

**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**REŞADİYE (TOKAT, TÜRKİYE) YÖRESİ PLİYOSEN-KUVATERNER YAŞLI
VOLKANİK KAYAÇLARIN PETROGRAFİSİ, MİNERAL KİMYASI,
PETROKİMYASI VE PETROLOJİSİ**

YÜKSEK LİSANS

Haydar ZENGİN

**TEMMUZ-2022
GÜMÜŞHANE**



**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**REŞADIYE (TOKAT, TÜRKİYE) YÖRESİ PLİYOSAN-KUVATERNER YAŞLI
VOLKANİK KAYAÇLARIN PETROGRAFİSİ, MİNERAL KİMYASI,
PETROKİMYASI VE PETROLOJİSİ**

**PETROGRAPHY, MINERAL CHEMISTRY, PETROCHEMISTRY AND
PETROLOGY OF THE REŞADIYE (TOKAT, TURKEY) AREA PLIOCENE-
QUATERNARY VOLCANIC ROCKS**

YÜKSEK LİSANS

Haydar ZENGİN

**TEMMUZ-2022
GÜMÜŞHANE**



T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**REŞADIYE (TOKAT, TÜRKİYE) YÖRESİ PLİYOSEN-KUVATERNER YAŞLI
VOLKANİK KAYAÇLARIN PETROGRAFİSİ, MİNERAL KİMYASI,
PETROKİMYASI VE PETROLOJİSİ**

**PETROGRAPHY, MINERAL CHEMISTRY, PETROCHEMISTRY AND
PETROLOGY OF THE REŞADIYE (TOKAT, TURKEY) AREA PLIOCENE-
QUATERNARY VOLCANIC ROCKS**

YÜKSEK LİSANS

Haydar ZENGİN

Danışman: Doç. Dr. Cem YÜCEL

TEMMUZ-2022
GÜMÜŞHANE

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlamış olduğum “**Reşadiye (Tokat, Türkiye) Yöresi Pliyosen-Kuvaterner Yaşlı Volkanik Kayaçların Petrografisi, Mineral Kimyası, Petrokimyası ve Petrojeolojisi**” isimli bu tezimin, tamamen kendi çalışmam olduğunu, her alıntıya kaynak gösterdiğimi, alıntı yaptığım tüm çalışmalarını kaynakçada belirttiğimi ve Gümüşhane Üniversitesi'nin lisanslı kullanıcısı olduğu intihal yazılım programı ile Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlediği kıstaslara uygun olarak raporladığımı taahhüt ederim. Tezimin kâğıt ve elektronik kopyalarının Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü arşivinde saklanmasına izin verdiğimi onaylarım.

Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

19/07/2022

.....
Haydar ZENGİN

TEŞEKKÜR

Reşadiye (Tokat) yoresi Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaçların petrografisini, mineral kimyasını, petrokimyası ve petrolojik özelliklerinin incelenmesini amaçlayan bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda, Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez çalışmasında daima maddi ve manevi olarak destek veren danıőmanım Doç. Dr. Cem YÜCEL'e minnettarım. Ayrıca, tez çalışmam sürecinde bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım Doç. Dr. Mehmet Ali Göcer ve Jeoloji Mühendisliği Bölümü hocalarıma teşekkür ederim.

Hayatım boyunca her zaman desteklerini benden esirgemeyen aileme minnettarım.

Haydar ZENGİN
GÜMÜŞHANE - 2022

ÖZET

Bu çalışmada, Doğu Pontidler'in güneyinde dar bir alanda yüzeyleyen Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanitlerin petrografik, ana ve iz element içerikleri ile mineral kimyası, verileri, rapor edilmiştir. Petrografik gözlemler, incelenen Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalar, plajiyoklas (An_{5-90}) + klinopiroksen ($Wo_{2-49} En_{19-67} Fs_{11-33}$) ± hornblend ($Mg\# 0.51-0.79$) + opak mineralleri içerir. Volkanik kayaların genel dokusunu oluşturan mikrolitik-porfirik, flüidal dokular yanında, plajiyoklaslarda elek dokusu, kemirilmeler, zonlanmalar, klinopiroksenlerde kemirilmeler ve amfibollerde opaklaşmalar ve zonlanmalar dengesizliği ifade eden dokusal özellikler olarak karşımıza çıkar.

OOSB (okyanus ortası sırtı bazaltı)'na normalize iz element değişim diyagramlarında, Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanitler BİLE (Sr, K_2O , Rb, Ba), Th ve Ce bakımından zenginleşme, Zr, Y, Nb, Ta ve TiO_2 bakımından hafifçe fakirleşme ile karakterize olup, OAB benzeri iz element dağılımları sergilemektedirler. Önemli bir negatif Eu ($Eu/Eu^*=0.78-1.03$) anomalisinin bulunmaması Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaları oluşturan magmalarının gelişimde plajiyoklas ayrımlaşmasının önemli bir yere sahip olmadığını göstermektedir.

Birlikte değerlendirilen petrografik, mineral kimyası ve petrokimyasal veriler ışığında; incelenen Pliyosen-Kuvaterner yaşlı bazaltik volkanitlerin ana magmaları, daha önceden yitim akışkanları ve/veya ergiyiklerince zenginleştirilmiş kıta altı litosferik manto kaynağından türeyen ergiyikler ve KAF sisteminin etkisi altında ortaya çıkan astenosferik yükselimden kaynaklanan OAB benzeri magmaların karışımı sonucu sonucunda oluştuğu ve polibarik kristallenme evrelerinden geçerek son halini aldığı söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Dengesiz kristallenme, Doğu Pontidler, Jeodinamik gelişim, OAB magmaları, Volkanik kayaç.

SUMMARY

In this study, the new petrographic, major and trace element abundances and mineral chemistry data of Pliocene-Quaternary aged volcanic rocks outcropping in limited areas in the south of the Eastern Pontides were reported. Petrographic observations reveal that the studied volcanic rocks contain plagioclase (An_{5-90}) + clinopyroxene ($Wo_{2-49} En_{19-67} Fs_{11-33}$) + hornblende ($Mg\# 0.51-0.79$) + opaque minerals, while the mineralogic composition of the enclaves in volcanic rocks are plagioclase (An_{13-46}) + hornblende ($Mg\# 0.55-0.63$) \pm biotite ($Mg\# 0.47-0.63$) \pm clinopyroxene ($Wo_{41-42} En_{34} Fs_{23-24}$) + opaque minerals. Besides the microlithic-phorphyritic and fluidal textures composing general texture of the volcanic rocks, the sieved, corroded and zoned plagioclases, zoned and corroded clinopyroxenes and opacitized and zoned hornblendes that indicating disequilibrium crystallization are observed.

MORB normalized trace element patterns of Pliocene-Quaternary aged volcanic rocks and reveal enrichment in LILE (Sr, K_2O , Rb, Ba), Th and Ce and slightly depletion in Zr, Y, Nb, Ta and TiO_2 and display OIB-like trace element patterns. The lack of important Eu anomaly ($Eu/Eu^*=0.78-1.03$) indicate insignificant fractionation of plagioclase during the evolution of the magmas of Pliocene-Quaternary volcanic rocks.

In the light of combined petrographic, mineral chemistry and petrochemical data, the studied Pliocene-Quaternary aged volcanics rocks were formed by mixture of the magmas derived from subcontinental lithospheric mantle source, previously enriched by subduction related fluids and/or melts in a post-collisional tectonic setting and the magmas having OIB-like character were evolved by the result of asthenospheric upwelling under effect of NAF system and undergone at polybaric crystallization conditions.

Keywords: Disequilibrium crystallization, Eastern Pontides, Geodynamic evolution, OIB magmas, Volcanic rocks.

İÇİNDEKİLER

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI.....	IV
TEŞEKKÜR.....	V
ÖZET	VI
SUMMARY	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
TABLOLAR DİZİNİ	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XII
EKLER DİZİNİ.....	XVI
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	XVII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş ve Amaç	1
1.2. Coğrafi Bilgiler	1
1.2.1.Coğrafi Konum	1
1.2.2. Topoğrafya	1
1.2.3. Çalışma Alanının İklim ve Bitki Örtüsü	2
1.2.4. Yerleşim	2
1.3. Bölgesel Jeolojisi	3
1.4 Öncel Çalışmalar.....	4
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	10
2.1. Amaç ve Yöntem.....	10
2.1.1. Arazi Çalışmaları	10
2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları.....	10
2.1.2.1. İnce Kesitlerin Hazırlanması.....	10
2.1.2.2. Petrografik İncelemeler ve Mikro Fotoğrafların Çekimi	11
2.1.2.3. Kimyasal Analiz İçin Numunelerin Hazırlanması	11

2.1.2.4. Jeokimyasal Analizler	11
2.1.3. Büro Çalışmaları	12
3. BULGULAR.....	13
3.1. İnceleme Alanının Stratigrafisi	13
3.1.1. Zinav Kireçtaşı (Orta Jura- Alt Kretase).....	13
3.1.2. Mesudiye Formasyonu (Senomaniyen-Kampaniyen).....	13
3.1.2.1. Nebişeyh Kireçtaşı Üyesi (Senomaniyen-Kampaniyen).....	16
3.1.3. Reşadiye Formasyonu (Maastrichtiyen).....	16
3.1.3.1. Bereketli Üyesi (Üst Maastrichtiyen)	16
3.1.3.2. İğdir Kireçtaşı Üyesi (Üst Maastrichtiyen).....	17
3.1.4. Haydaroğlu Formasyonu (Küviziyen-Lütesiyen)	17
3.1.5. Yolüstü Volkanitleri (Pliyosen-Kuvaterner).....	18
3.2. Petrografi.....	19
3.2.1. Pliyosen-Kuvaterner Yaşlı Volkanik Kayaçların Petrografisi	19
3.2.2. Anklavlar.....	25
3.3. Mineral Kimyası.....	28
3.3.1. Pliyosen-Kuvaterner Yaşlı Volkanik Kayaçların Mineral Kimyası.....	28
3.3.1.1 Plajiyoklas	28
3.3.1.2. Piroksen.....	28
3.3.1.3 Hornblend.....	29
3.3.2. Anklavların Mineral Kimyası	29
3.3.2.1.Plajiyoklaz.....	29
3.3.2.2. Piroksen.....	30
3.3.2.3. Hornblend.....	31
3.3.2.4. Biyotit.....	32
3.4. Jeokimya	32
3.4.1. Giriş.....	32
3.4.2.Volkanik Kayaçların ve Anklavların Kimyasal Adlandırılması.....	33

3.4.3. Ana Oksit ve İz Elementler	36
3.4.4. Uyumsuz Elementler	39
3.4.5. Nadir Toprak Elementler.....	40
3.4.6. Magma-Tektonik Ortam.....	42
4.TARTIŞMA	45
4.1. Dengesizlik Parametreleri	45
4.2. Jeotermometre ve Barometre Hesaplamaları	47
4.2.1. Jeotermometre Hesaplamaları	48
4.2.1.1. Klinopiroksen Termometresi	48
4.2.1.2. Hornblend Jotermometresi	48
4.2.1.3. Biyotit Termometresi	49
4.2.2. Jeobarometre Hesaplamaları	49
4.2.2.1. Klinopiroksen Jeobarometresi.....	49
4.2.2.2. Hornblend Jeobarometresi	50
4.2.2.3. Biyotit Jeobarometresi	50
4.3. Petrojenez.....	51
4.3.1 Giriş.....	51
4.3.2. Kısmi Ergime	51
4.3.3. Fraksiyonel Kristallenme	52
4.3.4. Asimilasyon	55
4.3.5. Magma Karışımı.....	57
4.4. Jeodinamik Gelişim.....	58
5. SONUÇ	61
KAYNAKÇA	63
EKLER.....	75
ÖZGEÇMİŞ	103

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalar ve anklavların mineral içeriğine göre gruplandırılması tabloda verilmektedir.....	22
Tablo 2. Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalarda klinopiroksenden tespit edilen sıcaklık ve basınç değerleri (Putirka, 2008) 'e göre hesaplanmıştır.....	48
Tablo 3. Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalar ve anklavlar içerisindeki hornblendlerden elde edilen sıcaklık, basınç değerleri.....	49
Tablo 4. Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalar içerisinde yer alan anklavların bünyesindeki biyotitlerin elde edilen sıcaklık, basınç değerleri.....	50

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Çalışma alanının yer buldur haritası	3
Şekil 2. Çalışma sahasında alınan numunelerin lokasyon haritası.....	11
Şekil 3. Çalışma alanının stratigrafik kolon kesiti (Ölçeksizdir).....	14
Şekil 4. Çalışma alanının stratigrafik kolon kesiti (Ölçeksizdir).....	15
Şekil 5. Çalışma alanının jeolojik kesiti.....	15
Şekil 6. Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaların arazi görümleri.....	18
Şekil 7. Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalar içerisinde bulunan anklavlar	19
Şekil 8. Yolüstü köyü civarında yüzeyleme veren volkanik kayaların görünümü.....	20
Şekil 9. Bağdatlı köyü civarında civarında yüzeyleme veren breşik volkanik kayaların görünümü	20
Şekil 10. Bağdatlı köyü civarında yüzeyleme veren kolon yapılı volkanik kayaların görünümü	21
Şekil 11. Bağdatlı köyü civarında yüzeyleme veren volkanik kayalar içerisindeki anklavların görünümü	21
Şekil 12. (a) Mikro-fenokristaller halinde bulunan klinopiroksenler (b) mikrolitik hamur içerisinde yer alan piroksenler ve piroksenlerde kemirilme, (c) mikrolit ve fenokristaller halinde klinopiroksenler, (d) mikrolitik doku içerisinde amfiboller ve amfibollerde kemirilme, (e) flüidal doku içerisinde plajiyoklas fenokristali ve içerisindeki amfibol kapanımları, (f) Öz şekilli amfibol içerisinde klinopiroksen ve kayanın hamurunda mikrolitik plajiyoklasların oluşturduğu flüidal doku	23
Şekil 13. Çalışma alanında yer alan Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaların teknik görüntüleri.....	24
Şekil 14. (a, b) Flüidal doku içerisinde elek dokulu ve kenarları boyunca kemirilmiş plajiyoklas kristali, (c) albit ikizi gösteren öz şekilsiz plajiyoklas, (d) yarı öz şekilli plajiyoklas ve içerisinde amfibol kapanımları	25
Şekil 15. Volkanik kayalar içerisinde yer alan anklavların ince kesit görüntüleri (a) flüidal doku içerisinde, plajiyoklas ve amfibollerden oluşan taneli doku gösteren anklav, (b), taneli doku içerisinde albit ikizi gösteren plajiyoklas, öz şekilsiz klinopiroksen ve amfiboller, (c) flüidal doku içerisinde yarı öz şekilli amfibol ve taneli doku gösteren anklav, (d, e, f) Taneli doku	26

Şekil 16. Çalışma alanında yer alan anklav örneklerinin tek nikol görüntüleri	27
Şekil 17. Volkanik kayalar içerisindeki fenokristal ve mikrolitler halindeki plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramı	28
Şekil 18. Volkanik kayalara ait piroksenlerin Wo-En-Fs sınıflama diyagramı (Morimoto vd., 1988).....	29
Şekil 19. Volkanik kayalar içerisinde yer alan amfibollerin sınıflama diyagramı (Leake vd., 1997).	30
Şekil 20. Anklavlar içerisinde yer alan plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramı	30
Şekil 21. Anklavlara ait piroksenlerin Wo-En-Fs üçgen diyagramı (Morimoto vd., 1988).	31
Şekil 22. Anklavlara ait amfibollerin sınıflama diyagramı (Leake vd., 1997).	31
Şekil 23. Anklavlar içerisinde yer alan biyotitlerin Al(T) (apfu) ya karşı Fe ²⁺ /(Fe ²⁺ +Mg) sınıflama diyagramı (Speer, 1984).....	32
Şekil 24. Reşadiye (Tokat) yöresi volkanik kayalarının SiO ₂ 'ye karşı Na ₂ O+K ₂ O (TAS) diyagramı (Le Maitre vd., 1989). Alkali –Subalkali ayırım eğrisi (Irvine ve Baragar, 1971)'e göredir.	34
Şekil 25. Reşadiye (Tokat) yöresi volkanik kayalar içerisindeki anklavların SiO ₂ 'ye karşı Na ₂ O+K ₂ O (TAS) diyagramı (Le Maitre vd., 1989). Alkali –Subalkali ayırım eğrisi (Irvine ve Baragar, 1971)'e göredir.	34
Şekil 26. Reşadiye (Tokat) yöresi volkanik kayalarının Nb/Yb'ye karşı Zr/TiO ₂ *0.0001 diyagramı (Winchester ve Floyd, 1976), (Semboller Şekil 24 ve 25)'deki gibidir.....	35
Şekil 27. Reşadiye (Tokat) yöresi volkanik kayalarının ve anklavların SiO ₂ 'ye karşı K ₂ O diyagramı (Le Maitre, 1989), (Semboller Şekil 24 ve 25)'deki gibidir. .	35
Şekil 28. Reşadiye (Tokat) yöresindeki volkanik kayaların ve anklavların AFM (Na ₂ O+K ₂ O, Fe ₂ O ₃ , MgO) diyagramı (Irvine ve Baragar 1971), (Semboller Şekil 24 ve 25)'deki gibidir.	36
Şekil 29. Reşadiye (Tokat) yöresi volkanik kayalar ve anklavların SiO ₂ 'ye karşı ana oksit değişimleri.....	37
Şekil 30. Reşadiye (Tokat) yöresindeki volkanik kayaların artan SiO ₂ içeriğine karşı iz element değişimleri	38
Şekil 31. Reşadiye (Tokat) yöresindeki volkanik kayaların artan SiO ₂ 'ye karşı iz element değişimleri	39

