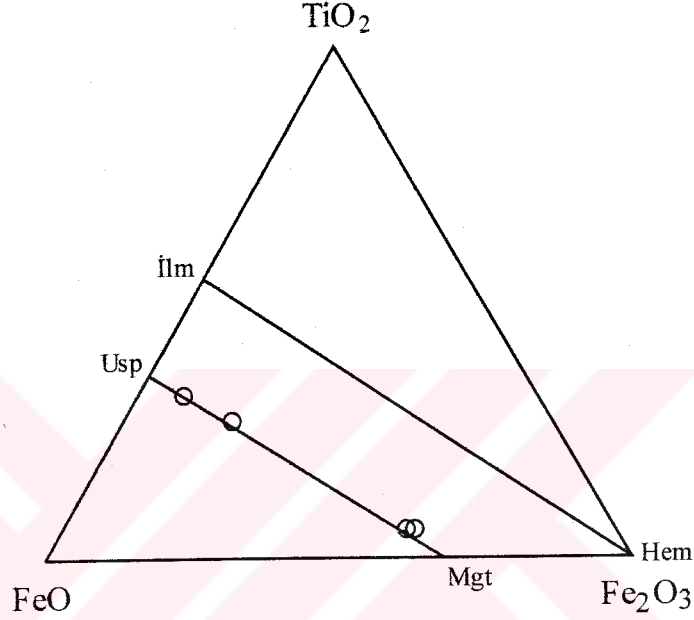
Şekil 51. Tekneçik Andezit Porfiri'ndeki biyotitlere ait değişik sınıflandırma diyagramları (Speer, 1987)

- a-) Mg - [Al (VI) + Fe⁺³ + Ti] - [Fe⁺² + Mn] üçgen diyagramı
 b-) MgO - FeO(t) - Al₂O₃ üçgen diyagramı
 c-) MgO-FeO(t)-Al₂O₃ üçgen diyagramı
 d-) Fe⁺²-Mg-Fe⁺³ ayırtman diyagramı

3.3.4.5.1.4. Fe-Ti Oksitler

Fe-Ti oksitler ulvöspinel ve titano-magnetitir (Şekil 52). Bunların mikroprob analizleri Tablo 15’te verilmiştir.

Koçevyanı Bazaltı’ndaki Fe-Ti oksitlere göre; titano-magnetitlerde TiO_2 içeriği daha yüksek olup, 5.17-4.96 (% ağı.) arasında değişirken; Fe_2O_3 içeriği de daha yüksek olup, 56.86-56.90 (% ağı.) arasında değişmektedir (Tablo 15).



Şekil 52. Teknecik Andezit Porfiri’ndeki Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988).

3.3.4.5.2. Teknecik Andezit Porfiri’nde Jeotermometre ve jeobarometre hesaplamaları

Teknecik Andezit Porfiri sub-volkanik kayaç özelliğindedir. Bu volkanik kayaçların gelişimini ve kökenini araştırmak için, oluşum sıcaklık ve basınçlarının bilinmesi gerekir. Bunun için bir çok araştırmacı, jeotermometre ve jeobarometre hesaplamaları için çeşitli ampirik formüller vermişler ve diyagramlar çizmişlerdir. Bu ampirik formül ve diyagramlardan yararlanılarak sub-volkanik kayacın oluşum sıcaklık ve basınç koşulları saptanmaya çalışılmıştır.

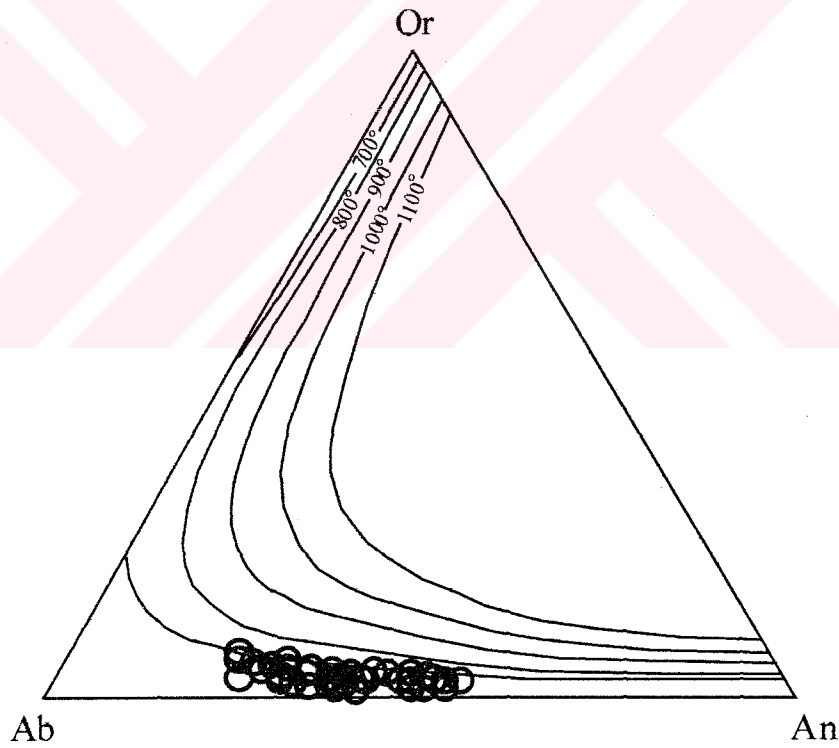
Fuhrman ve Lindsley (1988)’nin jeotermometre hesaplamaları için Ab-An-Or üçgen diyagramı üzerine, çeşitli sıcaklık değerlerini gösteren izoterm eğrilerini çizerek bir abak oluşturmuştur. Plajiyoklas minerallerinin analiz sonuçları bu diyagram üzerine

düşürüldüğünde örnek noktaları yaklaşık 650-750 °C sıcaklığa karşılık gelen izoterm eğrileri üzerinde yer alır (Şekil 53).

Hornblend-plajiyoklas mineral çifti ele alındığında, Holland ve Blundy (1997)'nin çeşitli bölgelerde yaptıkları çalışmalar sonucunda önerdiği hornblend-plajiyoklas termometresine göre hesaplanan sıcaklıklar 735-828 °C arasında bulunmuştur (Tablo 16).

Hammarstrom ve Zen (1986)'nın farklı alanlarda yaptıkları çalışmalar sonucunda hornblendlerdeki toplam alüminyum esas alarak ortaya koydukları formüle göre ($P = -3.92 + 5.03 * Al^T$) hesaplanan basınçlar 5.39 ± 3 ile 8.15 ± 3 kb arasında değişmektedir (Tablo 17).

Hollister ve diğ. (1987)'nin hornblendlerin içerdiği toplam alüminyum baz alınarak önerdiği ampirik formüle göre hesaplanan basınçlar ise 5.67 ± 1 ile 8.78 ± 1 kb arasında değişmektedir (Tablo 17).



Şekil 53. Teknecik Andezit Porfiri'ndeki plajiyoklaslara ait Ab-An-Or üçgen Diyagramı. İzoterm çizgileri Fuhrman ve Lindsley, (1988)'e göredir.

Tablo 12. Tekneçik Andezit Porfiri'ne ait plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları.

Örnek	<u>6C</u>	<u>6C</u>	<u>6C</u>	<u>6C</u>	<u>6C</u>	<u>6C</u>	<u>6C</u>	<u>6C</u>
	Plaj-3 mega <u>kenar</u>	Plaj-3 mega →	Plaj-3 mega →	Plaj-3 mega →	Plaj-3 mega <u>merkez</u>	Plaj-5 feno <u>merkez</u>	Plaj-5 feno <u>orta</u>	Plaj-5 feno <u>kenar</u>
SiO ₂	58.71	60.88	57.78	59.05	60.91	54.75	55.84	56.52
TiO ₂	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.07	<0.07	<0.07
Al ₂ O ₃	25.64	24.45	26.57	25.40	24.66	28.76	28.14	27.51
FeO	0.30	0.28	0.35	0.29	0.14	0.21	0.23	0.28
MnO	<0.07	<0.08	<0.07	<0.07	<0.07	<0.08	<0.08	<0.08
MgO	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
CaO	7.69	6.60	8.67	7.62	6.40	10.90	10.27	9.83
Na ₂ O	6.83	6.77	6.05	6.60	7.65	5.17	5.41	5.62
K ₂ O	0.48	0.72	0.43	0.39	0.44	0.23	0.20	0.31
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr ₂ O ₃	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.08	<0.07
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	99.65	99.71	99.85	99.36	100.20	100.01	100.08	100.07
Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.								
Si	10.55	10.86	10.37	10.61	10.82	9.88	10.04	10.16
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	5.43	5.14	5.62	5.38	5.16	6.12	5.96	5.83
Fe ⁺²	0.05	0.04	0.05	0.04	0.02	0.03	0.04	0.04
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	1.48	1.26	1.67	1.47	1.22	2.11	1.98	1.89
Na	2.38	2.34	2.11	2.30	2.64	1.81	1.89	1.96
K	0.11	0.16	0.10	0.09	0.10	0.05	0.05	0.07
P	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	19.99	19.82	19.92	19.89	19.96	19.99	19.95	19.94
An	37.30	33.50	43.00	38.00	30.80	53.00	50.60	48.30
Ab	59.90	62.10	54.40	59.60	66.70	45.60	48.20	49.90
Or	2.80	4.40	2.50	2.30	2.50	1.30	1.20	1.80

Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır.

Tablo 12'nin devamı:

Örnek	17A	17A	17A	17A	17A	17A	17A	17A
	Plaj-2	Plaj-2	Plaj-2	Plaj-2	Plaj-5	Plaj-5	Plaj-5	Plaj-5
	mega	mega	mega	mega	mega	mega	mega	mega
	<u>kenar</u>	<u>merkez</u>	<u>merkez</u>	<u>kenar</u>	<u>kenar</u>	<u>merkez</u>	<u>merkez</u>	<u>kenar</u>
SiO ₂	60.65	58.99	59.86	59.12	61.05	59.61	59.05	58.58
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	24.58	25.95	25.46	25.61	24.54	25.30	25.80	26.01
FeO	0.32	0.25	0.26	0.31	0.42	0.37	0.24	0.29
MnO	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.07	<0.08	<0.08
MgO	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
CaO	6.21	7.83	7.18	7.37	6.44	7.36	7.74	8.03
Na ₂ O	7.29	6.80	7.10	6.68	7.46	6.98	6.76	6.50
K ₂ O	0.61	0.40	0.44	0.45	0.65	0.44	0.44	0.42
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr ₂ O ₃	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	99.66	100.22	100.30	99.54	100.56	100.06	100.03	99.84

Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Si	10.83	10.53	10.65	10.60	10.83	10.65	10.55	10.50
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	5.18	5.46	5.34	5.41	5.13	5.32	5.43	5.49
Fe ⁺²	0.05	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06	0.04	0.04
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	1.19	1.50	1.37	1.42	1.22	1.41	1.48	1.54
Na	2.53	2.35	2.45	2.32	2.57	2.42	2.34	2.26
K	0.14	0.09	0.10	0.10	0.15	0.10	0.10	0.10
P	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	19.91	19.96	19.95	19.90	19.96	19.95	19.95	19.93
An	30.90	38.00	34.90	36.80	31.10	35.90	37.80	39.60
Ab	65.50	59.70	62.50	60.50	65.20	61.60	59.70	58.00
Or	3.60	2.30	2.50	2.70	3.70	2.60	2.60	2.50

Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır.

Tablo 12'nin devamı :

Örnek	19A	19A	19A	19A	19A	19A	19A	19A
	Plaj-3	Plaj-3	Plaj-3	Plaj-3	Plaj-4	Plaj-4	Plaj-4	Plaj-4
	mega	mega	mega	mega	feno	feno	feno	feno
	kenar	merkez	merkez	kenar	kenar	merkez	merkez	kenar
SiO ₂	61.57	57.49	58.13	60.47	61.93	60.47	61.99	61.99
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	23.76	26.56	26.13	24.50	23.98	25.50	23.96	23.69
FeO	0.26	0.29	0.23	0.24	0.26	0.23	0.23	0.26
MnO	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.08	<0.07	<0.07
MgO	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
CaO	5.22	8.35	8.04	6.13	4.95	6.29	5.13	5.12
Na ₂ O	7.88	6.53	6.63	7.75	7.85	7.29	8.11	8.28
K ₂ O	0.67	0.37	0.39	0.57	0.72	0.58	0.70	0.76
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr ₂ O ₃	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	99.36	99.59	99.56	99.66	99.69	100.36	100.11	100.10

Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Si	11.01	10.35	10.45	10.82	11.02	10.73	11.00	11.02
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	5.01	5.64	5.54	5.17	5.03	5.33	5.01	4.96
Fe ⁺²	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	1.00	1.61	1.55	1.18	0.94	1.20	0.98	0.97
Na	2.73	2.28	2.31	2.69	2.71	2.51	2.79	2.85
K	0.15	0.08	0.09	0.13	0.16	0.13	0.16	0.17
P	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	19.93	20.01	19.98	20.01	19.90	19.93	19.97	20.02
An	25.70	40.50	39.20	29.40	24.70	31.20	24.80	24.40
Ab	70.30	57.30	58.50	67.30	71.00	65.40	71.10	71.30
Or	3.90	2.10	2.20	3.20	4.20	3.40	4.00	4.30

Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır.

Tablo 12'nin devamı :

Örnek	§	§	§	§	§	§	§	§	§
	Plaj-2	Plaj-2	Plaj-2	Plaj-4	Plaj-4	Plaj-4	Plaj-4	Plaj-5	Plaj-5
	feno	feno	feno	mega	mega	mega	mega	mikrolit	mikrolit
	<u>merkez</u>	<u>orta</u>	<u>kenar</u>	<u>kenar</u>	<u>merkez</u>	<u>merkez</u>	<u>kenar</u>		
SiO ₂	58.70	55.12	56.42	57.32	57.20	61.59	56.08	64.77	79.21
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	26.32	28.49	27.52	26.98	27.51	24.24	27.61	21.75	11.13
FeO	0.24	0.30	0.43	0.20	0.22	0.23	0.37	0.34	0.32
MnO	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07
MgO	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
CaO	8.04	10.84	9.75	8.85	9.40	5.90	9.86	4.54	0.68
Na ₂ O	6.87	5.06	5.52	6.34	6.14	7.88	5.90	6.69	2.87
K ₂ O	0.33	0.21	0.28	0.28	0.26	0.47	0.28	2.16	5.21
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr ₂ O ₃	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	100.51	100.02	99.94	99.97	100.72	100.31	100.11	100.25	99.43
Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.									
Si	10.46	9.94	10.15	10.29	10.20	10.92	10.10	11.45	13.69
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	5.53	6.05	5.84	5.71	5.78	5.07	5.86	4.53	2.27
Fe ⁺²	0.04	0.05	0.06	0.03	0.03	0.03	0.06	0.05	0.05
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	1.54	2.09	1.88	1.70	1.80	1.12	1.90	0.86	0.13
Na	2.37	1.77	1.93	2.21	2.12	2.71	2.06	2.29	0.96
K	0.08	0.05	0.06	0.07	0.06	0.11	0.06	0.49	1.15
P	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	20.00	19.94	19.93	20.00	20.00	19.95	20.04	19.67	18.23
An	38.50	53.50	48.60	42.80	45.20	28.50	47.20	23.60	5.60
Ab	59.60	45.20	49.80	55.50	53.40	68.80	51.20	63.00	43.00
Or	1.90	1.20	1.70	1.60	1.50	2.70	1.60	13.40	51.40

Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır.

Tablo 12'nin devamı :

Örnek	<u>6C</u>	<u>6C</u>	<u>6C</u>	<u>6C</u>	<u>6C</u>	<u>17A</u>	<u>17A</u>
	Plaj-1	Plaj-1	Plaj-1	Plaj-2	Plaj-2	Plaj-3	Plaj-3
	feno <u>kenar</u>	feno <u>orta</u>	feno <u>merkez</u>	mikrolit	mikrolit	mikrolit	mikrolit
SiO ₂	55.92	55.06	55.38	59.60	59.81	55.95	59.68
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	27.60	28.52	28.16	25.27	25.06	27.63	25.87
FeO	0.34	0.36	0.35	0.31	0.35	0.47	0.26
MnO	<0.08	<0.07	<0.08	<0.07	<0.07	<0.08	<0.07
MgO	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
CaO	10.14	10.76	10.66	6.96	6.93	9.95	7.61
Na ₂ O	5.12	5.06	4.99	7.30	7.19	5.61	6.83
K ₂ O	0.37	0.30	0.24	0.59	0.58	0.27	0.39
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr ₂ O ₃	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	99.50	100.07	99.77	100.03	99.92	99.87	100.65

Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Si	10.11	9.93	10.00	10.65	10.69	10.09	10.59
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	5.88	6.06	5.99	5.32	5.28	5.87	5.41
Fe ⁺²	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.07	0.04
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	1.97	2.08	2.06	1.33	1.33	1.92	1.45
Na	1.79	1.77	1.75	2.53	2.49	1.96	2.35
K	0.09	0.07	0.05	0.13	0.13	0.06	0.09
P	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	19.89	19.96	19.91	20.02	19.98	19.98	19.92
An	51.10	53.00	53.40	33.30	33.60	48.70	37.20
Ab	46.70	45.20	45.20	63.30	63.10	49.70	60.50
Or	2.20	1.80	1.40	3.40	3.30	1.60	2.30

Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır.

Tablo 13. Teknecik Andezit Porfiri'ne ait hornblendlerin mikroprob analiz sonuçları

Örnek	19A	19A	19A	19A	19A	19A	19A	19A	6C	6C
	Mag.	Mag.	Mag.	Mag.	Pargasit	Pargasit	Pargasit	Pargasit	Pargasit	Pargasit
	hastingsit	hastingsit	hastingsit	hastingsit						
	Amf -2	Amf -2	Amf -2	Amf -2	Amf -4	Amf -4	Amf -4	Amf -4	Amf -4	Amf -4
	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno
	kenar	merkez	merkez	kenar	kenar	merkez	merkez	kenar	merkez	kenar
SiO ₂	42.58	40.64	40.88	41.45	42.57	41.30	41.31	43.49	39.90	41.77
TiO ₂	1.29	1.93	2.09	1.62	1.35	1.68	1.77	1.19	2.16	1.38
Al ₂ O ₃	10.41	12.15	11.50	10.94	10.32	11.07	11.27	10.80	14.98	12.16
FeO	18.53	17.76	17.91	18.51	18.03	17.92	17.50	17.24	14.02	16.46
MnO	0.63	0.48	0.52	0.64	0.68	0.57	0.60	0.63	0.22	0.58
MgO	9.90	9.88	9.84	9.60	9.96	9.91	9.92	10.55	11.33	10.51
CaO	11.34	11.52	11.55	11.38	11.40	11.44	11.40	11.14	11.77	11.29
Na ₂ O	1.98	2.04	2.13	1.91	1.99	2.06	2.07	2.12	2.39	2.06
K ₂ O	1.16	1.32	1.34	1.30	1.21	1.31	1.27	1.10	0.75	0.88
Cr ₂ O ₅	<0.08	<0.08	<0.07	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
Toplam	97.82	97.71	97.75	97.35	97.52	97.26	97.10	98.27	97.52	97.09
Formül 23 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.										
Si	6.48	6.20	6.24	6.36	6.49	6.33	6.33	6.53	5.97	6.33
Ti	0.15	0.22	0.24	0.19	0.16	0.19	0.20	0.13	0.24	0.16
Al (IV)	1.57	1.86	1.80	1.69	1.55	1.72	1.71	1.52	2.08	1.72
Al (VI)	0.28	0.31	0.26	0.27	0.29	0.27	0.31	0.38	0.54	0.43
Al (T)	1.85	2.17	2.06	1.96	1.84	1.99	2.02	1.90	2.62	2.15
Fe ⁺³	0.37	0.40	0.31	0.40	0.29	0.34	0.29	0.31	0.36	0.40
Fe ⁺²	1.97	1.85	1.96	1.96	2.00	1.94	1.93	1.83	1.35	1.65
Mn	0.08	0.06	0.07	0.08	0.09	0.07	0.08	0.08	0.03	0.07
Mg	2.25	2.25	2.24	2.20	2.26	2.26	2.27	2.36	2.53	2.38
Ca	1.85	1.88	1.89	1.87	1.86	1.88	1.87	1.79	1.89	1.83
Na	0.59	0.60	0.63	0.57	0.59	0.61	0.61	0.62	0.69	0.61
K	0.23	0.26	0.26	0.25	0.24	0.26	0.25	0.21	0.14	0.17
Toplam	15.84	15.92	15.93	15.87	15.84	15.91	15.88	15.80	15.88	15.81
Mg [#]	0.48	0.50	0.50	0.48	0.50	0.50	0.50	0.52	0.59	0.53

$$Mg^{\#} = Mg / (Mg + Fe^{+3} + Fe^{+2})$$

Fe⁺³ ve Fe⁺² ayırımı Leake ve diğ. (1997)'ne göre hesaplanmıştır.

Tablo 13'ün devamı:

Örnek	6C	6C	8	8	8	8	17A	17A	17A	17A
	Pargasit	Pargasit	Mag.	Mag.	Mag.	Mag.	Mag.	Mag.	Mag.	Mag.
			Hasting	Hasting	Hasting	Hasting	Hasting	Hasting	Hasting	Hasting
	Amf -7	Amf -7	Amf -3	Amf -3	Amf -3	Amf -3	Amf -4	Amf -4	Amf -4	Amf -4
	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno
	<u>merkez</u>	<u>kenar</u>	<u>kenar</u>	<u>merkez</u>	<u>merkez</u>	<u>kenar</u>	<u>kenar</u>	<u>merkez</u>	<u>merkez</u>	<u>kenar</u>
SiO ₂	42.44	42.01	42.80	41.35	42.00	40.73	42.07	42.94	42.20	40.87
TiO ₂	1.48	1.41	1.26	1.49	1.50	1.57	1.95	1.51	1.83	1.71
Al ₂ O ₃	12.86	12.47	11.36	13.52	12.76	13.57	11.96	12.85	12.18	12.79
FeO	13.56	17.67	17.57	16.75	16.30	16.54	14.59	9.60	12.41	15.45
MnO	0.24	0.58	0.53	0.42	0.36	0.41	0.30	0.09	0.13	0.37
MgO	12.57	10.01	10.26	10.24	11.03	10.19	11.99	15.06	13.31	11.12
CaO	11.71	11.34	11.35	11.56	11.53	11.29	11.95	12.23	12.10	11.73
Na ₂ O	2.21	2.09	1.73	2.02	2.13	2.08	2.07	2.08	2.08	2.15
K ₂ O	0.81	0.89	0.90	0.85	0.82	0.82	0.90	0.98	0.91	0.82
Cr ₂ O ₅	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.07	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
Toplam	97.89	98.49	97.76	98.20	98.44	97.21	97.79	97.35	97.16	97.02

Formül 23 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Si	6.28	6.31	6.46	6.20	6.27	6.17	6.29	6.28	6.28	6.19
Ti	0.16	0.16	0.14	0.17	0.17	0.18	0.22	0.17	0.20	0.19
Al (IV)	1.77	1.75	1.61	1.86	1.80	1.89	1.76	1.76	1.77	1.87
Al (VI)	0.46	0.44	0.40	0.51	0.43	0.51	0.33	0.44	0.36	0.39
Al (T)	2.23	2.19	2.01	2.37	2.23	2.40	2.19	2.20	2.13	2.26
Fe ⁺³	0.36	0.43	0.45	0.45	0.46	0.47	0.34	0.33	0.33	0.44
Fe ⁺²	1.26	1.76	1.73	1.61	1.52	1.57	1.46	0.81	1.18	1.50
Mg	2.77	2.24	2.31	2.29	2.45	2.30	2.67	3.29	2.95	2.51
Ca	1.86	1.83	1.83	1.86	1.84	1.83	1.91	1.92	1.93	1.90
Na	0.64	0.61	0.51	0.59	0.61	0.61	0.60	0.59	0.60	0.63
K	0.15	0.17	0.17	0.16	0.16	0.16	0.17	0.18	0.17	0.16
Toplam	15.82	15.82	15.73	15.81	15.83	15.83	15.83	15.83	15.84	15.87
Mg [#]	0.62	0.50	0.51	0.52	0.55	0.52	0.54	0.74	0.66	0.56

$$Mg^{\#} = Mg / (Mg + Fe^{+3} + Fe^{+2})$$

Fe⁺³ ve Fe⁺² ayırımı Leake ve diğ. (1997)'ne göre hesaplanmıştır.

Tablo 14. Tekneçik Andezit Porfiri'ne ait biyotitlerin mikroprob analiz sonuçları.

Örnek	19A	19A	19A	19A	8	8	8	8	6C	6C
	bi -1	bi -1	bi -1	bi -1	bi -1	bi -1	bi -1	bi -1	bi -6	bi -6
	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno
	kenar	merkez	merkez	kenar	kenar	merkez	merkez	kenar	merkez	kenar
SiO ₂	36.03	35.63	35.86	36.85	36.04	36.11	35.80	36.57	35.07	36.01
TiO ₂	4.01	4.29	4.12	4.10	3.91	3.70	3.64	3.82	3.69	3.93
Al ₂ O ₃	14.35	14.79	14.43	15.45	14.97	15.98	15.82	15.01	15.46	15.65
FeO	20.38	20.65	20.01	19.57	19.88	19.54	19.77	19.89	19.11	16.20
MnO	0.35	0.33	0.38	0.38	0.25	0.26	0.25	0.32	0.26	0.20
MgO	10.65	10.81	10.95	10.83	11.49	11.79	11.55	11.48	11.36	13.36
CaO	0.26	0.29	0.26	0.32	0.28	0.40	0.32	0.33	0.32	0.40
Na ₂ O	<0.14	<0.14	0.24	0.20	0.15	0.26	0.19	0.14	0.21	<0.14
K ₂ O	8.72	8.88	8.82	8.45	8.89	8.51	8.61	8.86	8.34	8.76
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr ₂ O ₃	<0.08	<0.08	<0.08	<0.07	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	94.74	95.66	95.09	96.14	95.88	96.55	95.93	96.44	93.83	94.50

Formül 22 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Si	5.56	5.46	5.52	5.56	5.49	5.43	5.43	5.53	5.43	5.45
Ti	0.47	0.49	0.48	0.46	0.45	0.42	0.41	0.43	0.43	0.45
Al (IV)	2.44	2.54	2.48	2.44	2.51	2.57	2.57	2.47	2.57	2.55
Al (VI)	0.17	0.14	0.14	0.30	0.17	0.26	0.26	0.20	0.25	0.25
Al (T)	2.61	2.67	2.62	2.74	2.69	2.83	2.83	2.67	2.82	2.79
Fe ⁺³	0.70	0.86	0.68	0.54	0.72	0.70	0.72	0.62	0.64	0.72
Fe ⁺²	1.94	1.80	1.90	1.94	1.82	1.76	1.78	1.88	1.74	1.34
Mn	0.05	0.04	0.05	0.05	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03
Mg	2.45	2.47	2.51	2.43	2.61	2.64	2.61	2.59	2.62	3.02
Ca	0.04	0.05	0.04	0.05	0.05	0.07	0.05	0.05	0.05	0.06
Na	0.00	0.00	0.07	0.06	0.05	0.07	0.06	0.04	0.06	0.00
K	1.72	1.74	1.73	1.62	1.73	1.63	1.67	1.71	1.65	1.69
Toplam	15.53	15.58	15.60	15.45	15.61	15.59	15.60	15.58	15.58	15.55
Mg [#]	0.48	0.48	0.49	0.50	0.51	0.60	0.51	0.52	0.51	0.51
Flogopit	43.12	43.45	44.05	43.02	45.06	45.14	45.16	45.01	45.41	52.26
Annit	34.32	31.69	33.72	34.18	31.46	30.29	31.45	33.05	30.28	23.15

$$\text{Mg}^{\#} = \text{Mg} / (\text{Mg} + \text{Fe}^{+3} + \text{Fe}^{+2})$$

Fe⁺² ve Fe⁺³ ayırımı Dymek (1983)'e göre hesaplanmıştır.

Tablo 15. Teknecik Andezit Porfiri'ne ait Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları.

Örnek	<u>6C</u>	<u>6C</u>	<u>8</u>	<u>8</u>
	Ulvöspinel mikrofeno	Ulvöspinel mikrofeno	Titano-magnetit mikrofeno	Titano-magnetit mikrofeno
SiO ₂	<0.08	<0.08	<0.09	<0.09
TiO ₂	25.20	30.18	5.17	4.96
Al ₂ O ₃	0.14	<0.09	1.65	1.48
Fe ₂ O ₃	17.92	7.71	56.86	56.90
FeO	50.93	56.18	33.56	32.27
MnO	0.58	0.37	1.66	3.08
MgO	1.13	0.66	0.40	<0.12
CaO	<0.05	0.08	0.07	0.13
Na ₂ O	<0.18	<0.18	<0.18	<0.18
K ₂ O	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
Cr ₂ O ₃	0.11	0.15	<0.08	<0.08
Toplam	96.02*	95.32*	99.37	98.81
Formül 4 oksijene göre hesaplanmıştır.				
Ti	0.74	0.88	0.15	0.14
Al	0.01	0.00	0.07	0.06
Fe ⁺³	0.52	0.23	1.65	1.65
Fe ⁺²	1.65	1.83	1.06	1.04
Mn	0.02	0.01	0.05	0.10
Mg	0.06	0.04	0.02	0.00
Ca	0.00	0.01	0.00	0.01
Toplam	3.00	3.00	3.00	3.00
Ulvöspinel	70.00	97.00	16.00	14.00
Magnetit	23.00	0.00	69.00	72.00
Quandit	2.00	2.00	1.00	0.00
Kromit	0.00	0.00	0.00	0.00
Jakopsit	1.00	0.00	5.00	9.00
Magnezyoferrit	0.00	0.00	0.00	0.00
Hersinit	0.00	0.00	3.00	2.00

Fe⁺³ ve Fe⁺² ayırımı stokiometrik olarak yapılmıştır.

* Toplamların düşük olmasının sebebi, tane yüzeylerinin iyi parlatılmamasından ve analiz edilmeyen diğer iz elementlerden (özellikle vanadyum) kaynaklanmaktadır.

Tablo 16. Tekneçik Andezit Porfiri içerisindeki Hornblend-Plajiyoklas mineral birlikteliğinden hesaplanan jeotermometre.

Min. 1	<u>Hbl 6c-7</u>	<u>Hbl 6c-7</u>	<u>Hbl 6c-7</u>	<u>Hbl 6c-7</u>	<u>Hbl 8-3</u>	<u>Hbl 8-3</u>	<u>Hbl 8-3</u>	<u>Hbl 19A-2</u>
Min. 2	<u>Plj 6c-1</u>	<u>Plj 6c-2</u>	<u>Plj 6c-3</u>	<u>Plj 6c-5</u>	<u>Plj 8-2</u>	<u>Plj 8-4</u>	<u>Plj 8-5</u>	<u>Plj 19A-3</u>
SiO ₂	42.01	42.01	42.01	42.01	42.80	42.80	42.80	42.58
TiO ₂	1.41	1.41	1.41	1.41	1.26	1.26	1.26	1.29
Al ₂ O ₃	12.47	12.47	12.47	12.47	11.36	11.36	11.36	10.41
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ₂ O ₃	5.37	5.37	5.37	5.37	5.54	5.54	5.54	4.79
FeO	12.84	12.84	12.84	12.84	12.58	12.58	12.58	14.22
MnO	0.58	0.58	0.58	0.58	0.53	0.53	0.53	0.63
MgO	10.01	10.01	10.01	10.01	10.26	10.26	10.26	9.90
CaO	11.34	11.34	11.34	11.34	11.35	11.35	11.35	11.34
Na ₂ O	2.09	2.09	2.09	2.09	1.73	1.73	1.73	1.98
K ₂ O	0.89	0.89	0.89	0.89	0.90	0.90	0.90	1.16
Formül 23 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.								
Si	6.23	6.23	6.23	6.23	6.37	6.37	6.37	6.40
Ti	0.16	0.16	0.16	0.16	0.14	0.14	0.14	0.15
Al	2.17	2.17	2.17	2.17	1.99	1.99	1.99	1.85
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ⁺³	0.59	0.59	0.59	0.59	0.62	0.62	0.62	0.54
Fe ⁺²	1.59	1.59	1.59	1.59	1.57	1.57	1.57	1.79
Mn	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08
Mg	2.21	2.21	2.21	2.21	2.28	2.28	2.28	2.22
Ca	1.80	1.80	1.80	1.80	1.81	1.81	1.81	1.83
Na	0.60	0.60	0.60	0.60	0.49	0.49	0.49	0.58
K	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.22
Plj (Xab)	0.47	0.63	0.59	0.49	0.49	0.54	0.63	0.70
T (°C)	798-828	748-777	762-792	795-826	783-810	767-794	735-762	746-764

Fe⁺³ ve Fe⁺² ayırımı Holland ve Blundy (1994)'e göre hesaplanmıştır.

Tablo 17. Teknecik Andezit Porfiri'ndeki hornblendlerden hesaplanan jeobarometre

Örnek	19A	19A	19A	19A	19A	19A	19A	19A	6C	6C
	Mag.	Mag.	Mag.	Mag.	Pargasit	Pargasit	Pargasit	Pargasit	Pargasit	Pargasit
	hastingsit	hastingsit	hastingsit	hastingsit						
	Amf -2	Amf -2	Amf -2	Amf -2	Amf -4	Amf -4	Amf -4	Amf -4	Amf -4	Amf -4
	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno
	<u>kenar</u>	<u>merkez</u>	<u>merkez</u>	<u>kenar</u>	<u>kenar</u>	<u>merkez</u>	<u>merkez</u>	<u>kenar</u>	<u>merkez</u>	<u>kenar</u>
SiO ₂	42.58	40.64	40.88	41.45	42.57	41.30	41.31	43.49	39.90	41.77
TiO ₂	1.29	1.93	2.09	1.62	1.35	1.68	1.77	1.19	2.16	1.38
Al ₂ O ₃	10.41	12.15	11.50	10.94	10.32	11.07	11.27	10.80	14.98	12.16
FeO	18.53	17.76	17.91	18.51	18.03	17.92	17.50	17.24	14.02	16.46
MnO	0.63	0.48	0.52	0.64	0.68	0.57	0.60	0.63	0.22	0.58
MgO	9.90	9.88	9.84	9.60	9.96	9.91	9.92	10.55	11.33	10.51
CaO	11.34	11.52	11.55	11.38	11.40	11.44	11.40	11.14	11.77	11.29
Na ₂ O	1.98	2.04	2.13	1.91	1.99	2.06	2.07	2.12	2.39	2.06
K ₂ O	1.16	1.32	1.34	1.30	1.21	1.31	1.27	1.10	0.75	0.88
Cr ₂ O ₅	<0.08	<0.08	<0.07	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
Toplam	97.82	97.71	97.75	97.35	97.52	97.26	97.10	98.27	97.52	97.09
Formül 23 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.										
Si	6.48	6.20	6.24	6.36	6.49	6.33	6.33	6.53	5.97	6.33
Ti	0.15	0.22	0.24	0.19	0.16	0.19	0.20	0.13	0.24	0.16
Al (IV)	1.57	1.86	1.80	1.69	1.55	1.72	1.71	1.52	2.08	1.72
Al (VI)	0.28	0.31	0.26	0.27	0.29	0.27	0.31	0.38	0.54	0.43
Al (T)	1.85	2.17	2.06	1.96	1.84	1.99	2.02	1.90	2.62	2.15
Fe ⁺³	0.37	0.40	0.31	0.40	0.29	0.34	0.29	0.31	0.36	0.40
Fe ⁺²	1.97	1.85	1.96	1.96	2.00	1.94	1.93	1.83	1.35	1.65
Mg	2.25	2.25	2.24	2.20	2.26	2.26	2.27	2.36	2.53	2.38
Ca	1.85	1.88	1.89	1.87	1.86	1.88	1.87	1.79	1.89	1.83
Na	0.59	0.60	0.63	0.57	0.59	0.61	0.61	0.62	0.69	0.61
K	0.23	0.26	0.26	0.25	0.24	0.26	0.25	0.21	0.14	0.17
Toplam	15.84	15.92	15.93	15.87	15.84	15.91	15.88	15.80	15.88	15.81
Hammarstrom & Zen (1986) (kb)	5.38±3	6.98±3	6.44±3	5.93±3	6.05±3	6.08±3	6.24±3	5.63±3	9.25±3	6.89±3
Hollister & Diğ. (1987) (kb)	5.67±1	7.47±1	6.85±1	6.29±1	5.61±1	6.57±1	6.63±1	5.95±1	9.76±1	7.36±1

Fe⁺³ ve Fe⁺² ayırımı Leake ve diğ. (1997)'ne göre hesaplanmıştır.

Tablo 17'nin devamı:

Örnek	6C	6C	8	8	8	8	17A	17A	17A	17A
	Pargasit	Pargasit	Mag. Hasting	Mag. Hasting	Mag. Hasting	Mag. Hasting	Mag. Hasting	Mag. Hasting	Mag. Hasting	Mag. Hasting
	Amf -7	Amf -7	Amf -3	Amf -3	Amf -3	Amf -3	Amf -4	Amf -4	Amf -4	Amf -4
	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno
	merkez	kenar	kenar	merkez	merkez	kenar	kenar	merkez	merkez	kenar
SiO ₂	42.44	42.01	42.80	41.35	42.00	40.73	42.07	42.94	42.20	40.87
TiO ₂	1.48	1.41	1.26	1.49	1.50	1.57	1.95	1.51	1.83	1.71
Al ₂ O ₃	12.86	12.47	11.36	13.52	12.76	13.57	11.96	12.85	12.18	12.79
FeO	13.56	17.67	17.57	16.75	16.30	16.54	14.59	9.60	12.41	15.45
MnO	0.24	0.58	0.53	0.42	0.36	0.41	0.30	0.09	0.13	0.37
MgO	12.57	10.01	10.26	10.24	11.03	10.19	11.99	15.06	13.31	11.12
CaO	11.71	11.34	11.35	11.56	11.53	11.29	11.95	12.23	12.10	11.73
Na ₂ O	2.21	2.09	1.73	2.02	2.13	2.08	2.07	2.08	2.08	2.15
K ₂ O	0.81	0.89	0.90	0.85	0.82	0.82	0.90	0.98	0.91	0.82
Cr ₂ O ₅	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.07	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
Toplam	97.89	98.49	97.76	98.20	98.44	97.21	97.79	97.35	97.16	97.02
Formül 23 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.										
Si	6.28	6.31	6.46	6.20	6.27	6.17	6.29	6.28	6.28	6.19
Ti	0.16	0.16	0.14	0.17	0.17	0.18	0.22	0.17	0.20	0.19
Al (IV)	1.77	1.75	1.61	1.86	1.80	1.89	1.76	1.76	1.77	1.87
Al (VI)	0.46	0.44	0.40	0.51	0.43	0.51	0.33	0.44	0.36	0.39
Al (T)	2.23	2.19	2.01	2.37	2.23	2.40	2.19	2.20	2.13	2.26
Fe ⁺³	0.36	0.43	0.45	0.45	0.46	0.47	0.34	0.33	0.33	0.44
Fe ⁺²	1.26	1.76	1.73	1.61	1.52	1.57	1.46	0.81	1.18	1.50
Mg	2.77	2.24	2.31	2.29	2.45	2.30	2.67	3.29	2.95	2.51
Ca	1.86	1.83	1.83	1.86	1.84	1.83	1.91	1.92	1.93	1.90
Na	0.64	0.61	0.51	0.59	0.61	0.61	0.60	0.59	0.60	0.63
K	0.15	0.17	0.17	0.16	0.16	0.16	0.17	0.18	0.17	0.16
Toplam	15.82	15.82	15.73	15.81	15.83	15.83	15.83	15.83	15.84	15.87
Hammarstrom & Zen (1986) (kb)	7.29±3	7.09±3	6.61±3	8.0±3	7.29±3	8.15±3	7.09±3	7.07±3	6.79±3	7.35±3
Hollister & Diğ. (1987) (kb)	7.81±1	7.59±1	6.13±1	8.60±1	7.81±1	8.77±1	7.59±1	7.26±1	7.25±1	7.98±1

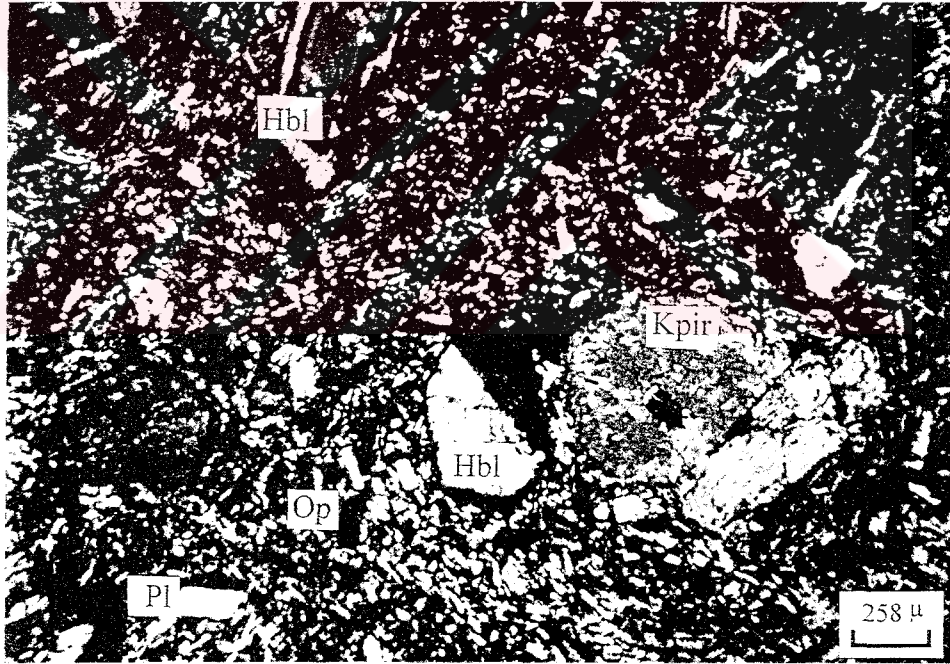
Fe⁺³ ve Fe⁺² ayırımı Leake ve diğ. (1997) 'ne göre hesaplanmıştır.

3.3.5. Bazalt ve Andezit Daykları

Breşleri kesen bazalt daykı genellikle hyalo-mikrolitik porfirik, hyalopilitik, entergranüler ve entersertal doku gösterir. Kayaç içerisinde fenokristal olarak klinopiroksen, plajiyoklas, olivin ve opak mineraller bulunmaktadır. İkincil mineral olarak da bunlara kalsit ve klorit eşlik etmektedir. Hamurda ise daha çok plajiyoklas ve klinopiroksen mikrolitleri ile volkanik cam bulunmaktadır. Hamurda genellikle mikrolitik ve hyalo-mikrolitik doku gözlenmektedir.

Plajiyoklas mineralleri özşekilli ve yarı özşekillidir. Tek nikelde renksiz, çapraz nikelde gri, beyaz renklerde gözlenmektedir. Plajiyoklas mineralleri hamurda mikrolitler halinde de gözlenmektedir.

Hornblend mineralleri açık kahverengi, koyu kahverengi ve koyu yeşil renklerde gözlenmektedir. Genellikle özşekilli ve yarı özşekillidirler. Özşekilli olanlarda $h'(100)$ ikizine sıkça rastlanmaktadır. Pleokroizması $x =$ sarımsı yeşil, $z =$ açık sarı yeşildir. Hem fenokristal olarak hem de hamurda mikrolit olarak bulunmaktadır (Şekil 54).



Şekil 54. Bazalt Daykı'ndaki $h'(100)$ ikizi gösteren hornblend minerali (Ç.N.; Pl: Plajiyoklas, Kpir: Klinopiroksen, Hbl: Hornblend, Op: Opak) (Örnek No:K23)

Klinopiroksen mineralleri fenokristaller halinde bulunmaktadır. Mineraller özşekilli ve yarı özşekillidir. Tek nikelde açık yeşil, çapraz nikelde mavi, kırmızı, sarı renklerde gözlenmektedir. Bol çatlak ve kırıklara sahip olup, bunlar kalsit ile dolmuştur. Alterasyona uğramış olanlarda kloritleşme gözlenir.

Olivin mineralleri genelde yuvarlak ve küçük taneler halinde çok ender olarak bulunmaktadır. Genellikle ojit minerali ile yanyana görülmektedir. Tek nkolde genelde renksiz, çapraz nkolde ise yeşilimsi sarı (x ve z yönlerinde) ve turuncumsu sarı (y yönünde) renkte görülmektedir. Olivin minerallerinde yer yer serpantinleşme vardır.

Hamur genelde plajiyoklas ve klinopiroksen mikrolitlerinden ve volkanik camdan oluşmaktadır.

Teknecik Andezit Porfiri'ni kesen andezit daykı mikrolitik, hyalo-mikrolitik ve mikrolitik porfirik doku göstermektedir. Kayaç içerisinde açık renkli mineral olarak plajiyoklas, mafik mineral olarak da hornblend, biyotit mineralleri bulunmaktadır. Mikrofenokristal olarak plajiyoklas, hornblend, biyotit, klinopiroksen ve opak mineral bulunmaktadır. İkincil mineral olarak kalsit içermektedir. Hamurda genellikle mikrolitik, hyalo-mikrolitik doku gözlenmektedir.

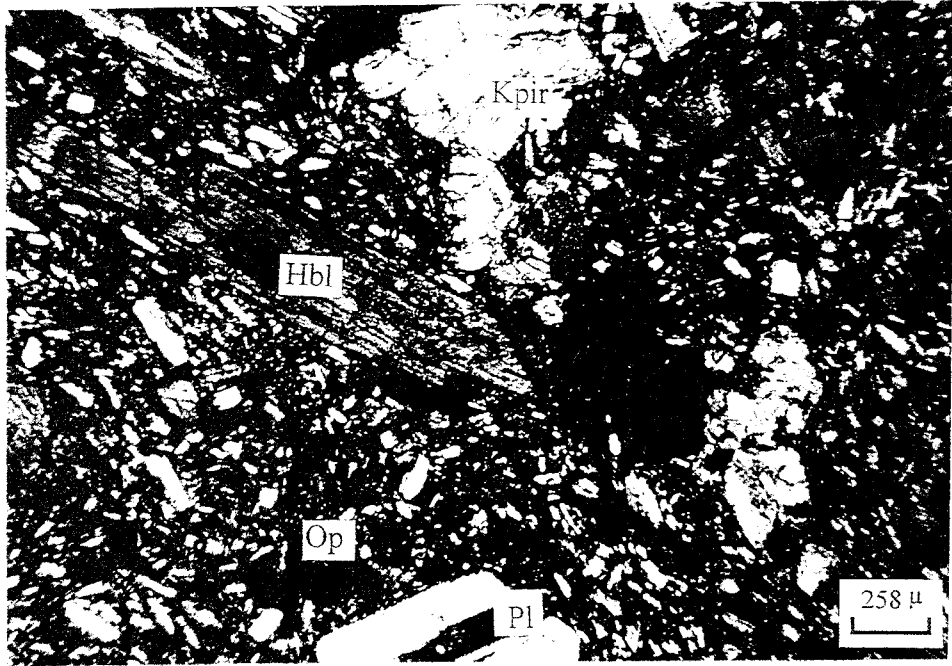
Plajiyoklas mineralleri kayaç içerisinde fenokristal ve hamurda mikrolitler halinde bulunmaktadır. Kristaller özşekilli ve yarı özşekillidirler. Genellikle albit ve polisentetik ikiz sunmaktadır. Plajiyoklas minerallerinin bir çoğu serisitleşmiş ve kil minerallerine dönüşmüştür. Tek nkolde renksiz, çapraz nkolde gri, beyaz renklerde gözlenmektedir.

Hornblend mineralleri açık kahverengi, koyu kahverengi ve koyu yeşil renklerde gözlenmektedir. Bunlar da çoğunlukla kırmızımsı kahverengi renkte gözlenmektedir. Hem fenokristal olarak hem de hamurda mikrolit olarak bulunmaktadır. Genellikle özşekilli ve yarı özşekillidirler. Özşekilli olanlarda $h'(100)$ ikizine sıkça rastlanmaktadır. Pleokroizması $x =$ sarımsı yeşil, $z =$ açık sarı yeşildir. Hornblend minerallerinin çoğu parçalanmış ve kırılmıştır (Şekil 55).

Klinopiroksen mineralleri yarı özşekilli ve özşekilsiz kristaller halindedir. Yüksek röliyefe sahip olan ojit mineralleri, tek nkolde renksiz, çapraz nkolde ise II. sıranın mavi, yeşil renklerini sunmaktadır. Çok zayıf pleokroizma göstermektedir. Genellikle altere olanlarda kloritleşme gözlenir.

Biyotit minerallerine genellikle levhalar halinde ve çok az oranda rastlanmaktadır. Dilinim (001) yüzeyinde mükemmeldir. Tek nkolde kahverengi, çapraz nkolde koyu yeşil, koyu kahverengi ve siyah renkte gözlenmektedir. Kuvvetli pleokroizma göstermektedirler ($z =$ açık kahverengi, $x =$ koyu kahverengi). Bazı kesitlerde ayrışma ürünü olarak kloritleşme gözlenmektedir.

Hamur plajiyoklas, hornblend, ojit, opak mineralleri ve volkanik cam içermektedir. Hamurda genellikle kalsitleşme ve serisitleşme yaygındır.



Şekil 55. Andezit Daykı'ndaki hornblend ve klinopiroksen minerallerinin mikroskoptaki görünümü (Ç.N.; Pl: Plajiyoklas, Kpir: Klinopiroksen, Hbl: Hornblend, Op: Opa) (Örnek No:K18)

3.3.5.1. Mineral kimyası

3.3.5.1.1. Plajiyoklas

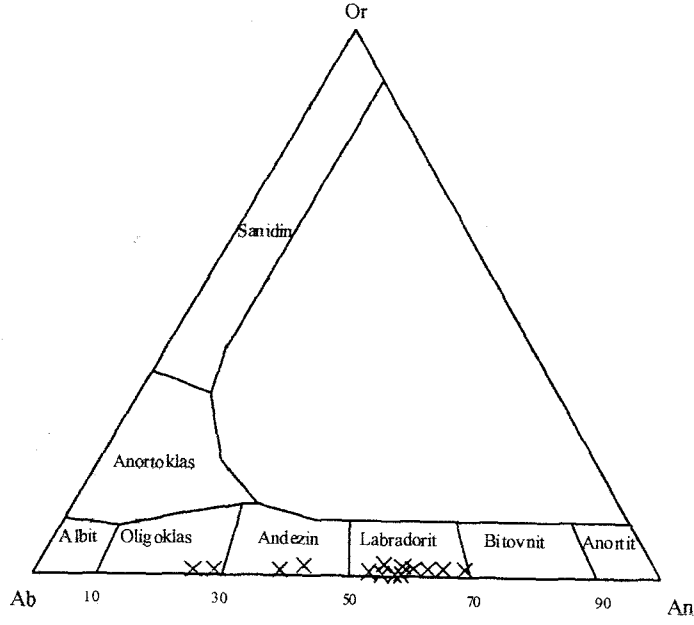
Bazalt daykına ait plajiyoklaslar genellikle labradorittir (Şekil 56). Labradoritler daha çok fenokristal halinde olup, bileşimleri An_{56-70} 'dir. Hamurdaki mikrolitlerden bazıları andezin olup, bileşimi An_{36} dir. Bir kısmı ise bitovnit olup, bileşimi An_{73} dür. Bunlara ait mikroprob analizleri Tablo 18'de verilmiştir.

Andezit daykına ait plajiyoklasların tamamı andezin olup, bileşimleri An_{38-44} dir (Şekil 56). Bazı kristaller zonlanma göstermektedir (Örn no:K₁₈-plj-4) ve kenarda $An_{43}Ab_{55}Or_2$ merkezde ise $An_{34}Ab_{64}Or_2$ bileşimlidir (Tablo 19).

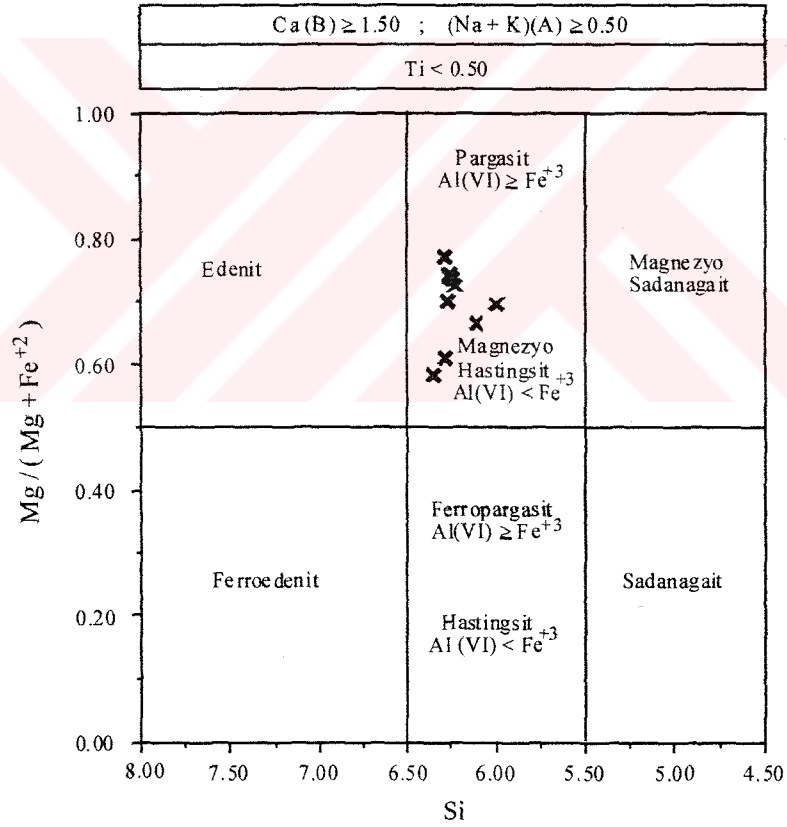
3.3.5.1.2. Hornblend

Bazalt daykına ait hornblendler magnezyo-hastingsittir (Şekil 57). Bu minerallerde herhangi bir bileşimsel değişim yoktur. $Mg / (Mg-Fe^{+3}+Fe^{+2})$ oranı 0.67-0.74 arasında değişmektedir (Tablo 20).

Andezit daykına ait hornblendler de magnezyo hastingsittir (Şekil 57). Bu mineraller de homojendir. $Mg / (Mg+Fe^{+3}+Fe^{+2})$ oranı biraz daha düşük olup, 0.58-0.67 arasında değişmektedir (Tablo 21).



Şekil 56. Andezit ve Bazalt Daykı'na ait plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramı



Şekil 57. Andezit ve Bazalt Daykı'na ait hornblendlerin sınıflaması (Leake ve diğ.,1997)

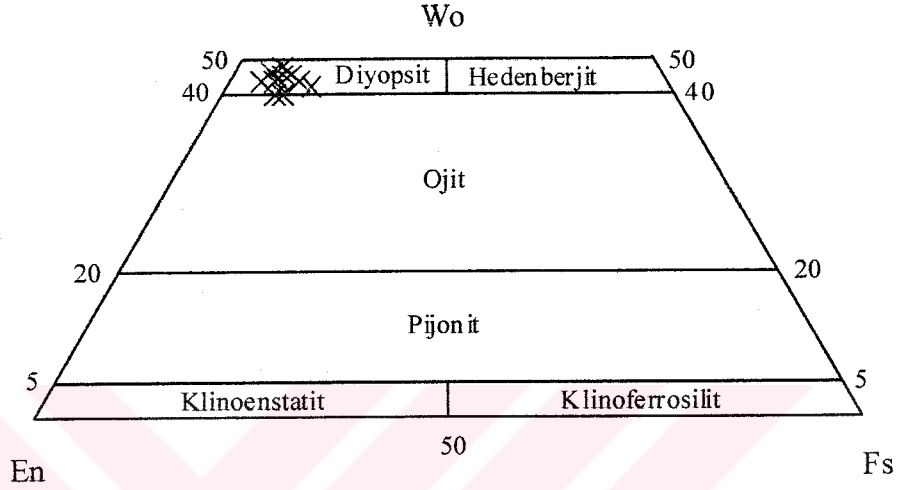
3.3.5.1.3. Klinopiroksen

Bazalt daykına ait klinopiroksenler Morimoto ve diğ. (1988)'in yaptığı sınıflamaya göre diyopsittir (Şekil 58). Bileşimleri $Wo_{46}En_{47}Fs_7$ - $Wo_{48}En_{46}Fs_6$ arasında değişmektedir (Tablo 22).

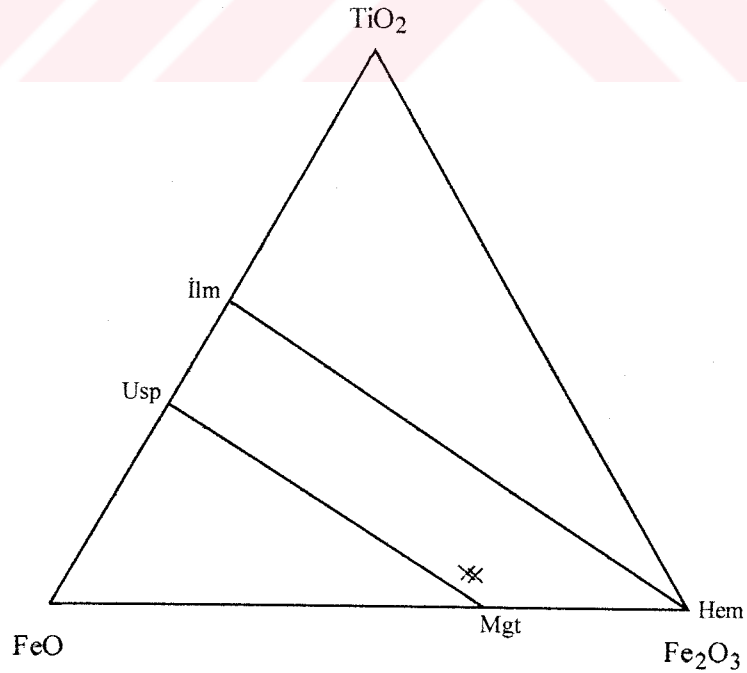
3.3.5.1.4. Fe-Ti Oksitler

Kayaç içerisinde yaygın olarak bulunan oksit minerali titanlı magnetittir (Şekil 59). Bunlara ait mikroprob analizleri Tablo 23'te verilmiştir.

Titanlı magnetitlerde TiO_2 değeri 5.13-5.74 arasında değişirken, MgO değeri ise 4.18-4.31 arasında değişmektedir. Ayrıca Fe_2O_3 değeri; Koçevyanı Bazaltı'ndaki Fe-Ti oksitlere göre çok yüksek olup, 58.15-58.97 arasında değişmektedir.



Şekil 58. Bazalt Daykısı'nın klinopiroksenlerine ait Wo-En-Fs üçgen diyagramı (Morimoto ve diğ., 1988)



Şekil 59. Bazalt Daykısı'na ait Fe-Ti oksitlerin bileşimini gösteren diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988)

Tablo 18. Bazalt Dayk1'na ait plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları.

Örnek	<u>K23</u>	<u>K23</u>	<u>K23</u>	<u>K23</u>
	plaj-2	plaj-2	plaj-3	plaj-3
	feno	feno	mikrolit	mikrolit
	<u>merkez</u>	<u>kenar</u>		
SiO ₂	51.03	53.93	58.45	49.64
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	30.75	28.67	24.69	31.36
FeO	0.76	0.65	0.89	0.80
MnO	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07
MgO	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
CaO	14.12	11.48	7.45	14.85
Na ₂ O	3.20	4.76	5.83	2.84
K ₂ O	0.28	0.50	1.99	0.25
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr ₂ O ₃	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	100.13	99.99	99.30	99.74

Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Si	9.31	9.79	10.62	9.12
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	6.61	6.13	5.28	6.79
Fe ⁺²	0.12	0.10	0.14	0.12
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	2.76	2.23	1.45	2.92
Na	1.13	1.67	2.05	1.01
K	0.06	0.12	0.46	0.06
P	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	19.99	20.04	20.00	20.02
An	69.80	55.50	36.60	73.20
Ab	28.60	41.60	51.80	25.30
Or	1.60	2.90	1.16	1.50

Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır.

Tablo 19. Andezit Dayk1'na ait plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları.

Örnek	K18		K18		K18		K18	
	plaj-1		plaj-1		plaj-3		plaj-3	
	mikrofeno		mikrofeno		feno		feno	
	kenar	merkez	merkez	kenar	kenar	merkez	merkez	kenar
SiO ₂	59.45	58.01	57.24	58.10	58.86	53.23	59.12	57.84
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	25.78	26.35	26.6	26.74	26.34	29.35	25.31	26.86
FeO	0.30	0.31	0.42	0.38	0.29	0.35	0.33	0.32
MnO	<0.08	<0.07	<0.07	<0.07	<0.08	<0.08	<0.07	<0.08
MgO	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
CaO	7.65	8.42	8.94	8.67	8.25	12.28	7.40	9.01
Na ₂ O	6.52	6.57	6.22	6.50	6.42	4.37	6.87	6.06
K ₂ O	0.41	0.28	0.27	0.31	0.33	0.20	0.39	0.29
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr ₂ O ₃	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	100.11	99.95	99.70	100.69	100.49	99.78	99.42	100.45

Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Si	10.60	10.40	10.31	10.35	10.48	9.67	10.62	10.33
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	5.42	5.57	5.65	5.62	5.53	6.28	5.36	5.65
Fe ⁺²	0.05	0.05	0.06	0.06	0.04	0.05	0.05	0.05
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	1.46	1.62	1.73	1.66	1.57	2.39	1.43	1.72
Na	2.25	2.29	2.17	2.25	2.21	1.54	2.39	2.10
K	0.09	0.06	0.06	0.07	0.07	0.05	0.09	0.07
P	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	19.87	19.99	19.98	20.00	19.91	19.98	19.94	19.92
An	38.40	40.80	43.60	41.70	40.70	60.10	36.50	44.30
Ab	59.10	57.60	54.80	56.50	57.30	38.70	61.20	54.00
Or	2.50	1.60	1.50	1.80	1.90	1.10	2.30	1.70

Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır.

Tablo 19'un devamı:

Örnek	<u>K18</u>	<u>K18</u>	<u>K18</u>	<u>K18</u>
	plaj-4	plaj-4	plaj-4	plaj-4
	feno	feno	feno	feno
	<u>kenar</u>	<u>merkez</u>	<u>merkez</u>	<u>kenar</u>
SiO ₂	57.76	59.64	59.97	58.40
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	26.29	24.93	24.92	26.17
FeO	0.42	0.22	0.21	0.37
MnO	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
MgO	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
CaO	8.78	6.94	6.91	8.3
Na ₂ O	6.11	7.27	7.31	6.46
K ₂ O	0.37	0.46	0.40	0.34
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr ₂ O ₃	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	99.74	99.46	99.72	100.03

Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Si	10.39	10.70	10.73	10.46
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	5.57	5.27	5.25	5.52
Fe ⁺²	0.06	0.03	0.03	0.06
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	1.69	1.33	1.32	1.59
Na	2.13	2.53	2.53	2.24
K	0.08	0.10	0.09	0.08
P	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	19.93	19.98	19.96	19.94
An	43.30	33.60	33.50	40.70
Ab	54.50	63.80	64.10	57.30
Or	2.20	2.60	2.30	2.00

Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır.

Tablo 20. Bazalt Dayk'na ait hornblendlerin mikroprob analiz sonuçları.

Örnek	K23	K23	K23	K23	K23	K23	K23	K23
	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit	Magnezyo hastingsit
	Amf -5	Amf -5	Amf -5	Amf -5	Amf -6	Amf -6	Amf -6	Amf -6
	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno	feno
	<u>kenar</u>	<u>merkez</u>	<u>merkez</u>	<u>kenar</u>	<u>kenar</u>	<u>merkez</u>	<u>merkez</u>	<u>kenar</u>
SiO ₂	42.73	42.28	43.15	42.6	41.55	42.84	42.43	42.14
TiO ₂	1.9	2.02	2.14	1.84	1.93	1.74	1.9	1.91
Al ₂ O ₃	12.36	12.37	12.06	12.15	13.65	12.21	12.19	12.44
FeO	9.58	9.64	8.55	9.83	12.12	10.52	11.09	10.53
MnO	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	0.08	<0.08	<0.08	0.08
MgO	15.52	14.95	16.02	15.59	13.59	15.05	14.59	14.71
CaO	12.27	12.3	12.37	12.17	12.15	12.22	12.14	12.33
Na ₂ O	2.12	2.16	2.13	1.95	2.33	2.07	1.93	1.98
K ₂ O	1.13	1.29	1.29	1.12	0.88	0.86	1.12	1.12
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr ₂ O ₅	<0.08	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.08	<0.07
Toplam	97.6	97.02	97.7	97.24	98.28	97.52	97.4	97.26
Formül 23 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.								
Si	6.25	6.24	6.28	6.26	6.11	6.29	6.26	6.22
Ti	0.21	0.22	0.23	0.20	0.21	0.19	0.21	0.21
Al (IV)	1.80	1.80	1.80	1.81	1.94	1.78	1.80	1.83
Al (VI)	0.32	0.35	0.31	0.27	0.40	0.32	0.30	0.32
Al (T)	2.12	2.15	2.11	2.08	2.34	2.10	2.10	2.15
Fe ⁺³	0.36	0.21	0.22	0.49	0.40	0.44	0.43	0.39
Fe ⁺²	0.76	0.95	0.78	0.66	1.03	0.80	0.88	0.87
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
Mg	3.38	3.29	3.48	3.41	2.98	3.29	3.21	3.24
Ca	1.92	1.94	1.93	1.92	1.91	1.92	1.92	1.95
Na	0.60	0.62	0.60	0.55	0.67	0.59	0.55	0.57
K	0.21	0.24	0.24	0.21	0.16	0.16	0.21	0.21
Toplam	15.88	15.89	15.87	15.87	15.91	15.84	15.85	15.88
Mg [#]	0.74	0.73	0.77	0.74	0.67	0.61	0.70	0.73

$$Mg^{\#} = Mg / (Mg + Fe^{+3} + Fe^{+2})$$

Fe⁺³ ve Fe⁺² ayırımı Leake ve diğ. (1997)'ne göre hesaplanmıştır.

Tablo 21. Andezit Daykı'na ait hornblendlerin mikroprob analiz sonuçları.

Örnek	K18	K18	K18	K18
	Magnezyo hastingsit Amf -2 feno <u>kenar</u>	Magnezyo hastingsit Amf -2 feno <u>merkez</u>	Magnezyo hastingsit Amf -2 feno <u>merkez</u>	Magnezyo hastingsit Amf -2 feno <u>kenar</u>
SiO ₂	43.50	46.28	40.37	42.29
TiO ₂	1.88	1.20	1.69	1.76
Al ₂ O ₃	10.63	9.22	14.4	11.40
FeO	15.22	13.05	11.02	15.21
MnO	0.42	0.30	0.08	0.35
MgO	12.09	14.22	13.99	11.91
CaO	11.64	11.73	12.49	11.75
Na ₂ O	1.89	1.48	2.05	1.96
K ₂ O	0.73	0.48	1.05	0.82
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr ₂ O ₅	<0.07	<0.08	<0.07	<0.07
Toplam	97.99	97.96	97.13	97.43

Formül 23 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Si	6.48	6.77	5.99	6.35
Ti	0.21	0.13	0.19	0.20
Al (IV)	1.58	1.30	2.10	1.71
Al (VI)	0.27	0.27	0.41	0.29
Al (T)	1.85	2.57	2.51	2.00
Fe ⁺³	0.38	0.46	0.56	0.45
Fe ⁺²	1.48	1.07	0.79	1.43
Mn	0.05	0.04	0.01	0.04
Mg	2.68	3.10	3.10	2.67
Ca	1.86	1.84	1.99	1.89
Na	0.55	0.42	0.59	0.57
K	0.14	0.09	0.20	0.16
Toplam	15.72	15.56	15.95	15.81
Mg [#]	0.58	0.66	0.69	0.58

$$\text{Mg}^{\#} = \text{Mg} / (\text{Mg} + \text{Fe}^{+3} + \text{Fe}^{+2})$$

Fe⁺³ ve Fe⁺² ayırımı Leake ve diğ. (1997)'ne göre hesaplanmıştır.

Tablo 22. Bazalt Daykırı'na ait klinopiroksenlerin mikroprob analiz sonuçları.

Örnek	<u>K23</u>	<u>K23</u>	<u>K23</u>	<u>K23</u>	<u>K23</u>	<u>K23</u>	<u>K23</u>	<u>K23</u>
	Klinopir-1 feno <u>kenar</u>	Klinopir-1 feno <u>merkez</u>	Klinopir-1 feno <u>merkez</u>	Klinopir-1 feno <u>kenar</u>	Klinopir-4 feno <u>kenar</u>	Klinopir-4 feno <u>merkez</u>	Klinopir-4 feno <u>merkez</u>	Klinopir-4 feno <u>kenar</u>
SiO ₂	49.80	52.81	50.84	53.66	53.45	53.21	53.97	52.92
TiO ₂	0.61	0.32	0.48	0.25	0.29	0.31	0.22	0.36
Al ₂ O ₃	4.29	2.47	3.51	1.43	1.60	1.69	1.54	2.33
FeO	8.09	4.69	6.70	4.38	3.97	3.94	3.78	4.22
MnO	0.16	<0.08	0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
MgO	13.75	16.41	15.04	17.29	16.90	16.8	16.82	16.50
CaO	23.00	23.13	22.59	22.74	23.41	23.76	23.86	23.40
Na ₂ O	<0.13	<0.13	<0.13	<0.13	<0.13	<0.13	<0.13	<0.13
K ₂ O	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.05	<0.04	<0.04	<0.04
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr ₂ O ₃	<0.08	0.32	<0.08	0.21	0.38	0.33	0.33	0.55
Toplam	99.71	100.15	99.24	99.96	100.00	100.03	100.53	100.27

Formül 6 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Si	1.87	1.93	1.90	1.96	1.95	1.95	1.96	1.93
Ti	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Al	0.19	0.11	0.15	0.06	0.07	0.07	0.07	0.10
Fe ⁺²	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
Mn	0.25	0.14	0.21	0.13	0.12	0.12	0.11	0.13
Mg	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.77	0.89	0.84	0.94	0.92	0.92	0.91	0.90
Na	0.92	0.91	0.90	0.89	0.92	0.93	0.93	0.92
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	4.02	4.00	4.01	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Mg [#]	0.75	0.86	0.80	0.88	0.88	0.88	0.89	0.87
Wo	47.35	46.61	46.29	45.29	46.80	47.33	47.52	47.13
En	39.39	46.00	42.87	47.90	47.00	46.55	46.60	46.24
Fs	13.26	7.38	10.84	6.81	6.20	6.13	5.88	6.63

Mg[#] = Mg / (Mg + Fe⁺²)

Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır.