- Şekil 32. Reşadiye (Tokat) bölgesindeki volkanik kayaçların N-tipi OOSB'ye normalize edilmiş iz element dağılımları. N-Tipi OOSB değeri Sun ve McDonough'dan (1989) alınmıştır (Semboller Şekil 24 ve Şekil 25)'deki gibidir.40
- Şekil 33. Reşadiye (Tokat) bölgesindeki volkanik kayaçlar içerisindeki anklavların N-tipi OOSB'ye normalize edilmiş iz element dağılımı. N-Tipi OOSB değeri Sun ve Mc Donough'dan (1989) alınmıştır (Semboller Şekil 24 ve Şekil 25)'deki gibidir).....41
- Şekil 34. Reşadiye (Tokat) yöresindeki volkanik kayaçların kondritlere normalize NTE dağılımı. Kondrit değerleri Sun ve McDonough'dan (1989) alınmıştır (Semboller Şekil 24 ve Şekil 25)'deki gibidir).41
- Şekil 35. Reşadiye (Tokat) yöresi volkanik kayaçlarının $La/10 - Y/15 - Nb/8$ üçgen diyagramı (Cabanis ve Lecolle, 1989), (Simgeler Şekil 24 ve Şekil 25)'deki gibidir.43
- Şekil 36. Zr-Zr/Y diyagramı (Pearce ve Norry, 1979), (Simgeler Şekil 24 ve Şekil 25)'deki gibidir.43
- Şekil 37. Reşadiye (Tokat) yöresinde yer alan volkanit örneklerinin tektono-magmatik ayırım diyagramları üzerindeki konumları: (a) Meshede (1986) (AI, AII: Levha içi bazalt; B: E-MORB, C: Volkanik Yay Bazaltı, Levha İçi Bazalt; D: NMORB, Volkanik Yay Bazaltı), (b) Pearce ve Cann (1973) (A: Volkanik Yay Bazaltı; B: MORB, Volkanik Yay Bazaltı; C: Kalkalkali Bazalt, D: Levha İçi Bazalt), (Simgeler Şekil 24 ve Şekil 25)'deki gibidir.....44
- Şekil 38. Reşadiye (Tokat) bölgesindeki volkanik kayaçlarının Ba (ppm) içeriğine karşılık La (ppm) ve Nb (ppm) tektonik ayırtman diyagramları. Diyagram üzerindeki alanlar; Perfit vd. (1980) ve Gill (1981)' den alınmıştır. (Simgeler Şekil 24 ve Şekil 25)'deki gibidir.44
- Şekil 39. İncelenen Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaçlardaki; (a) plajiyoklasların merkez ve kenar arasında gözlenen An değişimi, (b) klinopiroksenlerde merkez ve kenar arasında gözlenen $Mg\#$ ($Mg/(Mg+Fe^{2+})$) değişimi, (c) amfibollerdeki merkez ve kenar arasında gözlenen $Mg\#$ ($Mg/(Mg+Fe^{2+})$) değişimi.....47
- Şekil 40. Reşadiye (Tokat) volkanik bazaltlarının Zr/Nb' ve Zr/Y grafikleri P: Plume, N: Normal, T: Geçişli okyanus ortası sırt bazalt alanları, Le Roex'ten (1987) (Simgeler Şekil 24 ve Şekil 25)'deki gibidir.52

Şekil 41. Reşadiye (Tokat) bölgesindeki volkanik kayalar için Y (ppm) vs. CaO (%) grafikleri (Lambert ve Holland, 1974) Bazalt bileşiminin mineral farklılaşma yönünü gösteren vektör (Simgeler Şekil 24 ve Şekil 25)'deki gibidir.....	53
Şekil 42. Reşadiye (Tokat) bölgesi volkanitlerinin (a) Rb(ppm)-Y(ppm), (b) Zr (ppm)-Y(ppm), (c) Zr(ppm)-Nb (ppm) ve (d) Zr (ppm)-TiO ₂ (%) diyagramları.....	54
Şekil 43. Reşadiye (Tokat) bölgesindeki volkanik kayaların Fe ₂ O ₃ */MgO ile CaO/Al ₂ O ₃ ve CaO/Na ₂ O ile Al ₂ O ₃ (%) değişimi (vektörler minerallerin ayrılma yönünü gösterir	54
Şekil 44. Reşadiye (Tokat) yöresi volkanitlerinin Nb/Y karşı Th/Y diyagramı (Pearce, 1983).	56
Şekil 45. Reşadiye (Tokat) bölgesindeki volkanik kayaların Nb/Y ve Rb/Y haritaları. Üst, daha büyük ve alt kabuk bileşimleri Taylor ve McLennan'dan (1985) alınmıştır (Semboller Şekil 24 ve Şekil 25)'deki gibidir.	57
Şekil 46. Reşadiye (Tokat) bölgesi volkanik kayaların gelişiminde kabuk kirlenmesinin etkisini gösteren (a) Y/Nb'a karşı Y/Nb, (b) K ₂ O/MgO'a karşı K ₂ O diyagramları	57
Şekil 47. Reşadiye (Tokat) yöresi volkanitlerinin K/Rb-Y/Rb ve Zr/Y-K/Rb diyagramları (Cox vd., 1984; Seymour ve Vlassopoulos, 1992), (Semboller Şekil 24 ve Şekil 25)'deki gibidir.	58

EKLER DİZİNİ

Ek 1. Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalarda fenokristal plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları	75
Ek 2. Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaların içindeki mikrolitik dukulu plajiyoklazlara ait mineral kimyası analiz sonuçları	81
Ek 3. Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalar içindeki piroksenlerin mikroprob sonuçları.....	84
Ek 4. Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalardaki amfibollerin mikroprob sonuçları.....	90
Ek 5. Anklav örneklerinde gözlenen plajiyoklazlara ait mineral kimyası analiz sonuçları	92
Ek 6. Anklavlardaki piroksenlerin mikroprob sonuçları.....	95
Ek 7. Anklavlardaki amfibollerin mikroprob sonuçları	96
Ek 8. Anklavlardaki biyotitlerin mikroprob sonuçları	97
Ek 9. Reşadiye (Tokat) yöresi Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalarının ana oksit (%) ve iz (ppm) element analizleri	99
Ek 10. Reşadiye (Tokat) yöresi anklav kayalarının ana oksit (%) ve iz (ppm) element analizleri.....	100
Ek 11. Reşadiye (Tokat) yöresi volkanik kayalarının nadir toprak element (ppm) analizleri.....	101
Ek 12. Reşadiye (Tokat) yöresi anklav kayalarının nadir toprak element (ppm) analizleri.....	102

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Ab	: Albit
An	: Anortit
ANTE	: Ağır nadir toprak element
Atm	: Atmosfer
Bi	: Biyotit
cm	: Santimetre
Ep	: Epidot
Eu*	: (Sm+Gd)N/2
Fe ₂ O ₃ *	: Toplam demir Fe ₂ O ₃ olarak
Fm	: Formasyon
GPS	: Global positioning system
Hbl	: Hornblend
HFSE	: Yüksek alan enerjili elementler
HNTE	: Hafif nadir toprak elementler
KAF	: Kuzey Anadolu Fayı
Kbar	: Kilobar
km	: Kilometre
Kpir	: Klinopiroksen
Mg	: Magnetit
Mg#	: Mağnezyum numarası [100*(MgO/MgO+ΣFe ₂ O ₃)]
mm	: Milimetre
MORB	: Okyanus ortası sırtı bazaltları
MTA	: Maden Tetkik Arama
My	: Milyon yıl
N	: Örnek sayısı
NTE	: Nadir toprak elementler
OIB	: Okyanus adası bazaltları
Op	: Opak mineral
Or	: OrtoklasPl : Plajiyoklas
Pl	: Plajiyoklas
ppm	: Milyonda bir

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş ve Amaç

Bu çalışmada, Türkiye'nin kuzey doğusunda, Kuzey Anadolu Fay zone ile güneyden sınırlanan Reşadiye-Niksar arasında, Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaların petrografisi, mineral kimyası, petrokimyası ve petrolojisi konu edilmiştir. Yapılan tüm bu çalışmalar ışığında Pliyosen-Kuvaterner volkanizmasının jeodinamik gelişiminin aydınlanmasına katkı sunmak hedeflenmiştir.

1.2. Coğrafik Bilgiler

1.2.1. Coğrafik Konum

Reşadiye, Orta Karadeniz Bölgesi'nde bulunmaktadır. Doğusunda Koyulhisar (Sivas), kuzey doğusunda Mesudiye (Ordu), batıda Niksar (Tokat), kuzeyinde Aybastı (Ordu) Başçiftlik (Tokat) ve Gököy (Ordu) ile güneyinde Almus (Tokat), Hafik ve Doğanşar (Sivas) ilçeleri ile sınırdır. Reşadiye, farklı yer şekillerine sahip bir yerleşim bölgesidir.

İnceleme alanı, 1/100000 ölçekli Tokat G38-d3, paftasından, Tokat ili, Reşadiye ilçesinin 4 km kuzeybatısında, Büşürüm-Bağdatlı civarında yaklaşık 180 km² lik alanda yer alır (Şekil 1). Bölgedeki en geniş yerleşim gösteren Büşürüm, Çevrecik, Yolüstü, Karataş, Kapaklı ve Güvenlik köyleridir.

1.2.2. Topoğrafya

Reşadiye'yi Tokat'ın diğer bölgeleriyle karşılaştırırsanız burada eğim ve engebenin oldukça yüksek olduğunu görebilirsiniz. Arazi parçalı, eğimi yüksek ve kısmen platolarla çevrilidir. Yaklaşık yükseklik 1500 metreden fazladır ve ilçe merkezi deniz seviyesinden 450 metre yüksekliktedir.

Çalışma alanının arazisi çok sert değildir ve yükselti kuzeye doğru artmaktadır. En önemli yükseltileri Bağyurdu Tepesi (1526m) ve Çakıl Tepesidir (1434m). Sahanın güneyinde Kelkit Çayı ve çalışma alanında Zinav Gölü yer almakta olup, 348514 m² yere hakim Zinav Gölü, ormanlarla çevrili ve mesire alanı olarak kullanılmaktadır.

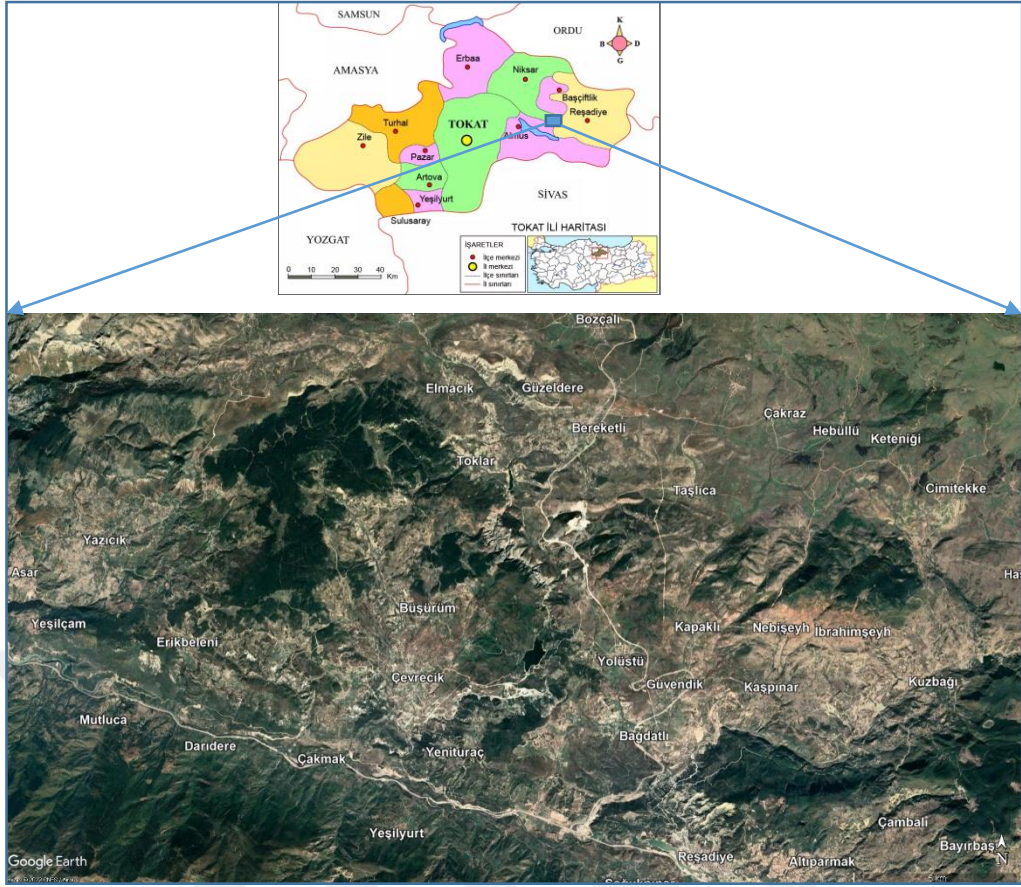
1.2.3. Çalışma Alanının İklim ve Bitki Örtüsü

Çalışma sahanın iklimi, Karadeniz ikliminin ortak özelliklerini taşımaktadır. İnceleme alanında yaz ayları sıcak ve kurak, kış ayları soğuk ve sert geçer. Bölgenin merkezi kış aylarında çok kar görmese de, yüksek rakımı nedeniyle bölge çoğunlukla kışlar sert geçer. İlkbahar ve kış aylarında şiddetli yağmurlara sıkça rastlanır

Bölgenin dağlık arazisi nedeniyle geniş ovaları yoktur. İlçenin kuzey kesimi, dağlarda yüksek otlaklar ve geniş platolar ile Karnik Dağları'nın uzantısına sahiptir. Reşadiye yöresinin yaylaları oldukça zengindir. 44 yayladan en ünlüleri Selemen, Cimban, Gedik ve Batmış'tır. Ayrıca Zınav, Göllüköy, Gödölüş, Kurt, Gındıralı, Mehmet Bey ve doğal güzellikler açısından zengin Süllük Gölü de Reşadiye'nin coğrafi zenginlikleridir. 348514 m² alana sahip Zınav Gölü, ormanlarla çevrili olup dinlenme ve mesire bölgesi olarak kullanılmaktadır.

1.2.4. Yerleşim

Çalışma alanındaki en büyük yerleşim yerleri köyler, yaylalar ve mezralardır. Çalışma alanındaki ana trafik, Reşadiye-Niksar arasındaki asfalt yoldan sağlanmaktadır. Köylere ve mezralara sabit yürüyüş yolları ile erişilebilir. İnceleme alanındaki Reşadiye ilçesine en yakın yerleşim yerleri ilçeye yaklaşık 6-20 km uzaklıkta bulunan Büşürüm, Yenituraç, Bağdatlı ve Güvenlik köyleridir.



Şekil 1. Çalışma alanının yer buldur haritası

1.3. Bölgesel Jeolojisi

Seymen (1975), Kelkit Vadisi'nin kuzey ve güney yamaçlarını stratigrafi ve litolojideki farklılıklar nedeniyle "kuzey blokları" ve "güney blokları" olarak ikiye ayırmıştır. İki blok, Kelkit çayı boyunca birbirini sınırlamaktadır. Bu çalışmanın konusunu oluşturan Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalar, Türkiye'nin kuzeydoğusunda, Doğu Pontid orojenik kuşağı güneyinde Kuzey Anadolu Fay zone tarafından sınırlanan Reşadiye-Niksar bölgesinde yüzeylemektedir. Çalışma bölge ve etrafında çok sayıda yapısal ve genel jeolojik çalışma yer almaktadır (Blumental, 1945, 1950; Erentöz, 1950; Göksu, 1960; Koçyiğit, 1979; Öztürk, 1979; Özcan vd., 1980). ; Terlemez ve Yılmaz, 1980; Yılmaz, 1980, 1982; Yılmaz ve diğerleri, 1985; Uysal ve diğerleri, 1995), (Seymen 1975).

İnceleme alanında yapılan araştırmalarda bu alandaki volkanik aktivitenin Senomaniyen-Kampaniyen, Eosen ve Pliyosen-Kuvaterner dönemlerinde geliştiği tespit edilmiştir. İnceleme alanındaki en yaşlı birim, Orta Jura-Alt Kretase yaşlı mikritik ve neritik kireçtaşlarından oluşan Zinav Kireçtaşı Formasyonudur. Birim üzerine uyumsuzlukla gelen Senomaniyen-Kampaniyen yaşlı Mesudiye Formasyonu bazalt, andezit, aglomera, kireçtaşı, tuf ve kumtaşından oluşmaktadır. Nebiseyh Kireçtaşı Üyesi,

tipik olarak kırmızı, düzenli, orta derecede ince laminalı, ara ara kumlu, kırıntılı ve nadiren marn ile arakatkılı olan Mesudiye Formasyonu'nun üzerinde uyumsuzlukla yer alır. Birim ise Üst Maastrichtiyen yaşlı killi, kumlu kalker ve kalker ara tabakalı marndan oluşan Bereketli üyesi tarafından yer yer uyumsuzlukla örtülür. İğdir üyesi, Bereketli üyesi üzerinde yer alan Maastrichtiyen yaşlı kalkerlerden oluşmaktadır. Bir üst birimde ise Küviziyen-Lütesiyen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı, volkanik, epiklastik ve proklastik kayalardan oluşan Haydaroğlu Formasyonu bulunmaktadır. En genç birim olarak Pliyosen-Kuvaterner yaşlı genellikle bazalt, yer yer andezit ve riyodasitten oluşan Yolüstü Volkanitleri yüzeylenmektedir. Çalışma konusu riyodasit, andezit, trakibazalt ve bazaltik lavlardan oluşan volkanik kayalar, Seymen (1975) tarafından Yolüstü Formasyonu, Terlemez ve Yılmaz (1980) tarafından Yolüstü bazaltı olarak tanımlanmıştır. Birim içerisinde riyodasitler, beyazımtırak gri renkli, ileri derecede altere olmuştur.

1.4 Öncel Çalışmalar

Blumenthal (1950), bölgenin, ilk kez çalışma alanını da içine alan jeolojik haritasını yapmıştır. Araştırmacı, bölgede stratigrafik yönden iki farklı zonun (Kuzey Anadolu zonu, Pontid zonu) varlığını saptamıştır (Blumenthal, 1950).

Erentöz (1950), 1/100000 ölçekli Reşadiye paftasının jeolojik haritasını yapmıştır. Reşadiyenin doğusunda yaptığı Jeoloji çalışmada; Blumenthal (1950)' inki benzer stratigrafik birimleri ayırtlamıştır. Kuzey ve güney blokları ayırt etmeksizin birimleri haritalamıştır. Bu birimler Genç bazik kayalar, Eosen kireçtaşları, Eosen andezitik kayalar, Eosen volkanik fasiyesi, Eosen filizi, Üst Kretase filizi, Üst Kretase kireçtaşları, Mезozoyik kireçtaşları, Paleozoyik metamorfik şist ve mermerler ve serpantinlerdir (Blumenthal, 1950; Erentöz, 1950).