Tablo 22'nin devamı:

Örnek	K23		K23	
	Klinopir-7	Klinopir-7	Klinopir-7	Klinopir-7
	feno	feno	feno	feno
	<u>kenar</u>	<u>merkez</u>	<u>merkez</u>	<u>kenar</u>
SiO ₂	52.27	53.4	52.96	52.19
TiO ₂	0.32	0.47	0.31	0.39
Al ₂ O ₃	2.93	1.67	1.66	2.88
FeO	5.59	3.98	4.61	5.67
MnO	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
MgO	15.71	16.67	16.47	15.63
CaO	23.04	23.61	23.21	23.11
Na ₂ O	<0.13	<0.13	<0.13	<0.13
K ₂ O	<0.04	<0.05	<0.04	<0.04
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr ₂ O ₃	0.11	0.26	0.09	0.10
Toplam	99.97	100.06	99.33	99.97

Formül 6 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.

Si	1.92	1.95	1.95	1.92
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01
Al	0.13	0.07	0.07	0.12
Fe ⁺²	0.17	0.12	0.14	0.17
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.86	0.91	0.91	0.86
Ca	0.91	0.92	0.92	0.91
Na	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.01	0.00	0.00
Toplam	4.00	4.00	4.00	4.00
Mg [#]	0.83	0.88	0.86	0.83
Wo	46.77	47.31	46.68	46.84
En	44.37	46.47	46.09	44.13
Fs	8.86	6.22	7.24	8.98

$$\text{Mg}^{\#} = \text{Mg} / (\text{Mg} + \text{Fe}^{+2})$$

Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır.

Tablo 23. Bazalt Dayk1'na ait Fe-Ti oksitlerin mikroprob analiz sonuçları.

Örnek	<u>K23</u>	<u>K23</u>
	Titanlı magnetit mikrofenö	Titanlı magnetit mikrofenö
SiO ₂	<0.08	<0.08
TiO ₂	5.74	5.13
Al ₂ O ₃	1.82	1.79
Fe ₂ O ₃	58.15	58.97
FeO	29.43	28.58
MnO	0.77	0.60
MgO	4.18	4.31
CaO	0.13	0.11
Na ₂ O	<0.18	<0.18
K ₂ O	<0.04	<0.04
Cr ₂ O ₃	0.15	<0.08
Toplam	100.38	99.50
Formül 4 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.		
Si	0.00	0.00
Ti	0.16	0.14
Al	0.08	0.08
Fe ⁺³	1.61	1.63
Fe ⁺²	0.90	0.89
Mn	0.02	0.02
Mg	0.23	0.24
Ca	0.00	0.00
Toplam	3.00	3.00
Ulvöspinel	12.00	11.00
Magnetit	62.00	63.00
Quandit	3.00	3.00
Kromit	0.00	0.00
Jakopsit	2.00	1.00
Magnezyoferrit	15.00	17.00
Hersinit	2.00	2.00
Spinel	0.00	0.00

Fe⁺³ ve Fe⁺² ayırımı stokiometrik olarak hesaplanmıştır.

3.4. VOLKANİK KAYAÇLARIN JEOKİMYASI

3.4.1. Giriş

İkizce (Ordu) yöresi volkanik kayaçların ana, iz ve nadir toprak element içerikleri tespit edilerek, jeokimyasal özellikleri ve jeotektonik ortamları değerlendirilmiştir. Ayrıca volkanik kayaçların kimyasal bileşimindeki değişiklikler ile magmatik olaylarla (fraksiyonel kristallenme, magma karışımı, asimilasyon vb.) arasındaki ilişkisi araştırılarak, oluşumları hakkında bilgiler edinilmiştir.

Bu amaçla genelde araziden derlenen ve petrografik incelemeler sonucunda taze ve ayrışmamış örneklerden 27 tanesinde ana, iz ve nadir toprak element analizleri yapılmıştır (Tablo 24 ve 25). Bu analizler; Koçevyanı Bazaltı'na ait 2, Kurttaşlı Tepe Andezitine ait 2, Kale Üyesi'ndeki andezitik ve bazaltik breş çakıllarına ait 9, İkizce Andezitine ait 4, Teknecik Andezit Porfiri'ne ait 8 ve Bazalt ve Andezit Daykı'na ait 2 örnekten elde edilmiştir.

Ana element analizlerinde toplam demir Fe_2O_3 cinsinden verilmiştir. Fe_2O_3 ve FeO ayrımı Le Maitre ve diğ. (1989)' ne göre yapılmış olup, sadece kayaçların CIPW normatif mineralojik bileşimlerini hesaplamak için kullanılmıştır. Örneklerdeki uçucu içeriği ateşte kayıp (LOI) olarak tespit edilmiştir.

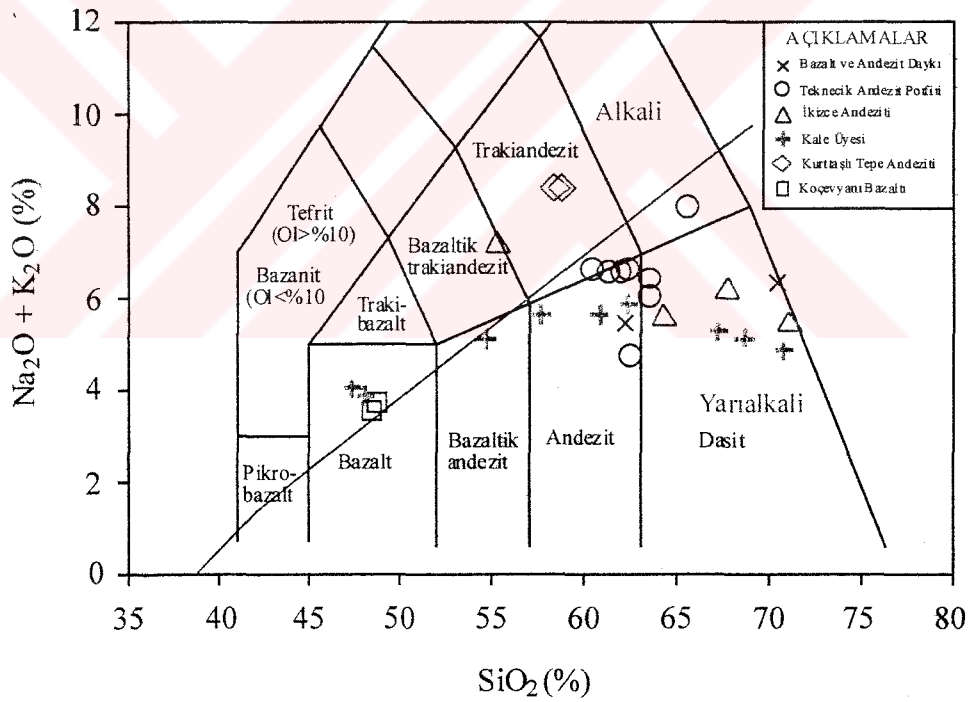
3.4.2. Volkanik Kayaçların Kimyasal Adlandırılması

Volkanik kayaçların kimyasal adlandırılması için bir çok araştırmacı tarafından değişik parametrelere bağlı olarak sınıflama diyagramları önerilmiştir. Bunlardan yararlanılarak incelenen volkanik kayaçların kimyasal sınıflandırması ve adlandırması yapılmıştır.

Le Maitre ve diğ. (1989)'nin SiO_2 'ye karşı Na_2O+K_2O (TAS) diyagramına göre Koçevyanı Bazaltı'na ait örneklerin bazalt, Kurttaşlı Tepe Andeziti'ne ait örneklerin trakiandezit, Kale Üyesi'ne ait breş çakıllarının bazalt, bazaltik andezit, andezit ve dasit, İkizce Andeziti'ne ait örneklerin dasit ve bazaltik trakiandezit, Teknecik Andezit Porfiri'ne ait örneklerin andezit, Bazalt ve Andezit Daykı'na ait örneklerin andezit ve dasit alanında yer aldıkları görülmektedir (Şekil 60). Bazı araştırmacılar, Na ve K'nın mobilitesinin özellikle alterasyon nedeniyle artabileceğini ve SiO_2 zenginleşmesi olabileceğini ortaya koyarak bu diyagramın uygulanması konusunda dikkatli olunması gerektiğini belirtmişlerdir (Hart ve diğ., 1974; Humphris ve diğ., 1978). Bu diyagramda bazı örneklerin dasit alanına düşmesi de bundan kaynaklanmaktadır. Kurttaşlı Tepe

Andeziti'nin camsı özellikte olması ve ayrışması bu kayaların traki andezit alanına düşmesine neden olmuştur.

Ayrıca yine bu diyagram üzerinde Irvine ve Baragar (1971)'in alkali-yarıalkali ayırımına göre; Koçevyanı Bazaltı'na ait örneklerin geçiş karakterli (toleyitik-alkalen sınırında) olduğu, Kurttaşlı Tepe Andeziti'ne ait örneklerin alkali, Kale Üyesi'ne ait bazaltik ve andezitik breşlerin çoğunluğunun yarıalkali birkaç tanesinin alkali, İkizce Andeziti'ne ait örneklerin genelde yarıalkali, Teknecik Andezit Porfiri ile Bazalt ve Andezit Daykı'na ait örneklerin yarıalkali karakterde olduğu görülmektedir (Şekil 60). Bazı kayaların alkalen alanda yer alması, biraz önce bahsedildiği gibi kayalardaki alkali (Na, K) zenginleşmesindedir. Diyagramda görüldüğü üzere andezitik kayalar yatay ve/veya yataya yakın bir yönseme göstermekte, yani toplam alkalilere ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) karşı SiO_2 içeriğinin daha fazla artması, kayaların gelişiminde kısmi ergimeden daha çok fraksiyonel kristallenmenin etkili olduğunu göstermektedir.

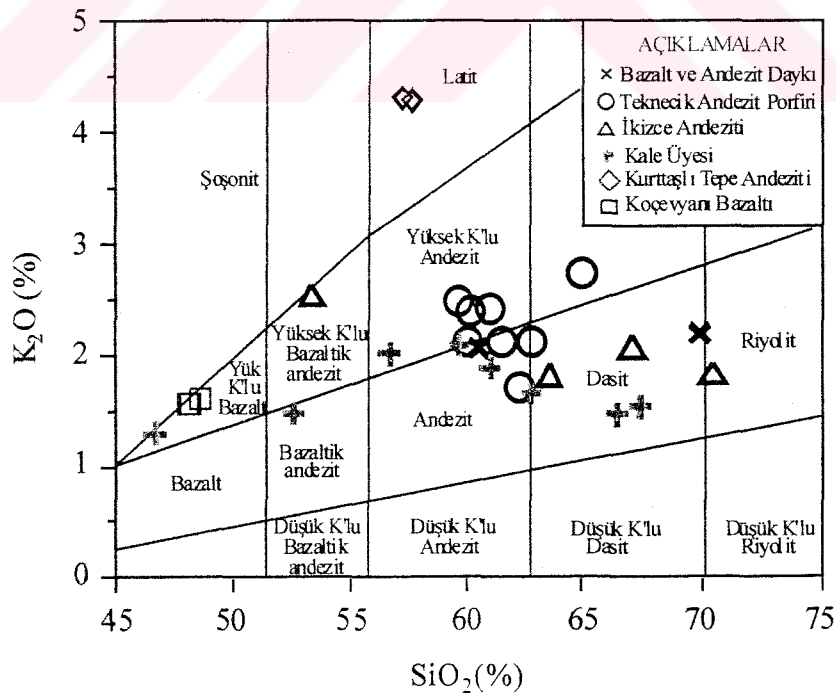


Şekil 60. İkizce (Ordu) yöresindeki volkanik kayaların SiO_2 'ye karşı $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ (TAS) diyagramı. Alkali-Yarıalkali eğrisi Irvine ve Baragar (1971)'e göre.

SiO_2 'ye karşı K_2O sınıflama diyagramında (Le Maitre ve diğ., 1989) Koçevyanı Bazaltı'na ait örnekler yüksek-K'lu bazalt, Kurttaşlı Tepe Andeziti'ne ait örnekler latit, Kale Üyesi'ne ait breş çakılları yüksek-K'lu bazalt ile orta-K'lu bazaltik andezit, andezit ve dasit, İkizce Andeziti'ne ait örnekler dasit ve yüksek K'lu bazaltik andezit, Teknecik

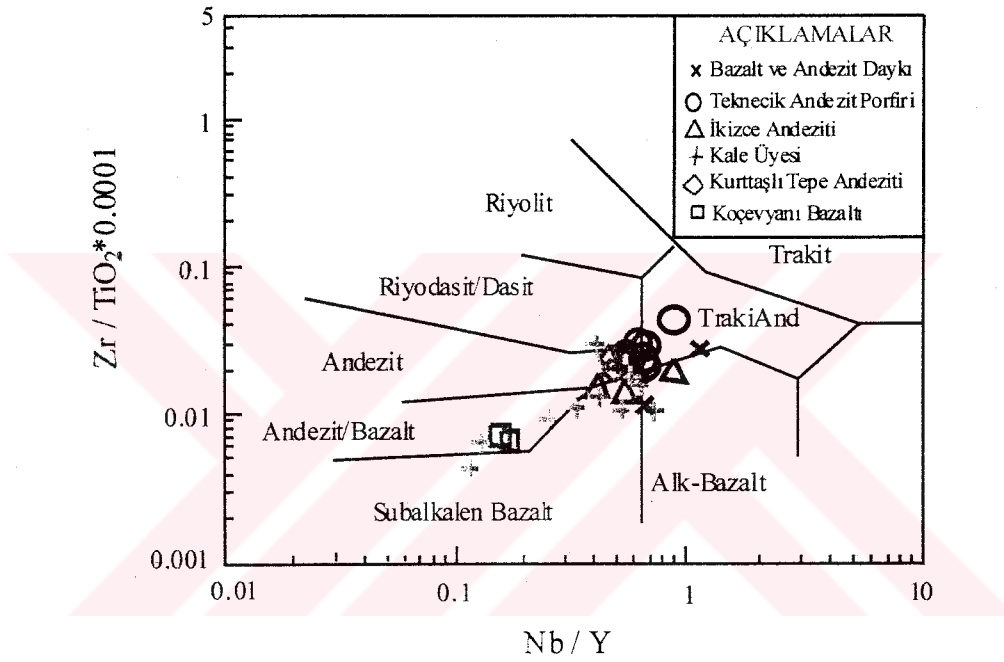
Andezit Porfiri'ne ait örneklerin yüksek-orta K'lu andezit, bazalt ve andezit dayk'na ait örnekler andezit ve dasit alanlarında yer almaktadır (Şekil 61).

İncelenen volkanik kayaların kimyasal analizlerini sağlıklı bir şekilde yorumlayabilmek için, kayaç içerisindeki ana ve iz element zenginleşmelerini iyi bilmek gerekir. Çünkü kayaçların maruz kaldığı alterasyon vb. gibi olaylar bazı element (özellikle ana element) hareketlenmelerine neden olmuş olabilir. Bu kayaçlarda gözlenen serisitleşme kuvvetli K, Rb ve Ba, kloritleşme ise orta derecede Mg zenginleşmeleri ile karakterize edilir (Hart ve diğ.,1974; Humhuris ve diğ., 1978). Bu nedenle alterasyon esnasında az hareketli olarak bilinen Zr, Y, Nb, Ti, Ga, Cr, Ni, P, Th ve nadir toprak elementleri jeokimyasal ve petrolojik amaçlı kullanılmaktadır (Pearce ve Cann.1973; Floy ve Winchester, 1975). Bununla beraber çalışmalar Th (Nood ve diğ., 1979) ve nadir toprak elementlerin de (Hellman ve diğ., 1979) belli şartlar altında hareketli olabileceklerini göstermiştir. Bu yoldan hareket ederek kayaçlardaki yer yer alterasyondan dolayı, özellikle de ana element hareketlenmeleri olması nedeniyle volkanik kayaçların kimyasal olarak sınıflandırması ve adlandırmasında yaygın olarak kullanılan SiO_2 'ye karşı toplam alkali ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) diyagramı (Le Maitre ve diğ., 1989) ile K_2O diyagramı (Le Maitre ve diğ., 1989) çok güvenilir sonuçlar vermemiştir. Bundan dolayı da daha az hareketli veya hareketsiz olarak bilinen iz elementler kullanılarak kayaç adlandırılmasına gidilmiştir.



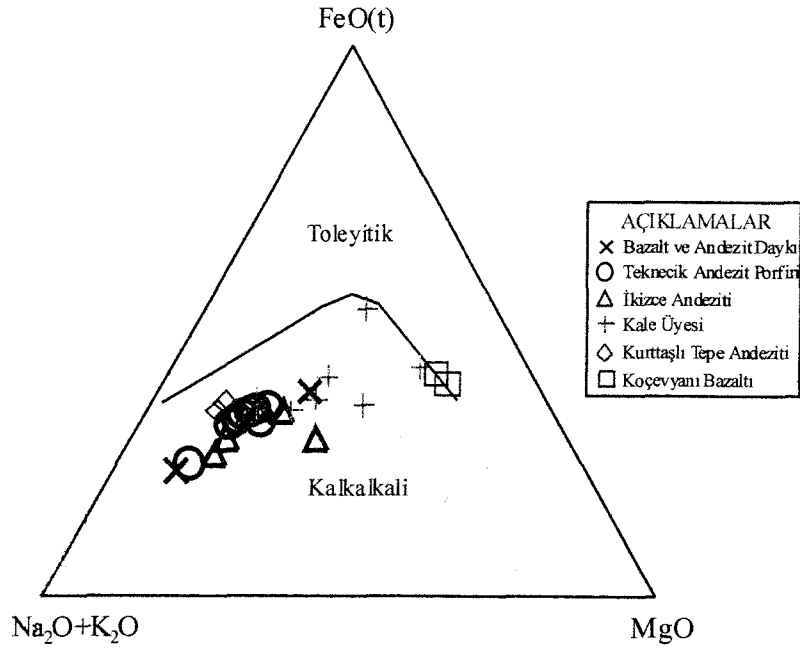
Şekil 61. İkizce (Ordu) yöresindeki volkanik kayaçların SiO_2 'ye karşı K_2O diyagramı (Le Maitre ve diğ., 1989).

Buna göre; Winchester ve Floyd (1976)'un Nb/Yb'ye karşı $Zr/TiO_2 * 0.0001$ kimyasal adlandırma diyagramında; Koçevyanı Bazaltı'na ait örnekler andezit/bazalt, Kurttaşlı Tepe Andeziti'ne ait örnekler andezit, Kale Üyesi'ne ait breş çakılları subalkalen bazalt, alkalen bazalt, andezit/bazalt ve andezit, İkizce Andeziti'ne ait örnekler andezit ve subalkalen bazalt, Teknecik Andezit Porfiri'ne ait örnekler andezit ve trakiandezit, bazalt ve andezit daykı'na ait örnekler alkalen bazalt ve trakiandezit alanlarına düştüğü gözlenmektedir (Şekil 62). Sonuç olarak, inceleme alanındaki andezitik kayaçların orta derece-K içeriğine, Koçevyanı Bazaltı'na ait kayaçların da yüksek-K içeriğine sahip olduğu söylenebilir.



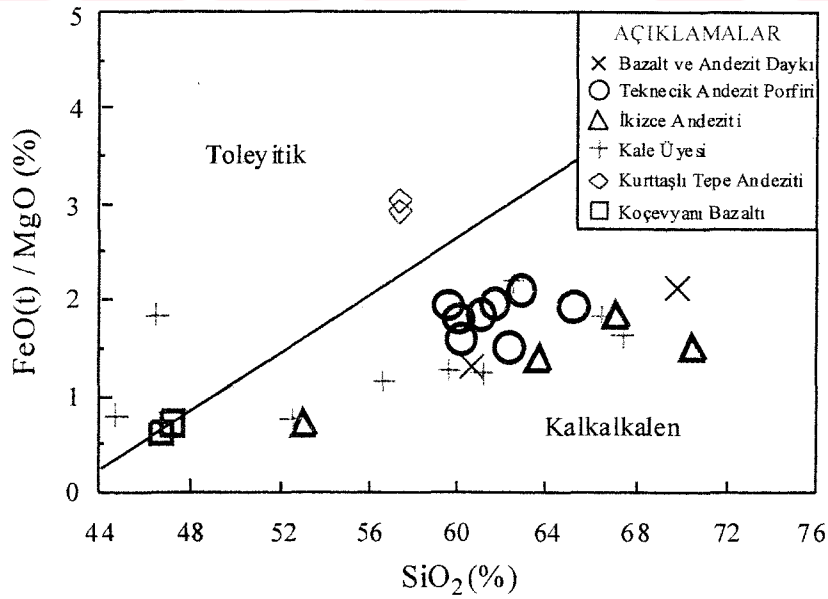
Şekil 62. İkizce (Ordu) yöresindeki volkanik kayaçların Nb/Yb karşı $Zr/TiO_2 * 0.0001$ diyagramı (Winchester ve Floyd, 1976).

SiO_2 ' karşı toplam alkali diyagramında da görüldüğü gibi incelenen volkanik kayaçlar genel olarak Sub-alkalen karakterlidir. Yarı alkalen karaktere sahip volkanik kayaçların afinitelerini belirlemek için Irvine ve Baragar (1971)'in AFM (Na_2O+K_2O , FeO(t), MgO) üçgen diyagramı kullanılmıştır. Koçevyanı Bazaltı'na ait örnekler ile Kale Üyesi'ne ait breşin bazaltik çakılları geçiş karakterli (kalkalkali-toleyitik sınırında), Kurttaşlı Tepe Andeziti, İkizce Andeziti, Teknecik Andezit Porfiri, bazalt ve andezit daykı ile Kale Üyesi'ne ait breşin andezit örneklerinin ise kalkalkali karakterli olduğu görülmektedir (Şekil 63).



Şekil 63.İfızce (Ordu) yöresindeki volkanik kayaların AFM (Na₂O+K₂O, FeO(t), MgO) diyagramı. Toleyitik - Kalkalkali ayırım eğrisi Irvine ve Baragar (1971)'e g6redir.

Ayrıca Miyashiro (1974)'nın SiO₂'ye karşı FeO(t) / MgO diyagramında ise Koçevyanı Bazaltı'na ait örnekler geçiş (kalkalkali-toleyitik) sınırında, Kurttaşı Tepe Andeziti'ne ait örnekler toleyitik, Kale Üyesi'ne ait breş çakılları ile İfızce Andeziti, Tekneçik Andezit Porfiri ve bazalt ve andezit daykı'na ait örnekler kalkalkalen alana düşmektedir (Şekil 64).



Şekil 64.İfızce (Ordu) yöresindeki volkanik kayaların SiO₂'ye karşı FeO(t) / MgO diyagramı. Toleyitik-Kalkalkali ayırım eğrisi Miyashiro (1974)'ya g6redir.

3.4.3. Ana ve İz Elementler

İncelenen volkanitlerin tüm kayaç ana, iz ve nadir toprak element içerikleri ve CIPW normatif mineralojisi Tablo 24 ve 25'te verilmiştir.

Koçevyanı Bazaltı'na ait örneklerin SiO₂ içeriği diğer volkanik kayaçlardakilere göre daha düşük olup, % 46.91-47.38 arasında değişmektedir. Bu örneklerin MgO, CaO, Fe₂O₃* ve MnO içerikleri diğer volkanik kayaçlara göre çok daha yüksek iken, Al₂O₃ ve Na₂O içerikleri daha düşüktür. MgO içeriği % 10.61-11.67 (Mg-numarası, 49-52), CaO içeriği % 10.7-11.15, Fe₂O₃* içeriği % 10.83-10.88 arasında değişmektedir. İz elementlere bakıldığında, diğer volkanik kayaçlara göre çok yüksek Cu, Zn, Ni, Cr ve Co içeriğine, daha düşük Ba, Rb, Sr, Nb, K, Th ve Ta içeriğine sahiptir (Tablo 24). Bu kayaçların yüksek MgO, Fe₂O₃*, Ni, Cr, Co, Cu, Ba ve Zn içeriğine sahip olması, diğer volkanik kayaçlara göre bileşiminin ilksel magma bileşimine daha yakın olduğunu ve magmatik olaylarla (kısmi ergime, magma karışımı, fraksiyonel kristallenme, asimilasyon v.b.) daha az diferansiasyona uğradığını göstermektedir.

Kurttaşlı Tepe Andeziti'ne ait örneklerin SiO₂ içeriği % 46.91-47.38 arasında değişmektedir. Bunların K₂O, TiO₂ ve P₂O₅ içerikleri diğer volkanik kayaçlara göre daha yüksek iken, CaO içeriği daha düşüktür. Bu örneklerin K₂O içeriği yaklaşık % 4.31 olup, MgO içeriği % 1.67-1.9 (Mg-numarası, 23-24), CaO içeriği % 4.74-4.88, TiO₂ içeriği % 0.91-0.92 arasında değişirken, P₂O₅ içeriği ise yaklaşık % 0.53'tür. İz elementlerden Zn, Rb, Zr, Nb, Y, Cs, Ta ve Th içeriği diğer volkanik kayaçlara göre daha yüksek iken, Sr içeriği düşüktür (Tablo 24).

Kale Üyesi'ndeki breşlere ait andezit ve bazalt örneklerinin SiO₂ içeriği % 44.7-67.4 arasında değişmektedir. Örneklerin MgO, CaO, Fe₂O₃* ve TiO₂ içerikleri diğer andezitik bileşimli volkanik kayaçlara göre daha yüksektir. MgO içeriği % 1.68-9.36 (Mg-numarası, 30-48), CaO içeriği % 3.29-13.49, Fe₂O₃* içeriği % 3.48-10.73, TiO₂ içeriği % 0.41-0.99 arasında değişmektedir. İz elementlerden ise Zn, Cu, Ba içerikleri diğer andezitik bileşimli kayaçlara göre yüksek iken; Zr, Th, Ta, Ni, Cr, Sr içerikleri düşüktür. Sadece K4 ve K14 nolu bazaltik örneklerin kimyasal analiz sonuçları, Koçevyanı Bazaltı'na ait kimyasal analiz sonuçlarıyla büyük ölçüde benzerlik göstermektedir (Tablo 24).

İkizce Andeziti'ne ait örneklerin SiO₂ içeriği diğer andezitik bileşimli volkanik kayaçlara göre daha yüksek olup, % 52.97-70.50 arasında değişmektedir. Bu örneklerin Al₂O₃ içeriği diğer andezitik bileşimli volkanik kayaçlara göre daha yüksek iken, MgO, CaO, Fe₂O₃* ve MnO içerikleri daha düşüktür. Al₂O₃ içeriği % 13.99-17.36, MgO içeriği

Tablo 24. İkizce (Ordu) yöresi volkanik kayaçlarının ana (% ağı.) ve iz (ppm) element analizleri ve CIPW normatif mineralojik bileşimleri (% ağı.).

Örnek	Teknecik Andezit Porfiri							
	5b	6c	8	14	17A	19A	20A	B15
SiO ₂	62.91	61.64	62.3	60.00	60.00	65.30	61.00	59.6.0
TiO ₂	0.48	0.54	0.53	0.61	0.50	0.44	0.60	0.49
Al ₂ O ₃	17.15	16.89	16.30	16.90	17.00	16.70	17.00	16.50
Fe ₂ O ₃ *	4.47	4.88	4.41	5.28	5.10	3.37	5.00	4.43
MnO	0.11	0.10	0.10	0.13	0.20	0.09	0.10	0.21
MgO	1.82	2.10	2.38	2.45	2.60	1.47	2.30	1.93
CaO	5.12	5.17	5.46	6.37	5.80	3.54	5.10	5.30
Na ₂ O	4.24	4.55	4.27	4.57	4.10	5.07	4.20	3.96
K ₂ O	2.12	2.12	1.70	2.11	2.40	2.87	2.40	2.45
P ₂ O ₅	0.21	0.24	0.21	0.36	0.30	0.20	0.30	0.29
LOI	1.00	1.30	2.00	0.80	1.80	0.50	1.60	4.50
Toplam	99.63	99.53	99.66	99.58	99.80	99.55	99.60	99.66
Zr	120	132	117	131	126	190	124	141
Y	12.0	13.9	11.9	14.8	12.8	11.5	13.5	12.7
Sr	1171	1383	1380	1601	1343	1313	1202	1299
U	2.60	3.10	2.70	2.70	3.00	6.10	2.70	3.30
Rb	49.0	53.2	34.7	47.5	48.6	68.8	56.2	50.8
Th	9.10	10.6	10.8	11.9	11.9	16.2	10.8	11.8
Ta	0.50	0.60	0.60	0.60	0.40	0.70	0.50	0.70
Zn	34.0	23.0	20.0	27.0	39.0	27.0	26.0	135
Cu	12.0	13.0	18.0	37.0	14.0	6.0	15.0	2.0
Ni	1.00	2.00	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Co	8.40	12.00	10.90	10.30	11.30	7.10	12.80	9.70
Cr	160	160	120	170	150	130	140	140
Ba	1115	1182	1161	1231	1048	1546	1162	1268
Nb	7.80	9.90	8.40	9.70	7.30	11.20	7.50	8.40
Q	15.94	12.75	16.10	9.15	11.03	14.85	12.63	13.26
Or	12.75	12.81	10.32	12.68	14.25	17.17	14.58	15.25
Ab	36.44	39.28	37.05	39.24	35.87	43.34	36.13	35.22
An	21.82	19.78	20.68	19.58	20.31	14.54	21.32	21.13
Di	2.29	4.12	4.79	8.53	6.42	1.67	2.34	3.94
Hy	7.77	7.95	7.93	6.98	8.68	5.95	9.51	7.87
Mt	1.59	1.75	1.61	1.87	1.86	1.19	1.81	1.69
İlm	0.93	1.05	1.03	1.18	0.99	0.85	1.09	0.98
Ap	0.47	0.54	0.47	0.80	0.58	0.44	0.58	0.67
Mg #	29.12	30.25	35.18	32.29	34.45	30.56	31.41	30.17

Fe₂O₃*, Fe₂O₃ cinsinden toplam demir. LOI (loss on ignition=ateşte kayıp), Toplam uçucu içeriği.

Mg # =100 x Mg / (Mg + Fe⁺³ + Fe⁺²), CIPW hesaplamalarında Fe₂O₃ / FeO oranı Le Maitre ve diğ. (1989)'ne göre alınmıştır.

Tablo 24'ün devamı:

Örnek	Kale Üyesi								
	Andezitik Breş Çakılları			Bazaltik Breş Çakılları			Tüf		
	6	8A	B6	B18	K4	K5	K14	K28	K29
SiO ₂	52.57	56.71	67.40	61.09	46.70	59.74	44.70	62.50	66.44
TiO ₂	0.84	0.89	0.48	0.68	0.99	0.82	0.63	0.49	0.41
Al ₂ O ₃	15.40	16.14	14.40	15.70	19.25	14.66	11.61	15.31	13.57
Fe ₂ O ₃ *	6.39	5.95	3.48	5.11	10.73	6.20	10.58	4.15	3.63
MnO	0.11	0.08	0.04	0.06	0.24	0.09	0.16	0.06	0.05
MgO	5.80	3.96	1.70	3.24	4.94	3.81	9.36	1.74	1.68
CaO	9.17	8.47	5.18	5.73	10.16	7.09	13.49	3.38	3.29
Na ₂ O	3.46	3.53	3.53	3.90	2.50	3.46	1.56	3.19	3.13
K ₂ O	1.47	2.01	1.53	1.88	1.29	2.09	2.26	1.72	1.46
P ₂ O ₅	0.47	0.45	0.13	0.21	0.26	0.32	0.30	0.15	0.13
LOI	3.80	1.50	1.80	2.10	2.90	1.70	5.50	7.00	6.00
Toplam	99.48	99.69	99.67	99.70	99.96	99.98	100.15	99.69	99.79
Zr	107	83.60	90.60	77.10	41.50	96.50	39.80	84.90	126
Y	13.40	14.80	9.30	9.70	20.20	13.80	12.70	11.50	16.80
Sr	1607	1387	1231	1345	621	1213	715	1128	968
U	2.30	1.40	2.30	1.70	0.40	2.30	0.80	2.00	1.70
Rb	44.90	31.50	38.70	50.10	22.60	50.50	39.90	35.40	37.90
Th	7.60	6.10	4.20	3.70	1.90	6.60	2.60	9.20	10.00
Ta	0.30	0.30	1.00	0.20	0.20	0.80	0.20	0.50	0.50
Zn	32.00	37.00	26.00	24.00	83.00	38.00	66.00	30.00	36.00
Cu	71.00	23.00	44.00	15.00	94.00	6.00	90.00	15.00	16.00
Ni	9.00	4.00	9.00	3.00	4.00	8.00	93.00	5.00	6.00
Co	24.00	16.80	14.60	20.30	27.30	18.20	49.60	9.20	5.50
Cr	320	130	170	130	< 10.00	10.00	580	30.00	20.00
Ba	1103	791	1297	679	463	703	770	1732	1301
Nb	5.60	3.80	5.30	3.30	2.30	9.90	1.70	6.90	6.80
Q	1.57	7.13	28.32	14.60	0.00	12.56	0.00	28.16	33.97
Or	9.11	12.15	9.27	11.43	7.90	12.63	14.16	10.98	9.21
Ab	30.65	30.50	30.55	33.87	21.89	29.87	1.01	29.10	28.22
An	23.17	22.71	19.35	20.29	38.78	18.65	22.03	17.16	16.61
C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.55	1.20
Di	17.40	14.22	5.07	6.22	9.77	12.49	42.40	0.00	0.00
Hy	12.94	8.40	4.96	9.93	4.97	9.27	0.00	9.02	8.23
Ol	0.00	0.00	0.00	0.00	10.17	0.00	14.31	0.00	0.00
Mt	2.42	2.15	1.26	1.86	3.98	2.22	4.12	1.67	1.42
İlm	1.67	1.73	0.93	1.33	1.95	1.59	1.27	1.00	0.83
Ap	1.08	1.00	0.93	0.47	0.59	0.71	0.69	0.35	0.30
Mg #	48.25	40.42	33.21	39.18	32.16	38.75	47.59	30.64	32.46

Fe₂O₃* , Fe₂O₃ cinsinden toplam demir. LOI (loss on ignition=ateşte kayıp), Toplam uçucu içeriği.