Atak (1960), Reşadiye bölgesinin genel mineral prospeksiyonunu yaparak bölgede cevherleşmenin bulunmadığını belirtmiştir. Kavaklı dere köyü güneyinde bazalt dayklarının Üst Kretase tabakalarını kestiğini ve bu çevredeki lavların Miyosen yaşlı olabileceğine değinmiştir (Atak, 1960).

Seymen (1975), "Kelkit Vadisi Kesiminde Kuzey Anadolu Fay Zonunun Tektonik Özelliği" başlıklı doktora çalışmasında; Kelkit vadisi kuzeyinde kalan kesimi "kuzey blok", güneydekalan kesimi ise "güney blok" olarak tanımlamıştır. Seymen daha öncesinde yapılmış olan incelemeler ve çalışmaların yetersiz olduğuna kanaat getirerek bölgenin stratigrafisini, litostratigrafik birim esasına göre yeniden revize etmiştir. Kuzey blokta, oluşukları birbirleriyle olan ilişkileri ve bu bloğun genel tektonik gelişmesine göre

iki grup ve 15 formasyona ayırmıştır. Bu iki grupta da yer alan birimlerin ayrıntılı özelliklerini ve birbirleriyle olan ilişkilerini incelemiştir. Bölgenin tektonik durumunu açıklamış ve jeotektonik evrimi için bir model ortaya koymuştur. Bu modele göre Kuzey Tetis'te Turoniyen de olduğu belirtilen yitim zonunun Lutesiyende tekrar büyük bir aktivite gösterdiğini saptamıştır. Seymen, Anatolit-Pontid çarpışması sonrasında çalışma alanında gözlenen Orta Miyosen ile Pliyo-Kuvaterner yaşlı olması gereken dayk, sill ve geç volkanlarında bu dönemde yitim zonlarında meydana gelen kısmi ergimeler sonucu olduğu sonucuna varmıştır (Seymen, 1975).

Öztürk (1979), "Ladik-Destek Dolayının Stratigrafisi" adlı çalışmasında, yörede yer alan birimlerin, kaya türleri ve stratigrafik özelliklerine göre sınıflandırmaya tabi tutmuştur (Öztürk, 1979).

Yaşar ve Karabulut (1975), Reşadiye Bentonit sahalarında ayrıntılı çalışma yapmışlardır (Yaşar ve Karabulut, 1975).

Baş (1979), Jeokimyasal açıdan Erzincan ve Pülümür volkanitlerini incelemiş ve çalışmasında Reşadiye –Niksar ve Taşova arasında yer alan Tersiyer volkanitlerini kısmen ele almıştır. Reşadiye- Niksar volkanitlerinin bazik kısımlarda alkali ve şoşonitik, ortaç kısımlarda kalkalkali hatta kısmen toleyitik karakterde olduklarını vurgulamaktadır. Yaptığı çalışmalarda yöredeki volkanizmanın bazaltik ana magmanın gelişimde kristal ayırılmasının rol oynadığını belirtmekte olup üst manto malzemesinin ve hatta alt kabuk malzemesinin kısmi ergimesiyle meydana gelen magmanın sonrasında magma odalarında veya yüzeye doğru yükselirken yan kayaçları asimile etmesinin bu volkanitlerin kökeni hakkında bir görüş olabileceğini ifade etmektedir (Baş, 1979).

Terlemez ve Yılmaz (1980) Reşadiye-Koyulhisar bölgesini kapsayan çalışmada, taban birimlerinin Orta-Üst Jura-Alt Kretase kireçtaşı (Zinav kireçtaşı) tarafından oluşturulduğu ve bu birim üzerinde Senomaniyen-Kampaniyen yaşlı Mesudiye Formasyonunun yer aldığını belirtmiştir. Üzerinde ise açısız uyumsuzlukla örtülü Maastrichtiyen dönemine ait Reşadiye Formasyonu yer alır. Bu birimlerden sonra aglomera akıntısı ve aglomera ara katmanlı kumtaşları çökelmiştir. Miyosen ve Pliyosen devresinde çeşitli bazalt oluşukları gelişmiştir. Ayrıca yazarlar "Karadeniz kuşağı, levha tektoniği konusundaki gelişmelerden sonra bir ada yayı olarak düşünölmeye başlamış olup ellerindeki kısıtlı verilerde bunu destekler yöndedir" demektedirler. Yazarlar ayrıca bölgede çeşitli zamanlarda olmak üzere beş volkanizma devresi belirlemişler ve bunlardan üçünün denizaltı, diğer ikisinin de plato bazaltları olduğunu vurgulamışlardır (Terlemez ve Yılmaz, 1980).

Terzioğlu (1983), “Reşadiye – Aybastı – Gököy – Mesudiye- Koyulhisar İlçeleri Arasında Sahada Yer Alan Eosen Volkanitlerinin Petrolojik – Petrokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi” adlı araştırma raporunda, bölgede yer alan farklı yaşlardaki volkanik kayaçların mineralojik - petrografik ve jeokimyasal çalışmalarını yaparak volkanik kayaçların kökenleri ile alakalı yorumlarda bulunmuştur (Terzioğlu, 1983).

Tatar vd. (2007), Kuzey Anadolu Fay Zonunun doğu kesiminde yer alan Nıksar Havzası çevresinde yaptıkları çalışmada, Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaçların doğrultu atımlı fay çiftleri boyunca yüzeyde ortaya çıktığını belirtmişlerdir. Bu kayaçların yaşlarının 542 ± 9 By ile 567 ± 9 By arasında olduğunu, kayaların çoğunlukla alkali (sodyum açısından zengin) ve az miktarda subalkali dasit, andezit ve riyolitten oluştuğunu vurgularlar. Kayaçlar BİLE (büyük iyon yarıçaplı element) içerikleri bakımından, YÇAE (yüksek yerçekimi alan elementi) bakımından zenginleştirilmiş olup Okyanus adası bazaltı (OAB) benzeri magmaların jeokimyasal özellikleriyle benzerlik göstermektedir. Tüm jeokimyasal dağılımların, değişen derecelerde kısmi ergime, fraksiyonel kristalleşme ve değişen derecelerde kabuk kirliliğinin birleşik etkilerini gösterdiği sonucuna varmışlardır (Tatar vd., 2007).

Karslı vd. (2008) Kuvaterner yaşlı Erzincan volkanitlerini konu alan çalışmalarında bahsi geçen kayaçların yaşlarının 102 ± 2 ile 1061 ± 88 bin yıl arasında değişim gösterdiklerini belirtmişlerdir. Yüksek-K trakiandezitten riyolit bileşimine kadar değişen bu kayaçların çarpışma sonrası magmaların genel özelliklerinde olan yüksek-K kalk-alkalen afiniteye sahip olduklarını vurgulamışlardır. BİLE’ ce zenginleşme ve YÇAE elementlerce fakirleşmenin baskın olduğu bu kayaçlarda riyolitler hariç önemli bir Eu anomalisinin olmadığını söylemişlerdir. Bu kayaçların metazomatize olmuş litosferik mantonun bu kayaçların gelişiminde etkili olduğuna işaret eden zenginleşmiş kaynağa vurgu yapmışlardır. Doğrultu atımlı tektonizma sonucu gelişen ekstansiyon neticesinde manto yükseliminin neden olduğu kıta altı litosferik mantonun ergimesiyle oluşan bazaltik magmatizma bu kayaçların gelişiminde etkili olduğu senaryosunu öne sürmüşlerdir (Karslı vd., 2008).

Aydın vd. (2008), Doğu Pontidlerin kuzeyindeki Neojen volkanik kayaçları üç gruba ayırarak, bunların hepsinin alkali olduğuna dikkat çekerek, silika bakımından fakirden silika doymuşa kadar değişen bileşim varyasyonlarını vurgulamıştır. Klinopiroksen barometrelerine göre bu kayaçların 3-4.5 kbar basınçta kristalize olduğunu belirtmektedirler. K/Ar yaşlandırması sonucunda volkanitlerinin yaşının 3.2 ± 2.3 ile 5.1 ± 3.2 milyon yıl aralığında olduğunu söylemişlerdir. Volkanitlerin, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (0.705018-0.705643) ve $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ (0.512662- 0.512714), ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=18.85-18.95$;

$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=15.60-15.74$; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=38.82-39.25$) radyojenik izotopik oranlarını belirlemişlerdir. Tüm bu verilere dayanarak, volkanik kayaların genç litosfer mantosunun kısmi erimesinden oluştuğu sonucuna varmışlardır (Aydın vd., 2008).

Temizel vd. (2012), Doğu Pontidler'in kuzeybatı kısmında yer alan Ulubey (Ordu) yöresindeki Tersiyer yaşlı volkanik kayaların Orta Eosen (49.4-44.6 My) yaşlı Andezit-Trakiandezit (AT), Trakiandezit-Trakidasit-Riyolit (TTR), Trakidasit-Dasit (TD) takımlarından ve Orta Miyosen (15.1 My) yaşlı Trakibazalt (TB) takımından oluştuklarını vurgulamaktadır. Volkanik kayaların afinitesi orta düzeyde K' dan toleyitik-alkalenden ile kalk-alkalin arasında değişir. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (0.7044 - 0.70500) ve ϵNd [(-0.3) - (+3.4)] oranları ve yüksek Th/Yb oranları Tersiyer volkanik kayaların yitim ilişkili ve zenginleşmiş bir kaynaktan itibaren türediklerini göstermektedir (Temizel vd., 2012).

Eyüboğlu vd. (2012) Doğu Pontidlerin güney doğusunda Tavdağı yöresinde yaptıkları çalışmada elipsoidal şekilli kütleler, dayk ve silerden oluştuğunu ve 7.86 ± 0.15 ile 8.79 ± 0.19 Milyon yıl (Geç Miyosen) arasında değişen yaşlar verdiğini belirtmişlerdir. Adakitik karaktere sahip bu kayalar için Sr/Y (85-103.7), $\text{La}_\text{N}/\text{Yb}_\text{N}$ (34.3-50.9) ve düşük Y (3.2-5 ppm) değerlerine sahip olduklarını vurgulamışlardır. Bu kayalar için $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ izotopik oranını 0.512723 ile 0.512736 ve $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranlarının 0.70484 ile 0.70494 arasında olduğunu söylemişlerdir. Tüm bu verilerden Miyosen yaşlı adakitik volkanik kayaların mafik alt kabuğun erimesinden meydana geldiği belirlenmiştir (Eyüboğlu vd., 2012).

Yücel vd. (2012) Doğu Pontid orojenik kuşağında Trabzon-Giresun arasında yer alan Tersiyer alkalin volkanitlerini konu alan çalışmada alkalin volkanitleri hafif ve orta derece alkalin olmak üzere iki farklı gruba ayırmışlardır. Ortadan yüksek-K'a kadar değişen karakterdeki hafif alkalin grup iki alt takıma sahip olduğunu belirtmiştir (I) dayk ve siller, akma ve yastık lavlar ve breşlerden meydana gelen bazalt, traki-bazalt ve bazaltik traki-andezit (BTB) takımı, (II) dayk ve domlardan oluşan trakit ve traki-andezit (TT) takımı. Breşik lavlar ve breşlerden meydana gelen bazanit-tefrit (BT) takımı orta alkalin grubu oluşturur ve sodik-potasik karakter sergiler. N-OOSB (tüketilmiş okyanus ortası sırtı bazaltı)'na normalize iz element değişim diyagramlarında tüm takımlar BİLE (Sr, K_2O , Rb, Ba), Th ve Ce bakımından zenginleşme, Zr, Y, Nb, Ta ve TiO_2 bakımından fakirleşme ile karakterize edilen yitim imzasına sahip olduğu söylemişlerdir. Kondrite normalize NTE değişim paternlerinde 2 farklı dağılım tespit edilmiştir; (1) hafif alkalin grup (BTB ve TT takımları) için hafif zenginleşmiş NTE paterni ($\text{La}_\text{N}/\text{Lu}_\text{N}=2.27-7.95$) ve (2) orta alkalin grup (BT takımı) için yüksek oranda zenginleşmiş NTE paterni ($\text{La}_\text{N}/\text{Lu}_\text{N}=29-49$). $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ yaşlandırma metodu kullanılarak hafif alkalin gruptaki BTB

ve TT takımları Orta Eosen-Lütesiyen'e karşılık gelen sırasıyla 43.2-44.7 My ve 42.4-44.3 My'lık yaşlar verirken, orta alkalen gruptaki BT takımından ise Orta Miyosen-Mesiniyen'e denk gelen 5.77-5.96 My aralığında yaşlar elde edildiğini vurgulamışlardır (Yücel vd., 2012).

Aslan vd. (2013), Gümüşhane bölgesindeki andezit lav akıntılarını (ve ilişkili tüfleri) ve bunları kesen bazalt dayklarını tanımlamaktadır. Andezitik lavların 37.62 ± 3.33 My ile 30.02 ± 2.84 My, bazaltik daykın ise 15.80 ± 1.71 My yaşlarına sahip olduğunu belirtmişlerdir. Petrokimyasal olarak volkanik kayaların orta-potasyum kalk-alkali, birincil $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranı (0.70464-0.70494) ve $\epsilon\text{Nd}(i)$ değeri (+1.11 ila +3.08), Nd model yaşı (TDM) 0.68-1.02 milyar yıl, ve litosfer mantosunun kökenini yansıttığı ileri sürülmektedir (Aslan vd., 2013).

Dokuz vd. (2013) Doğu Pontidlerin güney doğusunda Tavdağı ve Yoncalık yörelerinde çarpışma sonrası adakitik kayaların konu alan çalışmalarında bu kayaların petrojenezinde yiten plaka ve alt kabuk ergimesinin önemli bir rol oynadığını söylemişlerdir. Erken Eosen yaşlı Yoncalık Dasitinin yüksek Sr/Y, La/Yb ve düşük Y ve ANTE (Ağır nadir toprak element), ϵNd ve ISr değerlerine sahip olduklarını ve bu değerlerin basit kristal fraksiyonlaşması ve/veya kontaminasyondan daha çok yiten bazalt ve sediman ergiyiklerinin değişik oranlardaki katkısını gösterdiğini vurgulamışlardır. Geç Miyosen yaşlı Tavdağı riyolitinin ise adakitleri belirten yüksek Sr/Y, La/Yb ve düşük Y ve ANTE konsantrasyonlarına sahip olmalarına rağmen sodik karakterli andezit ve/veya dasit bileşiminde olan, yüksek MgO ve Mg numarası (>50), yüksek Ni, Cr, düşük $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ (<0.4) ve yüksek Sr (>400 ppm) içerikleri gibi yiten plakadan türeyen adakitlerin tipik özelliklerini yansıtmadıklarını belirtmişlerdir. Düşük Nd ve yüksek Sr izotop oranlarına dayanan değerlendirmelerinde bu kayaların yüksek Sr/Y, La/Yb oranlarına sahip kalk-alkalen juvenil bir kabuğun ergimesiyle oluştuğu sonucuna varmışlardır (Dokuz vd., 2013).

Yücel vd. (2014), Trabzon ve Bafra (Samsun) yörelerinde yüzeylenen Miyosen ve Eosen yaşlı silice doymamış tefritik volkanitlerde gözlenen analsimlerin mineralojik (XRD, SEM, DTA), mineral kimyası, dokusal petrografik özellikleri ile tüm-kayaç jeokimyasından hareketle analsimlerin kökenine ait yaklaşımlarda bulunmuşlardır. Kayaçlardaki analsimlerin altı kenarlı veya yuvarlaklamış, özşekilli ve yarı öz şekilli kübik ve tetragonal kristaller (100-600 mm) halinde muhtemelen lösitden psödomorf olarak oluştuğu, mineral kimyasında yer yer kalıntı K-zonlanması içerdiğini belirtmişlerdir. Modal bileşimde analsime eşlik eden Na'lu ve sulu mineral fazlarının bulunmamasından da yola çıkarak volkanitlerdeki analsimlerin ya magmanın soğuması

esnasında ya da katılaşmasından sonra ikincil olarak oluştuğunu ileri sürmüşlerdir. Ayrıca tüm kayaç jeokimyasında volkanik kayaçların çökmesi nedeniyle K_2O/Na_2O oranının genel olarak daha düşük, Sr oranının ise daha yüksek olduğu ve potasyumla birlikte sodyum-alkali özellik sergiledikleri vurgulanmıştır (Yücel vd., 2014).

Ekici (2016) Reşadiye (Tokat)-Mesudiye (Ordu) yörelerinde Kuyucak ve Erdembaba Volkanitlerinin petrolojisi ve Ar-Ar jeokronolojisi üzerine yaptığı çalışmada, Erdembaba volkanitlerinin 6.31 ile 1.33 My aralığında değişen Üst Miyosen-Pleyistosen yaş aralığına oluştuğunu söylemiştir. Her iki grubunda büyük iyon yarıçaplı elementlerce zenginleşme yüksek çekim alanlı elementlerce fakirleşme gösterdiğini vurgulamış, bazik karakterli Kuyucak volkanitlerinin manto kökenli bir magmadan türeyerek yüzeye kadar hareketi esnasında kontaminasyona uğrarken, Erdembaba volkanitlerinin ise Avrasya plakası altındaki kıtasal kabuğun ergimesi sonucu oluştuğunu sonucuna varmıştır (Ekici, 2016).

Yücel (2019), Türkiye'nin kuzeydoğusunda Şebinkarahisar (Giresun) yöresinde yaptığı çalışmada Pliyosen-Kuvaterner yaşlı adakitik kayaçların hornblend içeren trakiandezit bileşiminde olduklarını belirtmiştir. Kayaçların plajiyoklas, hornblend, klinopiroksen, biyotit içerdiklerini ve bu minerallere ait dokusal ve bileşimsel değişimlerin özellikle magma karışımını işaret ettiğini ileri sürmüştür. Çalışma konusu kayaçların orta derecede HNTe/ANTE oranına sahip olup LILE elementlerce zenginleşmeye karşılık HFSE elementlerce fakirleşme gösterdiklerini söylemiştir. Yapılan tüm çalışmalar sonucunda araştırma konusu volkanik kayaçları oluşturan magmaların nispeten yüksek ergime derecesiyle zenginleşmiş manto kaynağından itibaren türeyerek kabuk içerisindeki hareketi esnasında magma karışımıyla nihai bileşimine ulaştıklarını öne sürmüştür. Buna ek olarak kayaçların gelişiminde FC ve AFC gibi magmatik olayların kayaçları oluşturan magmaların gelişiminde etkili rol oynadığı sonucuna varmıştır (Yücel, 2019).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Amaç ve Yöntem

Yapılan çalışmada, Büşürüm, Bağdatlı, Yenituraç ve Güvenlik (Reşadiye-Tokat, Türkiye) köylerinde yüzeylenen Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaçların petrografik, mineral kimyası, petrokimyasal ve petrolojik özellikleri incelenmiştir. Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaçların jeodinamik gelişiminin açıklığa kavuşturulmasına yardımcı olmak için gerçekleştirilen çalışmalar arazi, ofis çalışmaları ve laboratuvar olmak üzere üç grup altında toplanmıştır.