Mg # =100 x Mg / (Mg + Fe⁻³ + Fe⁻²), CIPW hesaplamalarında Fe₂O₃ / FeO oranı Le Maitre ve diğ. (1989)'ne göre alınmıştır.

Tablo 24'ün devamı:

Örnek	And. ve Baz. Daykı		Koçevyanı Bazaltı		Kurttaşlı Tepe And.		İkizce Andeziti			
	K18	K23	31A	B1	K1	K2	13	22A	24	27
SiO ₂	69.84	60.56	46.91	47.38	57.29	57.38	67.07	63.65	70.5	52.97
TiO ₂	0.28	0.79	0.68	0.69	0.91	0.92	0.41	0.63	0.32	0.81
Al ₂ O ₃	14.99	14.12	11.84	12.05	17.53	17.86	15.18	15.22	13.99	17.36
Fe ₂ O ₃ *	2.44	5.89	10.83	10.88	6.19	5.66	3.61	4.74	2.72	5.32
MnO	0.04	0.08	0.18	0.18	0.13	0.11	0.06	0.09	0.04	0.10
MgO	0.98	3.53	11.67	10.61	1.90	1.67	1.69	2.78	1.49	5.07
CaO	3.79	6.49	10.70	11.15	4.74	4.88	4.42	5.69	4.13	7.00
Na ₂ O	4.13	3.24	1.60	1.77	3.87	3.92	4.05	3.68	3.55	4.19
K ₂ O	2.19	2.07	1.89	1.84	4.31	4.31	2.07	1.82	1.87	2.65
P ₂ O ₅	0.10	0.33	0.31	0.32	0.53	0.53	0.17	0.27	0.10	0.42
LOI	1.10	2.70	3.10	2.80	1.90	2.40	1.00	1.00	1.00	3.70
Toplam	99.88	99.80	99.71	99.67	99.30	99.64	99.73	99.57	99.71	99.59
Zr	80.90	93.80	43.60	44.40	240	237	92.20	91.40	70.70	111
Y	6.50	14.00	13.00	13.00	34.00	33.00	9.00	11.00	6.60	14.00
Sr	1008	1156	764	827	522	520	1069	1168	909	1074
U	3.10	2.50	0.90	0.80	6.30	5.70	2.90	1.60	2.50	3.10
Rb	64.30	46.00	28.90	32.60	135	131	48.80	27.70	45.60	47.00
Th	5.40	6.60	2.40	2.30	2.40	2.30	6.60	5.20	4.00	12.00
Ta	0.60	0.70	0.10	0.10	1.30	1.30	0.40	0.30	0.50	0.40
Zn	15.00	36.00	61.00	64.00	54.00	90.00	15.00	28.00	18.00	38.00
Cu	5.00	39.00	144	143	14.00	23.00	6.00	24.00	10.00	67.00
Ni	2.00	9.00	106	117	3.00	4.00	3.00	4.00	3.00	3.00
Co	4.70	17.00	55.00	55.00	11.00	10.00	8.20	15.00	7.60	16.00
Cr	< 10.00	20.00	760	790	< 10.00	< 10.00	170	250	130	150
Ba	1139	683	562	576	850	858	990	878	1148	960
Nb	7.60	9.40	2.10	2.20	17.00	17.00	5.80	4.70	6.10	7.40
Q	28.02	15.67	0.00	0.00	4.93	5.05	23.74	19.59	31.95	0.00
Or	13.13	12.66	11.63	11.30	26.27	26.30	12.43	10.96	11.23	16.38
Ab	35.39	28.30	14.07	15.53	33.71	34.18	34.75	31.65	30.45	37.02
An	16.08	18.43	20.30	20.21	18.22	18.93	17.35	19.95	16.93	21.63
Di	1.97	10.53	26.55	28.41	2.34	2.37	3.20	5.84	2.68	9.72
Hy	3.76	10.74	1.53	0.67	9.31	8.10	6.07	8.50	4.96	3.51
Ol	0.00	0.00	19.84	17.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.18
Mt	0.87	1.38	4.04	4.03	2.26	2.08	1.28	1.70	0.97	2.00
İlm	0.54	1.55	1.34	1.36	1.78	1.80	0.79	1.22	0.62	1.61
Ap	0.22	0.74	0.70	0.73	1.19	1.19	0.38	0.60	0.22	0.96
Mg #	29.25	37.47	52.89	49.78	23.56	23.68	32.12	37.17	36.41	49.74

Fe₂O₃* , Fe₂O₃ cinsinden toplam demir. LOI (loss on ignition=ateşte kayıp), Toplam uçucu içeriği.

Mg # = 100 x Mg / (Mg + Fe⁺³ + Fe⁺²), CIPW hesaplamalarında Fe₂O₃ / FeO oranı Le Maitre ve diğ. (1989)'ne göre alınmıştır.

Tablo 25: İkizce yöresi volkanik kayaların nadir toprak element (ppm) analizleri

Örnek	Kale Üyesi								Tüf
	Andezitik Breş Çakılları				Bazaltik Breş Çakılları				
	6	8A	B6	B18	K4	K5	K14	K28	
La	32.50	25.00	14.60	15.30	11.00	26.50	11.90	24.20	29.50
Ce	67.90	53.50	29.20	31.60	22.70	54.10	23.60	42.00	47.90
Pr	7.41	6.11	3.20	3.81	3.10	6.23	3.06	4.83	5.51
Nd	31.90	26.60	14.00	17.00	13.90	24.20	14.00	18.70	19.40
Sm	5.00	5.10	2.70	3.50	4.10	4.50	3.20	3.30	2.80
Eu	1.55	1.49	0.83	1.06	1.25	1.24	1.03	0.91	0.87
Gd	3.84	3.85	2.38	2.72	3.86	3.07	3.09	2.40	2.55
Tb	0.49	0.47	0.29	0.36	0.60	0.47	0.42	0.37	0.35
Dy	2.66	2.68	1.56	1.86	3.78	2.87	2.72	1.98	2.38
Ho	0.55	0.58	0.32	0.39	0.68	0.49	0.45	0.36	0.49
Er	1.38	1.54	0.89	1.07	2.25	1.46	1.35	1.18	1.49
Tm	0.16	0.20	0.10	0.12	0.28	0.20	0.17	0.17	0.21
Yb	1.19	1.40	0.86	0.90	1.71	1.23	1.16	1.11	1.58
Lu	0.16	0.19	0.13	0.13	0.32	0.20	0.19	0.15	0.28

Örnek	Tekneçik Andezit Porfiri							
	5b	6c	8	14	17A	19A	20A	B15
La	28.10	34.40	36.40	41.90	36.50	40.70	34.40	37.10
Ce	52.70	65.00	65.60	77.40	70.70	74.30	63.80	68.60
Pr	5.30	6.59	6.53	8.02	7.10	7.20	6.49	7.09
Nd	19.80	24.80	24.20	31.30	28.30	27.10	25.10	26.90
Sm	3.20	4.10	3.80	4.90	4.20	4.00	4.10	4.40
Eu	0.94	1.14	1.10	1.27	1.26	0.97	1.16	1.13
Gd	2.31	2.97	2.68	3.43	3.04	2.74	2.94	3.22
Tb	0.34	0.38	0.36	0.44	0.39	0.32	0.43	0.40
Dy	2.04	2.22	2.14	2.55	2.29	1.90	2.45	2.24
Ho	0.42	0.50	0.45	0.53	0.46	0.39	0.48	0.47
Er	1.20	1.45	1.23	1.46	1.37	1.17	1.43	1.36
Tm	0.18	0.19	0.17	0.19	0.18	0.17	0.19	0.18
Yb	1.23	1.41	1.19	1.33	1.40	1.24	1.36	1.36
Lu	0.19	0.21	0.18	0.20	0.20	0.19	0.22	0.23

Örnek	Baz. ve And. Daykı		Kurttaşlı Tepe Baz.		Koçevyanı Bazaltı		İkizce Andeziti			
	K18	K23	K1	K2	31A	B1	13	22A	24	27
La	16.50	25.00	45.20	44.10	12.40	12.00	21.70	19.80	12.00	43.40
Ce	29.60	51.90	93.90	92.10	26.00	26.00	40.70	37.60	22.50	85.00
Pr	3.08	6.09	10.93	10.71	3.26	3.20	4.20	4.58	2.48	8.79
Nd	11.60	23.70	42.80	42.00	15.40	16.00	15.90	18.80	9.80	34.70
Sm	1.80	4.50	8.50	8.80	3.80	3.70	2.60	3.60	1.90	5.60
Eu	0.58	1.24	1.72	2.08	1.10	1.10	0.77	1.08	0.52	1.57
Gd	1.40	3.69	6.99	6.63	3.33	3.30	1.96	2.90	1.50	4.00
Tb	0.23	0.55	1.12	1.08	0.45	0.40	0.27	0.38	0.21	0.49
Dy	1.20	2.75	6.43	6.48	2.37	2.50	1.46	2.08	1.16	2.68
Ho	0.24	0.53	1.16	1.20	0.49	0.50	0.33	0.39	0.23	0.50
Er	0.69	1.56	3.80	3.53	1.39	1.30	0.97	1.14	0.68	1.52
Tm	0.07	0.20	0.51	0.47	0.20	0.20	0.14	0.15	0.09	0.19
Yb	0.53	1.17	3.57	3.22	1.27	1.30	0.94	0.96	0.69	1.27
Lu	0.12	0.23	0.52	0.55	0.19	0.20	0.16	0.14	0.11	0.19

% 1.49-5.07 (Mg-numarası, 31-48), CaO içeriği % 4.13-7.00, Fe₂O₃* içeriği % 2.72-5.32, MnO içeriği % 0.04-0.10 arasında değişmektedir. İz elementlere bakıldığında, Cu, Zn, Ni, Cr, Co, Zr ve Hf içerikleri diğer andezitik bileşimli volkanik kayalara göre daha düşüktür (Tablo 24). Düşük MgO, Fe₂O₃*, Cu, Zn, Ni, Cr, Co, Zr içeriği, bu kayaların oluşumunda diferansiyasyon etkili olduğunu göstermektedir.

Teknecik Andezit Porfiri'ne ait örneklerin SiO₂ içeriği, % 59.56-65.34 arasında değişmektedir. Bu örneklerin Al₂O₃, MnO ve P₂O₅ içerikleri diğer andezitik bileşimli volkanik kayalara göre daha yüksek iken, MgO ve Fe₂O₃* içerikleri daha düşüktür. Al₂O₃ içeriği % 16.26-17.15, MnO içeriği % 0.11-0.21, P₂O₅ içeriği % 0.20-0.36, MgO içeriği % 1.47-5.28 (Mg-numarası, 29-35), Fe₂O₃* içeriği % 3.37-5.28 arasında değişmektedir. İz elementlerden Ba, Sr, Rb, Zr, Th, Nb içerikleri diğer andezit bileşimli volkanik kayalara göre daha yüksek iken, Co, Ni, Zn ve Cu içerikleri daha düşüktür (Tablo 24). Bu kayaların düşük MgO, Fe₂O₃*, Ni, Cr, Cu, Co ve Zn içeriğine sahip olması; bileşimlerinin ilksel magma bileşiminden oldukça farklı olduğunu ve magmatik olaylarla (magma karışımı, fraksiyonel kristallenme, asimilasyon v.b.) değiştirildiğini göstermektedir.

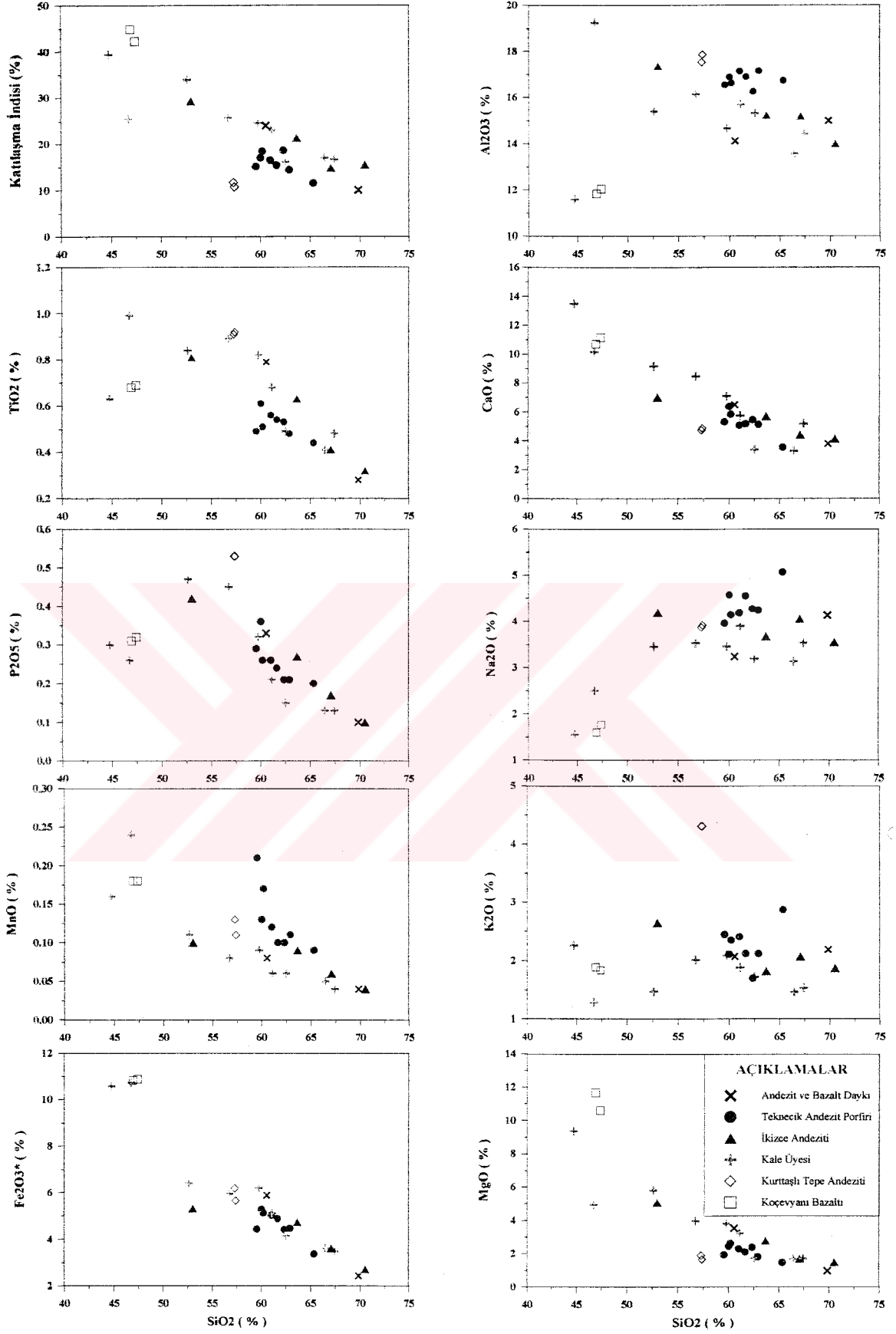
Andezit Daykırı'na ait örneğin SiO₂ içeriği % 69.84, Bazalt Daykırı'na ait örneğin SiO₂ içeriği ise daha düşük olup, % 60.56 dır. Bazalt Daykırı'na ait örneğin MgO, Fe₂O₃*, TiO₂, P₂O₅, MnO ve CaO içerikleri Andezit Daykırı'na oranla daha yüksek, buna karşın Na₂O, Al₂O₃ ve K₂O içerikleri daha düşüktür. Bazalt Daykırı'na ait örneğin MgO içeriği % 3.53 (Mg-numarası, 37), Fe₂O₃* içeriği % 5.89, TiO₂ içeriği % 0.79 dur. Andezit Daykırı'na ait örneğin MgO içeriği % 0.98 (Mg-numarası, 40), Fe₂O₃* içeriği % 2.44, Na₂O içeriği % 4.13, K₂O içeriği % 2.19, Al₂O₃ içeriği de % 14.99'dur. İz elementlere bakıldığında, Bazalt Daykırı'na ait örneğin Sr, Zr, Y, Nb, Hf, Ta, Th, V içerikleri Andezit Daykırı'na oranla daha yüksek iken; Ba, Rb, Co, Cs içerikleri daha düşüktür (Tablo 24).

Genel olarak incelenen volkanitlerin ana ve iz elementlerindeki değişimler kayaların içerisinde gözlenen fenokristal fazlarının fraksiyonlaşmasıyla ilişkilidir. Harker diyagramlarında ana ve iz elementlerin büyük bir çoğunluğu SiO₂ ile çok iyi korelasyon göstermektedir (Şekil 65 ve 66). SiO₂ artışıyla birlikte Fe₂O₃*, MgO, CaO, MnO, Cr ve Co içerikleri azalarak negatif bir korelasyon göstermektedir. Bazı ana ve iz element değişim diyagramlarında, Koçevyanı Bazaltı ve Kale Üyesi'ndeki breşin bazaltik çakıllarına ait iki örnek (K4 ve K14), diğer andezitik bileşimli kayalara göre yer yer farklı yönsemeler göstermektedir. Buna göre; bazaltik bileşimli kayalarda, SiO₂ artışıyla Al₂O₃, P₂O₅, TiO₂, Sr, Zr, Th ve Hf içerikleri artarak pozitif korelasyon, andezitik bileşimli kayalarda ise

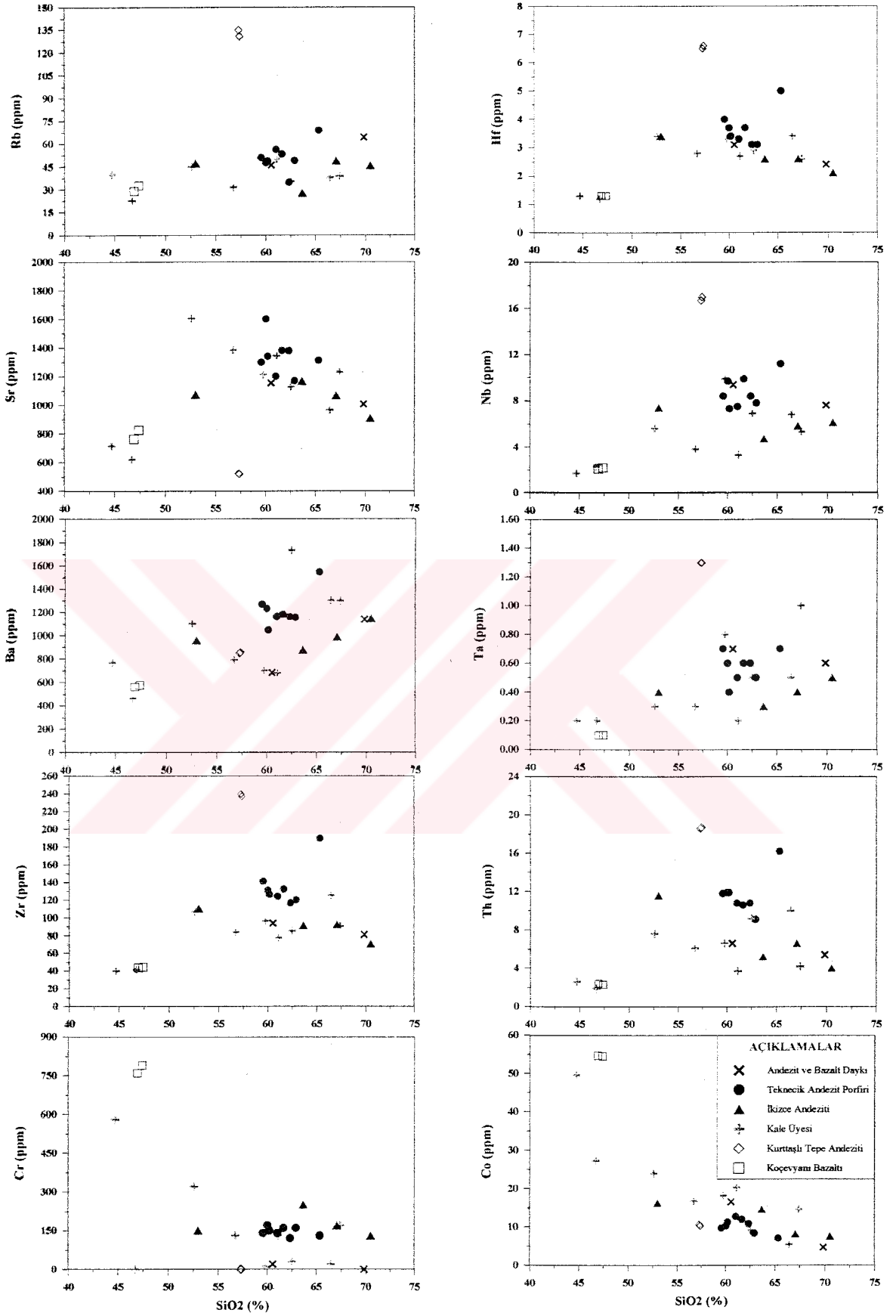
SiO₂ artışıyla Al₂O₃, P₂O₅, TiO₂, Sr, Zr, Th ve Hf içerikleri azalarak negatif bir korelasyon gözlenmektedir. SiO₂'nin artmasına karşı Al₂O₃, P₂O₅, MnO, Sr, Zr, Hf ve Th içeriklerinde önce artma daha sonra da bir azalma söz konusudur. Pozitif korelasyon, bu elementlerin muhtemelen kontaminasyon ±magma karışımı nedeniyle zenginleştiklerini göstermektedir. Negatif korelasyon ise fraksiyonel kristallenme ile açıklanmaktadır. SiO₂'ye karşı K₂O, Na₂O, Ba, Rb, Nb ve Ta ilişkileri nispeten düzensiz olmakla beraber, pozitif eğilimlidir. Gözlenen düzensiz dağılım kısmen alterasyondan (özellikle alkalilerde) kaynaklanabilir. Ancak iz elementle birlikte kontaminasyon±magma karışımıyla da ilişkilendirilebilir. Genel olarak incelenen volkanik kayaların silis içeriği arttıkça, uyumsuz element içeriklerinin artması (Ba, Sr) ve uyumlu element içeriklerinin azalması fraksiyonel kristalleşmeyle açıklanmaktadır. Bu özellik de kayaların bir ana magmadan fraksiyonel kristalleşmeyle türemiş olabileceklerini, ancak bunun kayaların gelişiminde ana magmatik olay olmadığını ve diğer magmatik olayların (magma karışımı, kabuk kontaminasyonu v.b.) da rol oynadığına işaret etmektedir.

Ana ve iz element değişim diyagramları incelendiğinde, element değişimindeki düzgün yönsemeler fraksiyonlaşmayla, düzensiz yönsemeler de alterasyon ve/veya magma karışımı±asimilasyonla açıklanmaktadır. SiO₂ artışıyla MgO, CaO, Al₂O₃ ve Cr azalması önemli ölçüde klinopiroksen ve plajiyoklas fraksiyonlaşmasını 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 ve diğ.,1978; Baker ve Eggler, 1983). SiO₂ artışına karşın Al₂O₃ azalması, volkanik kayaların gelişiminde hornblend fraksiyonlaşmasının da etkili olabileceğini göstermektedir. Üstelik, hornblendlerin kalk-alkalin karakterli volkanik kayaların gelişiminde önemli bir fraksiyonlaşma fazı olduğu da bilinmektedir (Cawthorn ve O'Hara, 1976). SiO₂ artışıyla Fe₂O₃* ve TiO₂ azalması magnetit fraksiyonlaşmasını ifade etmektedir. SiO₂'ye karşı P₂O₅ değişim diyagramında gözlenen pozitif korelasyon apatit zenginleşmesini, negatif korelasyon ise apatit fraksiyonlaşmasını yansıtmaktadır.

Sonuç olarak; ana ve iz element değişim diyagramlarında gözlenen iyi derecedeki korelasyonlar, volkanik kayaların gelişiminde fraksiyonel kristalleşmenin etkili olduğunu ve klinopiroksen, hornblend, plajiyoklas, magnetit ve apatit fraksiyonlaşmasının önemli ölçüde rol oynadığını göstermektedir.



Şekil 65. İkizce (Ordu) yöresindeki volkanik kayaların SiO₂'ye karşı ana element değişim diyagramları

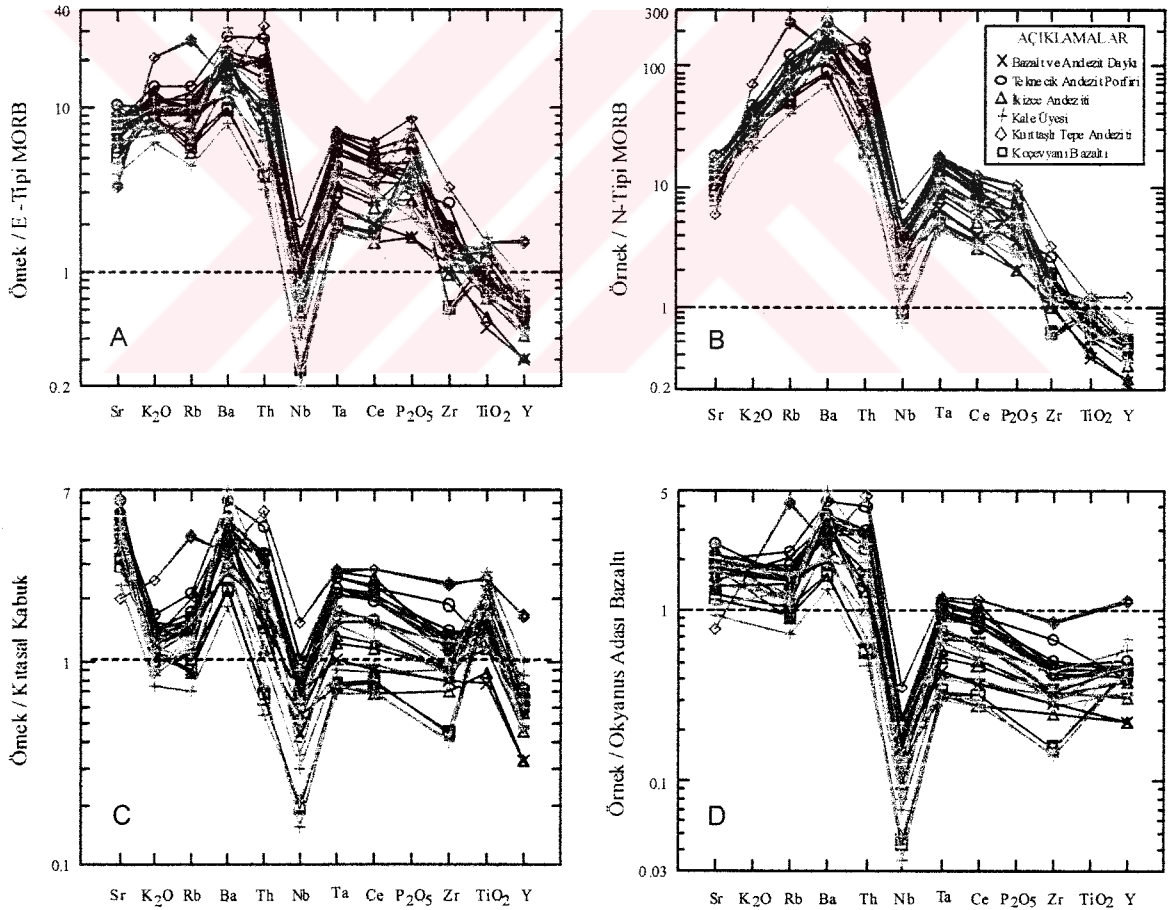


Şekil 66. İkizce (Ordu) yöresindeki volkanik kayaların SiO₂'ye karşı iz element değişim diyagramları

3.4.4. Uyumsuz Elementler

İncelenen kayaların zenginleşmiş okyanus ortası sırtı bazaltına (E-Tipi MORB), tüketilmiş okyanus ortası sırtı bazaltına (N-Tipi MORB), kıtasal kabuğa ve okyanus adası bazaltına (OIB) göre normalize edilmiş iz element dağılımları çizilerek ana magmaları belirlenmeye çalışılmıştır (Şekil 67A, B, C, D).

İz element dağılım diyagramlarına bakıldığında; kayaların tümü genel olarak büyük iyon yarıçaplı litofil element (Sr, K₂O, Rb ve Ba) konsantrasyonları bakımından zenginleşme, Nb, Zr, TiO₂ ve Y içerikleri bakımından fakirleşme söz konusudur. Bunun için dağılımlar, kayaların E-Tipi MORB'a göre normalize edilmiş iz element dağılımlarına daha çok benzerlik göstermektedirler (Şekil 67A). Koçevyanı Bazaltı ve andezitik kayaların tümünün iz element dağılımlarının birbirine benzerlik sunması, bunların benzer kökenden türediklerini ve daha sonra da farklı derecelerde magmatik olaylardan etkilenerek geliştiklerini göstermektedir.



Şekil 67. İkizce (Ordu) volkanik kayalarının; A) E-Tipi MORB, B) N-Tipi MORB, C) Kıtasal Kabuk ve D) Okyanus Adası Bazaltı'na göre normalize edilmiş iz element dağılımları. Normalize değerleri Sun ve McDonough, (1989)'dan alınmıştır.

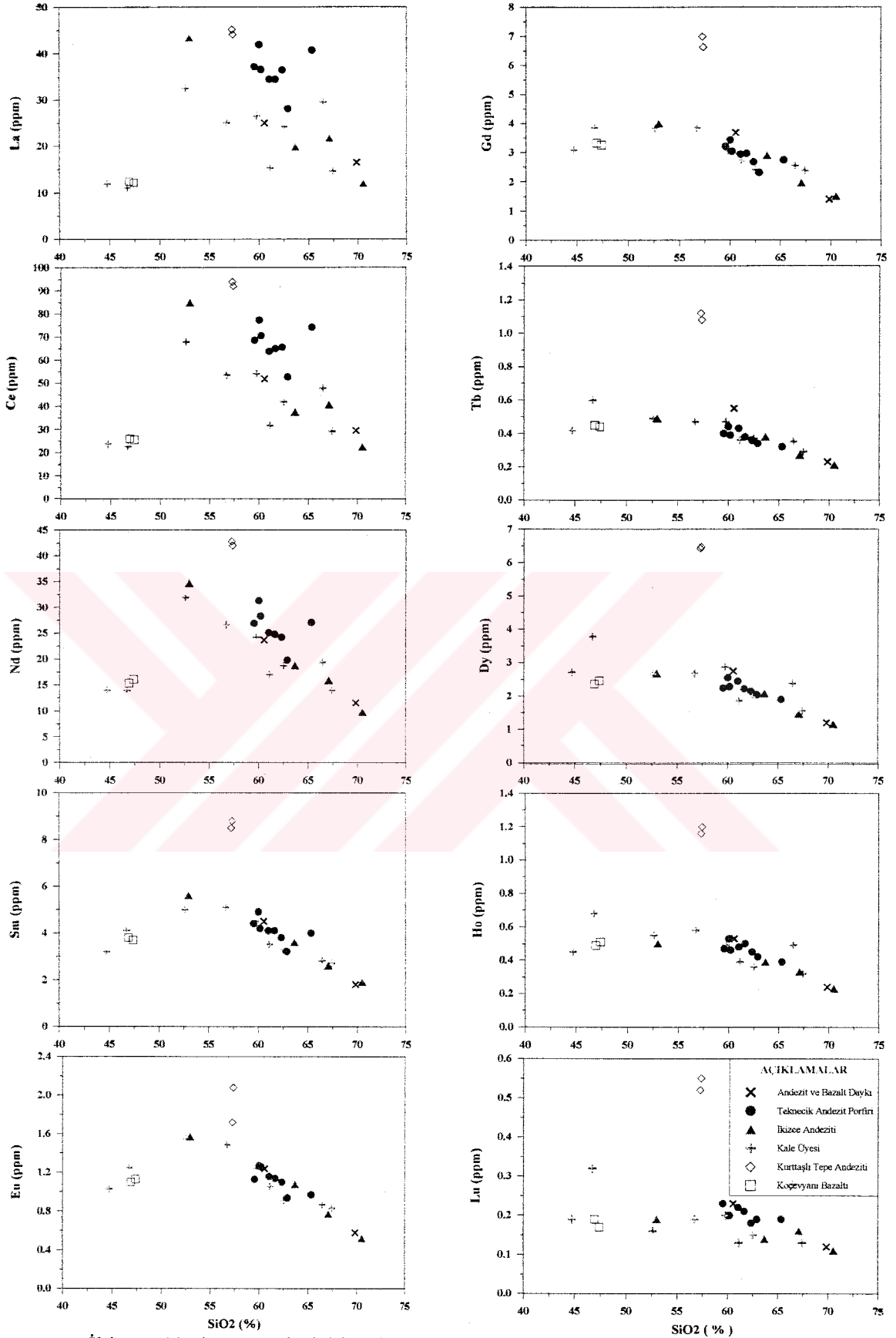
Genel olarak kayaçların, büyük iyonlu litofil elementler (BILE) bakımından aşırı derecede zenginleşmesi (özellikle Sr, K₂O, Rb, Ba ve Th) ve Nb, TiO₂, Zr ve Y bakımından fakirleşmesi iz element dağılımlarında gözlenen karakteristik özelliklerdir. Yüksek Sr, K₂O, Rb ve Ba (BILE) içeriği volkanik kayaçlarda kabuk kontaminasyonu ± magma karışımının varlığına işaret etmektedir. TiO₂ ve P₂O₅'nin iyi derecede negatif anomali göstermemesi, ayrılaşma sırasında klinopiroksen, magnetit ve apatitin fraksiyonlaşmada önemli ölçüde etkili olduğunu göstermektedir. Fakat karakteristik olarak gözlenen negatif Nb anomalisi ise, kayaçların ana magmasının gelişiminde yitim bileşeninin etkili bir şekilde rol oynadığını göstermektedir (Pearce, 1983). Ayrıca bütün bu özellikleriyle incelenen volkanik kayaçların iz element karakteristikleri, genel olarak yay volkanitlerine benzerlik göstermektedir (Pearce, 1982; Cox ve Hawkesworth, 1985; Pearce ve diğ., 1990).

3.4.5. Nadir Toprak Elementler

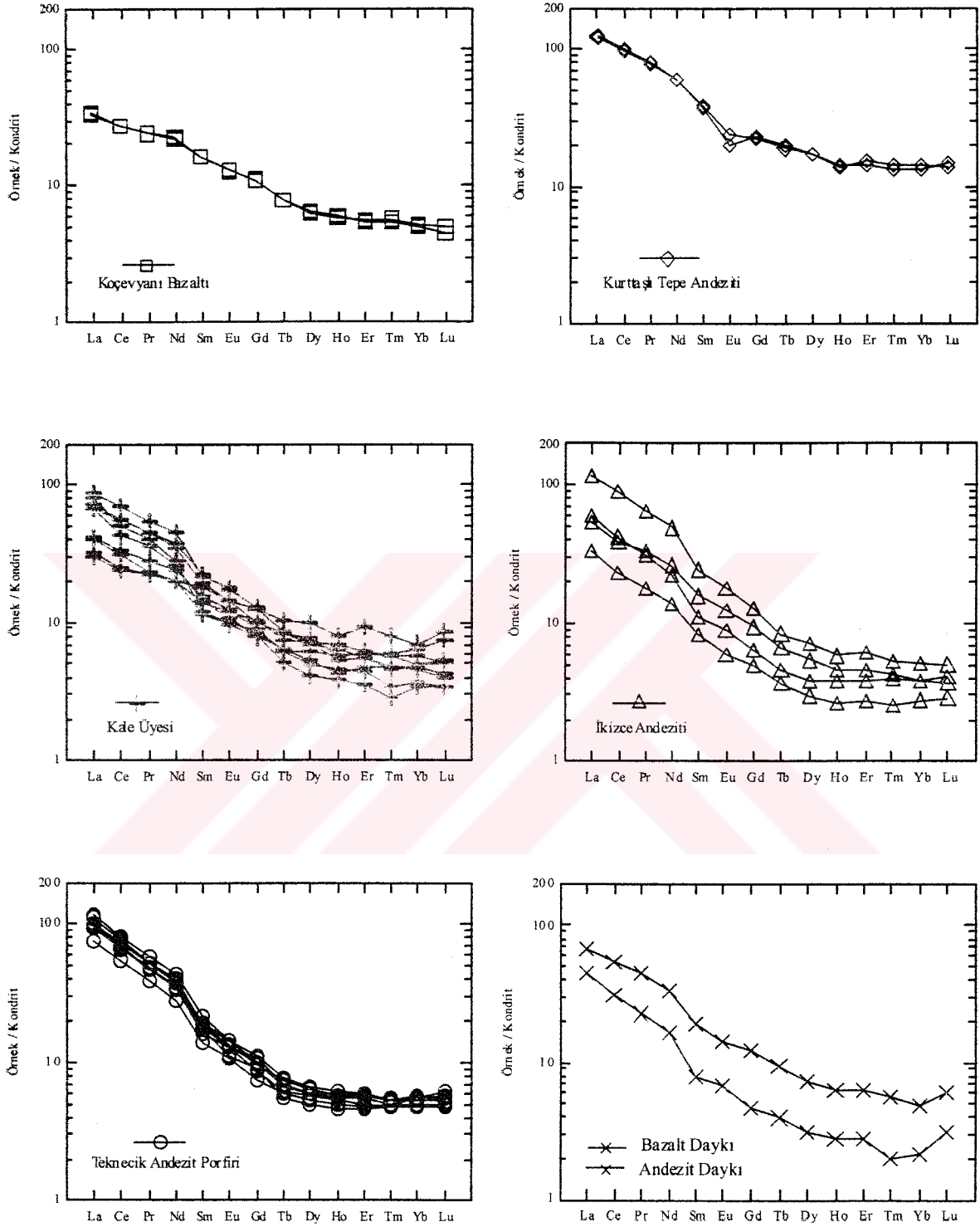
İncelenen volkanik kayaçların SiO₂'ye karşı nadir toprak element (NTE) değişim grafikleri çizilerek, kayaçların gelişimi sırasında nadir toprak element değişimi ortaya koyulmaya çalışılmıştır (Şekil 68). SiO₂ artışıyla La, Ce, Nd, Sm, Eu konsantrasyonları, Koçevyanı Bazaltı'na ait örneklerde pozitif anomali, andezitik bileşime sahip diğer örneklerde ise çok iyi negatif anomali sunmaktadır. Bu da Koçevyanı Bazaltları'na ait kayaçlarda klinopiroksen ve olivin zenginleşmesi olduğunu, andezitik bileşime sahip kayaçlarda ise hornblend ve plajiyoklas fraksiyonlaşmasının etkili olduğunu belirtmektedir. SiO₂ artmasına karşın Gd, Tb, Dy, Ho ve Lu içerikleri ise bazaltik ve andezitik örneklerde negatif anomali göstermektedir. Bu da kayaçların gelişiminde hornblend fraksiyonlaşmasının rol oynadığına işaret etmektedir. Kurttaşlı Tepe Andeziti'ne ait örnek yönsemelerden tamamen farklı bir yerde bulunmaktadır.

Bu kayaçların kondritlere göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları ayrı ayrı ele alınarak, bunlardaki zenginleşme (La / Lu)_N oranları belirlenmiştir (Şekil 69a, b, c, d, e, f). Ayrıca bazı kayaçlarda kısmen gözlenen Eu anomalileri (Eu* / Eu) de tespit edilmiştir.

Koçevyanı Bazaltı örnekleri kondrite göre, hafif nadir toprak elementlerde (HNTE) yaklaşık 35 kat, ağır nadir toprak elementlerde (ANTE) ise ortalama 3.5-4 kat zenginleşme göstermekte olup, (La / Lu)_N oranı 7-8 arasında değişmektedir (Şekil 69a). Kurttaşlı Tepe Andeziti örnekleri kondrite göre, hafif nadir toprak elementlerde yaklaşık 135 kat, ağır



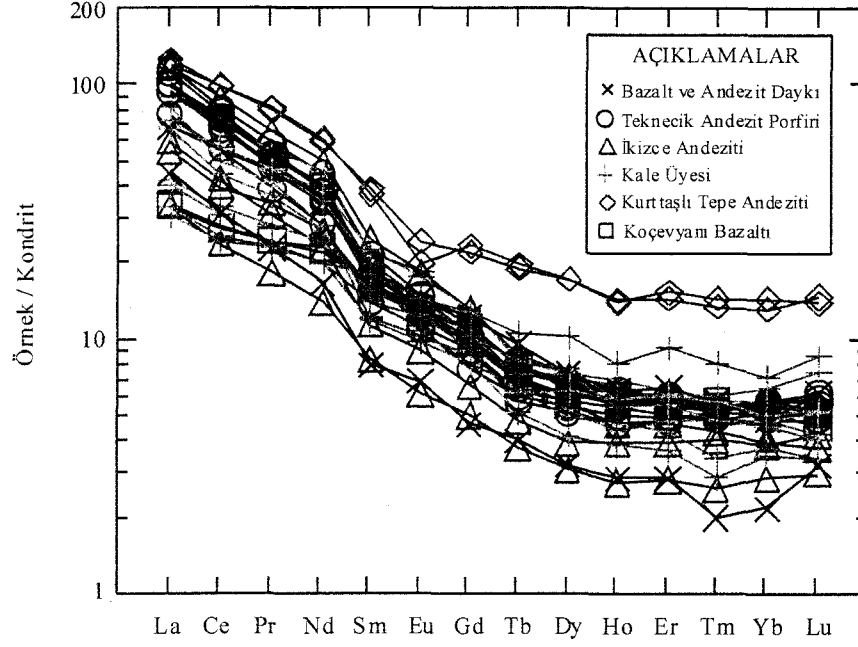
Şekil 68. İkizce (Ordu) yöresindeki volkanik kayaların SiO₂'ye karşı nadir toprak element değişim diyagramları



Şekil 69. İkizce (Ordu) yöresindeki volkanik kayaların her birine ait kondritlere göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları (Taylor ve McLennan, 1985)

nadir toprak elementlerde ise ortalama 15 kat zenginleşme göstermekte olup, $(La / Lu)_N$ oranı 8-10 arasında değişmektedir (Şekil 69b). Ayrıca Kurttaşlı Tepe Andeziti'ne ait kayaçlar negatif Eu anomalisine sahip olup, $(Eu^* / Eu)_N = 0.68-0.82$ arasında değişmektedir. Böylece bu kayaçların gelişiminde plajiyoklas fraksiyonlaşmasının etkili olduğunu göstermektedir (Şekil 69b). Kale Üyesi örnekleri kondrite göre, hafif nadir toprak elementlerde ortalama 60 kat, ağır nadir toprak elementlerde ise yaklaşık 7 kat zenginleşme göstermekte olup, $(La / Lu)_N$ oranı 8-10 arasında değişmektedir (Şekil 69c). İkizce Andeziti örnekleri kondrite göre, hafif nadir toprak elementlerde ortalama 80 kat, ağır nadir toprak elementlerde ise yaklaşık 4 kat zenginleşme göstermekte olup, $(La / Lu)_N$ oranı 17-24 arasında değişmektedir (Şekil 69d). Teknecik Andezit Porfiri örnekleri kondrite göre, hafif nadir toprak elementlerde yaklaşık 120 kat, ağır nadir toprak elementlerde ise ortalama 5.5 kat zenginleşme göstermekte olup, $(La / Lu)_N$ oranı 15-20 arasında değişmektedir (Şekil 69e). Andezit ve Bazalt Dayk örnekleri kondrite göre, hafif nadir toprak elementlerde ortalama 60 kat, ağır nadir toprak elementlerde ise yaklaşık 5 kat zenginleşme göstermekte olup, $(La / Lu)_N$ oranı 11-13 arasında değişmektedir (Şekil 69f).

Kayaçların kondritlere göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılımlarında tüm örnekler birbirlerine çok iyi paralellik göstermektedirler (Şekil 70). Bu da bazaltik ve andezitik bileşimli kayaçların aynı kökenden türediklerini doğrulamaktadır. Kayaçalarda hafif nadir toprak element zenginleşmesinin (HNTE), orta ve ağır nadir toprak element (ANTE) zenginleşmesine göre daha fazla olduğu görülmektedir. Dağılımların orta kısmının çukur olması ve hafif nadir toprak elementlere doğru gidildikçe yukarıya doğru konkav bir yapı sunması, volkanik kayaçların gelişiminde hornblend fraksiyonlaşmasının etkili bir şekilde rol oynadığını göstermektedir. Dağılımlara bakıldığında; Kurttaşlı Tepe Andeziti'ne ait örnekler hariç, örneklerde önemli derecede Eu anomalisinin olmaması, bu kayaçların gelişiminde plajiyoklas ayrımlaşmasının önemli bir rol oynamadığını veya yüksek oksijen fugasitesini göstermektedir (Gill, 1981)(Şekil 70). Ayrıca Kurttaşlı Tepe Andeziti örneklerinin, diğer kayaç örneklerine göre ağır nadir toprak elementlerce farklılık göstermesi, kayaçalarda bol olarak bulunan zirkon mineralinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 70. İkizce (Ordu) yöresi volkanik kayaların kondritlere göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları (Taylor ve McLennan, 1985).

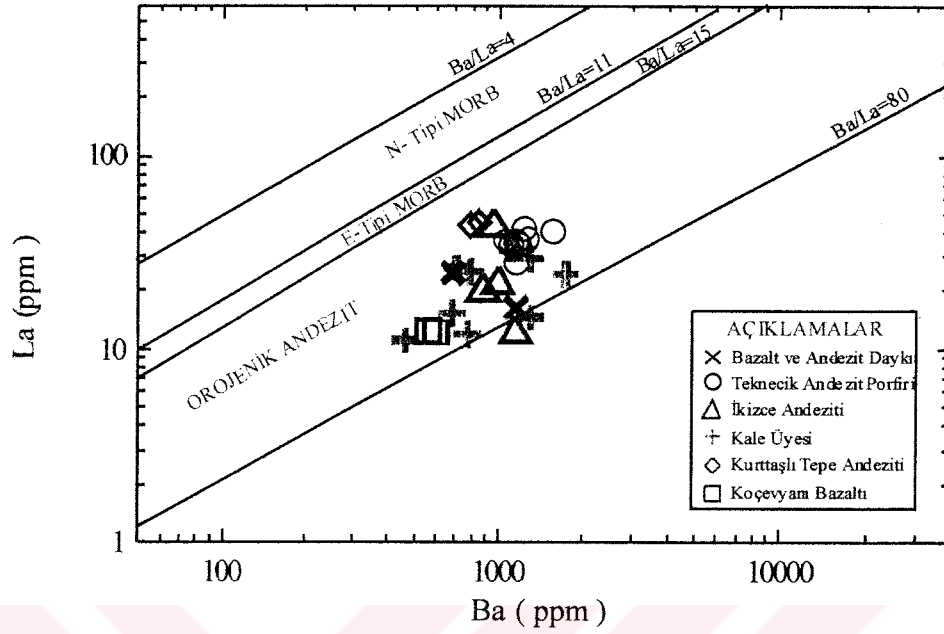
3.4.6. Volkanik Kayaçların Tektonik Ortamı

İncelenen volkanik kayaçların genel jeokimyasal özellikleri, birbirine yaklaşan levhalarla ilişkili yitim zonu volkanitlerinin özelliklerine benzemektedir (Saunders ve diğ., 1980; Gill, 1981; Ewart, 1982; Pearce, 1983; Thompson ve diğ., 1984; White ve Patchett, 1984). Bu özellikler, düşük Nb, Zr ve TiO_2 içeriği, büyük iyon yarıçaplı litofil element (BILE) ve yüksek hafif nadir toprak element (HNTE) içerikleri ile yüksek Ba / Zr oranlarına sahip olmalarıdır. İncelenen örneklerin Ba / La oranı yaklaşık 20-85 arasında değişmekte olup, orojenik andezitlere benzerlik gösterirler (Şekil 71). Yüksek Ba / La (>15) ve Ba / Nb (>25) oranlarıyla orojenik andezitlere benzerlik göstermekte olup, bu özellikleriyle tipik ada yayı bazaltik kayaçlarına uyumluluk gösterirler (Gill, 1981).

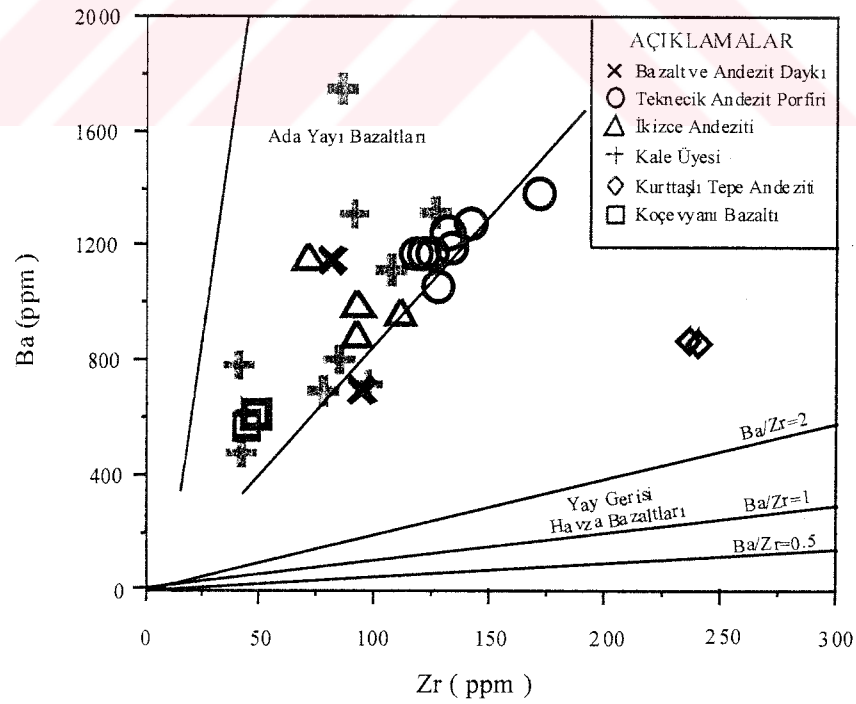
Zr'a karşı Ba tektonik ayırtman diyagramında (Floyd, 1991) volkanik kayaçların çoğu ada yayı bazaltları alanına düşmektedir (Şekil 72). Bu alanın dışında kalan örnekler aşırı derecede diferansiyasyona uğramış örnekleri temsil etmektedir.

Cabanis ve Lecolle (1989)'nin La/10-Y/15-Nb/8 üçgen diyagramında tüm örnekler kalkalkalen karakterli orojenik bölgeye düşmektedirler (Şekil 73, alan 1A). Örneklerin diyagram içerisindeki dağılımına bakıldığında; kalkalkalen orojenik bölge içinde yönsemeler oluşturmaktadır. Bu diyagramda bazaltik bileşime sahip örnekler, okyanus adası bazaltı ve dalma-batma bileşenleri arasındaki karışım hattı boyunca bir yönseme göstermektedir. Andezitik bileşimli kayaçlar ise üst kıtasal kabuk bileşimine doğru bir

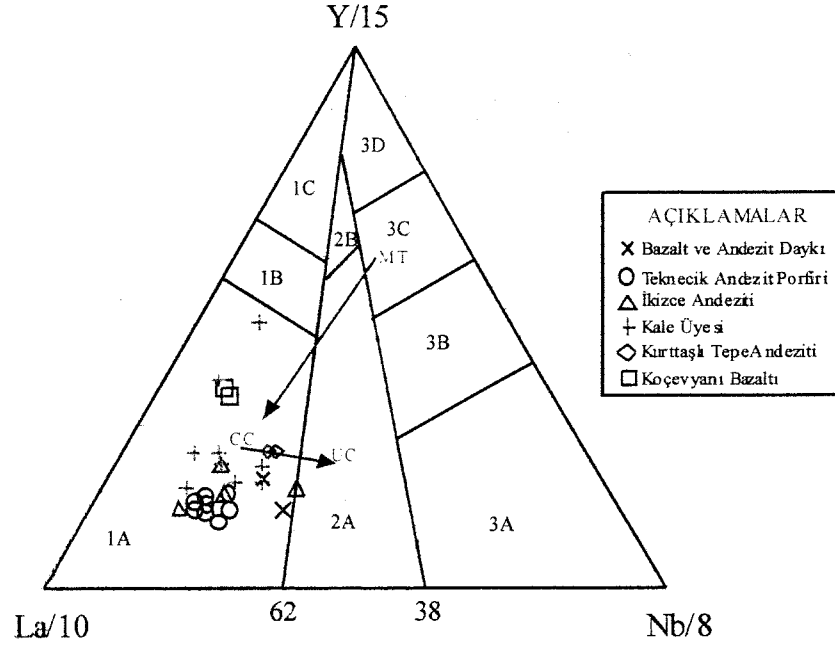
dağılım göstererek, bunların gelişiminde artan kabuk bileşeninin etkili olduğunu açık bir şekilde yansıtmaktadır.



Şekil 71. İkizce (Ordu) yöresi volkanik kayaların Ba (ppm)'a karşı La (ppm) diyagramı (Perfit ve diğ., 1980; Gill, 1981).



Şekil 72. İkizce (Ordu) yöresi volkanik kayaların Zr (ppm) karşı Ba (ppm) diyagramı (Floyd, 1991).



Şekil 73. İkizce (Ordu) yöresindeki volkanik kayaların La/10 – Y/15 – Nb/8 üçgen diyagramı. Alanlar; 1) orojenik bölge (1A- kalkalkali bazaltlar, 1c- volkanik yay toleyitleri, 1B- 1A ve 1C arasında yer alan, kalkalkali bazaltlar ile toleyitlerin çakıştığı bölge), 2) kıtasal kabuk etkileri gösteren geç-post orojenik bölge (2A- kıtasal bazaltlar, 2B- yay gerisi havza bazaltları), 3) orojenik olmayan bölge (3A-alkali bazaltlar, 3B- zenginleşmiş E-Tipi MORB, 3C- az zenginleşmiş E-Tipi MORB, 3D- N-Tipi MORB) (Cabanis ve Lecolle, 1989) (oklar; MT-okyanus adası bazaltı ve dalma-batma bileşenleri arasındaki karışım hattı; CC- dalma-batma ve üst kabuk (UC) bileşenleri arasındaki karışım hattını göstermektedir).

3.5. PETROJENEZ

3.5.1. Giriş

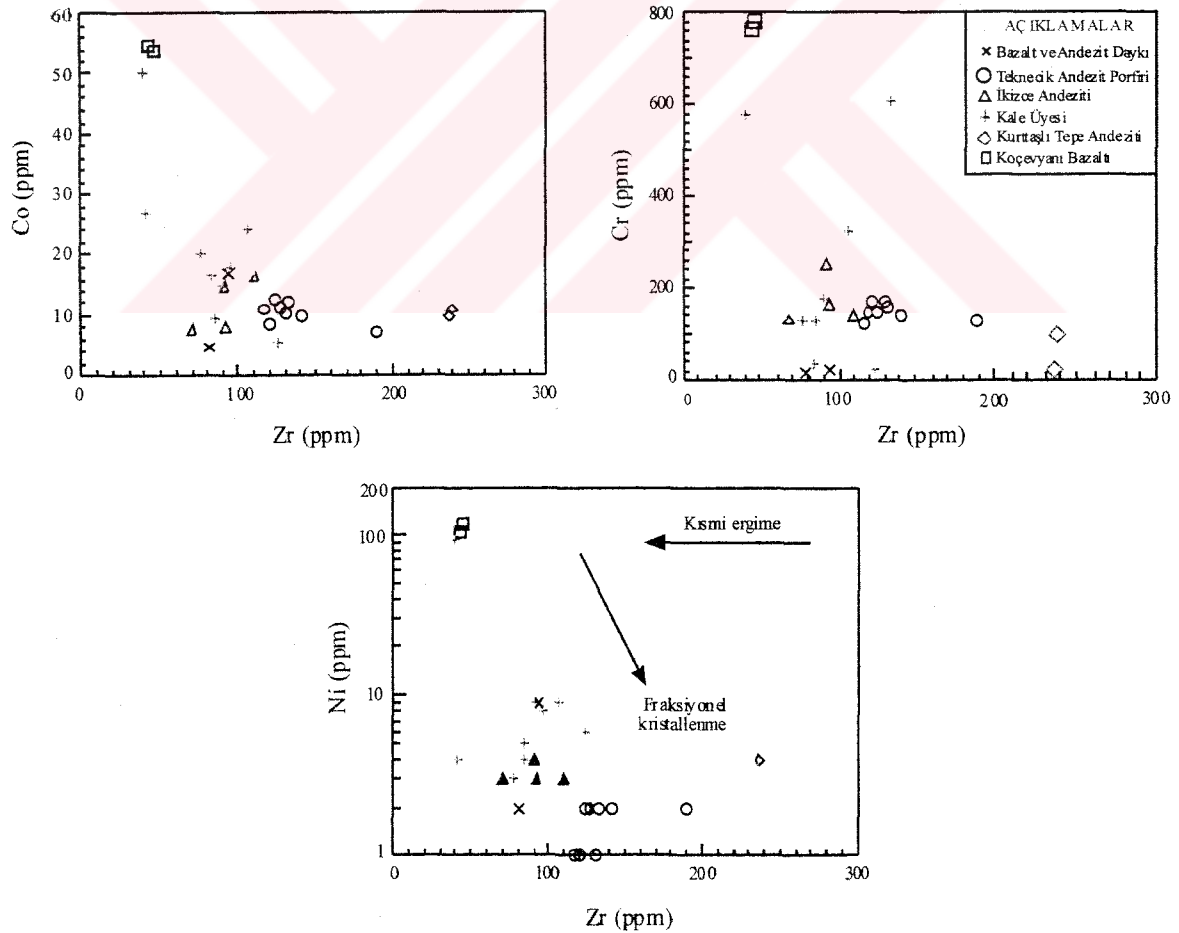
İncelenen kalkalkalen-geçiş karakterli volkanik kayalardaki genel jeokimyasal değişimler, bunların birbiriyle ilişkili olduklarını, aynı kökenden türediklerini ve kıtasal kabuktaki bir magma odasının gelişimi sırasında rol oynayan fraksiyonel kristallenme, asimilasyon ve magma karışımı olaylarıyla geliştiklerini göstermektedir. Burada elde edilen petrografik ve jeokimyasal bulgulardan yararlanarak, incelenen volkanik kayaların gelişiminde etkili olan magmatik olayların rolü ve önemi ayrı ayrı irdelenmiştir.

3.5.2. Kısmi Ergime

Genellikle ada yaylarında gelişen magmanın, yiten litosferik kabuğun üstünde bulunan manto kamasının kısmi ergimesiyle oluştuğu kabul edilmektedir. Diğer bir deyimle, ada yayı magmaları, izotopik bakımdan heterojen kabuk ve akışkanlar tarafından çeşitli

derecelerde metazomatizmaya uğratılmış, manto lertzolitinin kısmi ergimesiyle ilişkili olduğu ileri sürülmektedir (Green, 1982; Mysen, 1982; Wyllie, 1984; Arculus ve Powel, 1986).

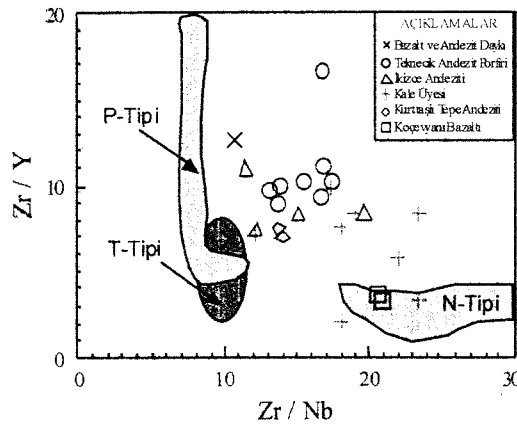
Manto olivini ile dengelenmiş ilksel bazalt bileşimi >68 Mg-numarasına (Irving, 1978) ve yaklaşık 300 ppm Ni içeriğine (Sun ve Hanson, 1975; Frey ve diğ., 1978) veya magma >%16 MgO, 250-300 ppm arasında Ni ve 500-600 ppm arasında Cr içeriğine sahiptir (Perfit ve diğ., 1980). Bu kriterler göz önüne alındığında incelenen volkanik kayalardan Koçevyanı Bazaltı'na ait örnekler; %10.61-11.67 arasında değişen MgO (Mg-numarası, 49-52), 106-117 ppm arasında değişen Ni ve 760-790 ppm arasında değişen Cr içeriğine sahiptir. Bu nedenle Koçevyanı Bazaltı'nın MgO, Ni ve Cr içeriği bakımından ilksel magma bileşimine benzerlik gösterdiğini söylemek mümkündür. Ayrıca Zr ile negatif korelasyon gösteren Co, Cr ve Ni, volkanik kayaların gelişiminde, hem kısmi ergimenin (özellikle bazaltik magmanın oluşumunda) hem de fraksiyonlaşmanın (andezitik kayaların oluşumunda) önemli derecede rol oynadığını açıklamaktadır (Şekil 74).



Şekil 74. İkizce (Ordu) yöresi volkanik kayaların Zr (ppm) karşı Co (ppm), Cr (ppm) ve Ni (ppm) değişimleri diyagramları.

Koçevyanı Bazaltı'nı ilksel magma bileşimine yakın olduğunu kabul ederek, kimi ergime derecesini hesaplamak için Rayleigh kuralından faydalanılabilir. Rayleigh kuralına göre; bir miktar kısmi ergime için denklem $C_i / C_o = 1 / F$ 'dir. Burada; C_i , ergiyik içindeki iz element konsantrasyonunu; C_o , manto kaynağındaki iz element konsantrasyonunu; F ise kısmi ergime derecesini belirtmektedir (Shaw, 1970). Manto kaynağında 1 ppm Rb konsantrasyonu ile manto kaynağının kondritten 2.5 kat daha fazla Zr konsantrasyonu kullanılarak, volkanik kayalardaki kısmi ergime dereceleri hakkında bir yaklaşımda bulunulabilir. İlksel bileşimi temsil etmesine rağmen; Koçevyanı Bazaltı örnekleri (Örnek 31A ve B1) için kısmi ergime derecesi yaklaşık %34-36, Teknecik Andezit Porfiri (Örnek 8 ve 5b) için yaklaşık %12-13, İkizce Andeziti (Örnek 24 ve 22A) için yaklaşık %17-22, Kale Üyesi'ne ait breşin bazaltik çakılları (Örnek K14 ve K5) için %37-39, andezitik çakılları (Örnek B18 ve 8A) için de %18-20 olarak hesaplanmıştır. Ancak, Koçevyanı Bazaltı ve breşin bazaltik örnekleri dışında kalan kayaların oldukça gelişmiş oldukları göz önünde bulundurulursa incelenen volkanitlerin ana magmasının manto kaynağından yaklaşık % 30-35'lik bir kısmi ergimeyle türediği söylenebilir.

Bir kısmi ergime diyagramı, muhtemel bir kaynak bileşiminin belirlenmesi esnasında levha içi olayların daha iyi anlaşılabilmesi için yardımcı olur. Yüksek Zr/Y ve düşük Zr/Nb değerleri, düşük ergime derecelerini; düşük Zr/Y ve yüksek Zr/Nb değerleri ise, yüksek ergime derecelerini ifade etmektedir (Menzies ve Kyle, 1990). Koçevyanı Bazaltı'na ait örneklerin, düşük Zr/Y (3.4-3.5) ve yüksek Zr/Nb (20-21) oranları, zenginleşmiş bir kaynağın yüksek derecelerdeki kısmi ergimesinin bir sonucu olarak geliştiğini göstermektedir (Şekil 75). Oldukça diferansiyasyona uğramış olan andezitik bileşimli kayalar ise düşük Zr/Y (10-16) ve yüksek Zr/Nb (8-14) oranlarına sahiptir.

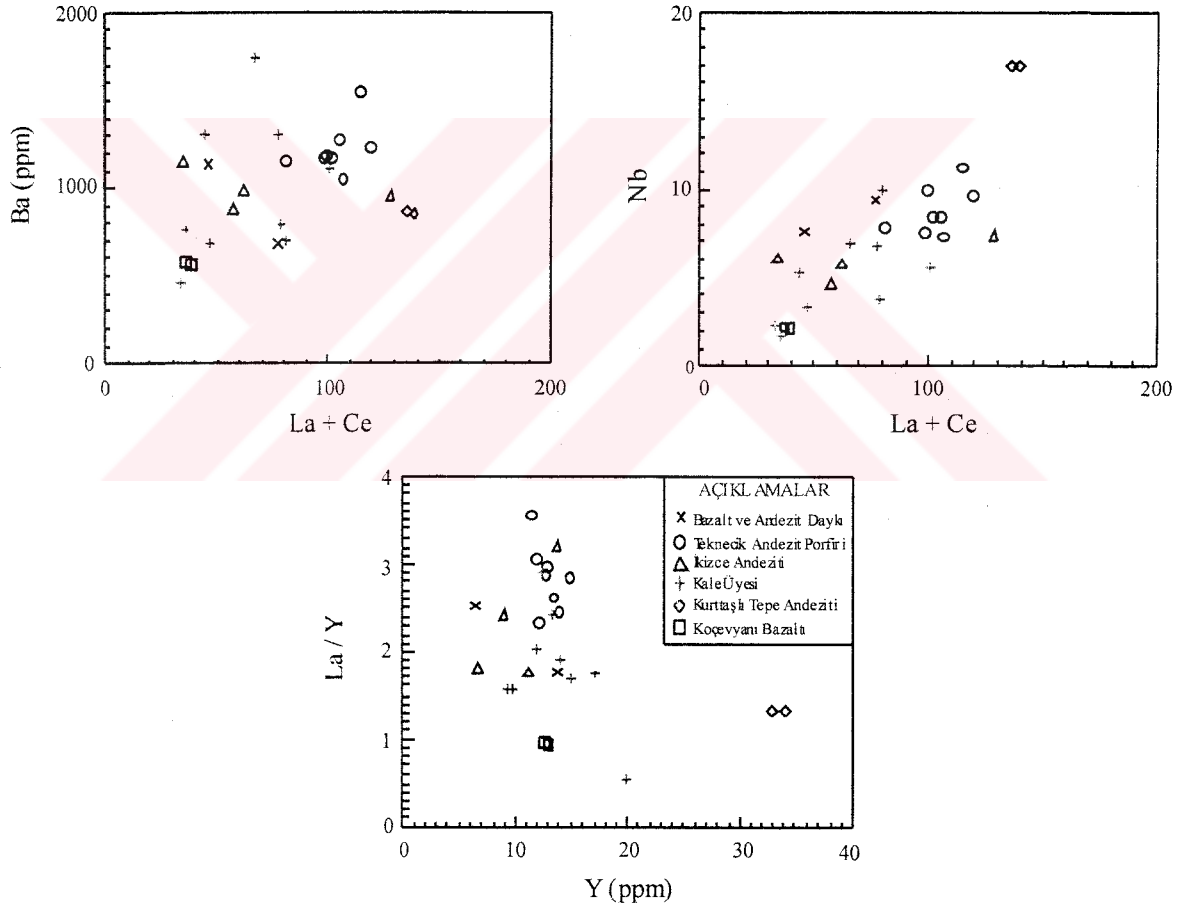


Şekil 75. İkizce (Ordu) yöresi volkanik kayaların gelişiminde kısmi ergime derecesini gösteren Zr/Nb karşı Zr/Y diyagramı. MORB alanları; (P-Tipi: Plum, T-Tipi:Geçiş, N-Tipi:Normal) LeRoex (1987)'den alınmıştır.

3.5.3. Fraksiyonel Kristallenme

İkizce yöresi volkanik kayalarında ana ve iz element değişimlerinde gözlenen iyi korelasyonlar, kayaların muhtemelen bazaltik bir ana magmanın diferansiyasyonu sonucu oluştuğuna işaret etmektedir. Buna ilaveten ana ve iz element değişimleri kayaların gelişiminde, fraksiyonel kristallenmenin diğer magmatik olaylara (kısmi ergime, magma karışımı, asimilasyon v.b.) nazaran daha fazla etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

La+Ce karşı Nb ve Ba diyagramları pozitif bir korelasyon göstermektedir. Bu korelasyonun doğrusu orjinden geçmekte olup, bu da volkanik kayaların aynı kaynaktan türediklerine işaret etmektedir (Şekil 76). Sadece fraksiyonel kristallenme olayının, değişmeyen uyumsuz element oranını koruyabildiği de bilinmektedir (Innocenti ve diğ., 1980).



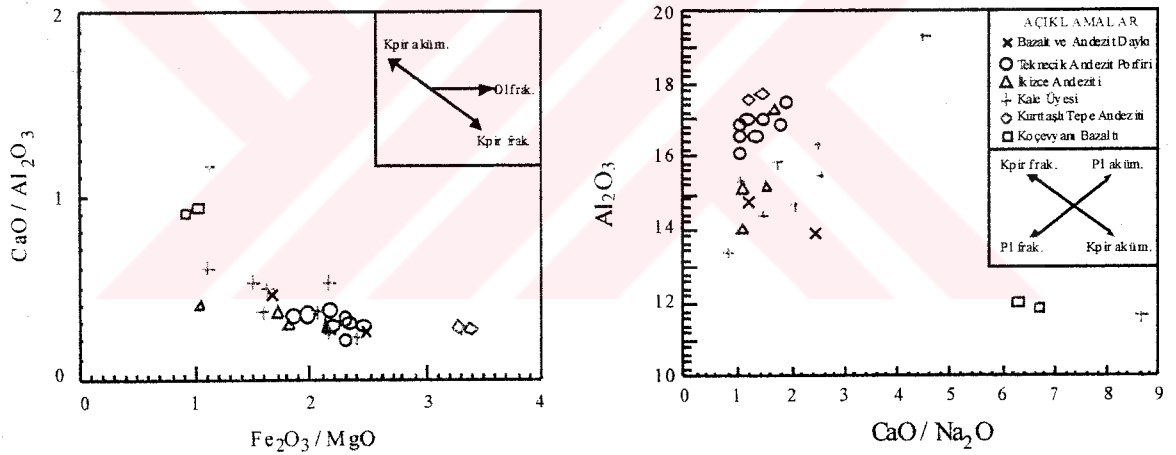
Şekil 76. İkizce (Ordu) yöresindeki volkanik kayaların La +Ce karşı Ba (ppm) ve Nb (ppm) diyagramları ile Y (ppm) karşı La/Y diyagramı.