2.1.1. Arazi Çalışmaları

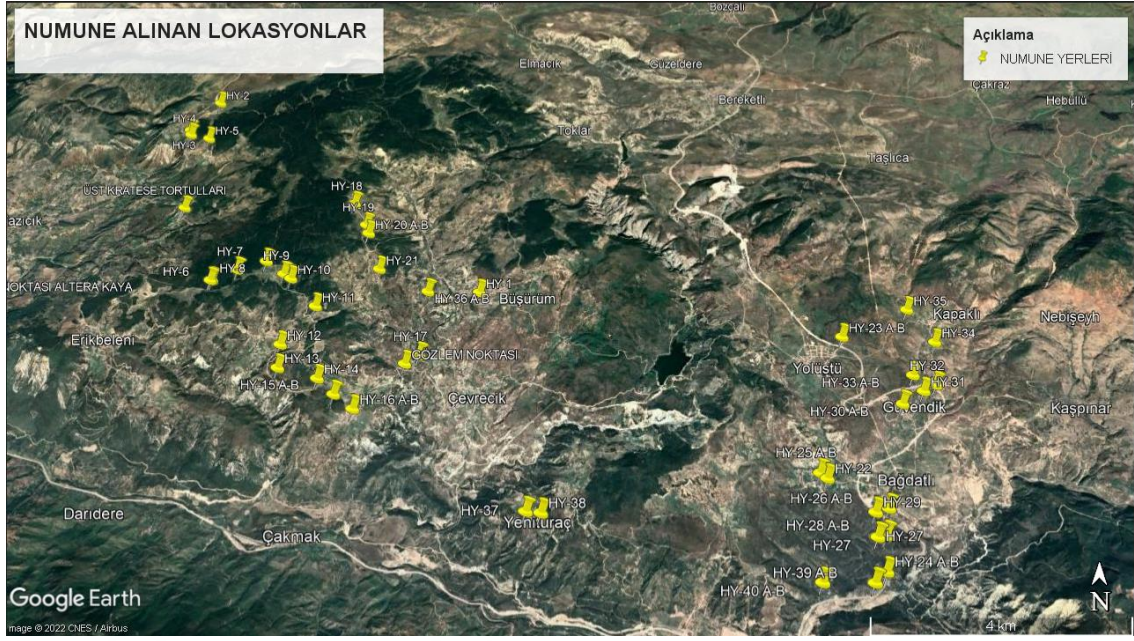
Saha çalışmaları, Tokat ili, Reşadiye ilçesinin 4 km kuzeybatısında, Büşürüm, Çevrecik, Yolüstü, Karataş, Kapaklı ve Güvenlik köyleri önde olmak üzere hemen hemen 180 km² lik bir alanı temsil etmektedir (Şekil 1).

Saha çalışmaları 2020 yılı ekim ve kasım aylarında gerçekleşmiştir. Tez sahasını kapsayan MTA, 1/100000' lik jeolojik jeoloji haritası baz alınarak saha çalışmaları gerçekleştirilmiş ve revizyon işlemleri yapılmıştır. Arazi çalışmaları esnasında, tez konusunu volkanik kayaçlardan ve bu kayaçlarla ilişki içerisinde olan yan kayaçlardan GPS aletinden yararlanılarak tam lokasyonlu kayaç örnekleri derlenmiş ve önemli görülen yüzeyler fotoğraflanarak belgelenip kayıt altına alınmıştır. Yapılan tüm bu arazi çalışmalardan ve sistematik örneklemelemlerden elde edilen veriler ışığında bölgenin 1/100000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmıştır. Çalışma konusu olan Pliyosen-Kuvaterner yaşlı, ayrışmamış taze volkanik kayaçlardan ve anklavlardan 60 adet örnek alınmıştır (Şekil 2).

2.1.2. Labarotuvan Çalışmaları

2.1.2.1. İnce Kesitlerin Hazırlanması

İnceleme alanından toplanan volkanik kayaç numunelerinin mineralojik ve petrografik özelliklerini belirlemek amacıyla 60 adet örneğe ait ince kesit hazırlanmıştır. Araştırma için kullanılan 0.5x2x4 cm boyutunda kesilen kayaç örnekleri, bir yüzeyi düzeltildikten sonra Kanada balzamu kullanılarak 1 mm kalınlığında 2.5x5 cm boyutundaki cama yapıştırılmış ve inceltilecek hazırlanmıştır.



Şekil 2. Çalışma sahasında alınan numunelerin lokasyon haritası

2.1.2.2. Petrografik İncelemeler ve Mikro Fotoğrafların Çekimi

Petrografik incelemeler Gümüşhane Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği, Araştırma Mikroskobu Laboratuvarında Polarizan mikroskop yardımıyla gerçekleştirilmiş ve gerekli kısımların fotoğrafları çekilmiştir.

2.1.2.3. Kimyasal Analiz İçin Numunelerin Hazırlanması

Çalışma konusunu kayaçların tüm kayaç jeokimyası analizleri için Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü numune hazırlama laboratuvarında 13 adet numune seçilmiş ve hazırlanmıştır. Petrokimyasal analizler için numune 1-2 cm'den 200-300 gr'a kadar çeneli kırıcıda kırıldıktan sonra halkalı öğütücü ile öğütülmüş ve yaklaşık 20 gr'lık toz numune elde edilmiştir.

2.1.2.4. Jeokimyasal Analizler

Çalışma alanından derlenmiş 10 adet volkanik kayaç ve anklavlara ait 3 adet örneğin ana, iz ve NTE analizleri yurtdışı imkanlar kullanılarak yaptırılmıştır. Petrokimyasal analizler ACME Analitik Laboratuvarında (Kanada) gerçekleştirilmiştir. Ana elementler ağırlıkça %, eser elementler ppm cinsindedir ve veriler buna göre düzenlenmiştir.

2.1.3. Büro Çalışmaları

Arazi çalışmaları ve takiben laboratuvarda gerçekleştirilen çalışmaları sonucunda derlenen veriler ofis çalışmaları sırasında yorumlanmış ve elde edilen sonuçlar Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun şekilde hazırlanarak tez formatında sunulmuştur.



3. BULGULAR

3.1. İnceleme Alanının Stratigrafisi

Reşadiye-Niksar (Tokat) yöresi Büşürüm, Bağdatlı, Yenituraç ve Güvenlik köyleri ve çevresinde bulunan çalışma bölgesindeki birimler, yapılan jeolojik çalışmalar ve öncel çalışmalara göre yaşlıdan gence doğru sıralanmıştır. Çalışılan bölgedeki birimlerin kolon kesiti ve jeolojik haritaları derlenmiştir.

- 1- Zinav Kireçtaşı (Orta Jura- Alt Kretase)
- 2- Mesudiye Formasyonu (Senomaniyen-Kampaniyen)
 - a) Nebişeyh Kireçtaşı Üyesi (Senomaniyen-Kampaniyen)
- 3- Reşadiye Formasyonu (Maastrichtiyen)
 - a) Bereketli Üyesi (Üst Maastrichtiyen)
 - b) İğdir Kireçtaşı Üyesi (Üst Maastrichtiyen)
- 4- Haydaroğlu Formasyonu (Küviziyen-Lütesiyen)
- 5- Yolüstü Volkanitleri (Pliyosen-Kuvaterner)
- 6- Alüvyon (Kuvaterner)

3.1.1. Zinav Kireçtaşı (Orta Jura- Alt Kretase)

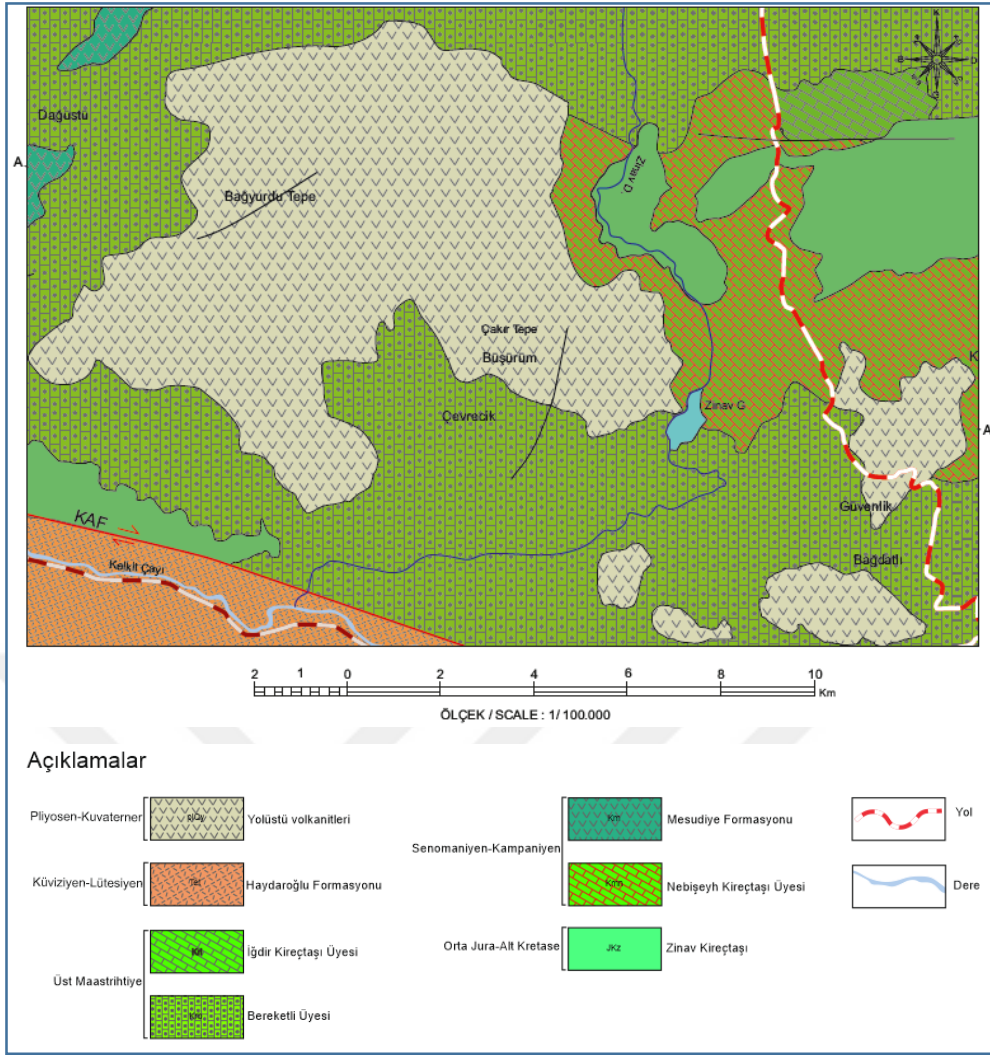
Zinav kireçtaşı bölgedeki en eski birim olup, genellikle Reşadiye, Büyükelmaçalı Tepe, Betişih Tepe, Evliya Tepe ve Kapaklı platolarının kuzeybatısındaki Zinav Boğazı yamaçlarında görülmektedir. Reşadiye ile Niksar arasındaki Kelkit vadisinin kuzey yamacında ve Niksar çevresinde de izlenebilmektedir (Şekil 2). Zinav kireçtaşının rengi genel olarak beyazımsı açık gri, bozuşma sonrası kirli gri renge sahip olup, renk dağılımı tek düzedir. Jura ve Alt Kretase kalkerleri arasındaki dokanağı belirlenemeyen formasyon, Seymen (1975) ve Terlemez ve Yılmaz (1980) tarafından Orta Jura-Alt Kretase olarak yaşlandırmıştır (Şekil 3). Mesudiye Formasyonu' na ait (farklılaşmamış) agregalar, kalker, tuf ve kumtaşından oluşan en tipik ardalımalı mostralarda Mesudiye ve çevresinde gözlenmektedir.

3.1.2. Mesudiye Formasyonu (Senomaniyen-Kampaniyen)

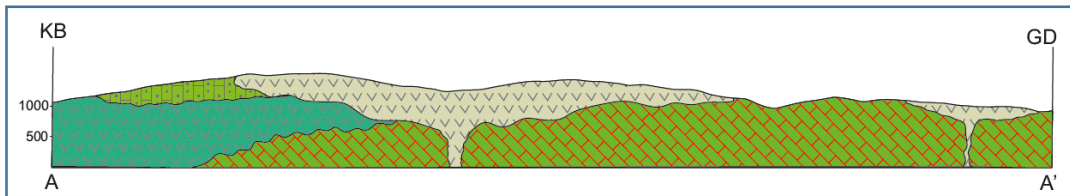
Mesudiye Formasyonu, aglomera, taban akıntısı, kalker, tuf ve kumtaşından oluşur.

SENEZOYİK										ÜST SİSTEM		
PALEOJEN					KUVATERNER					SİSTEM		
EOSEN		ORTA			LÜTESİYEN		KÜMZİYEN		ALÜVYON		SERİ	
ÜST		LÜTESİYEN			KÜMZİYEN		ALÜVYON		ALÜVYON		KAT	
FORMASYON		Haydaroğlu		Yolüstü Bazaltı		Alüvyon		FORMASYON		ÜYE		
KALINLIK		250-300		70-100		70-100		KALINLIK		KAYA TÜRÜ		
												Qal: Alüvyon
												Uyumsuzluk
												PIQy: Riyodasitik, andezitik, trakibazaltik ve bazaltik lavlar
												Uyumsuzluk
												Teh: Çakıltaşı, andezit, kireçtaşı, angomera, tüfit, kumtaşı, kiltası
												Uyumsuzluk
												Kri: Kireçtaşı, marn
												Uyumsuzluk
												Krb: Egemen olarak marn, killi-kumlu kireçtaşı, kireçtaşı
												Uyumsuzluk
Km: Aglomera, tüfit, bazalt, andezit, kireçtaşı, kumtaşı												
Kmn: Kireçtaşı												
Uyumsuzluk												
Jkz: Kireçtaşı												

Şekil 3. Çalışma alanının stratigrafik kolon kesiti (Ölçeksizdir)



Şekil 4. Çalışma alanının stratigrafik kolon kesiti (Ölçeksizdir)



Şekil 5. Çalışma alanının jeolojik kesiti

Formasyonu oluşturan birimler koyu gri, kahverengi, tabakasız ve yer yer çok kalın tabakalıdır. Aglomeraları oluşturan parçacıklar köşeli, kötü boylanmalı, küçük veya büyük blok boyutlarındadır. Mesudiye Formasyonu içerisinde ayrılamayan kalker tabakaları ile farklı özelliklerde kil, tuf ve kumlu kalker tabakaları bulunmaktadır. Gri, yeşil ve bordo renklidir. Genellikle ince ve orta katmanlar halindedir. Kuzeyde kum-kil oranı, güneyde tuf-kil oranı daha fazladır. Bu formasyon farklı yönlerde çatlaklıdır ve çatlaklar kalsit ve silis dolguludur. Tüfitler, Mesudiye Formasyonu'nda en yaygın litolojidir. Genellikle koyu gri, yeşil ve kahverengi, ince-orta tabakalı bazen tabakasız

veya kalın tabakalıdır. Kırılğan, ince taneli, yer yer kaba taneli ve kloritleşmiş mika ile feldspat taneleri içerir. Mesudiye Formasyonu içerisinde en az görülen litolojik birim olan kumtaşının daneleri tamamen volkanik kökenlidir. Yeşil, gri, kırmızı ve kirli sarı renkte, ince orta tabakalıdır. Genellikle taneleri orta derecede yuvarlaklaşmıştır. Daneler, kötü yer yer de orta derecede boylanmıştır. Bu formasyon içerisinde Tolluk Üyesi ve Nebiseyh Üyesi aşağıda açıklandığı gibi stratigrafik terminolojide litolojik birimler olarak ayrılmaktadır. Tolluk Tüf-Kumtaşı Üyesi (Kmt), formasyonun en alt tabakasını oluşturan Mesudiye Formasyonu içinde farklılaşmamış bir tüf-kumtaşı araldanmasıdır. Bu bölüm genellikle tüf ve orta tabakalı kumtaşı içerir.

3.1.2.1. Nebiseyh Kireçtaşı Üyesi (Senomaniyen-Kampaniyen)

Nebiseyh Kireçtaşı üyesi, Nebiseyh çevresinde, Mesudiye Formasyonu'nun çeşitli seviyelerinde gözlenen en tipik kireçtaşı birimidir. Bu üye Zinav Gölü'nün kuzeyinde, Reşadiye ve Mesudiye civarında yer alır. Bu birim içerisinde yer alan kalker genellikle kırmızı, düzgün ve orta-ince katmanlı, kısmen kumlu, kırılğan, kırıntılı ve kısmen marnlıdır. Tolluk tüf-kumtaşı ve Nebiseyh Kireçtaşı segmentleri, Mesudiye Formasyonu'nun en alt tabakasını oluşturmakta ve Zinav kireçtaşının erozyonu ve uyumsuzluklar oluşturacak şekilde sıvanması sonucu oluşan çukurları doldurmaktadır (Yılmaz ve Terlemez, 1980). Bu birimi içerisine alan Mesudiye Formasyonu kuzey-güney doğrultusunda farklı kalınlıklara sahiptir. Nebiseyh Kireçtaşı üyesinin kalınlığı ise 40-60 m dir (Yılmaz ve Terlemez, 1980). Bu üye bölgede en yaygın birimdir. Denizaltı volkanizmasının yoğun olduğu kuzey kesimde volkanik kayalar daha çok görülürken, volkanik aktivitenin azaldığı güney bölgede tortulların çökeldiğini düşündürmektedir.

3.1.3. Reşadiye Formasyonu (Maastrichtiyen)

Killi-kumlu kireçtaşı, marn ve kireçtaşlarından oluşan birim, Terlemez ve Yılmaz (1980a) tarafından Reşadiye Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Reşadiye Formasyonunun alt kesimini Bereketli Üyesi oluştururken üst yüzeyini ise Iğdır Kireçtaşı Üyesi oluşturmaktadır.

3.1.3.1. Bereketli Üyesi (Üst Maastrichtiyen)

Birim, Terlemez ve Yılmaz (1980a) tarafından bereketli üyesi olarak tanımlanan killi, kumlu kalker ve kalker ara tabakalı marnlardan oluşur.

Birimin tip kesiti çalışma alanı dışında kalan Bereketli yöresinde gözlenmektedir. Üye Dağüstü, Yazıcı, Sarıkışla, Büşürüm, Yolüstü, Keçiköy, Kuzbağı, Muratkaya, Kabalı

köyleri ve çevresinde yüzeylemektedir. Bereketli Üyesi, gri, ince, kısmen laminalı, gevrek marnların hakim olduğu kalker ve kalker ara tabakalı marndan müteşekkildir. Marnları orta seviyeli kil ve kumlu kalker izlenmektedir. Birim, foraminiferce zengin, ince tabakalı marnları içermektedir (Terlemez ve Yılmaz, 1980a,b). Birimin kalınlığı inceleme alanı dışında Bereketli yöresi batısında 125 metre, Reşadiye ilçesinin hemen yüzeyinde 130 metredir (Terlemez ve Yılmaz,1980a-b). Birimin yaşı, Reşadiye kuzeyinden alınan örneklerde bulunan Orbitoides sp., Siderolites sp., Globotruncana sp., Rotalidae, Ophthalmidiidae fosillerine göre Maastrichtiyen olarak belirlenmiştir (Terlemez ve Yılmaz , 1980a).

3.1.3.2. İğdir Kireçtaşı Üyesi (Üst Maastrichtiyen)

Toprak (1989) ve Uysal ve diğerleri (1995) tarafından İğdir Kireçtaşı Üyesi olarak adlandırılan birim, çalışma alanında Taşlıca köyünün batısında ve kuzeyinde dar bir alanda yüzeylemektedir. Kireçtaşları genellikle gri, beyaz ve kısmen sarı, orta tabakalı, bazen çok kalın, bazen ince, ince kristalli kalsirudid karakterinde, dayanıklı, pürüzlü ve çok kırıklı, çatlaklar kısmen doldurulmuştur. Kil ve kum oranlarının yer yer değiştiği bol mikrofosilli birimde ince marn ara tabakaları gözlenir (Terlemez ve Yılmaz, 1980a). Birimin kalınlığı değişken olup Kelkit vadisinin kuzey yamacında 560m, Bereketli çevresinde 50 m' dir (Terlemez ve Yılmaz, 1980a). Birimlerden alınan örneklerde Orbitoides apiculata Schlumberger, Orbitoides medius (d' Archiac), Siderotes sp., Omphalocyclus sp., Ophthalmidiidae fosillerine rastlanmış ve birimin yaşı bu fosil topluluğuna dayanılarak Maastrichtiyen olarak belirlenmiştir (Terlemez ve Yılmaz, 1980a).

3.1.4. Haydaroğlu Formasyonu (Küviziyen-Lütesiyen)

Konglomera, kumtaşı, volkanik, kırıntılı ve piroklastik kayalardan oluşan birim, Yılmaz (1982) tarafından Haydaroğlu Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Birimin tip kesiti Haydaroğlu köyü ve çevresidir. Ayrıca çalışma alanı içerisinde birim Mutluca, Çakmak, Yuvacık ve Kızılelma köylerinde de yüzeylemektedir.

Birim genellikle Orta-kalın tabakalı, bol ve düzensiz kırıklı, kloritleşmiş camsı bir hamur içinde genellikle ksenomorf plajiyoklaz kristalleri, piroksen, turmalin, hornblend, volkanik kırıntılar ve fosil kabukları içeren epiklastik ve piroklastik kayalardan oluşmaktadır. Birim orta kalınlıkta tabakalardan oluşur ve birimde bol ve düzensiz çatlaklardan gözlemlenir. Terlemez ve Yılmaz (1980a) birimin Küviziyen-İlerdiyen yaşında olduğunu belirtmektedir. Bu çalışmada birimin yaşı Küviziyen-Lütesiyen olarak kabul edilmiştir.

3.1.5. Yolüstü Volkanitleri (Pliyosen-Kuvaterner)

Seymen (1975), riyolit, andezit, trakibazaltik ve bazaltik lavdan oluşan volkanik kayaları Yolüstü formasyonu, Terlemez ve Yılmaz (1980a) ise Yolüstü bazalt olarak adlandırmıştır. Bu çalışmada, lav akımlarından oluşan birimlerin Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalar olarak tanımlanması daha uygundur. Birimin tip kesiti Yolüstü köyü ve çevresi olup, Yenituraç, Bağdatlı, Saraykışla, Büşürüm, Erikbeleni ve Dağüstü köyleri ve çevresinde yüzeylemektedir (Seymen 1975), (Şekil 1).

Pliyosen-Kuvaterner yaşlı olduğu değerlendirilen koyu gri renkli ve bol miktarda gaz boşluğu içeren bu kayalar genellikle bazalt ve andezit bileşimlerindedir (Şekil 6). Volkanik kayalar içerisinde yer yer diyoritik bileşimli anklavlara rastlanmıştır (Şekil 7).



Şekil 6. Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaların arazi görümleri

Arazi çalışmalarında kayaların alterasyon rengi beyaz, gri, bej ve ara ara kahverengi tonlara sahip olduğu gözlenmiş olup, taze yüzey renkleri ise koyu gri siyaha yakın tonlar olarak gözlenmiştir.



Şekil 7. Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalar içerisinde bulunan anklavlar

Yolüstü volkanitleri tabandaki değişik yaşlardaki birimleri uyumsuzlukla örter. Yolüstü volkanitlerinin yaşı, Seymen (1975) tarafından Pliyosen-Kuvaterner ve Holosen, Terlemez ve Yılmaz (1980a) tarafından Holosen olarak kabul edilmiştir. Birimin yaşı bu çalışmada Pliyosen-Kuvaterner olarak alınmıştır.

3.2. Petrografi

3.2.1. Pliyosen-Kuvaterner Yaşlı Volkanik Kayaların Petrografisi

Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaların taze yüzey rengi koyu gri, siyaha yakın renklerde olup, alterasyon rengi beyaz, bej ve yer yer kahverengi tonlarda gözlenmiştir (Şekil 8). Bol miktarda gaz boşluğu içeren ince taneli doku sergileyen volkanik kayalar arazide breşik (Şekil 9.) ve kolon yapılı (Şekil 10.) andezitik ve bazaltik karakterdeki lavlardan oluşmaktadır.

Volkanik kayalar içerisinde mafik mineral olarak piroksen, amfibol ve opak mineraller, açık renkli mineral olarak ise plajiyoklaz gözlenmektedir. Petrografik incelemelere göre volkanik kayalar genellikle mikrolitik-porfirik ve flüidal dokulu olup, yer yer kümülofrik ve poiklitik dokular gözlemlenen diğer doku türleridir (Şekil 12, Şekil 13). Piroksenlerde kemirilmeler, plajiyoklaslarda kemirilmeler, elek dokusu ve zonlanmalar ve amfibollerde opaklaşmalar ve zonlanmalar dengesiz kristallenmeyi işaret eden diğer dokusal bulgular arasındadır (Şekil 14).



Şekil 8. Yolüstü köyü civarında yüzeyleme veren volkanik kayaçların görünümü



Şekil 9. Bağdatlı köyü civarında yüzeyleme veren breşik volkanik kayaçların görünümü



Şekil 10. Bağdatlı köyü civarında yüzeyleme veren kolon yapılı volkanik kayaçların görünümü



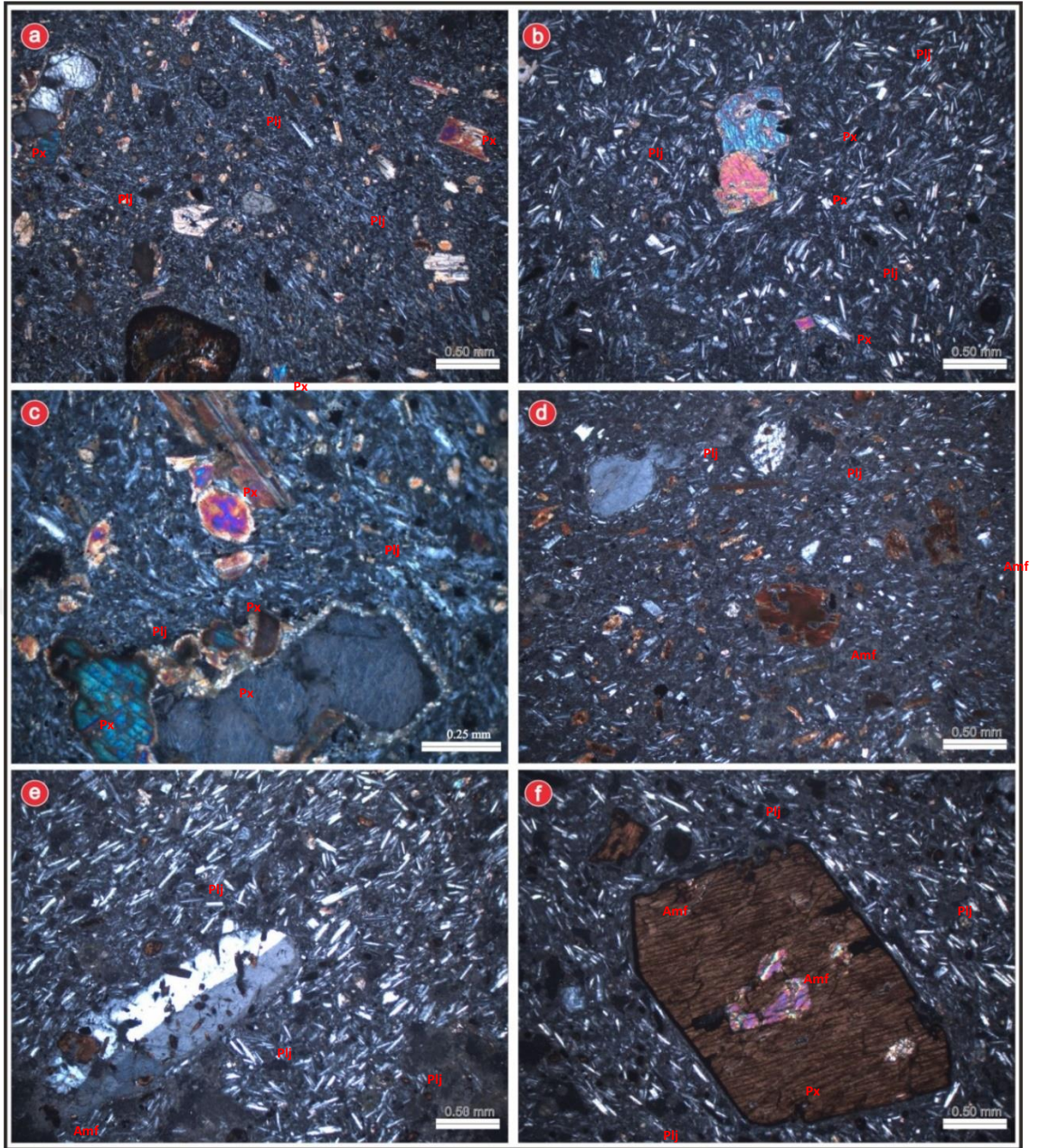
Şekil 11. Bağdatlı köyü civarında yüzeylenme veren volkanik kayaçlar içerisindeki anklavların görünümü

Arazi çalışmaları esnasında Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalardan alınan numunelerden hazırlanan ince kesitlerden yapılan çalışmalar sonucu volkanik kayalar piroksen içeriğine göre iki gruba ayrılmış olup ve volkanik kayalar içerisindeki anklavlar da farklı bir grup olarak incelenmiştir (Tablo 1).

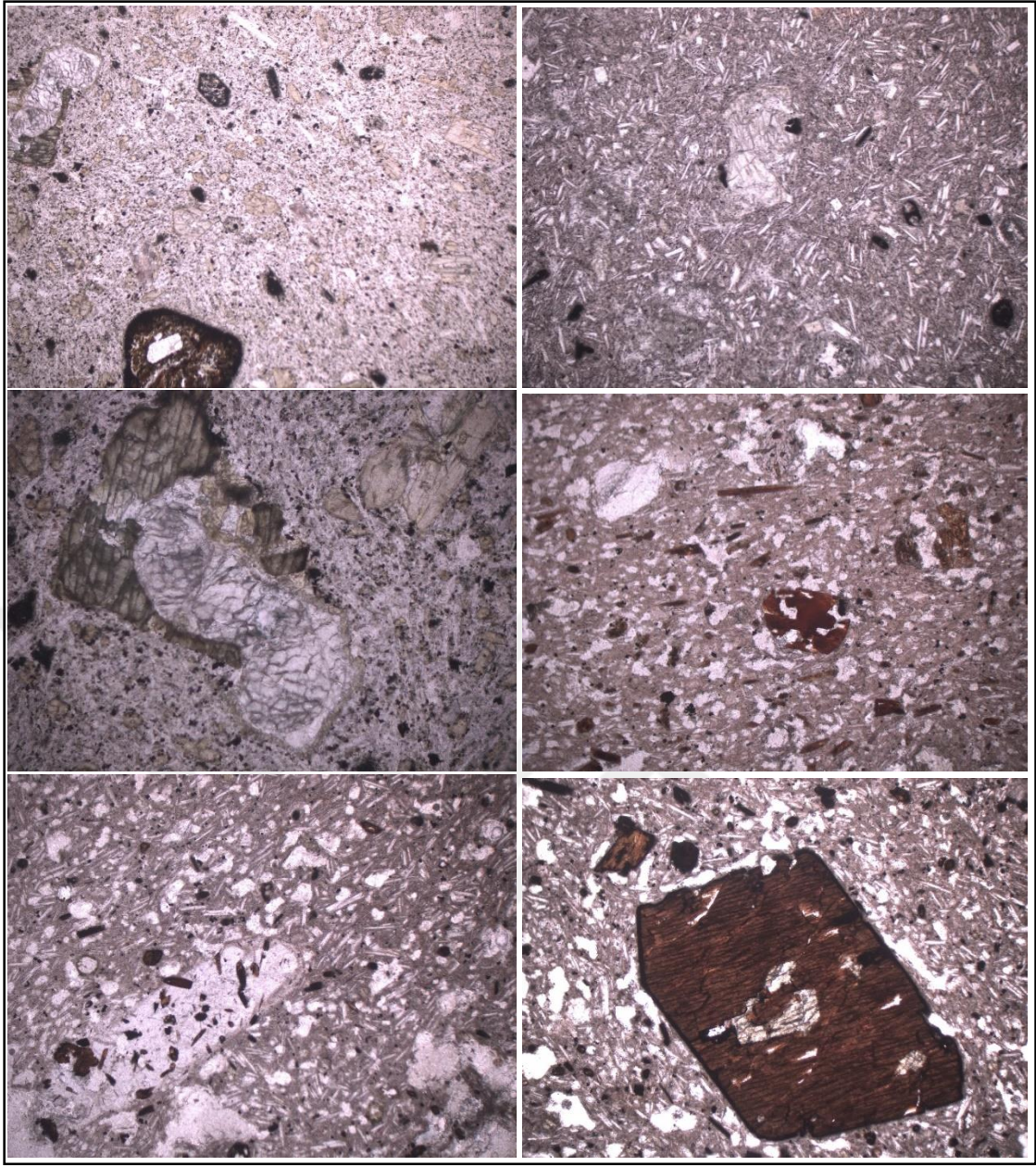
Tablo 1. Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalar ve anklavların mineral içeriğine göre gruplandırılması tabloda verilmektedir

	İnce Kesit	Plj	Px	Amf	Bi	Qu	Op
Volkanitler	Piroksen içeriği fazla olan	+	+	+	-	-	+
	Piroksen içeriği az olan	+	Az	+	-	-	+
Anklav		+	+	+	+	+	+

Piroksenler genellikle iri fenokristaller ve hamur içerisinde mikrokristaller halindedirler. İri fenokristaller genellikle öz şekilsiz ve yer yer yarı öz şekilli ve çok az oranda öz şekilli halde gözlenir. Tek nikelde renksiz bazen soluk yeşil, çok iyi dilinim gösterirler. Kenarlarından kemirilme ve kırıklı bir yapı gözlemlenmektedir. Bazı örneklerde ise kenarları boyunca ayrılarak amfibole dönüşmüş, kimi yerlerde kloritleşme görülmüştür (Şekil 12 ve Şekil 13).