Ana ve iz element değişim diyagramlarında; SiO₂ artışıyla MgO, CaO, Al₂O₃ ve Cr azalması, önemli ölçüde klinopiroksen ve plajiyoklas fraksiyonlaşmasını yansıtmaktadır. Ayrıca, SiO₂ artışına karşın Al₂O₃ azalması, volkanik kayaların gelişiminde hornblend

fraksiyonlaşmasının da etkili olabileceğini göstermektedir. SiO_2 artışıyla Fe_2O_3^* ve TiO_2 azalması magnetit fraksiyonlaşmasını ifade etmektedir. SiO_2 'ye karşı P_2O_5 değişim diyagramında gözlenen pozitif korelasyon apatit zenginleşmesini, negatif korelasyon ise apatit fraksiyonlaşmasını yansıtmaktadır (Şekil 64 ve 65).

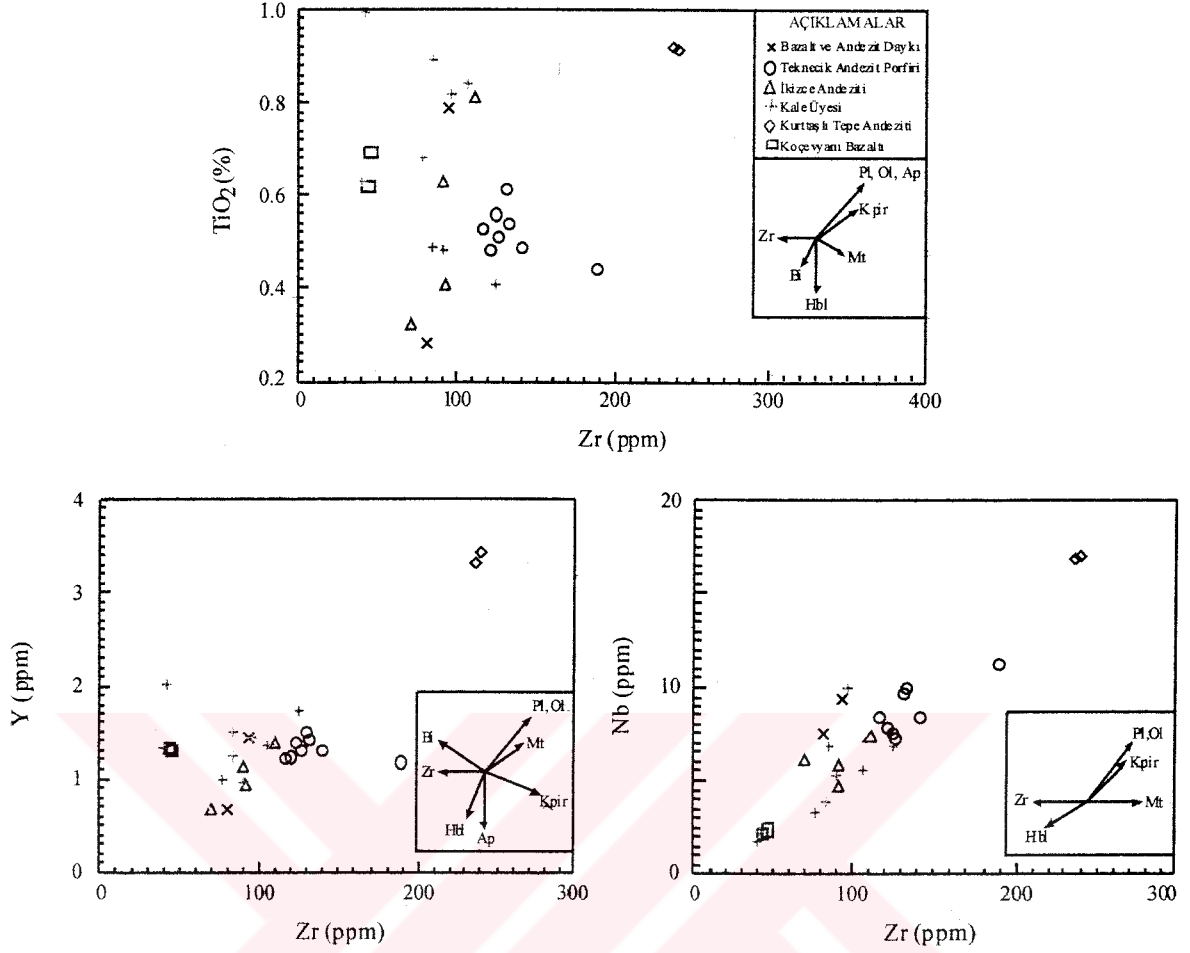
İncelenen volkanik kayalar için artan $\text{Fe}_2\text{O}_3 / \text{MgO}$ oranına karşı azalan $\text{CaO} / \text{Al}_2\text{O}_3$ oranı, ana magmadan olivin ve klinopiroksen fraksiyonlaşmasının etkisini göstermektedir (Şekil 77). Bu diyagramda lineer trendin dışında kalan örneklerde bazı sapmalar söz konusudur ki, bu da kayaların gelişiminde diğer magmatik olayların (magma karışımı ± asimilasyon) de etkili olduğunu işaret etmektedir.

Koçevyanı Bazaltı'na ait örnekler artan $\text{CaO} / \text{Na}_2\text{O}$ oranına karşı azalan Al_2O_3 konsantrasyonuna sahip olup, klinopiroksen birikimini ifade etmektedir. Diğer andezitik bileşime sahip olan kayalar ise, artan $\text{CaO} / \text{Na}_2\text{O}$ oranına karşı artan Al_2O_3 konsantrasyonuna sahip olup, bu kayaların gelişiminde plajiyoklas fraksiyonlaşması ve/veya birikiminin etkili olduğunu göstermektedir (Şekil 77).



Şekil 77. İkizce (Ordu) yöresindeki volkanik kayaların $\text{Fe}_2\text{O}_3 / \text{MgO}$ karşı $\text{CaO} / \text{Al}_2\text{O}_3$ değişim diyagramı (Vektörler, minerallerin fraksiyonlaşma yönlerini göstermektedir).

Artan Zr karşı TiO_2 , Y ve Nb konsantrasyonlarının gösterdiği korelasyonlar (Şekil 78), volkanik kayaların gelişiminde fraksiyonlaşmanın ne derece önemli olduğunu çok iyi bir şekilde açıklamaktadır. Zr karşı TiO_2 diyagramında hornblend, klinopiroksen magnetit, biyotit, plajiyoklas ve apatit fraksiyonlaşmasının etkili olduğunu göstermektedir. Artan Zr ile pozitif korelasyon gösteren Y ve Nb ise, hornblend, klinopiroksen, magnetit, plajiyoklas ve apatit fraksiyonlaşmasını işaret etmektedir (Şekil 78).

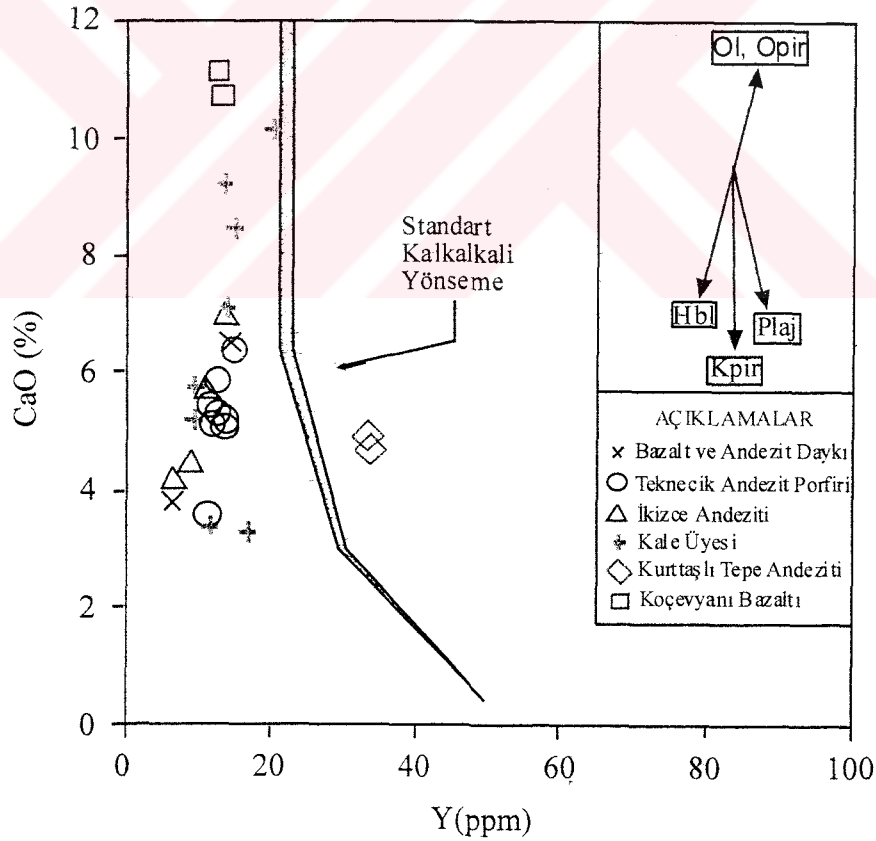


Şekil 78. İkiçce (Ordu) yöresindeki volkanik kayaların Zr (ppm) karşı TiO_2 (%), Y (ppm) ve Nb (ppm) diyagramları (Vektörler, minerallerin fraksiyonlaşma yönlerini göstermekte olup, Pearce ve Norry, 1979'e göredir).

Genel olarak, kayalardaki düşük Y ve yüksek La/Y oranı, ana magmanın oluşumunda granatın artık faz olarak önemli rol oynamadığına işaret etmektedir (Şekil 78). Andezitik kayalarda Y değişimi, hornblendin fenokristal bileşen olarak yer aldığı da dikkate alınır, kayaların gelişiminde önemli bir hornblend fraksiyonlaşmasının olduğunu göstermektedir ($D_Y^{amp/liq}=1.6-6$; Pearce ve Norry, 1979). Ayrıca önemli bir hornblend fraksiyonlaşmasının beraberinde K/Rb, Ba/Rb ve Ba/La oranlarında önemli bir azalma meydana getirmiştir (Gill, 1978).

Lambert ve Holland (1974), kalkalkalen kayaç gruplarında standart kalkalkalin yönsemesine göre Y içeriğindeki zenginleşmeyi ve fakirleşmeyi esas alarak, J- ve L-tipi yönsemeler tanımlamıştır (Şekil 79). J-tipi yönseme başlıca hornblend ve klinopiroksen kontrollü fraksiyonel kristalleşmeye, L-tipi yönseme ise klinopiroksen ve plajiyoklas kontrollü fraksiyonel kristalleşmeye işaret etmektedir. Genel olarak incelenen volkanik

kayaçlar; standart kalkalkali yönsemesine göre düşük oranda Y içeriklerine sahip J-tipi bir yönseme sunmaktadır. Bu yönseme, kayaçların gelişiminde ilk önce klinopiroksen kontrollü bir fraksiyonlaşmanın daha sonrada hornblend kontrollü bir fraksiyonlaşmanın varlığını ortaya koymaktadır (Şekil 79). Hornblend fraksiyonlaşmasının kayaçların kimyasal değişiminde etkili olması, fraksiyonlaşmanın muhtemelen kıtasal kabuğun derinliklerindeki bir magma odasında gerçekleşmesi gerektiğini göstermektedir. Hornblend fraksiyonlaşmasının ana ve iz elementler üzerindeki etkisi yeterince bilinmekle beraber, yüksek basınç ve yüksek su içeriği gerektirdiği ileri sürülmektedir (>8 kbar ve %3 H₂O; Egger ve Burnham, 1973). Bu nedenle andezitik kayaçları oluşturan magmanın yüksek oranda su içeriği ve muhtemelen alt-orta kabuktaki bir magma odasında ayrılmaya uğradığı söylenebilir. Kurttaşlı Tepe Andeziti'ne ait örnekler ise standart kalkalkali eğrisine göre Y içeriklerinin artmasıyla L-tipi bir yönseme göstermektedir. Bu da, kayaçların gelişiminde azda olsa plajiyoklas kontrollü bir fraksiyonlaşmanın etkili olduğunu göstermektedir (Şekil 79).



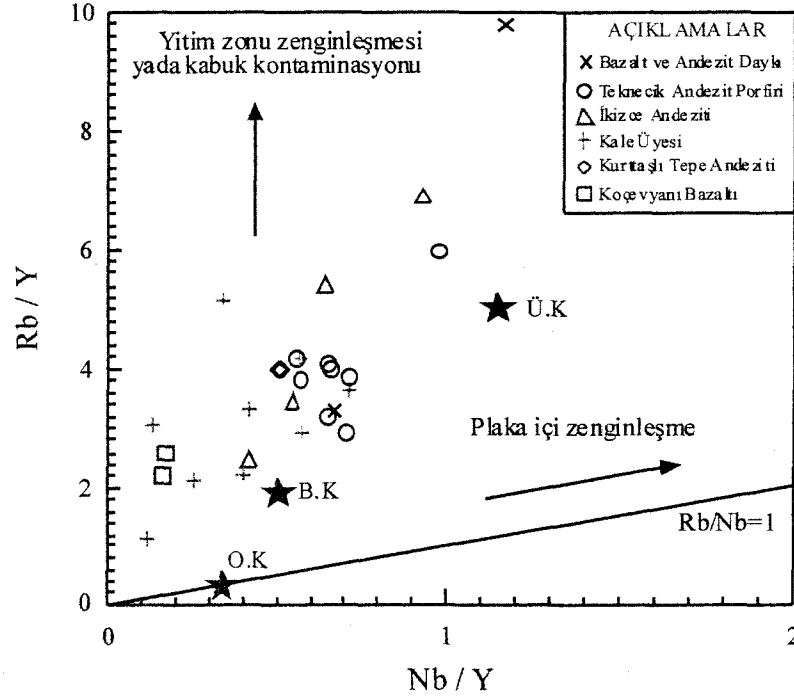
Şekil 79. İkizce (Ordu) yöresindeki volkanik kayaçlarının CaO'ye karşılık Y diyagramı (Lambert ve Holland, 1974). Vektörler, bazaltik bileşim için minerallerin fraksiyonlaşma yönlerini göstermektedir).

3.5.4. Asimilasyon

Genelde, incelenen kayaçların yüksek oranda SiO₂ (%), La (ppm) ve Ca (ppm) içerikleri, ana magmalarının kabuk malzemesiyle girişim yaptığına işaret edebilir. Bu zenginleşme muhtemelen magmanın yükselimi sırasındaki kıtasal kabuk asimilasyonu ve fraksiyonel kristallenme ile birlikte gelişen asimilasyon (AFC)(De Paolo,1981; Grove ve diğ.,1982) ile açıklanmaktadır. Cabanis ve Lecolle (1989) tarafından önerilen La-Nb-Y tektonik ayırıtman diyagramına ortalama üst kabuk değerinin (Taylor ve McLennan,1985) işlenmesiyle magmatik ayrımlaşmadaki kıtasal kabuk bileşeninin etkisi ayırt edilmektedir (Şekil 73). Bu diyagrama göre, incelenen volkanik kayaçlar kalkalkalin orojenik bölgeye (alan 1A) düşmektedir. Koçevyanı Bazaltı'na ait örnekler; okyanus adası bazaltı ve dalma-batma bileşenleri arasındaki karışım hattı boyunca bir yönseme göstererek, Toleyitik (alan 1c) bölgeye doğru kaymaktadır. Andezit bileşimli kayaçlar ise kıtasal kabuk etkileri gösteren orojenik bölgeye (alan 2A) doğru bir geçiş gösterirler. Kayaçlar, üst kıtasal kabuk bileşimine doğru bir dağılım göstererek, bunların gelişiminde artan kabuk bileşeninin etkisini açık bir şekilde yansıtmaktadır (bkz. sh 116, Şekil 73). Kayaçların gelişiminde etkili olan kabuk kontaminasyonunu, çevre kayaçlarının tamamen ergitilmesinden ziyade, bunların kısmi ergiyiklerinin gelişimi şeklinde olmalıdır. Bu durum, belli uyumsuz elementlerde (örneğin K, Ba, Th) seçici bir zenginleşme meydana getirmiştir (Watson, 1982; Tindle ve Pearce, 1983).

Yitim zonu zenginleşmesi ve/veya kabuksal asimilasyonu ile kristal fraksiyonlaşması arasındaki fark; Nb/Y'ye karşı Rb/Y gibi iz element oranlarının kullanıldığı diyagramlarla açıklanabilir (Şekil 80). Böyle bir diyagramda düşey yönsemeler, yitim zonu zenginleşmesi veya kabuk kontaminasyonu ile gelişmekte olup, bu da yüksek Rb/Nb oranlarıyla ifade edilmektedir. Oysa ki levha içi zenginleşmeleri, levha içi volkanizmasının tipik bir özelliği olan yüksek Nb/Y oranları olarak, Rb ve Nb (Rb/Nb = 1)(Edwards ve diğ., 1991) arasındaki pozitif bir yönsemeyi gösterir. Koçevyanı Bazaltı'na ait bazaltlar fazla yüksek olmayan Rb/Nb oranlarına sahiptir. Diğer andezitik kayaçlar ise bazaltlardan daha yüksek Rb/Nb oranlarına sahip olup, üst kabuk değerlerine yaklaşan bir dağılım sunarlar. Buna göre; incelenen volkanik kayaçların gelişiminde, kabuk asimilasyonunun da etkili olduğunu söylemek mümkündür (Şekil 80).

Volkanik kayaçlarda büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerde (Ba, Sr, Rb, K) ve hafif nadir toprak elementlerde gözlenen zenginleşmeler, kayaçların gelişiminde kontaminasyonun varlığına işaret etmektedir (Defant ve diğ., 1991). İncelenen volkanik



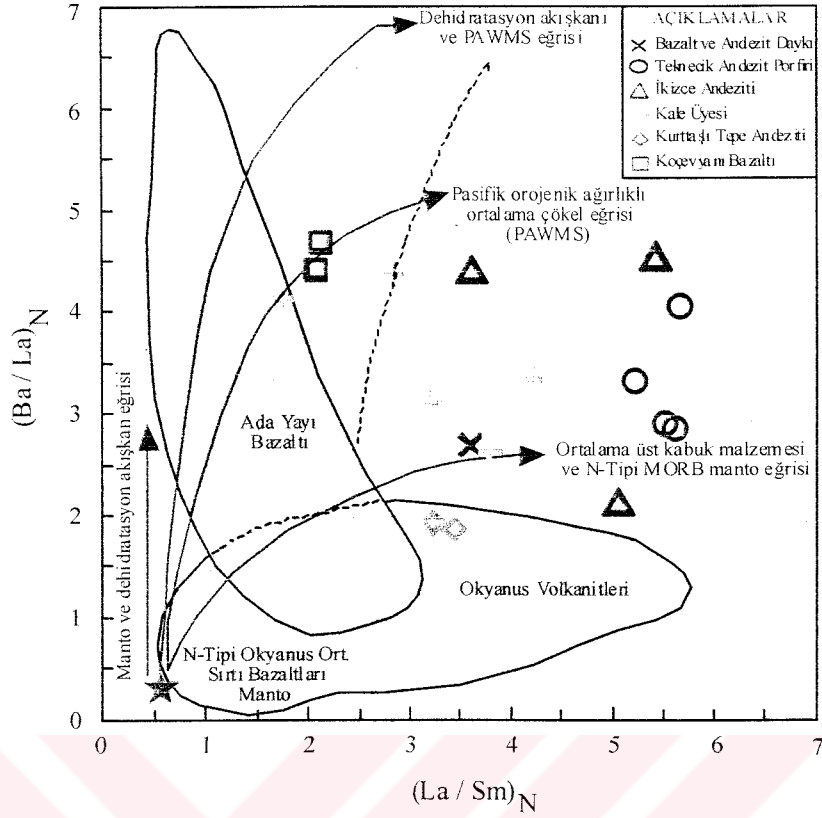
Şekil 80. İkizce (Ordu) yöresi volkanik kayaların Nb / Y karşı Rb / Y diyagramı. Kabuk bileşimleri (ÜK: üst kabuk, BK: bulk kabuk, OK: ortalama kabuk) Taylor ve McLennan (1985) 'dan alınmıştır.

kayaçlardaki büyük iyon yarıçaplı litofil element ve hafif nadir toprak element konsantrasyonlarının, zenginleşmelerdeki yitim zonu etkinliğinin ve karışımın rolünü araştırmak için Defant ve diğ. (1991) tarafından hazırlanan kondrite göre normalize edilmiş $(La / Sm)_N$ 'ye karşı $(Ba / La)_N$ grafiği kullanılmıştır (Şekil 81). Diyagramda örneklerin çoğu dağılmıştır, fakat genel olarak $(La / Sm)_N$ oranları fazla değişmez iken, $(Ba/La)_N$ oranları belirgin bir artış göstermekte olup, muhtemelen kontaminasyondan kaynaklanmaktadır.

Sonuç olarak, incelenen volkanik kayaların gelişiminde kabuk asimilasyonunun da, fraksiyonel kristallenme kadar etkili bir rol oynadığı düşünülmektedir.

3.5.5. Magma Karışımı

İncelenen volkanik kayalarda yaygın olarak gözlenen plajiyoklas, hornblend, klinopiroksen, biyotit ve opak mineraller, magma karışımı (mixing) ve/veya magma karışımına (mingling) ait dengesiz kristalleşmeye işaret eden pek çok petrografik veri sunmaktadır (Şekil 82). Magma karışımı olaylarının, kalkalkalen kayaların gelişiminde önemli olduğu bilinmektedir (Eichelberger, 1978; Gerlach ve Grove, 1982). Buna göre

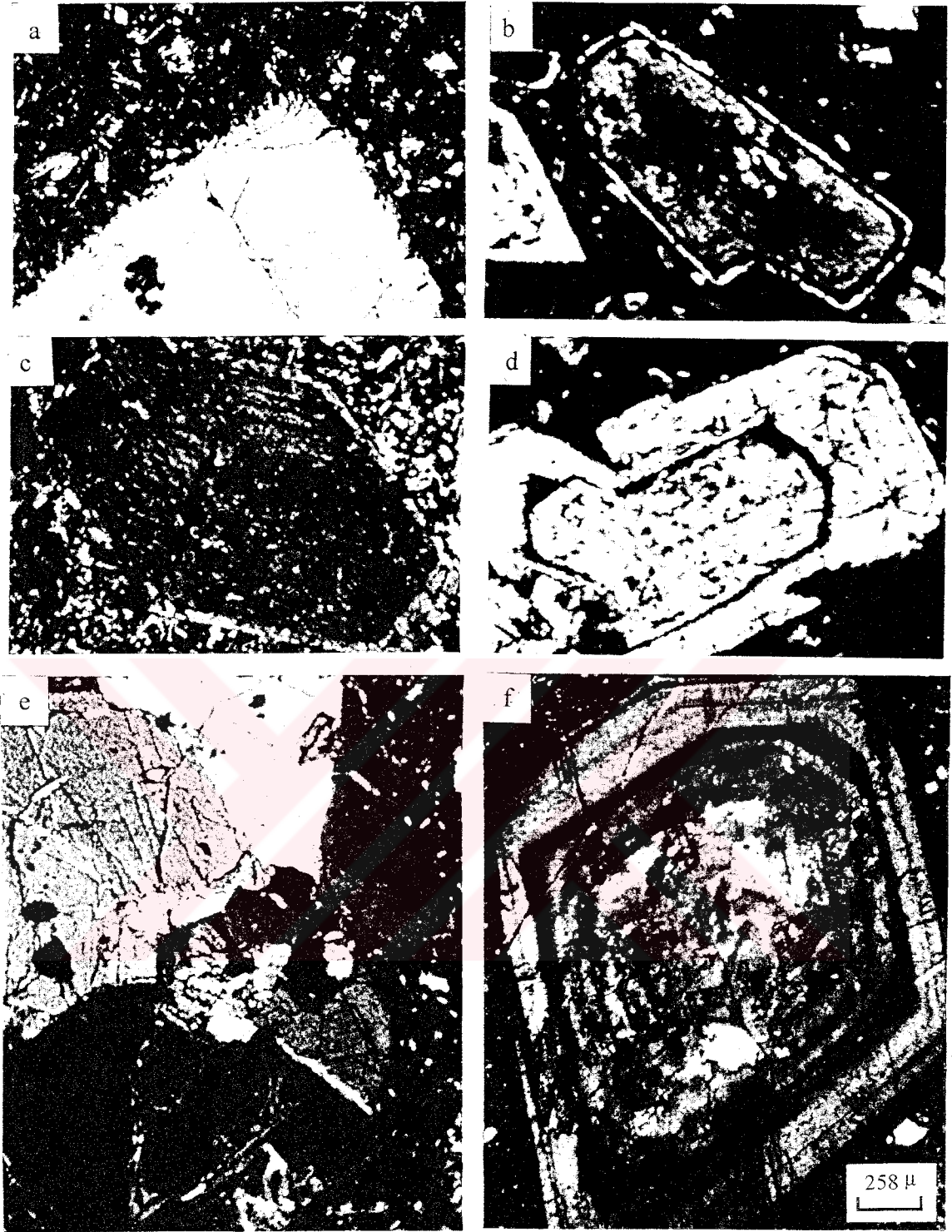


Şekil 81. İkizce (Ordu) yöresindeki volkanik kayaların $(La/Sm)_N$ karşı $(Ba/La)_N$ grafiği. Ada yayı bazaltı ve okyanus volkanitleri alanı Arculus ve Powel (1986)'dan, diğer alanlar ise Defant ve diğ. (1991)'den, kondrit normalleştirme değerleri Taylor ve McLennan (1985)'den alınmıştır.

kayaç kimyasındaki değişim, mafik ve silisik magmaların karışımıyla ilişkili olabilmektedir. Böyle bir modelde; mafik uç üye mantodan gelen, bunakarşın silisik uç üye ise kabuk kontaminasyonu ve/veya fraksiyonel kristalleşmeyle türeyen magmalar olabilmektedir (Grove ve Donnelly-Nolan, 1986).

Koçevyanı Bazaltı'na ait kayalarda gözlenen klinopiroksen+opak mineral kümelenmesi (kümülofirik doku) ile bazı klinopiroksen fenokristallerinin kenarlarında gelişen kısmi ergime, dengesizlik dokularını gösteren verilerdir (Şekik 82a ve c). Kayalarda gözlenen bu özellikler, bazaltik magmanın gelişiminde magma karışımının etkili olmadığını göstermektedir.

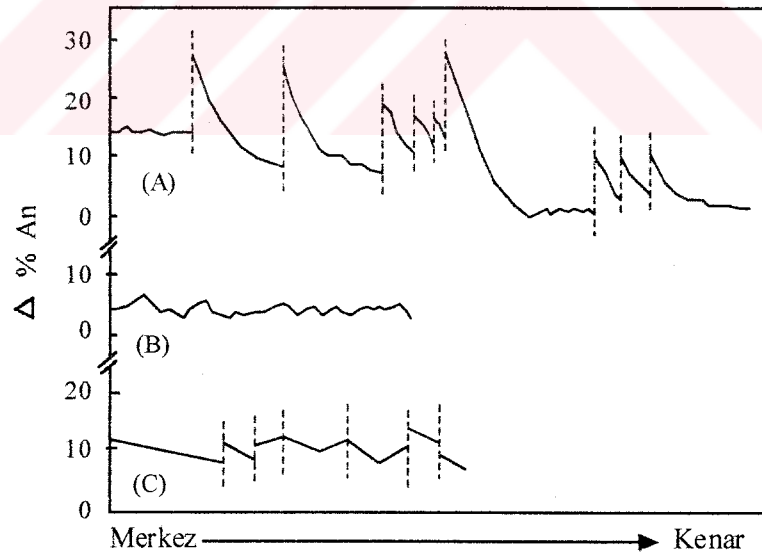
İkizce Andeziti'ne ait kayalardaki hornblend fenokristalleri ve mikrofenokristalleri, bazen opaklaşmış bazen de parçalanmış kristaller şeklindedir. Ayrıca özşekilli hornblend fenokristallerinin bol olarak volkanik cam ve opak mineral inklüzyonları içermesi (Şekil 82c) ve bazen de iskeletimsi yapı göstermesi, bu kayaların gelişiminde magma karışımının etkili olabileceğine işaret etmektedir.



Şekil 82. İkizce (Ordu) yöresi volkanik kayalarında magma karışımına işaret eden dengesizlik dokuları (Ç.N.); (a) Koçevyanı Bazaltı'nda klinopiroksen fenokristalinin kenarlarında kısmi ergime ile gelişen kemirilme yapısı (3A), (b) Teknecik Andezit Porfiri'ne ait plajiyoklas fenokristalinde elek dokusu ve kenarındaki yeniden büyüme zarfı (K15), (c) İkizce Andeziti'nde opak mineral ve volkanik cam inklüzyonları içeren, özşekilli hornblend fenokristali (K27), (d) Teknecik Andezit Porfiri'nde halkalı zonlu ve süngerimsi plajiyoklas (K15), (e) Koçevyanı Bazaltı'nda plajiyoklas ve opak mineral inklüzyonları içeren klinopiroksenin oluşturduğu kümülofirik doku (B2), (f) Teknecik Andezit Porfiri'nde volkanik cam inklüzyonları içeren, halkalı zonlu plajiyoklas (B3).

Teknecik Andezit Porfiri'ne ait kayaçlardaki plajiyoklas minerallerinde gözlenen elek dokusu ve kemirilme yapıları, hornblend minerallerinde gözlenen opaklaşma ve parçalanma yapıları, andezitik kayaçların gelişiminde magma karışımının etkili bir şekilde rol oynadığını göstermektedir (Şekil 82b ve c). Magma odasındaki soğumuş ve diferansiyasyona uğramış magmaya, sıcak ve bazik başka bir magmanın karışmasıyla, önceden kristallenmiş plajiyoklas fenokristallerinin kenarlarında yeniden büyüme meydana gelmektedir (Şekil 82b). Tsuchiyama (1985), plajiyoklaslarda gözlenen elek dokusu ve kemirilme yapılarının, magma karışımının ya da asimilasyonun sonucunda oluştuğunu belirtmiştir.

Halkalı zonlu plajiyoklasları, % An içeriğinin kristal merkezinden kenarına doğru değişimi olarak tanımlayan bir çok araştırmacı, bunun oluşumunu çeşitli nedenlere bağlayarak açıklamıştır (Şekil 83). Nixon ve Pearce (1987), plajiyoklaslardaki halkalı zonlanmanın magma karışımı ile ilgili olduğunu (Şekil 83A); Loomis (1982), lokal dengesiz kristallenme sonucunda oluştuğunu (Şekil 83B); Stamatelopoluou-Seymour ve diğ. (1990) ise bu dokunun gelişiminde magma karışımı ve dengesiz kristallenmenin birlikte etkili olduğunu (Şekil 83C) belirtmişlerdir. Teknecik Andezit Porfiri'ndeki halkalı zonlu plajiyoklas fenokristallerinin % An içeriği merkezden kenara doğru fazla bir değişim



Şekil 83. Plajiyoklaslarda merkezden kenara doğru halkalı zonlanma profillerinin şematik gösterimi. A) Magma karışımı (Nixon ve Pearce, 1987), B) Lokal dengesiz kristallenme (Loomis, 1982), C) Magma karışımı ve dengesiz kristallenmenin birlikte etkisi (Stamatelopoluou-Seymour ve diğ., 1990) nedeniyle halkalı zonlanma gelişimi.

göstermemekte olup, çok küçük değerlerde yer yer artma yer yer de azalma şeklindedir (mineral merkezinde An_{30} , kenarında An_{37}). Teknecik Andezit Porfiri'ndeki halkalı zonlu plajiyoklas fenokristallerinin % An içeriğinin değişimi, daha çok magma karışımı ve dengesiz kristallenmenin birlikte etkili olduğunu göstermektedir (Şekil 83C).

Sonuç olarak, Kocevyanı Bazaltı'nın oluşumunda magma karışımının fazla etkili olmadığını, buna karşın andezitik kayaların gelişiminde ise magma karışımı ve dengesiz kristallenmenin etkili bir şekilde rol oynadığını söylemek mümkündür.

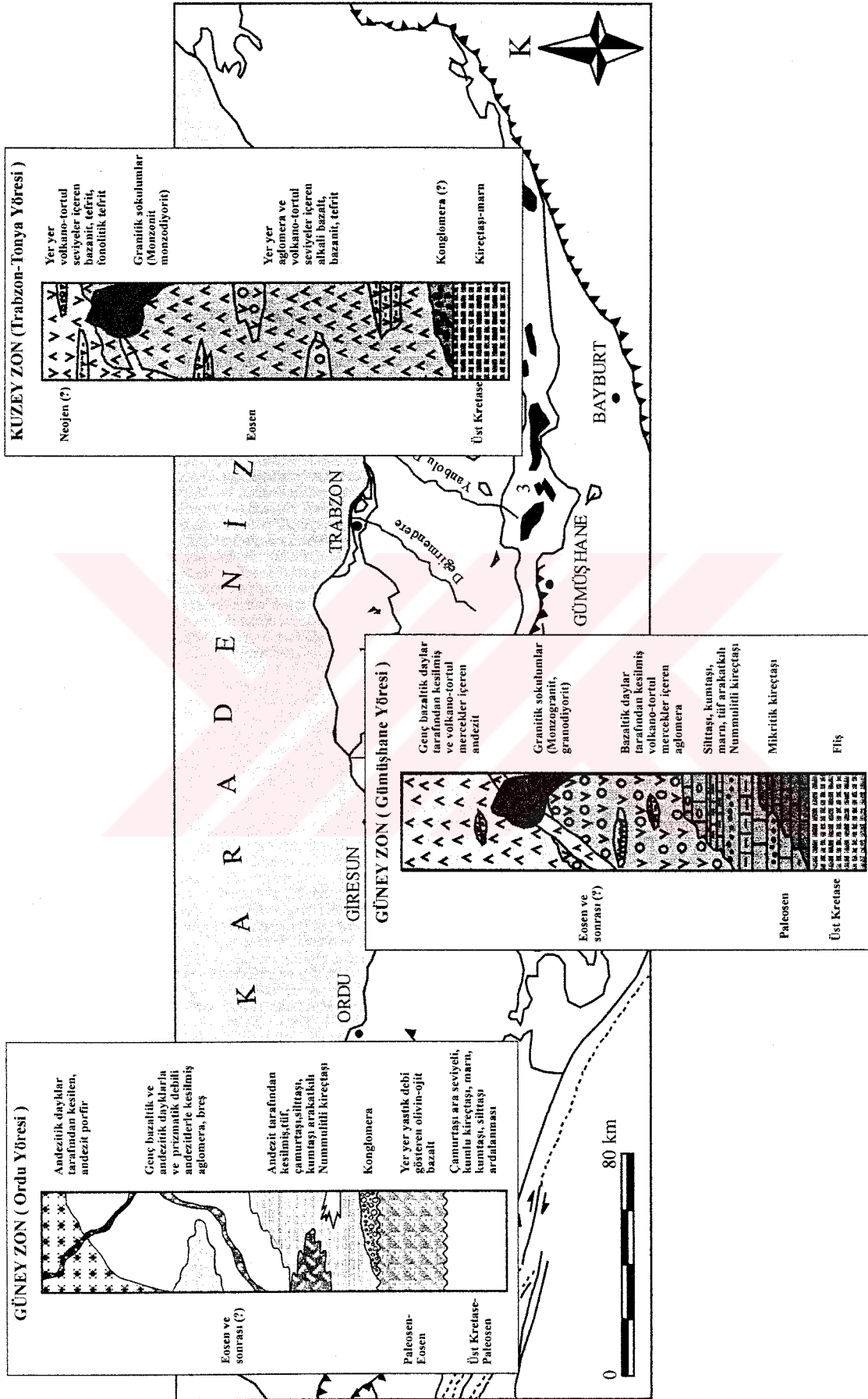
4. İRDELEME ve TARTIŞMA

Doğu Pontid Kuzey ve Güney Zonu volkanitleri bir çok araştırmacı tarafından incelenmiş ve bu incelemeler sonucunda Tersiyer volkanizmasının gelişimi hakkında pekçok veri elde edilmiştir. İkizce (Ordu) yöresinde yapılan bu çalışmayla, bu zamana kadar Kuzey zonda ve Güney zonda yapılan önceki çalışmalara katkıda bulunularak, Tersiyer volkanizmasının gelişimi açıklanmaya çalışılmıştır. Doğu Pontid Güney Zonu'nda yer alan çalışma alanından (İkizce-Ordu) elde edilen tüm veriler, Doğu Pontid Kuzey ve Güney Zonu'nda diğer yörelerde şimdiye kadar yapılan incelemeler sonucunda elde edilen bulgularla; stratigrafik, petrografik, jeokimyasal ve petrolojik açıdan karşılaştırılarak, Tersiyer volkanizmasının gelişimi açıklanmıştır.