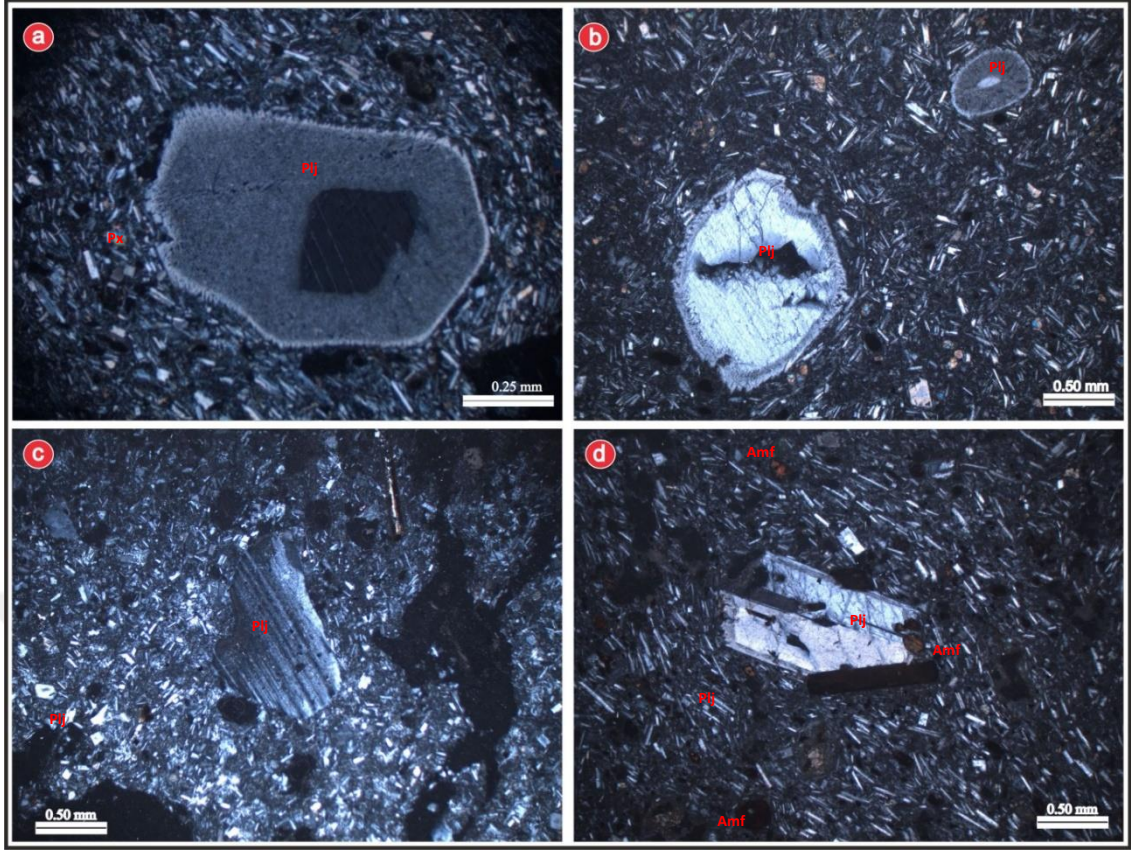
Şekil 12. (a) Mikro-fenokristaller halinde bulunan klinopiroksenler (b) mikrolitik hamur içerisinde yer alan piroksenler ve piroksenlerde kemirilme, (c) mikrolit ve fenokristaller halinde klinopiroksenler, (d) mikrolitik doku içerisinde amfiboller ve amfibollerde kemirilme, (e) flüidal doku içerisinde plajiyoklas fenokristali ve içerisindeki amfibol kapanımları, (f) Öz şekilli amfibol içerisinde klinopiroksen ve kayanın hamurunda mikrolitik plajiyoklasların oluşturduğu flüidal doku



Şekil 13. Çalışma alanında yer alan Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaların tek nikol görüntüleri

Amfiboller, tek nikol de genellikle sarımsı kahverengi-kahverengi arasında değişen renklerle kendini belli eden belirli bir pleokroizma sahiptirler. Amfibollerde bozulmalar, opaklaşma gözlenmekte olup kemirilme mevcuttur. Yer yer plajiyoklaslar içerisinde kapanım olarak bulunurlar (Şekil 14).

Plajiyoklaslar genellikle mikrolitler ve az miktarda magmatik korozyona uğramış fenokristaller halindedirler. Tek nikolde rensiz, çift nikolde ise beyaz gri renklerde görülürler. Mikrolitik plajiyoklaslar birbirlerine paralel bir biçimde yönlenmişlerdir. Fenokristal plajiyoklaslarda albit ikizlenmesi ve genellikle dalgalı sönme gözlenmekte olup, nadiren zonlanma gözlenmektedir (Şekil 14).



Şekil 14. (a, b) Flüidal doku içerisinde elek dokulu ve kenarları boyunca kemirilmiş plajiyoklas kristali, (c) albit ikizi gösteren öz şekilsiz plajiyoklas, (d) yarı öz şekilli plajiyoklas ve içerisinde amfibol kapanımları

3.2.2. Anklavlar

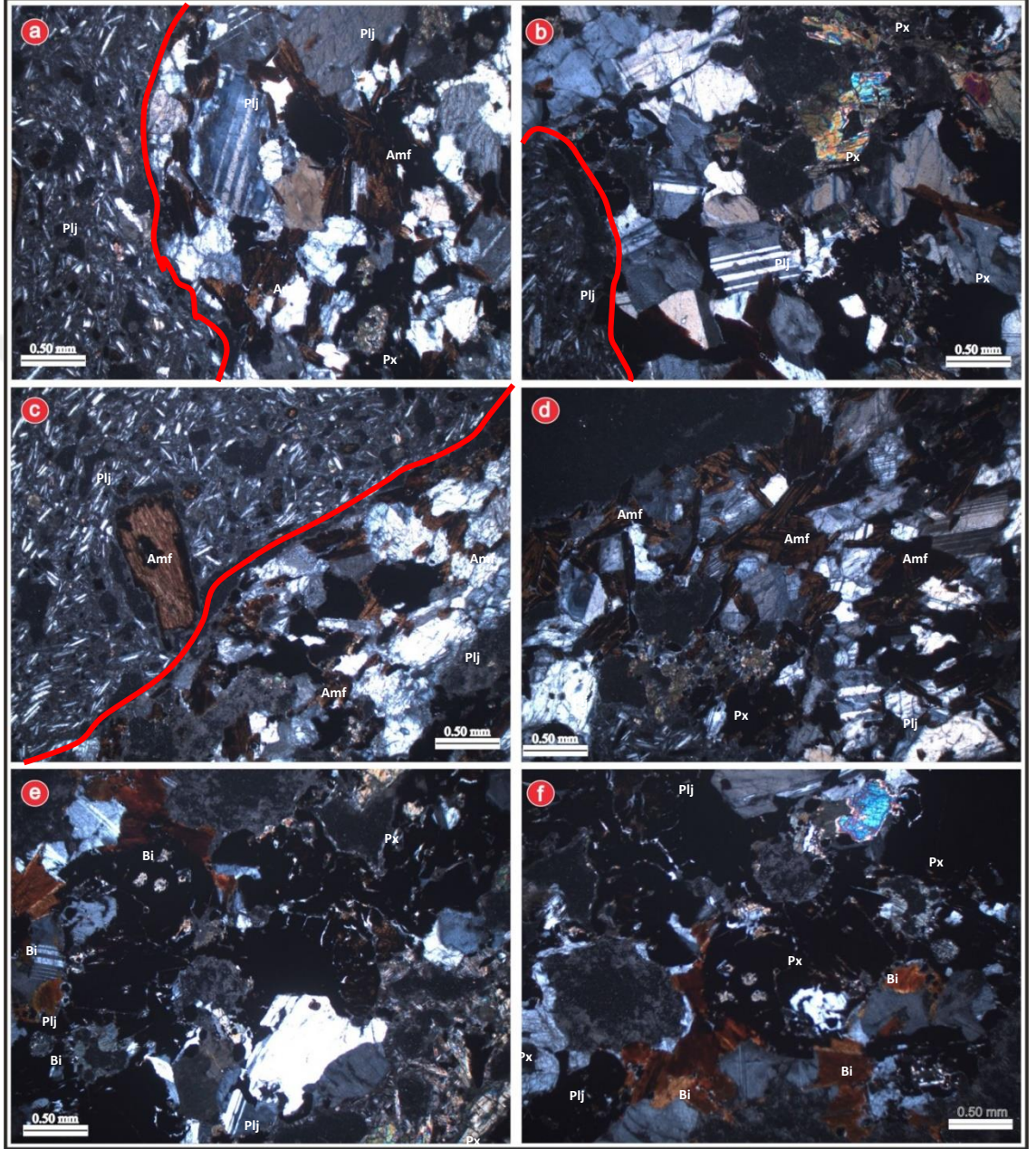
Yapılan arazi çalışmalarında volkanik kayalar içerisinde anklavlar halinde derinlik kayalarına da rastlanmıştır (Şekil 11). Volkanik kayalar içerisinde yer alan bu anklavlar farklı bir grup olarak incelemeye alınmıştır (Tablo 1). Anklavlar içerisinde mafik mineraller olarak piroksen, amfibol, biyotit bulunurken, açık renkli mineral olarak plajiyoklas yer almakta olup genel olarak taneli dokuya sahiptir.

Biyotitler genellikle yarı özşekilli çubuksu kristaller halinde gözlenirler. Nadir olarak da fenokristaller halinde bulunmaktadır. Tek yönde düzgün dilinimlere sahiptirler ve tek nikelde kahverengi tonlarda pleokroizma gösterirler (Şekil 15, Şekil 16).

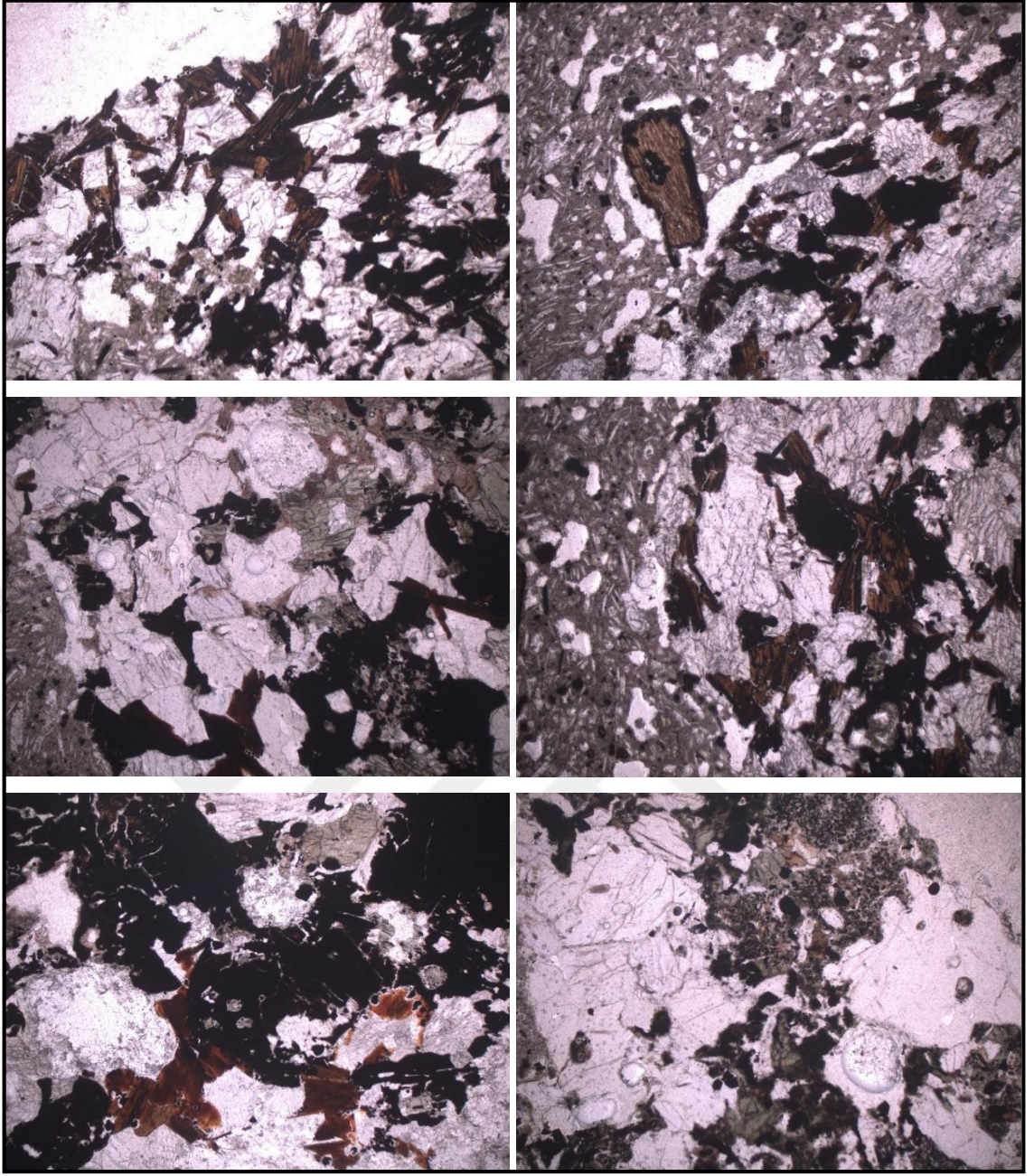
Amfiboller tek nikelde kahverengi ve sarımsı tonlarda gözlenmekte olup kemirilmeler, opaklaşma ve bozulmalar gözlenmektedir (Şekil 15, Şekil 16).

Piroksenler genellikle iri fenokristaller halindedirler. İri fenokristaller genellikle öz şekilsiz ve yer yer yarı öz şekillidir. Tek nikelde soluk yeşil bazen renksiz, çok iyi dilinim gösterirler. Kenarları kemirilmiş bir yapı sunarlar (Şekil 15, Şekil 16).

Plajiyoklaslar anklav örneklerinde mikrolitik ve fenokristalen kristaller halinde bulunmakta olup, mikrolitik kristalli plajiyoklaslar flüidal akma dokusuna göstermektedir ve fenokristalen plajiyoklaslar ise albit ikizlenmesi ve dalgalı sönme gözlenmektedir. (Şekil 15ve Şekil 16).



Şekil 15. Volkanik kayalar içerisinde yer alan anklavların ince kesit görüntüleri (a) flüidal doku içerisinde, plajiyoklas ve amfibollerden oluşan taneli doku gösteren anklav, (b), taneli doku içerisinde albit ikizi gösteren plajiyoklas, öz şekilsiz klinopiroksen ve amfiboller, (c) flüidal doku içerisinde yarı öz şekilli amfibol ve taneli doku gösteren anklav, (d, e, f) Taneli doku



Şekil 16. Çalışma alanında yer alan anklav örneklerinin tek nikol görüntüleri

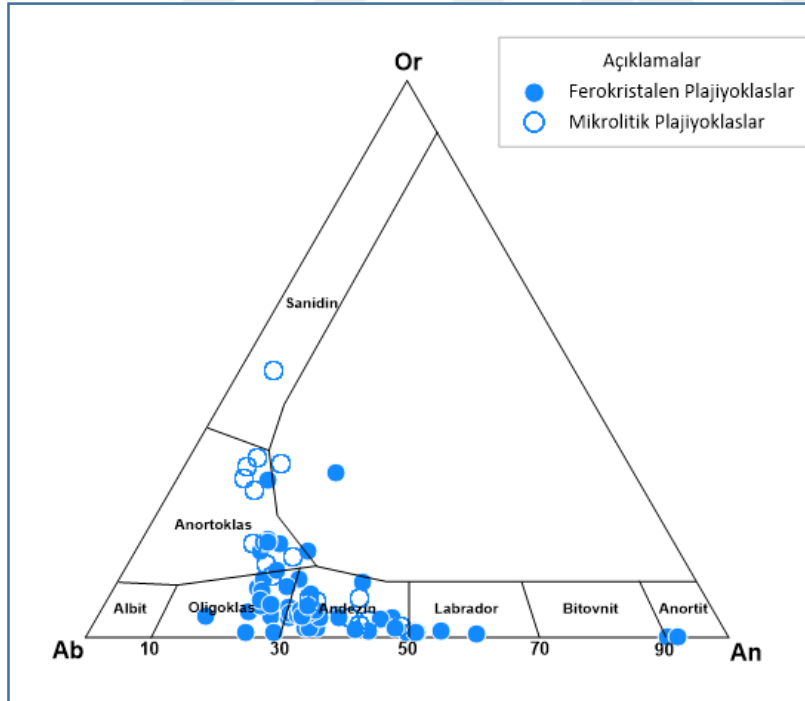
3.3. Mineral Kimyası

3.3.1. Pliyosen-Kuvaterner Yaşlı Volkanik Kayaçların Mineral Kimyası

3.3.1.1 Plajiyoklas

Çalışılan volkanik kayaçlar içerisinde genellikle fenokristal ve mikrolitler halinde gözlenen plajiyoklas mineralleri üzerinde gerçekleştirilen mikroprob analiz sonuçları Ek 1 ve Ek 2’de verilmiştir. Fenokristaller için merkez, kenar ve profiller halinde yapılan ölçümler mikrolitler için sadece merkezden tek bir ölçüm şeklindedir.

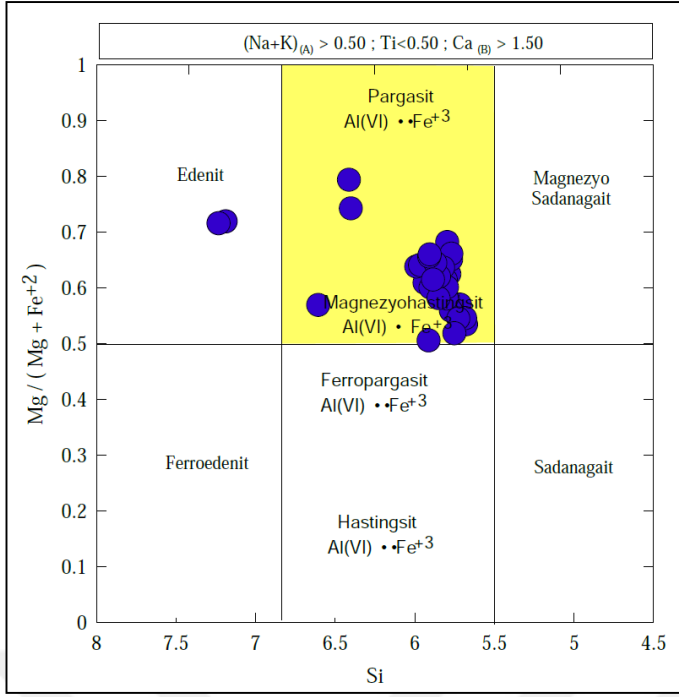
Volkanik kayaç örnekleri içerisindeki plajiyoklaz minerallerine ait mikroprop analiz sonuçlarına göre hazırlanan An-Ab-Or üçgen diyagramında mikrolitlerin bileşimleri oligoklas andezin, oligoklas, anortoklas ve bir tane örneğin de sanidin bileşiminde olduğu görülmüştür. Fenokristaller ise anortoklas, oligoklas, andezin, labrador ve iki örneğin de anortit bileşiminde olduğu belirlenmiştir (Şekil 17). Kayaç içerisinde fenokristal olarak gözlenen plajiyoklaslar, $An_{10-90} Ab_{8-79} Or_{0-30}$, hamurda mikrolitler halinde bulunan plajiyoklaslar $An_{5-48} Ab_{36-66} Or_{2-48}$ bileşimindedir.



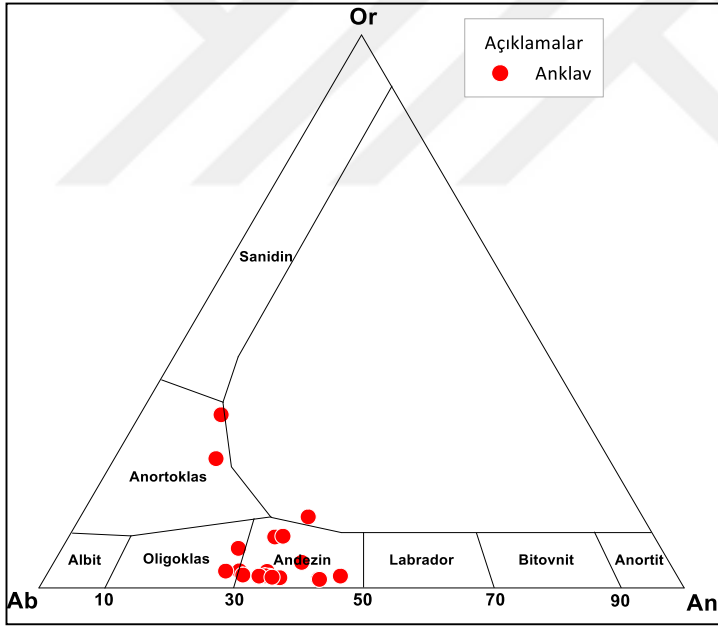
Şekil 17. Volkanik kayaçlar içerisindeki fenokristal ve mikrolitler halindeki plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramı

3.3.1.2. Piroksen

Volkanik kayaç örneklerinde yer alan piroksenlerden elde edilen EPMA sonuçları Ek 3’ deki gibidir. Wo-En-Fs sınıflama diyagramı (Morimoto vd., 1988) kullanılarak



Şekil 19. Volkanik kayalar içerisinde yer alan amfibollerin sınıflama diyagramı (Leake vd., 1997).

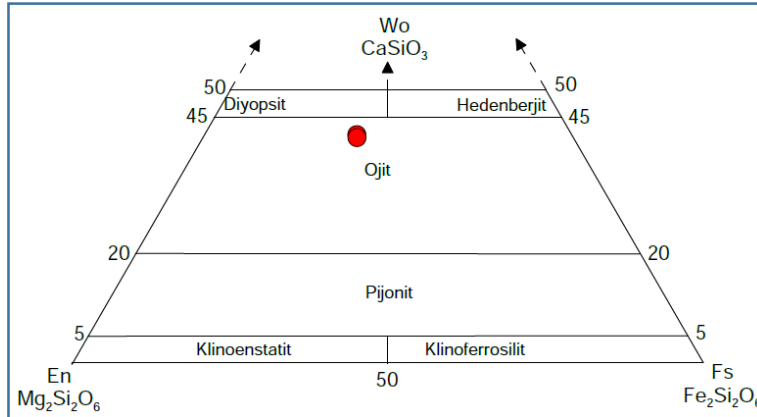


Şekil 20. Anklavlar içerisinde yer alan plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramı

3.3.2.2. Piroksen

Anklav örneklerinde yer piroksenler üzerinde gerçekleştirilen mikroprob analiz sonuçları Ek 6' da verilmiştir. Wo-En-Fs sınıflandırma diyagramına (Morimoto vd.,

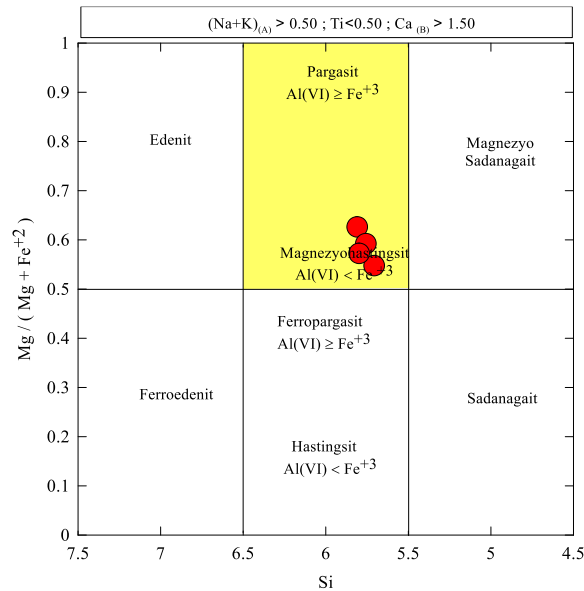
1988) klinopiroksenlerin bileşimi ojtittir (Şekil 21). klinopiroksenin bileşim aralığı $Wo_{41-42} En_{34} Fs_{23-24}$ olup Mg numaraları 0.58 dir.



Şekil 21. Anklavlara ait piroksenlerin Wo-En-Fs üçgen diyagramı (Morimoto vd., 1988).

3.3.2.3. Hornblend

Anklav örneklerindeki hornblendlerin mikroprob analizleri Ek 7 de verilmiştir. Leake vd. (1997)'ye göre değerlendirilen hornblendlerin Mg numaraları 0.55-0.63 arasında değişmektedir. İçerdikleri Na, K, Ti oranlarına göre hornblend minerallerinin magnezyumlu hastingsit bileşiminde olduğu belirlenmiştir (Şekil 22).

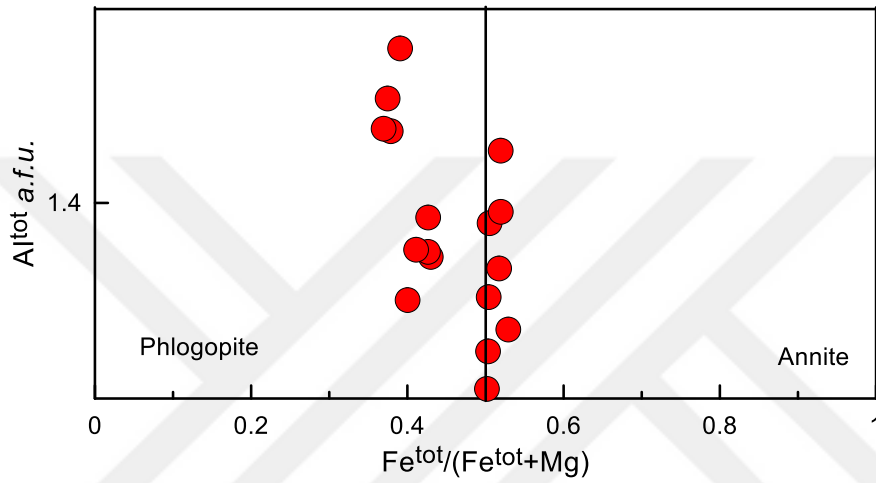


Şekil 22. Anklavlara ait amfibollerin sınıflama diyagramı (Leake vd., 1997).

3.3.2.4. Biotit

Anklavların içerisinde bulunan biyotit minerallerinin TiO_2 içerikleri %2.18-3.86 arasında, Al_2O_3 içerikleri %14.55-16.76 arasında ve MgO içerikleri %11.49-15.41 arasında değişmektedir.

Biyotitlerin $Fe^{+2}/(Fe^{+2}+Mg)$ ve $Mg/(Mg+Fe^{+2})$ oranları sırasıyla 0.36-0.52 ve 0.47-0.63 arasında değişim göstermektedir. $Al^{(t)}$ içerikleri ise 1.32-1.46 arasında değişim göstermektedir. Anklavlar içerisinde yer alan biyotitlerin bileşimleri annit ve flogopit olup Mg numaraları 0.47-0.63 arasında değişmektedir (Şekil 23).



Şekil 23. Anklavlar içerisinde yer alan biyotitlerin $Al(T)$ (apfu) ya karşı $Fe^{+2}/(Fe^{+2}+Mg)$ sınıflama diyagramı (Speer, 1984).

3.4. Jeokimya

3.4.1. Giriş

Reşadiye (Tokat) sınırları içerisindeki inceleme alanında yer alan Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalardan ve volkanik kayalar içerisinde bulunan anklav örneklerinin tüm kayaç ana, iz ve nadir toprak element analizleri yapılmıştır. Elde edilen veriler kullanılarak kayaların kimyasal sınıflaması, kökeni ve bu kayaları oluşturan magmaların gelişimi ve kayaların olduğu magma-tektonik ortam hakkında yorumlamalar yapılmıştır. Reşadiye (Tokat) bölgesinde bulunan örneklerin ana oksitler ve iz element içerikleri için Ek 9-10 ve nadir toprak element içerikleri Ek 11 ve 12' de sunulmuştur.

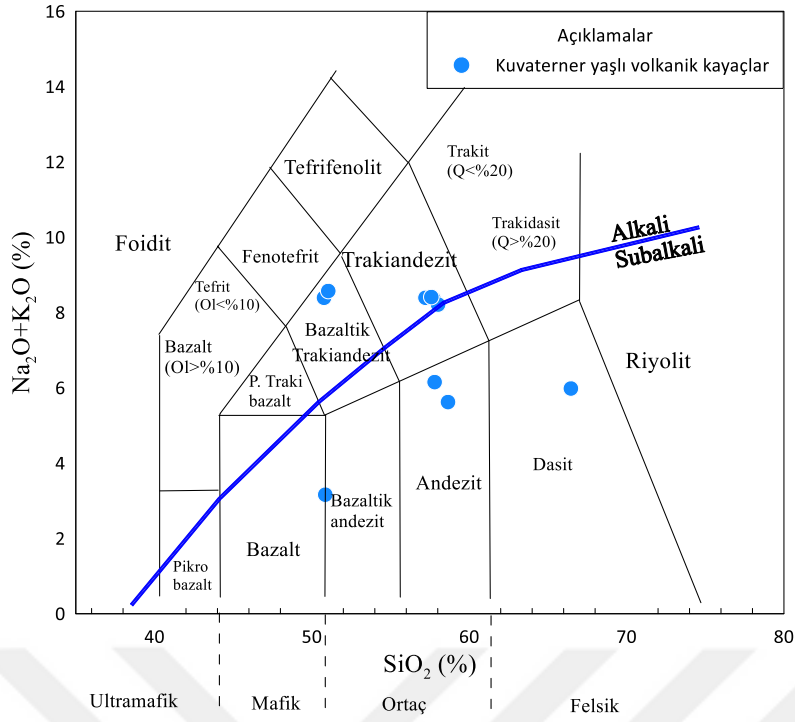
3.4.2.Volkanik Kayaçların ve Anklavların Kimyasal Adlandırılması

Pliyosen-Kuvaterner volkanik kayaçlarının ve volkanik kayaçlardaki anklavların kimyasal adlanması, farklı araştırmacıların tarafından önerilen kimyasal isimlendirme diyagramları kullanılarak oluşturulmuştur (Şekil 24, Şekil 25).

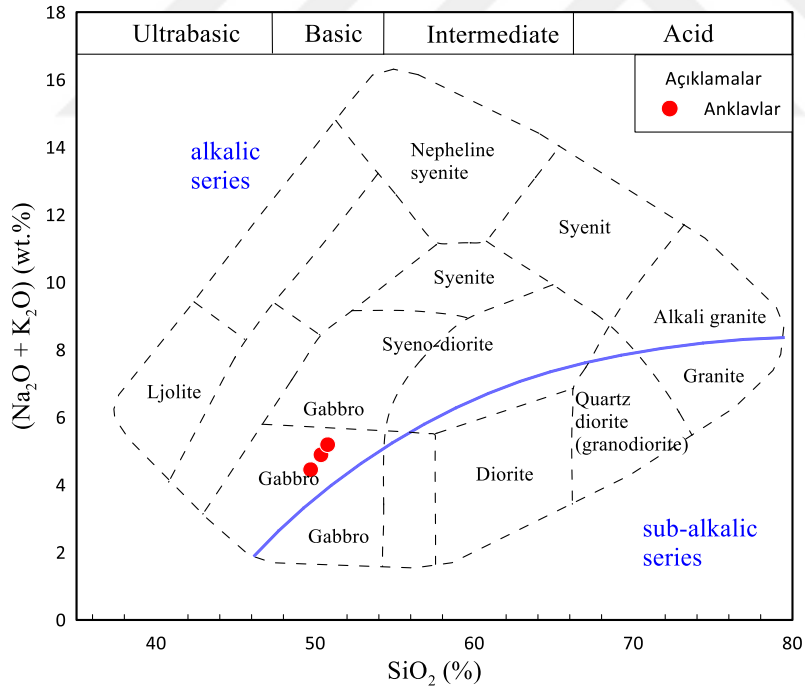
Lemaitre vd. (1989) tarafından önerilen $\text{SiO}_2 - \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ toplam alkali-silika (TAS) diyagramında Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaç örnekleri bazaltik andezit, andezit, bazaltik trakiandezit, trakiandezit ve dasit alanlarında yer almaktadır (Şekil 24). Ayrıca, alkali-subalkali ayırımına (Irvine ve Baragar 1971) göre volkanik kayaçların büyük bölümü alkali alanda, 4 örnek ise kalkalkali alanda yer almaktadır (Lemaitre vd., 1989), (Şekil 24).

Çalışma konusu volkanik kayaçlar içerisinde yerelana anklavlar ana oksit ve iz element içeriğine göre diyagramlarda değerlendirilmiştir. SiO_2 'ye karşı $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ diyagramında anklav örneklerinin gabro alanına düştüğü gözlenmekte olup, Irvine ve Baragar (1971)'in alkali ve subalkali ayırımına göre de alkali bölgede yer almaktadır (Şekil 25).

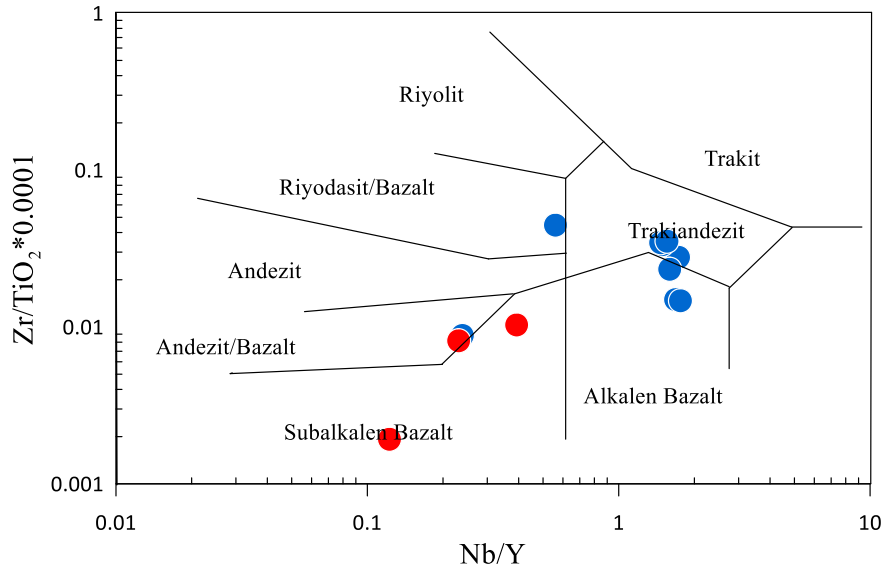
Nb, Y, Zr ve TiO_2 elementlerden yararlanılarak oluşturulan Nb/Yb'ye karşı $\text{Zr}/\text{TiO}_2 * 0.0001$ (Winchester ve Floyd, 1976) diyagramına göre Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaç örnekleri trakiandezit, alkalen bazalt, andezit ve riyodasit/bazalt alanında, anklav örneklerinde ise andezit/bazalt ve subalkalen bazalt alanında yer aldığı görülmektedir (Şekil 26).



Şekil 24. Reşadiye (Tokat) yöresi volkanik kayalarının SiO_2 'ye karşı $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ (TAS) diyagramı (Le Maitre vd., 1989). Alkali –Subalkali ayırım eğrisi (Irvine ve Baragar, 1971)'e göre.

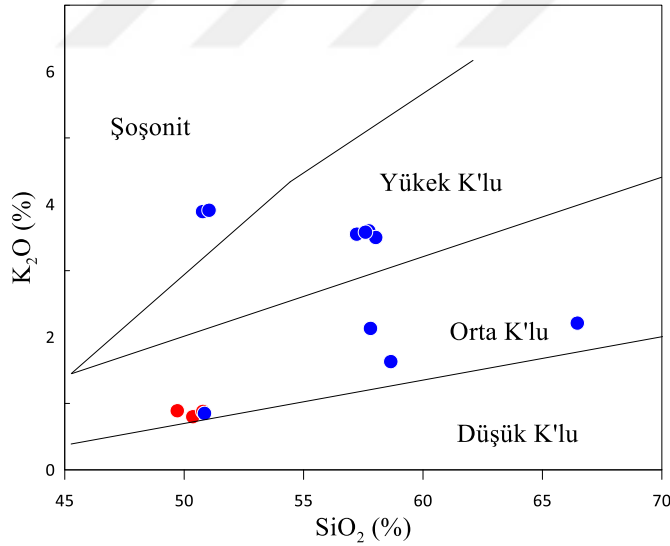


Şekil 25. Reşadiye (Tokat) yöresi volkanik kayalar içerisindeki anklavların SiO_2 'ye karşı $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ (TAS) diyagramı (Le Maitre vd., 1989). Alkali –Subalkali ayırım eğrisi (Irvine ve Baragar, 1971)'e göre.



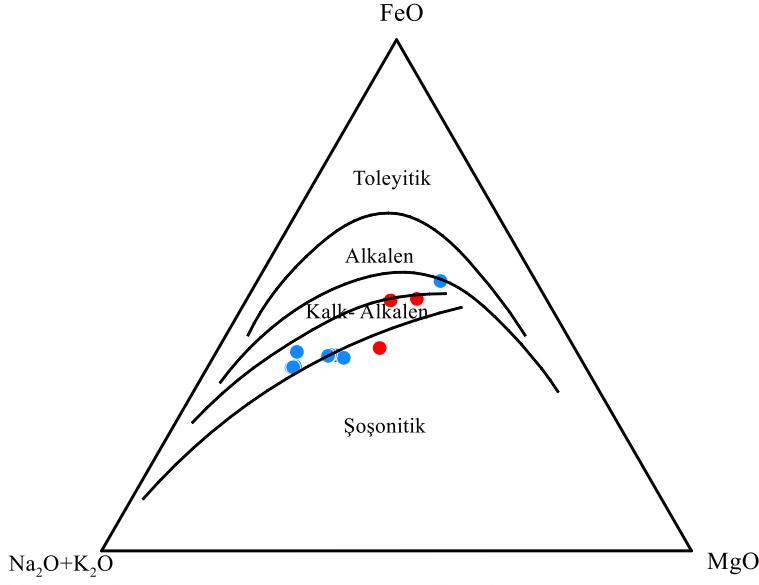
Şekil 26. Reşadiye (Tokat) yöresi volkanik kayaçlarının Nb/Yb'ye karşı $Zr/TiO_2 * 0.0001$ diyagramı (Winchester ve Floyd, 1976), (Semboller Şekil 24 ve 25)'deki gibidir.