Stratigrafik olarak; Güney Zonda, Gümüşhane ve Artvin-Hopa yöresinde (Van, 1990; Arslan ve diğ., 1997) Eosen volkanik kayaların Üst Kretase filisi üzerine uyumsuz olarak geldiği belirtilmiştir. Tortul seviyelerden elde edilen paleontolojik bulgular, volkanizmanın yaşının Orta Eosen olduğunu göstermiştir. Ancak son yıllarda yapılan çalışmalarda Gümüşhane-Kale yöresinde, tabandaki mikritik kireçtaşları ile aglomeralar içerisinde alınan mikritik kireçtaşı çakıllarında ise Eosen mikrofosilleri bulunmuştur (Aliyazıcıoğlu ve Arslan, 1998; Arslan ve Aliyazıcıoğlu, 2001). Bu bulgulara göre Tersiyer volkanizmasının yaşının Paleosen'e kadar inebileceği ileri sürülmüştür. Üst Kretase filileri üzerine yanal devamlılığı olmayan mikritik kireçtaşlarının gelmekte ve bu birim de uyumlu olarak Nummulitli kireçtaşlarına geçiş göstermektedir (Şekil 84). Bu kireçtaşlarının üzerine uyumlu olarak masif yapıdaki aglomeralar gelmekte olup, bu aglomeralar da genel olarak masif yapıda, bol çatlaklı ve yer yer kolon debi gösteren andezitler tarafından üzerlenmektedir. Aglomera ve andezitler içinde kireçtaşı, marn, kumtaşı, tuf ve tüffitten oluşan mercerler yer almakta ve aglomeralar bazalt daykları tarafından kesilmektedir. Ayrıca tüm bu birimler granitik sokulumlar (monzogranit, granodiyorit) tarafından kesilmektedir (Arslan ve diğ., 2001)(Şekil 84).

Kuzey Zonda, Trabzon-Tonya ve çevresinde ise, Eosen volkanitlerinin (Doğu Pontid alkali provensi; Arslan ve diğ., 1997; Şen ve diğ., 1998), Üst Kretase tortul ve volkanik kayaları üzerine aşıl uyumsuzlukla geldiği belirtilmiştir. Yer yer de volkanik kayaların, konglomeratik bir seviye ile Üst Kretase istifinin üzerine gelmekte olup, tüm bu birimler granitik sokulumlar (monzonit, monzodiyorit) tarafından kesilmektedir (Arslan ve diğ., 2001) (Şekil 84). Şimdiye kadar yapılan çalışmalarda, Üst Kretase sonrasına ait





Şekil 84: İkizce (ORDU) yöresinin,, Doğu Pontid Kuzey Zonu (Trabzon-Tonya yöresi) ve Güney Zonu'ndaki (Ordu ve Gümüşhane-Kale yöresi) diğer Üst Kretase sonrası litolojileri karşılaştırılmalı şematik kolon kesitleri (Trabzon - Tonya yöresi ve Gümüşhane-Kale yöresine ait stratigrafik kolon kesitler, Arslan ve diğ., 2001'den alınmıştır).

stratigrafik veriler yeterli olmamasına karşın; Foldere (Tonya) yöresindeki marn ve şeyllerin içerdiği Nummulites fosillerine dayanarak Alt-Orta Lütesiyen (Korkmaz, 1993) ve Değirmendere (Trabzon) dolayından alınan tefrit örneğinde yapılan toplam kayaç Rb-Sr izotop analizine dayanarak (13 ± 1 my), Orta-Geç Miyosen yaşı verilmiştir (Hoskin ve Wysoczanski, 1998). Buna ilaveten topografyada görülen koni şekilli tepelerde ve kraterimsi yapılarda oldukça taze volkanitlerin gözlenmesi, söz konusu volkanizmanın çok genç (Neojen) ürünlerinin de olabileceği belirtilmektedir (Arslan ve diğ., 2001).

Güney Zon, İkizce (Ordu) yöresinde, daha önceki çalışmalarda andezit, bazalt ve piroklastitleri olarak tanımlanan Eosen volkanitleri, bu çalışmada Üye mertebesine ayırtılarak, ayrı ayrı ele alınmıştır. Bu çalışmada, tortul birimlerdeki paleontolojik bulgular önceki çalışmalardan (Keskin ve diğ., 1998) alınmış ve buna göre kayaçlar yaşlandırılmıştır. Buna göre, tabanda yer yer çamurtaşı ara seviyeleri içeren, kumlu kireçtaşı, marn, kumtaşı ve silttaşı ardalanmasından oluşan Geç Kretase- Palosen yaşlı Akveren Formasyonu yer almaktadır (Şekil 84). Bu tortul istifin üzerine uyumsuzlukla ilk defa tanımlanan Paleosen-Eosen yaşlı yer yer yastık debili olivin-ojit bazalt gelmektedir. Bu birim üzerine uyumsuzlukla, Eosen yaşlı yer yer taban konglomerasıyla başlayan, tuf, çamurtaşı, silttaşı, kumtaşı ve Nummulitli kireçtaşı seviyeleri içeren istif gelmektedir. Ayrıca bu tortul birimlerden oluşan istif, yörede ilk defa tanımlanan Kurttaşlı Tepe Andeziti tarafından da kesilmiştir. Bu birimlerin üzerine Eosen volkanitlerinin piroklastitlerini temsil eden aglomera ve breş gelmektedir. Aglomera ve breşler; genç bazaltik ve andezitik dayklarla kesilmekte olup, yer yer kolon debili andezitlerle geçişlidir (Şekil 84). Bu birimlerin tümü, daha önceki araştırmacılar tarafından Kaçkar Granitoidi-II (Güven ve diğ., 1993) veya mikrodiyorit (Keskin ve diğ., 1998) olarak adlandırılan, ancak bu çalışmada arazi ve petrografik verilerin ışığı altında andezit porfir olarak tanımlanan sub-volkanik kayaçlar tarafından kesilmektedir. Bu andezit porfirler yer yer daha genç andezitik dayklar tarafından da kesilmektedir (Şekil 84).

Sonuçta, İkizce (Ordu) yöresinde incelenen volkanik kayaçların stratigrafik olarak Gümüşhane-Kale yöresi volkanitlerine benzerlik gösterdiği söylenebilir.

Petrografik olarak; Güney zonda, Gümüşhane-Torul yöresinde yüzeylenen ve başlıca bazaltik andezit, andezit ve daha az oranlarda bazalt ve aglomeralardan oluşan volkanik kayaçların tabanında ve ara seviyelerinde tortul birimlerin bulunduğu ifade edilmektedir (Aliyazıcıoğlu ve Arslan, 1998; Arslan ve Aliyazıcıoğlu, 2001). Bu volkanik kayaçların mikrolitik porfirik, hyaloporfirik, yer yer akıntı ve glomeroporfirik doku gösterdikleri

belirtilmektedir. Kayaçların plajiyoklas (An_{33-75}), ojit ($Wo_{27-30}En_{48-50}Fs_{22-24}$), hornblend ($Mg^{\#} = 0.78-0.83$), biyotit ($Mg^{\#} = 0.67-0.75$) ve daha az oranda da Fe-Ti oksit ve kuvars içerdiğini vurgulamakta olup (Tablo 26), plajiyoklaslarda gözlenen zonlanma, elek dokusu, kemirilme, hornblend ve biyotitlerde gözlenen opaklaşma ve bozunma yapılarının volkanitlerin gelişiminde magma karışımının etkili olduğuna işaret ettiğini belirtmektedirler (Aliyazıcıoğlu ve Arslan, 1998; Arslan ve Aliyazıcıoğlu, 2001).

Kuzey zonda, Trabzon ve Tonya çevresinde yüzeyleyen volkanitler; alkali bazalt, tefrit, fonolitik tefrit, bazanit, aglomera ve tüflerinden oluşmaktadır ve bu kayaçlar genelde mikrolitik porfirik ve hyaloporfirik doku göstermektedir (Arslan ve diğ., 2000)(Tablo 26). Petrografik incelemeler iki farklı mineral topluluğunun varlığını göstermiştir. Bu nedenle volkanitler daha önceki çalışmalarda (Arslan ve diğ., 1997; Şen ve diğ., 1998) Trabzon ve Tonya grubu olarak ikiye ayrılmıştır. Bütün kayaçlarda karakteristik olarak halkalı ve sektör zonlanması gösteren iri ojit ($Wo_{44-46}En_{36-38}Fs_{14-16}$) kristallerinin gözlendiği vurgulanmaktadır. Olivin (Fo_{90-92}) mineralinin genellikle Tonya grubundaki kayaçlarda, özşekilli analsim (lösitin alterasyonu olarak), nefelin ve sanidin minerallerinin ise Trabzon grubu kayaçlarında yaygın olarak gözlendiği belirtilmekte olup, kayaçlarda bunlardan başka plajiyoklas (An_{52-65}), apatit ve Fe-Ti oksitlerin yer aldığını, ikincil mineral olarak da zeolit ve kalsit gözlendiğini ifade etmektedirler (Arslan ve diğ., 2000). Trabzon volkanitlerinin karakteristik bir özelliği de, değişik boyut ve mineralojiye sahip kümülat karakterli (cognate) ksenolit içermesidir (Şen, 2000).

İkizce (Ordu) yöresindeki volkanitler ise; çoğunlukla andezit, andezit porfir ve piroklastitleri ile daha az oranlarda bazalt, bazaltik andezitlerden oluşmaktadır. Bu kayaçlar porfirik, mikrolitik porfirik, hyalomikrolitik porfirik, hyalopilitik, entersertal, entergranüler, yer yer akıntı ve glomeroporfirik doku göstermektedir. Koçevyanı Bazaltı'nın karakteristik özelliği, iri diyopsit-ojit ($Wo_{44-48}En_{42-43}Fs_{8-12}$) ve olivin (Fo_{82-84}) fenokristalleri içermesidir (Tablo 26). Andezit porfirlerde, halkalı ve karmaşık zonlanma gösteren mega fenokristal plajiyoklas (An_{32-60}) mineralleri ile opaklaşma ve bozunma yapılarının çok iyi gözlendiği biyotit ($Mg^{\#} = 0.48-0.60$) mineralleri oldukça yaygındır. Bu minerallere ayrıca fenokristal olarak plajiyoklas (An_{32-80}), hornblend ($Mg^{\#} = 0.48-0.81$) ve magnetit, tali mineral olarak da apatit ve zirkon eşlik etmektedir.

Kuzey Zon (Trabzon-Tonya) ve Güney Zon (Gümüşhane-Kale)'da incelenen volkanitler ile çalışma alanındaki volkanitlerin petrografik özellikleri karşılaştırıldığında, daha çok Gümüşhane yöresi volkanitleriyle benzerlik gösterdiği görülmektedir (Tablo 26).

Tablo 26. İkizce (Ordu) yöresi volkanitlerinin, Doğu Pontid Güney ve Kuzey zonundaki diğer Tersiyer volkanitleri ile karşılaştırmalı mineralojisi ve petrografisi (Gümüşhane, Trabzon ve Tonya yöresi, Arslan ve diğ. (2001)'den alınmıştır).

	GÜNEY ZON			KUZEY ZON			
	Ordu Yöresi	Gümüşhane Yöresi	Trabzon Yöresi	Tonya Yöresi			
Doku	Porfirik, mikrolitik porfirik, hyalomikrolitik porfirik, hyalopilitik, entersertal, entergranüler, yer yer akıntı ve glomeroporfirik	Mikrolitik porfirik, hyaloporfirik, yer yer akıntı ve glomeroporfirik	Mikrolitik porfirik, hyaloporfirik	Mikrolitik porfirik, yer yer vesiküler			
Mineraloji	Diyopsit-Ojit ($W_o_{44-48} En_{42-43} Fs_{8-12}$) Plajiyoklas (An_{32-80}) Hornblend ($Mg^{\#} 0.48-0.81$) Flogopit ($Mg^{\#} 0.48-0.60$) Olivin (Fo_{82-84}) Magnetit, Apatit, Zirkon	Ojit ($W_o_{27-30} En_{48-50} Fs_{22-24}$) Plajiyoklas (An_{33-75}) Hornblend ($Mg^{\#} 0.78-0.83$) Flogopit ($Mg^{\#} 0.67-0.72$) Kuars, Magnetit	Ojit ($W_o_{44-46} En_{36-38} Fs_{14-16}$) Plajiyoklas (An_{52-65}) Analsim (lösütleme itibaren) Flogopit ($Mg^{\#} 0.55-0.68$) Sanidin, Nefelin, Kankrinit, Apatit, Fe-Ti oksitler	Ojit ($W_o_{40-44} En_{35-40} Fs_{12-16}$) Plajiyoklas (An_{55-62}) Olivin (Fo_{90-92}) Apatit, Fe-Ti oksitler			
Kayaç	Bazaltik andezit, andezit, bazalt ve piroklastitleri	Bazaltik andezit, andezit, bazalt ve piroklastitleri	Alkali bazalt, tefrit, tefritik fonolit, fonolitik tefrit, bazanit ve piroklastitleri	Alkali bazalt ve piroklastitleri			

Kuzey ve Güney Zon volkanitlerinin ana ve iz element içerikleri belirgin bir farklılık göstermektedir. Güney zonu (Gümüşhane-Kale) kayaçların kalkalkali karakterde oldukları ve düşük ve orta derecede K içerdikleri ifade edilmektedir (Arslan ve diğ., 2001). Artan MgO içeriği ile TiO_2 , $Fe_2O_3^*$, CaO, Y ve Ni artarken, SiO_2 , Na_2O ve Al_2O_3 azalmakta olduğu; bu ilişkilerin de kayaçların gelişiminde plajiyoklas, ojit, hornblend ve Fe-Ti oksit fraksiyonlaşmasının etkin olduğuna işaret ettiği vurgulanmaktadır. Bunun yanı sıra, bazı elementlerde gözlenen düzensiz dağılımların, magma karışımı ve asimilasyon olaylarının da bu volkanitlerin kimyasında etkili olduklarını belirtmişlerdir (Arslan ve diğ., 2001).

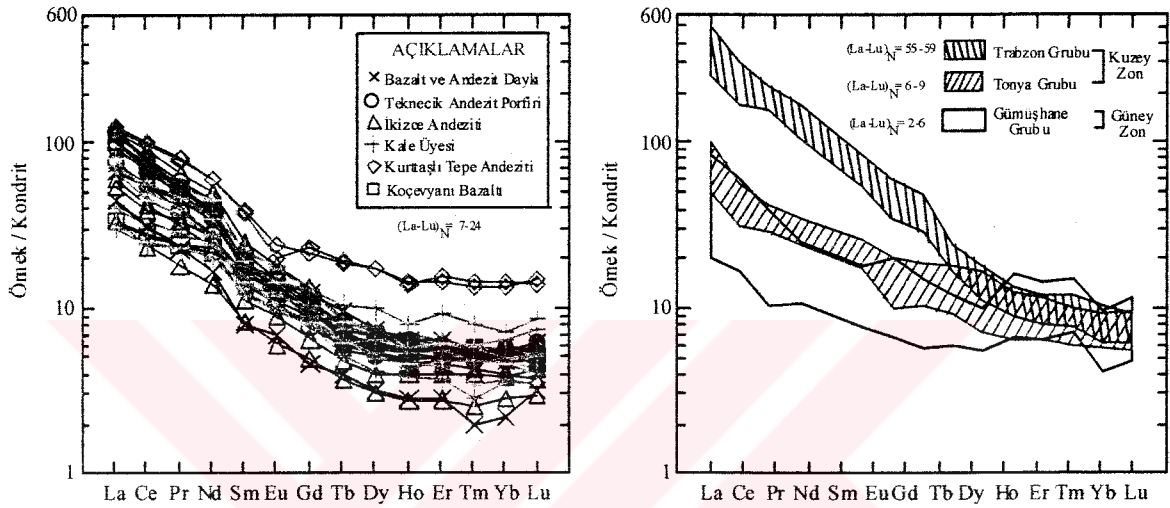
Kuzey zonda Trabzon ve Tonya yöresi volkanitlerinde de belirgin farklılıklar vardır. Trabzon grubunun, Tonya grubuna göre daha alkali karakterde olduğunu belirten önceki çalışmacılar (Arslan ve diğ., 1997; Şen ve diğ., 1998; Arslan ve diğ., 2001), Trabzon grubunun yüksek K_2O zenginleşmesi gösterdiğini, Tonya grubunun ise yüksek MgO içeriğine sahip olduğunu ve artan MgO içeriğine karşı, K_2O , Na_2O , Al_2O_3 ve SiO_2 'de azalma, $Fe_2O_3^*$ de ise artma gözlendiğini ifade etmişlerdir.

İkizce (Ordu) yöresindeki volkanik kayaçlar kalkalkalen karakterli olup, genellikle orta derecede K_2O içermektedir. Ana ve iz elementler SiO_2 karşı çok iyi korelasyon göstermektedirler. 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 artma söz konusudur. bu ilişkilerde kayaçların gelişiminde klinopiroksen, hornblend, plajiyoklas, magnetit ve apatit farksiyonlaşmasının etkili bir şekilde rol oynadığını göstermektedir.

Gümüşhane volkanitlerinin, yüksek büyük iyon yarıçaplı litofil element (Ba, Rb, Sr) ve hafif nadir toprak element (La, Ce) içeriklerine, fakat düşük Nb, Zr, Y içeriklerine sahip olduğunu, iz element dağılımlarının genel olarak E-Tipi MORB'lara benzerlik sunduğunu, fakat kayaçların pozitif Sr, K_2O ve Rb ile negatif Zr, TiO_2 ve Y anomalileri gösterdiğini ifade eden araştırmacılar (Arslan ve Aliyazıcıoğlu, 2001; Arslan ve diğ., 2001), Trabzon grubundaki kayaçlarının ise BILE (Sr, Rb, Ba ve Th) ve HNTE (La ve Ce) içeriklerinde fazla artış gösterdiklerini vurgulamışlardır. İncelenen İkizce (Ordu) volkanitleri yüksek Sr, K_2O , Rb, ve Ba içeriklerine, düşük Nb, Zr ve TiO_2 içeriklerine sahip olup, bunların iz element dağılımları E-Tipi MORB'a daha çok benzerlik göstermektedir.

Güney zonu volkanitlerinin kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılımlarının birbirine paralellik gösterdiğini, bunlarında $(La-Lu)_N = 2-6$ arasında olan orta derecede NTE zenginleşmesini ifade ettiğini belirten Arslan ve diğ.(2001), Trabzon grubunun çok kuvvetli bir NTE zenginleşmesi $(La-Lu)_N = 55-59$ gösterdiklerini, Tonya

grubunun ise NTE dağılımlarının $(La-Lu)_N = 6-9$ Gümüşhane volkanitlerine benzerlik sunduklarını belirtmişlerdir (Şekil 85). İnceleme alanında (Ordu-İkizce) yüzeylenen volkanitlerin NTE dağılımlarının birbirine paralellik gösterdikleri açıkça görülmektedir. Ayrıca kayaların $(La-Lu)_N = 7-24$ arasında değişmekte olup, orta derecede bir REE zenginleşmesine sahiptirler (Şekil 85). İncelenen volkanik kayaların genel jeokimyasal özellikleri, daha çok Güney zonu Gümüşhane yöresi volkanitlerine benzerlik göstermektedir (Şekil 85).



Şekil 85. İkizce (Ordu) volkanitleri (a) ile Kuzey (Trabzon ve Tonya) zonu ve Güney (Gümüşhane) zonu (b) volkanitlerinin karşılaştırmalı NTE dağılımları (Kuzey ve Güney zonu, NTE dağılımları, Arslan ve diğ. (2001)'den alınmıştır).

Doğu Pontid Kuzey ve Güney zonunda yer alan volkanitlerin petrojenetik özelliklerine bakıldığında, ana ve iz element karakteristikleri genel olarak yay volkanitlerine benzemektedir. Bu karakteristikler, belirgin negatif Nb, Zr ve P anomalisi yüksek büyük iyon yarıçaplı element (BILE) / yüksek alan enerjili litofil element ve yüksek Ba/Zr oranları şeklindedir (Arslan ve diğ., 2001). Önceki çalışmalara göre, Ba/La oranı Gümüşhane volkanitleri için 20-48, Tonya grubu için 1-17 arasındadır (Arslan ve diğ., 2001). İnceleme alanındaki (İkizce-Ordu) volkanik kayaların Ba/La oranı ise 20-85 arasında değişmektedir. Bu verilere göre Gümüşhane ve İkizce yöresindeki volkanitler ile Tonya grubunun Ba/La oranı, tipik ada yayı volkanitlerine benzerlik sunmaktadırlar. Ancak Trabzon grubunun Ba/La oranı, tipik ada yayı bazaltik kayalarından daha düşük fakat, okyanus adası bazaltlarınıninkine daha yakındır (Arslan ve diğ., 2001).

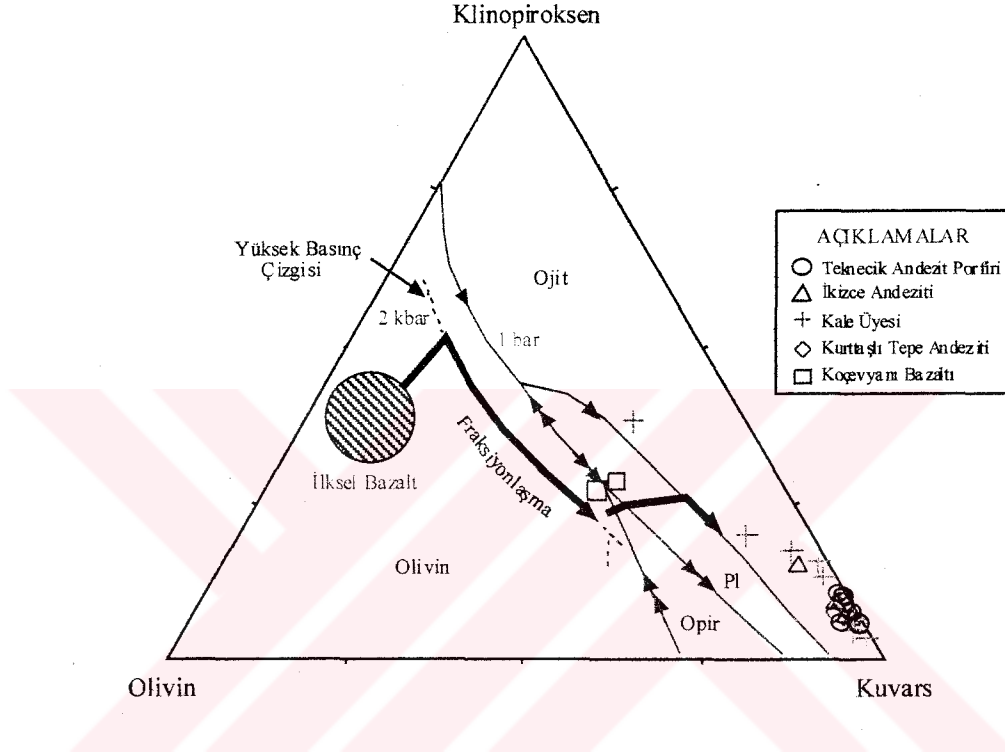
Yüksek BILE (Ba, Sr, Rb) ve HNTE (La, Ce), düşük Nb, Zr ve Y içeriklerine sahip olan güney zonu volkanitlerinin, tipik yitim ilişkili yay gerisinde oluşmuş kalkalkalen

volkanizma özelliği gösterdikleri ve Albo-Senomaniyen'den Kampaniyen'e doğru kuzeyden güneye göç eden volkanizmanın Paleosen-Eosen'deki devamı olduğu; buna karşın Kuzey zonu volkanitlerinin BILE ve NTE'ce zenginleşmiş ve negatif Ta,Nb,P,Zr,Ti ve Y anomalileri gösterdiklerinden dolayı bunların yiten bir plakanın dehidratasyonu sonucu metazomatizmaya uğramış bir mantodan itibaren oluştuğu belirtilmiştir (Arslan ve diğ., 2001). Ayrıca Kuzey zonu volkanitlerinin, metazomatize olmuş spinel-lerzolitik bir kaynak bölgesinden %5-10'luk bir kısmi ergime sonucu türeyebileceği de ileri sürülmüştür (Şen ve diğ.,1998). Bunların yanında düşük MgO ve Ni içerikleri ve hematit-magnetit tamponuna yakın demir redoks değerleri, sığ derinlerde gelişen fraksiyonlaşma ve asimilasyon olaylarının volkanitlerin kimyasını belirlediği vurgulanmıştır (Arslan ve diğ.,2001). Tonya ve Trabzon grubundaki kimyasal değişimler, kaynak bölgesindeki kısmi ergime derecesindeki farklılık (Arslan ve diğ.,1997) fraksiyonlaşma, asimilasyon ve magmaların farklı derinliklerde diferansiasyonu (Şen ve diğ.,1998) gibi olaylarla açıklanabilir. Tonya grubu ise polibarik kristallenme şartlarına işaret eder (Arslan ve diğ.,1997). Ayrıca Trabzon grubunda yaygın olarak bulunan kümülat karakterli (cognate) ksenolitler yüksek ve düşük seviyedeki fraksiyonlaşmayı belirtmektedir (Şen,2000).

İnceleme alanındaki (İkizce-Ordu) volkanitlerinin yüksek Sr, K₂O, Rb, Ba ve düşük Nb, Zr ve TiO₂ içeriklerine sahip olmalarından dolayı, Gümüşhane yöresindeki volkanitlere benzerlik göstermekte olup, yitim ile ilişkili yay gerisinde oluşmuş kalkalkalen volkanizma özelliği göstermektedirler. Ayrıca bu volkanik kayaların yüksek BILE (Rb, Ba, Sr, K₂O) içerikleri ile düşük Nb, Zr, TiO₂ ve Y içeriklerine sahip olması, bunların yiten bir plakanın dehidratasyonu sonucu metazomatizmaya uğramış zenginleşmiş bir manto kaynağının varlığına da işaret etmektedir. Bunların yanı sıra, volkanik kayalardaki kimyasal değişiklikler, kaynak bölgesindeki kısmi ergime, fraksiyonlaşma, asimilasyon ve magma karışımı gibi olaylarla açıklanabilir.

Doğu Pontid Güney zonunda yer alan İkizce (Ordu) yöresindeki volkanik kayaların, ana oksit içeriklerinden faydalanarak Grove ve diğ. (1982)'ne göre hesaplanan olivin, klinopiroksen ve kuvars içerikleri, kalkalkalen sistemler için geliştirilen Ol-Kpir-K üçgen diyagramına aktarılarak, incelenen volkanitlerin kristallenme koşulları irdelenmiştir. Bu diyagrama göre (Grove ve Kinzler, 1986), volkanitlerin ilksel bileşimini temsil eden magma yüksek basınçta (~2 kbar), olivin+ojit kontrollü (Frey ve diğ., 1978; Grove ve Kinzler, 1986) fraksiyonlaşmaya uğrayarak Koçevyanı Bazaltı oluşmuştur. Daha sonra magma sığ derinliklerde düşük basınçta (~1 bar), ojit + hornblend ± plajiyoklas kontrollü

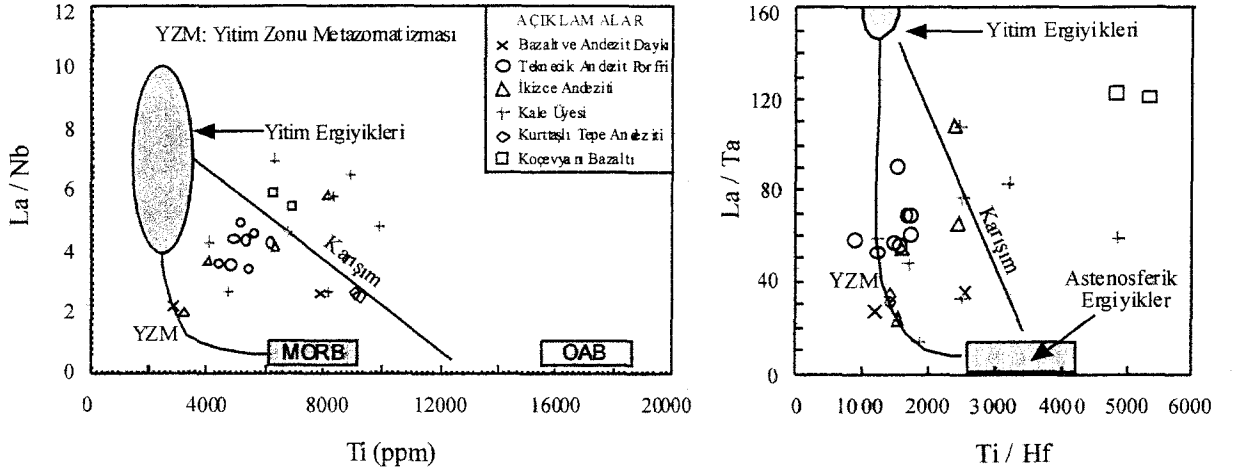
fraksiyonlaşmaya uğrayarak andezitik volkanitler oluşmuştur (Şekil 86). Bazı iz elementler olivin, ojit, plajiyoklas veya hornblend fraksiyonel kristallenmesi esnasında önemli derecede farklılaşmazlar; bu nedenle, iz elementler arası oranlar (örneğin; Zr-Nb, Th-Nb, Nb-Ta, Ti-Hf) gelişmiş magmaların köken karakteristiklerini ortaya koymak için kullanılabilir (Frey ve diğ., 1978; Le Roex ve diğ., 1981; Thrilwall ve diğ., 1994; Pearce ve Peate, 1995).



Şekil 86. İkizce (Ordu) yöresi volkanik kayalarının Ol-Kpir-K üçgen diyagramı (Grove ve Kinzler, 1986).

İnceleme alanındaki volkanik kayalara ait La/Nb oranı yaklaşık 2-7 arasında olup, küçük bir aralıkta değişim göstermektedir (Şekil 87). Ti (ppm) karşı La/Nb diyagramında örnekler yitim ve astenosferik ergiyiklerin karışımını gösteren doğru üzerinde yer almaktadırlar. Bu da incelenen volkanitlerin, yitim ve astenosferik ergiyiklerin karıştığı zenginleşmiş bir köken magmadan türeyebileceklerini açıklamaktadır (Şekil 87). Ta/Hf karşı La/Ta grafiğinde ise, Koçevyanı Bazaltı'na ait kayaların çok yüksek Ti (6800-6900 ppm), çok düşük Hf (1.3 ppm) içermeleri, bunların farklı bir alanda yer almasına yol açmıştır. Diğer andezitik bileşimli örnekler ise yer yer yitim ve astenosferik ergiyiklerin karışımını gösteren doğru üzerinde ve yer yer de yitim zonu metazomatizması eğrisi üzerinde yer almaktadır (Şekil 87). Eğer aşırı derecede diferansiyasyona uğramış andezitik bileşimli kayalar göz önünde bulundurulmaz ise, bu diyagram kayaların yine yitim ve

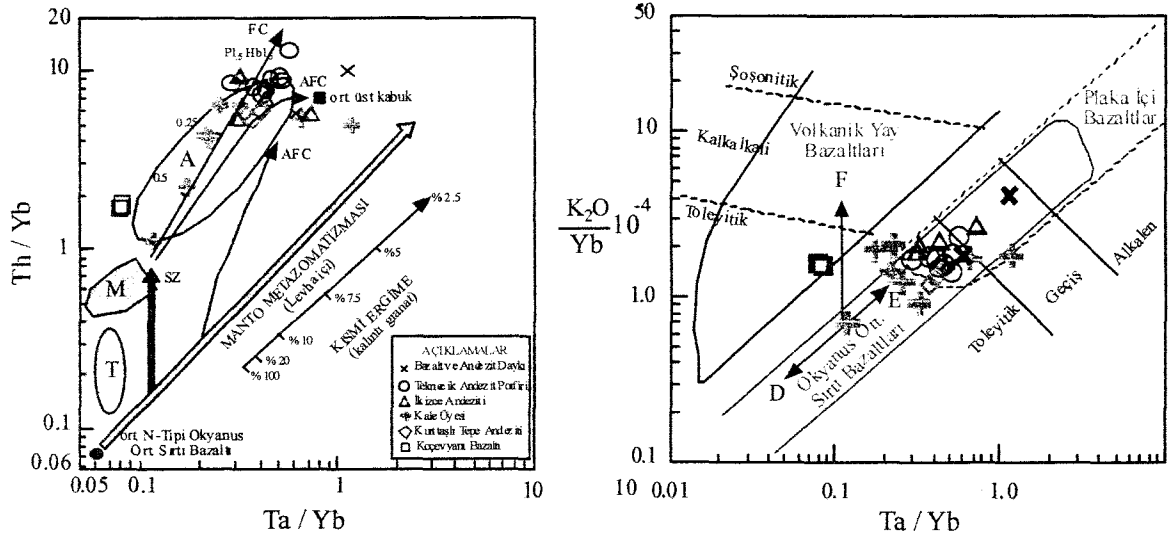
astenosferik ergiyiklerin karıştığı zenginleşmiş bir köken magmadan türeyebileceklerini göstermektedir (Şekil 87).



Şekil 87. İkizce (Ordu) yöresi volkanik kayaların Ti (ppm) karşı La/Nb diyagramı ve Ti / Hf karşı La / Ta diyagramları. Yitim ergiyiklerini içeren alan, Schiano ve diğ. (1995) ve Yogodzinski ve diğ. (1995); MORB ve OAB alanları ise, Sun ve McDonough (1989)'dan alınmıştır.

Ta/Yb karşı Th/Yb grafiği (Şekil 88a), kayaların gelişiminde, fraksiyonel kristallenme (FC) ve asimilasyon + fraksiyonel kristallenme (AFC)'nin rol oynadığını ve kayaların yitim zonu ile ilişkili olduklarını göstermektedir (Şekil 88a). Ayrıca İkizce (Ordu) volkanitlerinin And Tipi volkanitlerle benzerlik gösterdiği gözlenmektedir (Şekil 88a). Ta/Yb karşı $(K_2O/Yb) \times 10^{-4}$ grafiğinde (Şekil 88b) ise Koçevyanı Bazaltı'na ait örnekler Volkanik Yay Bazaltları, diğer andezitik örnekler ise Okyanus Ortası Sırtı Bazaltları alanına düşmektedir. Andezitik bileşimli kayaların bu alana düşmesinin nedeni K_2O 'nun hareketli olmasından kaynaklanmaktadır (Şekil 88b).

Sonuç olarak; yüksek BILE (Sr, K_2O , Rb, Ba) ve HNTE (La, Ce) ile düşük Nb, Zr, Y ve TiO_2 içerikleri kayaların; yitim ve astenosferik ergiyiklerin karıştığı zenginleşmiş bir köken magmadan türediği göz önünde bulundurulursa, Koçevyanı Bazaltı'nın yüksek basınçta (~2 kbar) olivin+ojit kontrollü fraksiyonlaşmayla, andezitik kayaların ise daha sığ derinliklerde düşük basınçta (~1 bar) ojit + hornblend ± plajiyoklas kontrollü fraksiyonlaşma ve asimilasyon ± magma karışımıyla oluştuğunu söylemek mümkündür.



Şekil 88. İkiizce (Ordu) yöresi volkanik kayaların Ta/Yb karşı Th/Yb (a) ve Ta/Yb karşı $(K_2O/Yb) \cdot 10^{-4}$ (b) diyagramları (Pearce ve diğ., 1983). FC (Fraksiyonel kristallenme), AFC (Asimilasyon+fraksiyonel kristallenme), SZ (Yitim zonu), E (zenginleşme), D (azalma), F (akma) ve manto metazomatizmasını gösterir vektörler Pearce ve diğ.(1990)'den, Alanlar; T(Tonga tipi), M (Marianas tipi) ve A (And tipi) Pearce (1983)'den alınmıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

1-Doğu Pontid Güney Zonu, İkizce (Ünye-Ordu) yöresinde yer alan inceleme alanının 1/25 000 ölçekli jeoloji haritası ve kesitleri ile örnek alım haritası yapılmıştır.

2-İnceleme alanında; Akveren Formasyonu'nun Tekkiraz Üyesi, Koçevyanı Bazaltı ve Çaybaşı Üyesi, Kurttaşlı Tepe Andeziti, Kale Üyesi, İkizce Andeziti ve Tekneçik Andezit Porfiri'nden oluşan Tekkeköy Formasyonu olmak üzere yedi birim ayırt edilmiştir.

3-İncelenen volkanitlerin yerleşiminde bölgedeki paleo-kırık sistemlerinin etkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca arazi gözlemleri (volkanitlerin yayılımı, debi, yapı ve morfolojik özellikleri) muhtemel ana bir çıkış merkezinin (bir kaldera yapısının) varlığına işaret etmektedir.

4-İncelenen volkanik kayalar; genellikle andezit, andezit porfir ve piroklastitlerinden daha az oranda ise bazalt ve bazaltik andezitten oluşmakta olup, genelde porfirik, mikrolitik porfirik, hyalomikrolitik porfirik, hyalopilitik yer yer de entersertal, entergranüler, akıntı ve glomeroporfirik doku göstermektedir.

5-Volkanik kayalar çoğunlukla klinopiroksen ($Wo_{44-48}En_{42-48}Fs_{8-12}$), plajiyoklas (An_{32-50}), olivin (Fo_{82-84}), hornblend ($Mg^{\#} = 0.48-0.81$), biyotit ($Mg^{\#} = 0.48-0.60$), daha az oranda da magnetit, apatit ve zirkondan oluşmaktadır.

6- Volkanitlerde magma karışımını gösteren dengesizlik dokuları bol olarak gözlenmekte olup, bunlar plajiyoklas fenokristallerindeki halkalı zonlanma, elek dokusu, kemirilme; hornblend ve biyotitlerdeki opaklaşma ve bozunma, klinopiroksenlerdeki kemirilme yapılarıdır.

7- Volkanik kayalar, genel olarak kalkalkali ve toleyitik-alkali geçişli olup, orta derecede K içerirler. 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 içeriklerine sahiptirler.

8- Ana ve iz element değişimleri, volkanitlerin gelişiminde klinopiroksen, olivin, hornblend, plajiyoklas, magnetit ve apatit fraksiyonlaşmasının etkili olduğuna işaret etmektedir.

9-Volkanik kayaların petrolojik özellikleri incelendiğinde, bunların gelişiminde özellikle fraksiyonel kristallenmenin ve magma karışımının etkili olduğunu ve daha az oranda da asimilasyon ve kısmi ergimenin rol oynadığını göstermektedir.

10-Yüksek BILE (Sr, K₂O, Rb, Ba) ve HNTE (La, Ce) ile düşük Nb, Zr, Y ve TiO₂ içerikleri kayaçların; yitim ve astenosferik ergiyiklerin karıştığı zenginleşmiş bir köken magmadan türediğine, Koçevyanı Bazaltı'nın yüksek basınçta (~2 kbar) olivin+ojit kontrollü fraksiyonlaşmayla, andezitik kayaçların ise daha sığ derinliklerde düşük basınçta (~1 bar) ojit + hornblend ± plajiyoklas kontrollü fraksiyonlaşma ve asimilasyon ± magma karışımıyla oluştuğunu açıklamaktadır.

11-İkizce (Ünye-Ordu) yöresindeki volkanik kayaçlar, Doğu Pontid Kuzey zonu (Trabzon ve Tonya yöresi) ve Güney Zonu'nda (Gümüşhane-Kale yöresi) yer alan diğer volkanik kayaçlar ile stratigrafik, petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özellikleri açısından karşılaştırıldığında, daha çok Güney zonu (Gümüşhane-Kale yöresi) volkanitlerine benzerlik gösterdikleri belirlenmiştir.

12-İkizce (Ünye-Ordu) volkanitleri, Güney Zonu (Gümüşhane-Kale yöresi) Tersiyer volkanitlerinin devamı olarak düşünülmektedir. Bu bakımdan Doğu Pontid Kuzey ve Güney Zon sınırının batı ucunun bir yay şeklinde Ünye-Ordu yöresinden geçtiği söylenebilir.

6. KAYNAKLAR

Aliyazıcıoğlu, İ., 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.

Altunkaynak, Ş, Yılmaz, Y., 1998, The Mount Kozak Magmatic Complex, Western Anatolia, Journal of Volcanology and Geothermal research, 85, 211-231.

Arculus, R. J., Powell, R., 1986, Source component mixing in the regions of arc magma generation. J. Geophys. Res. 91, 5913-5926.

Arslan, M., Tüysüz, N., Korkmaz, S., Kurt, H., 1997, Geochemistry and Petrogenesis of the Eastern Pontide Volcanic Rocks, Northeast Turkey. Chemi der Erde 57, 157-187.

Arslan, M., 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, Ankara, 182.

Arslan, M., Kurt, H., Kayabalı, İ., 1998, Evidence on mixing of mantle and crustal derived magmas in Bodrum (Muğla) area volcanic rocks, Southwest Turkey. Mineralogical Magazine, 62A, 1, 75-76.

Arslan, M., Şen, C., Aliyazıcıoğlu, İ., Kaygusuz, A., Aslan, Z., 1999, Trabzon ve Gümüşhane yörelerinde (KD Türkiye) yüzeylenen Eosen (?) volkanitlerinin karşılaştırmalı jeolojisi, mineralojisi ve petrolojisi, Cumhuriyetin 75. Yıldönümü Yerbilimleri ve Madencilik Kongresi Bildiri Özleri Kitabı, Ankara, I, 39-53.

Arslan, M., Aslan, Z., Şen, C., Hoskin, P., 2000, Constraints 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), sy. 157-158.

Arslan, M., Aslan, Z., Şen, C., 2001, Diverse evolutionary paths in Southern and Northern Zone Eocene granitic intrusions of Eastern Pontide Paleo-Arc Setting, NE Turkey, Bulletin of Geological Survey of Finland (baskıda).

Arslan, M., Aliyazıcıoğlu, İ., 2001, Geochemical and Petrological Characteristic of the Kale (Gümüşhane) Volcanic Rock: Implications for the Eocene Evolution of Eastern Pontide Arc Volcanism, Northeast Turkey. International Geology Review, v. 43, p. 595-610.

Aslan, Z., Arslan, M., Şen, C., 1999, doğu pontidlerin kuzey ve güney zonlarında yüzeylenen Eosen yaşlı granitik sokulumların karşılaştırmalı jeolojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri, 52. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler Kitabı, 223-230.

Aydın, F., Şen, C., Sadıklar, M. B., 1997, Paleozoik yaşlı Gümüşhane Granitoidi içindeki kalk-alkalen lamprofirlerin jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal özellikleri, Ç.Ü. Jeoloji Müh. 20. Yıl Sempozyumu, Bildiri Özleri Kitabı, s.193-194.

Aydın, F., Karslı, O., Sadıklar, M.B., Alterr, R., 2001, Mineralogy and Chemical Characteristics of the sector and Oscillatory Zoned Diopsides from Pliocene Alkaline Volcanic Suites, South of Trabzon / NE-TURKEY. Beifte Zum E. J. M., 13, 17.

Bacon, C.R., Hirschmann, M. M., 1988, Mg/Mn partitioning as a test for equilibrium between coexisting Fe-Ti oxides. Am.Min., 73, 57-61.

Baker, D.R., Eggler, D.H., 1983, Fractionation paths of Atka (Aleutians) high-alumina basalts: constraints from phase relations, J.Volcanol. Geotherm. Res., 18, 387-404.

Bektaş, O., Van, A., Boynukalın, S., 1987, Doğu Pontidler'de (Kd-Türkiye) Jura Volkanizması ve Jeotektoniği, Türkiye Jeoloji Bülteni, 30, 9-18.

Bektaş, O., Yılmaz, C., Taslı K., 1996, Doğu Pontid Yay Gerisi Havzasında Derin Yayılma Çukurlarının Oluşumu (KD Türkiye): Neo-Tethis'in Pasif Kıta Kenarı Evrimi, K.T.Ü. Jeoloji Müh. Böl. 30. Yıl Semp. Bild. Cilt 1, 263-273.

Bektaş, O., Aslan, Z., Köprübaşı, N., Arslan, M., 1997, Bayburt-Kelkit havzasında Mesozoyik volkanizmasının zaman içindeki evrimi: Doğu Pontid magmatik yayının yay-gerisi magmatizması (KD Türkiye), Ç.Ü. Jeoloji Müh. Eğt. 20.Yılı Sempozyumu Bildiri Özleri, Adana, 123-124.

Blumenthal, M., 1950, Orta ve Aşağı Yeşil Irmak Bölgelerinin (Tokat, Amasya, Havza, Erbaa, Niksar) Jeolojisi Hakkında Rapor. Jeolojik Harita Materyalleri. MTA yayını., D serisi, No: 4, Ankara.

Blundy, J.D., Holland, J.B., 1990, Calcic amphibole equilibria and a new amphibole-plagioclase geothermometer. Contr.Min. Petrol.,104, 208-224.

Cabanis, B., Lecolle, M., 1989, Le diagramme La/10, Y/15, Nb/8: un pour la discrimination des series volcaniques et la mise en evidence des procussus de melanges et/ou de contamination crustale, C.R. Acad. Sci., 309, 2023-2029.,

Chawthorn, R.G., O'Hara, M.J., 1976, Amphibole fractionation in calkalkaline magma genesis, Am. J. Sci., 276, 309-329.

Cox, K.G., Hawkesworth, C.J., 1985, Chemical stratigraphy of the Deccan traps at Mahabaleshwar, Western Ghats, India, with implications for open system magmatic processes, J. Petrol., 26, 355-377.

Çınar, S., Yazıcı, E.N., 1987, Doksanbir, T., Boğuşlu, M., Genç, İ., Yıldırım, K., Ordu-Ulubey-Perşembe-Fatsa yörelerinin jeolojisi ile maden zuhurlarına ilişkin rapor, MTA yayını, Ankara.

Çınar, S., Çekiç, Y., Akıncı, S., Türkmen, İ., Boğuşlu, M., Özdoğan, K., 1988, Ordu-Fatsa-Ünye-Tekiraz-Cilader Yörelerinin Jeolojisi ile ilgili maden zuhurlarına ilişkin 1/25 000 ölçekli jeoloji raporu, Ankara.

Çınar, S., diğ., 1989, Ordu-Kumru-Korgan-Aybastı-Akkuş ve Tokat-Niksar civarının maden jeolojisi raporu: MTA Derl. Rap. No: 8888, Ankara.

Deer, W. A., Howie, R. A., Zussman, J., 1992, An Introduction to the Rock-Forming Minerals. Longman, London, 696p.

De Paolo, D.J., 1981, Trace element and isotopic effects of combined wall-rocks assimilation and fractional crystallization. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 53, 189-202.

Defant, M. J., Maury, R. C., Ripley, E. D., Feigenson, M. D., Jacques, D., 1991, An example of island-arc petrogenesis: geochemistry and petrology of the southern Luzon arc, Philippines. *J. P.*, 32, 455-500.

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, 1984, Ortalama Exterm Sıcaklık ve Yağış Değerleri Bülteni, Ankara.

Dymek, R. F., 1983, Titanium, aluminum and interlayer cation distributions in biotite from high-grade gneisses, West Greenland. *Am. Min.*, 68, 880-899.

Edwards, C., Menzies, M., Thirlwall, M., 1991, Evidence from Muriah, Indonesia, for the interplay of supra-subduction zone and interplate processes in the genesis of potassic alkaline magmas: *Journal of Petrology*, v. 32, p. 555-592.

Eggler, D.H., 1972b, water-saturated and undersaturated melting relations in a Paricutin andesite and an estimate of water contents in the natural magma. *Cont. Min.Pet.*, 34, 261-271.

Eichelberger, J.C., 1978, Andesitic Volcanism and Crustal Evolution, *Nature*, 275, 21-27.

Erkan, Y., 1978, Kayaç oluşturan önemli minerallerin mikroskopta incelenmeleri. Hacettepe Üniversitesi yayımları, A/26.

Ewart, A., 1982, The mineralogy and petrology of Tertiary Recent orogenic volcanic rocks: with special reference to the andesitic-basaltic compositional range. In: Thorpe, R.S. (eds) *Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks*. John Wiley, New York, 29-95.

Floyd, F., Winchester, J., 1975, Magma Type and Tectonic setting Discrimination Using Immobile Elements, *Earth Planet, Sci. Lett.*, 27, 211-218.

Floyd, P.A., Shail, R., Leveridge, B.E., Franke, W., 1991b, Geochemistry and provenance of Rhenohercynian synorogenic sandstones: implications for tectonic environment discrimination. In: Morton, A.C., Todd, S., Haugton, P.D.W. (eds) *Geol. Soc. London Spec. Publ.*, 57, 173-188.

Frey, F., Green, D., Roy, S., 1978, Integrated models of basalt of petrogenesis, a study of quartz tholeiites to olivine melilitites from south Australia utilizing geochemical and experimental petrological data, *J. Petrol.*, 19, 463-513.

- Folk, R. L., 1962, Spectral Subdivision of Limestone Types in W.E. Ham. (Ed.) Classification of Carbonate Rocks, AAPG Bull., 1, 62-82.
- Fuhrman, m. L., Lindsley, D. H., 1988, Ternary-feldspar modelling and thermometry. Am. Min., 73, 201-215.
- Gedik, A., Korkmaz, S., 1984, sinop havzasının jeolojisi ve petrol olanakları. Jeoloji Mühendisliği, 19, 53-79.
- Gediklioğlu, A., diğ., 1982, A paleocaldera in Gököy (Ordu) region and its relation with the mineralization (in Turkish), K.T.Ü. Yer Bil. Der., Jeol., 2, 117-130.
- Gerlach, D., C., Grove, T., L., 1982, Petrology of Medicine Lake Highland voklanics, characterization of end members of magma mixing, Cont. Min. Petrol., 80, 147-159.
- Gill, J.B., 1978, Role of trace element partition coefficients in models of andesite genesis, Geochim. Cosmochim. Acta, 42, 709-724.
- Gill, J.B., 1981, Orogenic Andesites and Plate Tectonics, Springer, Berlin, 390p.
- Göksu, E., 1974, 1/500 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Samsun Paftası açıklaması, MTA yayını, Ankara.
- Green, T. H., 1982, Anatexis of mafic crust and high pressure crystallization of andesite. In: Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks (R. S. Thorpe ed.), Chichester, Wiley, 465-487.
- Grove, L., Gerlach, D., Sando, T., 1982, Origin of cal-calkaline lavas at Medicine Lake volkano By fractionation, assimilation and mixing, Cont. Min. Petrol., 80,160-182.
- Grove, L., Donnely-Nolan, J., 1986, The evolution of young silisic lavas of Medicine Lacc volcano, California, implications for the origin of compositional gaps in cal-calkaline series lavas, Cont. Min. Petrol., 92, 281-302.
- Grove, L., Kinzler, R. J., 1986, Petrogenesis of andesites, Ann. Rev. Earth Planet. Sci., 14, 417-454.
- Gust, D. A., Perfüt, M. R., 1987, Phase Relations of a High-Mg Basalt from tje Aleution Island Arc: Implications for Primary Island Arc Basalt and High-Al Basalts. Cont. Min. Petrol., 97, 7-18.
- Gürel, A., 1999, Paleosen-Eosen yaşlı resifal karbonat ve kırıntılı kayaç birikimlerine bir örnek (Yavuzlu, Ordu), 52. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildirileri Kitabı, Ankara, s:287-294.
- Güven, İ. H., Nalbantoğlu, A. K., Takaoğlu, S., 1993, 1/100 000 Ölçekli Açınısama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi Trabzon F43 ve G43 Paftaları, MTA, Ankara.
- Hakyemez, Y., Yetkin, F., Erkal, T. Karabıyıklıoğlu, M., Mengi, H., 1989, Çarşamba (Samsun) dolayının jeolojisi: MTA Derl. Rap. No: 8895, Ankara.

Hammarstrom, J.M., Zen, E., 1986, Aluminum in hornblende: An Empirical Igneous Geobarometer, *American Mineralogist*, 71, 1297-1313.

Hart, S.R., Erlant, A. J., Kable, E. J. D., 1974, Sea floor basalts alteration: some chemical and Sr isotopic effects. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 44, 219-230.

Hellman, P.L., Smith, R. E., Henderson, P., 1979, The mobility of the rare earth elements: evidence and implications from selected terrains affected by burial metamorphism. *Cont. To Min. And Pet.*, 71, 23-44.

Holland, T. J. B, Blundy, J. D., 1994, Non-ideal interactions in calcic amphiboles and their bearing on amphibole-plagioclase thermometry. *Cont. to Min. and Pet.* 116, 433-447.

Holland, T. J. B, Blundy, J. D., 2000, Hornblende-ganet-plagioclase thermobarometry: a natural assemblage calibration of the thermodynamics of hornblende. *Cont. to Min. and Pet.* 140, 353-362.

Hollister, L.S., Gancarz, A.J., 1971, Compositional Sector-Zonning in Clinopyroxene from the Naree Area, Italy. *Am. Min.*, 56, 959-979.

Hollister, L. S., Grisson, G. C., Peters, E. K., Stowell, H. H., Sisson, V. B., 1987, Confirmation of The Empirical Calibration of Al in Hornblende with Pressure of Solidification of Calc-alkaline Plutons, *Am. Mineral.*, 72, 231-239.

Hoskin, P.W.O, Arslan, M., Aslan, Z., 1998, Clinopyroxene phenocryst formation in an alkaline magma: Interpretations from oscillatory zoning, *Mineralogical Magazine*, 62A, 2, 653-654.

Hoskin, P.W.O., Wysoczanski, R. J., 1998, In situ accurate and precise lead isotopic analysis of ultra-small analyte volumes ($10\text{-}16\text{m}^3$) of solid inorganic samples by high mass resolution secondary ion mass spectrometry: *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, v. 13, p. 597-601.

Hoskin, P.W.O., Yaxley, G.M., Arslan, M., Aslan, Z., 1998, Clinopyroxene phenocrysts in basaltic alkaline magmas: chemical and optical zoning, *Geological Society of New Zealand Miscellaneous Publication 101A*, 124.

Humphris, S. E., Morrison, M. A., Thompson, R. N., 1978, Influence of rock crystallization history upon sub-sequent lanthanide mobility during hydrothermal alteration of basalts. *Chemical Geology*, 28, 125-137.

Innocenti, F., Mazzuoli, C., Pasquare, G., Serri, G., Villari, L., 1980, Geology of volcanic area North of Lake Van, Turkey, *Geol. Rund.*, 69, 292-322

Irvine, T.N., Baragar, W.R.A., 1971, A Guide to the Chemical Classification of Common Volcanic Rocks, *Can. J. Earth Sci.*, 8, 523-548.

Irving, A., 1978, A Review of Experimental Studies of Crystal/Liquid Trace Element Partitioning, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 48, 1201-1221.

Karanis, H.A., 1995, Fatsa-Kumru-Akkuş (Ordu) Yöresi Genel Jeokimya Raporu, MTA, Maden Etüd ve Arama Dairesi, MTA Derleme No:10102, Ankara.

Karshoğlu, O., Aydın, F., Sadıklar, M.B., 2000, Mafic Microgranular Enclaves as Evidence for Interactions of Coeval Felsic and Mafic Magmas: Calc-alkaline Dolek and Sarıççek Plutons (NE TURKEY). Beifte Zum E. J. M., 12, 92.

Kay, R.W., 1980, Volcanic Arc Magmas: Implications of a Melting-Mixing Model for Element Recycling in the Crust-Upper Mantle System, J. Geol., 88, 497-522.

Keskin, İ., Yergök, F. A., Kara, H., Dönmez, M., Arslan, M., 1998, Ünye-Fatsa-Kumru-Korgan (Ordu) dolayının jeolojisi. M.T.A Raporu, J. D. 602, 10182, Ankara.

Ketin, İ., Gümüş, Ö., 1963, Sinop-Ayancık Arasında 3. Bölgeya Dahil Sahaların Jeolojisi Hakkında Rapor. T.P.A.O. raporu, 288 (yayınlanmamış).

Korkmaz, S., 1993, Tonya-Düzköy (GB-Trabzon) yöresinin stratigrafisi: Türkiye Jeoloji Bülteni, 36, 151-158.

Korkmaz, S., Tüysüz, N., Kurt, H., Arslan, M., 1994, Geochemistry and evolution of the volcanism in the Eastern Pontides, NE-Turkey, Mineralogical Magazine, 58A, 49.

Kurt, H., Arslan, M., 1999, Geochemictry and Petrogenesis of Kadihanı (Konya) K-Rich metatrachyandesite: The evolution of Devonian (?) volcanism. Geological Bulletin of Turkey, vol. 42/1, 57-67.

Kurt, H., Arslan, M., 2001, Bodrum (GB Anadolu) volkanik kayaçlarının jeokimyasal ve petrolojik özellikleri: fraksiyonel kristalleşme, magma karışımı ve asimilasyona ilişkin bulgular. Yerbilimleri, 23, 15-32.

Lambert, R.J., Holland, J.G., 1974, Yttrium Geochemistry Applied to Petrogenesis Utilizing Calcium-Yttrium Relationships in Minerals and Rocks. Geochim. Cosmoch. Acta, 38, 1393-1414.

Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A., Hart, S.R., 1978, A general classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram, J. Petrol., 27, 745-750.

Le Maitre, R. W., 1989, A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms. Blackwell, Oxford, 193p.

Leake, B.E., 1978, Nomenclature of Amphhiboles. Am. Min., 63, 1025-1052.

Leake, B.E., 1997, Nomenclature of Amphhiboles: Report of the Subcommittee on Amphhiboles of the International Mineralogical Association Commission on New Minerals and Minerals Names, Eur. J. Mineral., 9, 623-651.

Loomis, T. P., 1982, Numerical simulations of crystallisation processes of plagioclase in complex melts: the origin of major and oscillatory zoning in plagioclase. Contrib. Min. Pet., 81, 219-229.

- Maaloe, S., 1985, Principles of Igneous Petrology. Springer Verlag, Berlin, 374pp.
- Menzies, M., Kyle, P. R., 1990, Continental volcanism: a crust-mantle probe. In: Continental Mantle (M.A. Menzies ed.), Clarendon Press, Oxford, 157-177.
- Middlemost, E.A.K., 1988, Magmas and Magmatic Rocks: An Introduction to Igneous Petrology, Longman and Wiley, New York, 266p.
- Miyashiro, A., 1974, Volcanic Rock Series in Island Arc and Active Continental Margins, Am. J. Sci., 274, 321-355.
- Morimoto, M., 1988, Nomenclature of pyroxenes. Min. Mag., 52, 535-550.
- Mysen, B. O., 1982, The role of mantle anatexis. In: Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks (R. S. Thorpe ed.) Chichester, Wiley, 489-522.
- Nakamura, Y., 1973, Origin of sector-zoning in igneous clinopyroxenes, Am. Min., 58, 986-990
- Nixon, G. T., Pearce, T. H., 1987, Laser interferometry study of oscillatory zoning in plagioclase, the record of magma mixing and phenocryst recycling in calc-alkaline magma chambers, Iztaccihuatl volcano, Mexico, Am. Min., 72, 1144- 1162.
- Özbeşikçi, A., Kırcı, M., Uysal, M., 1981, Ordu – Giresun – Gümüşhane - Samsun yörelerindeki manganez zuhurlarına ait prospeksiyon raporu, MTA. Ankara
- Pearce, J. A., Cann, J. R., 1973, Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. Earth Planet. Sci. Lett., 19, 290-300.
- Pearce, T.H., Gorman, B.E., Bikett, T.C., 1977, The Relationship Between Major Element Chemistry and Tectonic Environment of Basic and Intermediate Volcanic Rocks. Earth Planet, Sci. Lett, 36, 121-132.
- Pearce, T.H., Norry, M., 1979, Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y, Nb variations in volcanic rocks, Cont. Min. Petrol., 69, 33-47.
- Pearce, J.A., 1982, Trace element characteristics of lavas from destructive plate margins. In: Thorpe, R.S. (eds) Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks. John Wiley, New York, 525-548.
- Pearce, J.A., 1983, Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: Hawkesworth, C.J., Norry, M.J. (eds) Continental Basalts and Mantle Xenoliths, Shiva, Cheshire, 230-249.
- Pearce, T.H., Kolisnik, A.M., 1990, Observations of plagioclase zoning using interference imaging, Earth Sci., Rev., 29, 9-26.
- Pelin, S., 1977, Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik İncelenmesi, K.T.Ü. Yayınları, 87, Trabzon.

Perfit, M.R., Gust, D.,A., Bence, A.,R., Arculus, R. J. Taylor, S. R., 1980, Chemical Characteristic of Island-Arc Basalts: Implications for Mantle Sources. *Chem. Geol.*,30, 227-256.

Presnall, D.C., Dixon, S.A., Dixon, J.R., O'Donnell, T.H., Drennes, N.L., Schrick, R.L., 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, *Cont. Min. Petrol.*, 66, 203-220.

Shaw, D. M., 1968, A Review of K-Rb Fractionation Trends by Covariance, Analysis, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 32, 573-602.

Shaw, D. M., 1970, Trace element Fractionation during Anatexis. *Geochim. Cosmochim. Acta* 34, 237-259.

Shelley, D., 1993, Classification, Textures, Microstructures and Mineral Preferred Orientations. In: *Igneous and Metamorphic Rocks Under the Microscope*. New Zeland.

Sounders, A. D., Tarney, J., Weaver, S. D., 1980, Tranverse Geochemical Variations Across the Antarctic Peninsula: Implications for the genesis of Calc Alkaline Magmas. *Earth Planet.Sci. Lett.*, 46, 344-360.

Speer, J. A., 1984, Micas in Igneous Rocks. In: Bailey, S. W. (ed.) *Micas*. *Min. Soc. Am. Rev. Min.*, 13, 299-356.

Stamatelopoluou-Seymour, K., Vlassopoulos, D., Pearce, T. H., 1990, The record of magma chamber processes in plagioclase phenocrysts at Thera Volcano, Aegean Volcanic Arc, Greece. *Contrib. Min. Pet.*, 104, 73-84.

Sun, S., Hanson, G., 1975, Evolution of Mantle, Geochemical Evidence from Alkali Basalt, *Geology*, 3, 297-302

Sun, S., McDonough, W.F., 1989, Chemical and Isotopic Systematics of Oceanic Basalt: Implications for Mantle Composition and Processes In: Saunders, A.D. and Norry, M.J. (eds) *Magmatism in the Ocean Basins*. *Geol. Soc. London Spec. Publ.*, 42, 313-345.

Şen, C., Arslan, M., Van. A., 1998, Doğu Pontid (Kd Türkiye) Eosen (?) Alkalen Volkanik Provensinin Jeokimyasal ve Petrolojik Karakteristikleri, *Tübitak Yayınları, Tr.J. of Earth Sciences*, 7, 231-239.

Şen, C., Kaygusuz, A, 1998, Torul (Gümüşhane) çevresinde yüzeylenen volkanitlerin petrografik ve jeokimyasal özellikleri, 51. *Türkiye Jeol. Kurultayı, Ankara, Bil. Öz.*, 39.

Şen, C., 2000, Petrography, mineralogy and chemistry of ultramafic of nodules from volcanic rocks of Post Eocene age, Eastern Pontide alkaline province (NE, Turkey). *Cumhuriyatın 75. Yıldönümü Yerbilimleri ve Madencilik Kongresi Bild. Kitabı-1*, 55-66.

- Taylor, S., R., McLennan, S., M., 1981, The significant of the rare earths in geochemistry and cosmochemistry, In: Gschneidner, Jr.K.A., Eyring, L. (eds), Handbook on the physics and Chemistry of Rare Earts. Elseiver, 11, 485-450.
- Taylor, S., R., McLennan, S., M., 1985, The continental crust, its composition and evolution, Blackwell, Oxford, 312p.
- Terlemez, İ., Yılmaz, A., 1980, Ünye-Ordu-Koyulhisar-Reşadiye arasında kalan yörenin stratigrafisi: TJK Bülteni, 23/2, 179-192, Ankara.
- Thompson, R.N., Morrison, M.A., Hendry, G.L., Parry, S.J., 1984, An assessment of the relative roles of crust and mantle in magma genesis: An elemental approach. Phil. Trans. R. Soc. London, a310,549-590.
- Tindle, A., Pearce, J., 1983, Assimilation and partial melting of continental crust, evidence of mineralogy and geochemistry of autoliths and xenoliths, Lithos, 16,185-202.
- Tokel, S., 1972, Stratigraphical and Volcanic History of the Gümüşhane Area, NE Turkey: Doktora Tezi (yayınlanmamış), University of London.
- Tokel, S., 1977, doğu Karadeniz Bölgesi'nde Eosen Yaşlı Kalkalkalen Andezitler ve Jeotektonizma, TJK Bülteni, Cilt: 20, Sayı:1, S. 49-54, Trabzon.
- Topuz, G., Altherr, R., Sadıklar, M. B., 1998, Geothermobarometry of garnet - biotite-plagioclase gneisses from the Pulur Massif, Eastern Pontides, NE-Turkey. 3'th International Turkish Geology Symposim, Abstracts, Ankara , pp. 300.
- Tsuchiyama, A., 1985, Dissolution kinetics of plagioclase in melt of the system diopside-albite- anorthite and the origin of dusty plagioclase, Cont. Min. Petrol., 84, 1-16
- Turan, Y., 1973, Ünye-Terme-kıyı boyu sahasının fotomorfolojik etüdü, MTA Rapor No:1152, Ankara.
- Van, A., 1990, Pontid Kuşağında Artvin Bölgesinin jeokimyası, petrojenezi ve masif sülfür mineralizasyonları: Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 277s.
- Watson, E., 1982, Basalt contamination by continental crust, some experiments and models, Cont. Min. Petrol., 80, 73-87.
- White, W.M., Patchett, J., 1984, Hf-Nd-Sr isotopes and incompatible element abundances in island arcs: implications for magma origins and crust mantle evolution. Earth. Planet. Sci. Lett. 67, 167-185
- White, W.M., Dupre, B., 1986, Sediment subduction and magma genesis in the Lesser Antilles: Isotopic and trace element constrains. J. Geophys. Res., 91, 5927-5941.
- Winchester, J., Floyd, P.A., 1977, Geochemical Discrimination of Different Magma Series and Their Differentiation Products Using Immobile Elements. Chem. Geol., 20, 325-343.

Wood, D. A., Joron, J. L., Treuil, M., 1979, A re-appraisal of the use of trace elements to classify and discriminate between magma series erupted in different tectonic setting. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 45, 326-336.

Wyllie, P., 1987, Constraints imposed by experimental petrology on possible and impossible magma sources and products. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A310*, 439-456.

Yazıcı, E.N., 1993, Ordu-Çarşamba güneyinin Maden Prospeksiyon Raporu, MTA, Proje No:IX.11.1.01.04, Ankara.

Yılmaz, Y., Güner, Y., Şaroğlu, F., 1998, Geology of the Quaternary Volcanic Centers of the East Anatolia, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85, 173-210.

Yoldaş, R., Keskin, B., Korkmaz, S., Didik, S., Kalkan, İ., Ağrıdağ, D., Besbelli, B., 1985, Samsun ve dolayının (Kızılırmak-Yeşilirmak arasındaki bölge) jeolojisi ve petrol olanakları: MTA Derl. Rap. No. : 8130, Ankara.



7. ÖZGEÇMİŞ

01.03.1974 tarihinde Samsun'da doğdu. İlk öğrenimini 1980-1985 tarihleri arasında Gazi İlkokulu'nda tamamladı. Orta öğrenimini 1985-1988 tarihleri arasında 23 Nisan Ortaokulun'da tamamladı. Lise öğrenimini 1988-1991 tarihleri arasında 19 Mayıs Lisesin'de tamamladı. 1994 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik –Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nü kazandı ve 1998 yılında bölüm beşincisi olarak mezun oldu. 1998-1999 tarihleri arasında Karadeniz Teknik Üniversitesi Yabancı Diller Bölümü Lisansüstü İngilizce Hazırlık Programını bitirdi. 1999 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Jeoloji Anabilimdalı, Mineraloji-Petrografi Bilim dalında yüksek lisans öğrenimine başladı ve halen devam etmektedir.