$SiO_2 - K_2O$ sınıflama diyagramında (Le Maitre vd., 1989), Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaç örnekleri orta-yüksek K' lu ve şoşonitik alanda, anklav örnekleri ise orta K' lu alanda yer aldığı görülmektedir (Şekil 27).



Şekil 27. Reşadiye (Tokat) yöresi volkanik kayaçlarının ve anklavların SiO_2 'ye karşı K_2O diyagramı (Le Maitre, 1989), (Semboller Şekil 24 ve 25)'deki gibidir.

Irvine ve Baragar (1971)'in FeO^* , Na_2O+K_2O , MgO üçgen diyagramında Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaç örnekleri genel olarak şoşonitik ve kalk-alkalen bölgelerinde bulunurken bir örnek alkale alanında yer almaktadır. Anklav örneklerinin iki tanesi kalkalkalen alanında, diğer örnek ise şoşonitik alanında yer aldığı görülmüştür (Irvine ve Baragar, 1971), (Şekil 28).



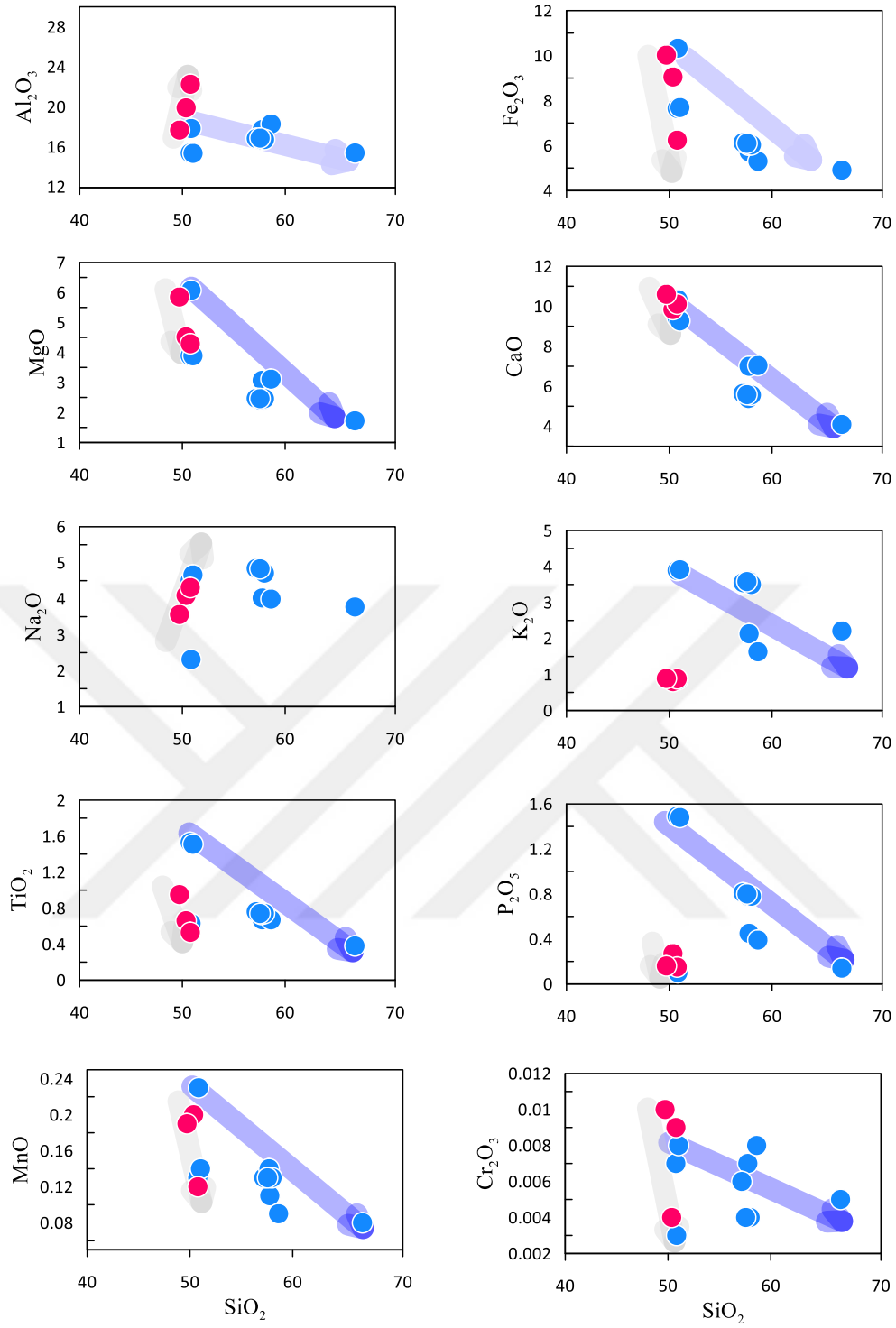
Şekil 28. Reşadiye (Tokat) yöresindeki volkanik kayaların ve anklavların AFM ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$, Fe_2O_3 , MgO) diyagramı (Irvine ve Baragar 1971), (Semboller Şekil 24 ve 25)'deki gibidir.

3.4.3. Ana Oksit ve İz Elementler

Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaların ve anklavların harker diyagramlarında genellikle çok iyi eğilimler tespit edilmiştir. Ana oksit değişim diyagramlarında SiO_2 artışıyla Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO , MgO , K_2O , P_2O_5 , TiO_2 , MnO ve Cr_2O_3 içerikleri azalarak negatif bir korelasyon, Na_2O içeriği ise yataya yakın korelasyon göstermektedir (Şekil 29).

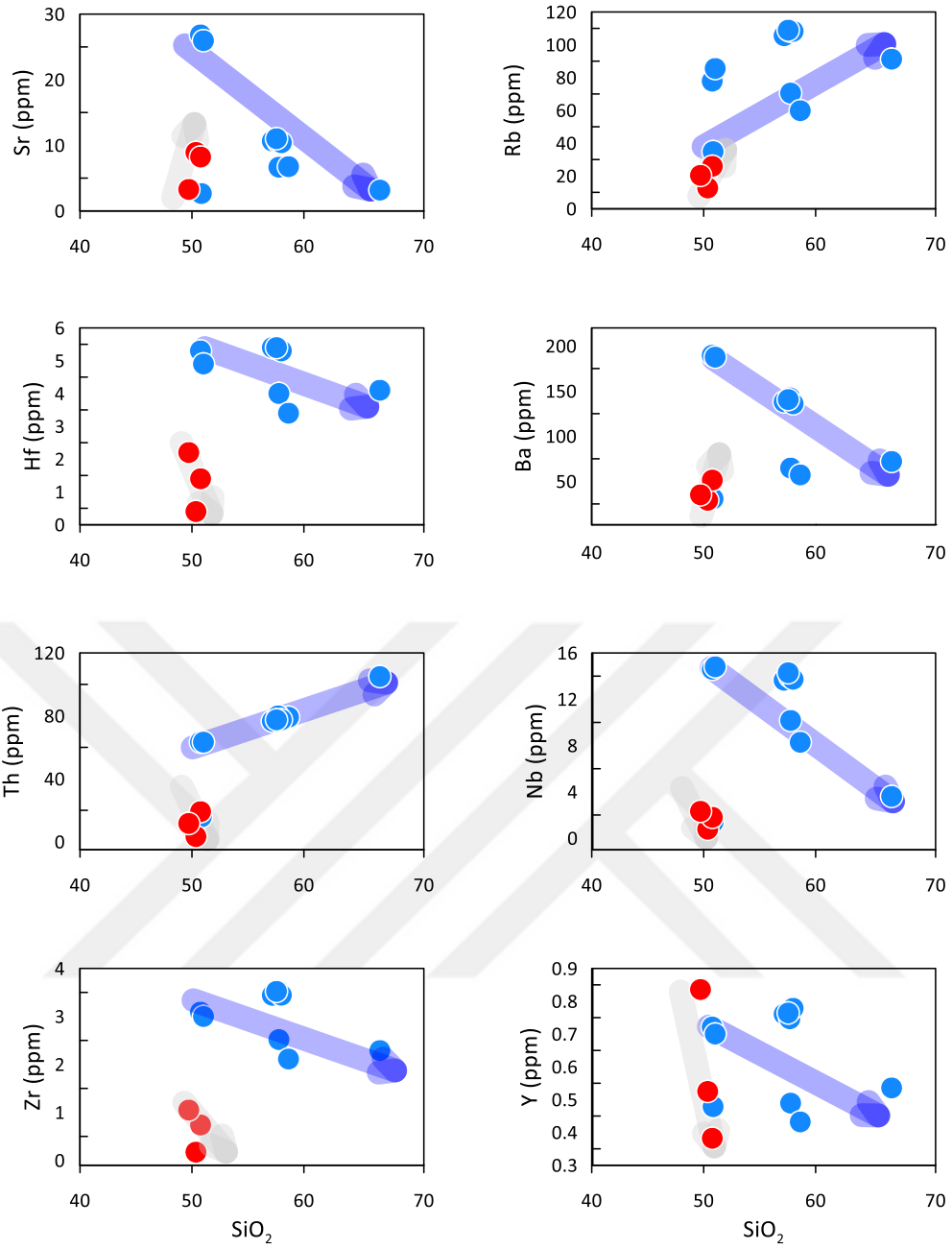
Anklavlar için SiO_2 artışıyla Fe_2O_3 , MgO , CaO , TiO_2 , MnO , Na_2O ve Cr_2O_3 içerikleri azalarak negatif bir korelasyon, Al_2O_3 , Na_2O içeriğinde ise artan pozitif korelasyon, K_2O ve P_2O_5 içeriğinde ise yataya yakın korelasyonlar gözlenmektedir. Volkanik kayalar ve anklar için Fe_2O_3 , CaO ve TiO_2 bileşimlerinde gözlenen negatif korelasyonlar amfibol ve piroksen gibi ferromagnezyen mineraller ve Fe-Ti oksitlerin fraksiyonlaşmasıyla yakından ilişkiliyken, CaO , Na_2O ve Al_2O_3 içeriklerinde gözlenen negatif yönseller plajiyoklas fraksiyonlaşmasıyla açıklanabilir. (Şekil 29).

İz element değişim diyagramında volkanik kayaların Rb, U, Cs, Th içerikleri SiO_2 artışı ile pozitif, Sr, Hf, Ba, Nb, Zr, Ta, V, Sc azalması ile negatif korelasyon göstermektedir. Artan SiO_2 ' ye karşı Ga ve Y içeriği önce artmış sonra azalmıştır. İncelenen volkanik kayalarda silika içeriğinin artmasıyla uyumsuz elementlerin (Rb, Th, Cs) içeriği artar ve (Ba, Hf) içeriği azalırken uyumlu elementlerin (Sr, Co, Sc) içeriği azalır. Bu durum ana magmadan itibaren fraksiyonel kristalizasyon ile açıklanır.

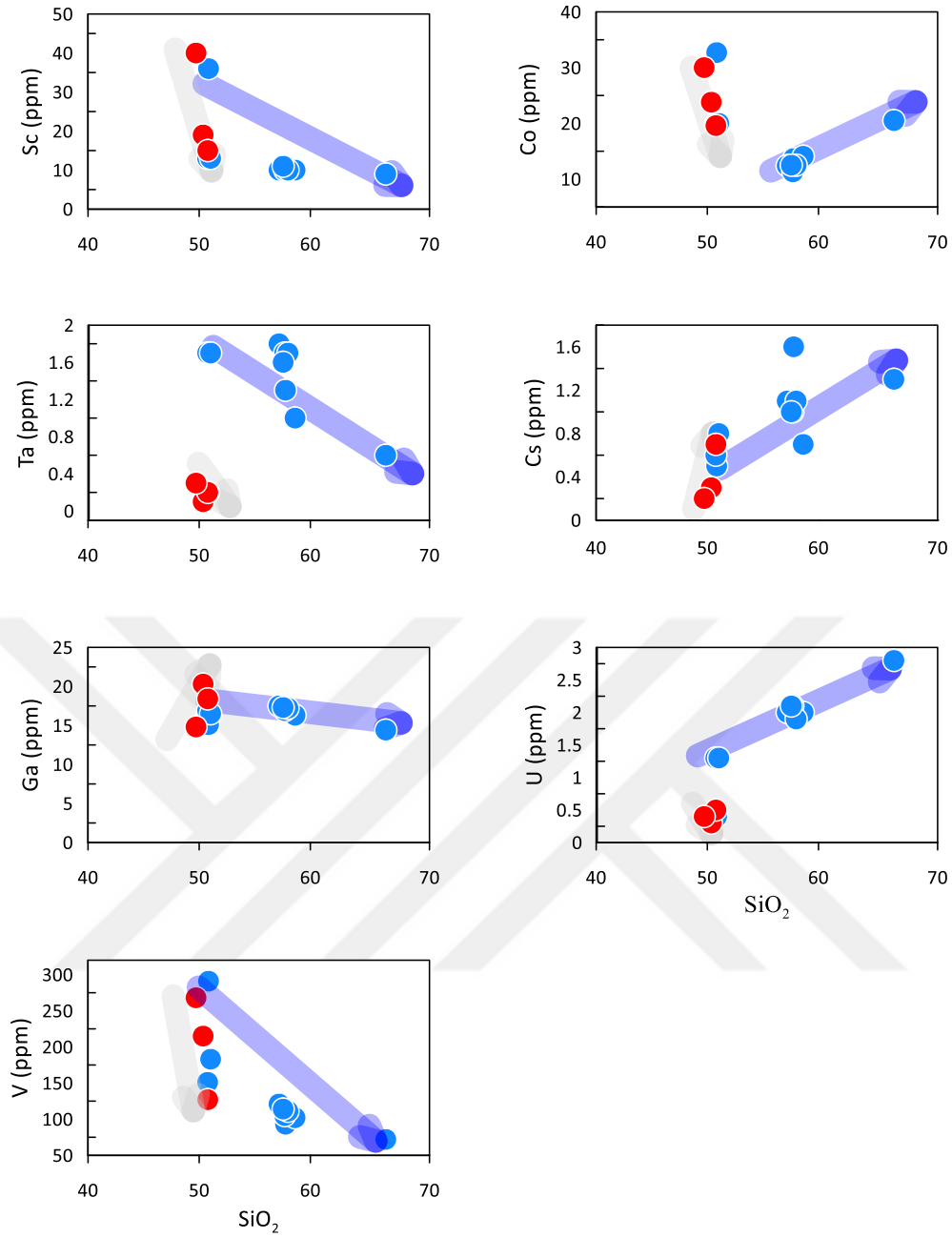


Şekil 29. Reşadiye (Tokat) yöresi volkanik kayalar ve anklavların SiO₂'ye karşı ana oksit değişimleri

Anklavlarda gözlenen iz element değişim diyagramlarında SiO₂ artışıyla Sr ve Sc içerikleri artarak pozitif kolerasyon, Hf, Nf, Zr, Y, Sc, Co, V içerikleri azalarak negatif kolerasyon, Rb, Ba, Th, Nb, Ga, U, Ta yataya yakın kolerasyon göstermektedir (Şekil 30 ve Şekil 31).



Şekil 30. Reşadiye (Tokat) yöresindeki volkanik kayaların artan SiO₂ içeriğine karşı iz element değişimleri

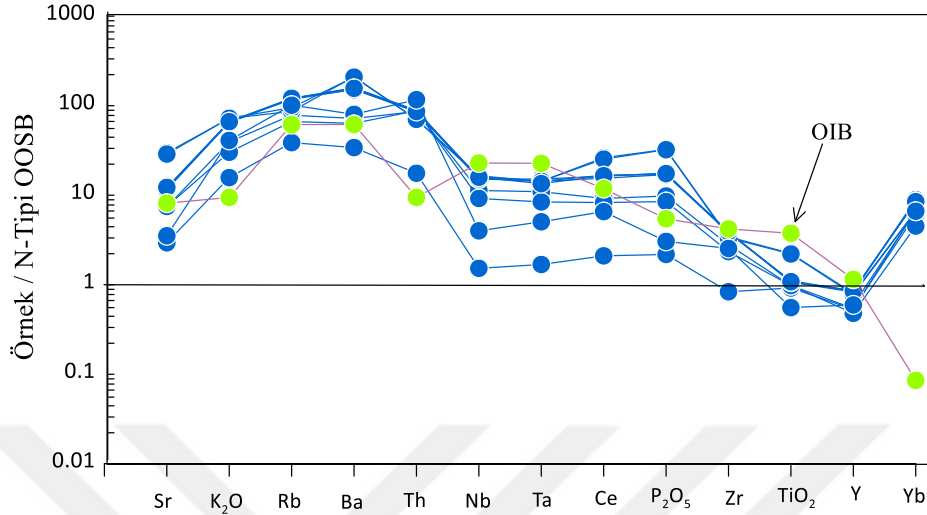


Şekil 31. Reşadiye (Tokat) yöresindeki volkanik kayaların artan SiO₂'ye karşı iz element değişimleri

3.4.4. Uyumsuz Elementler

Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaların baskın magmatik özelliklerini belirlemek için tükenmiş okyanus ortası sırt bazaltına (N-Tipi OOSB) normalleştirilmiş iz element dağılımları belirlenmiştir (Şekil 32). İz element dağılımında, tüm örnekler genel olarak Sr, K₂O, Rb ve Ba gibi büyük iyonik yarıçaplı litofil element konsantrasyonları bakımından zenginleşme gösterirken, yüksek çekim alanlı element konsantrasyonları (Nb, Th, Zr, Y ve TiO₂) hafif tüketilme ile karakterize olmuştur (Şekil 32).

Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalarda gözlemlenen bu jeokimyasal özellikler okyanus adası bazaltı (OAB) ilişkili magmaların iz element dağılımları ile benzerlik göstermektedir.



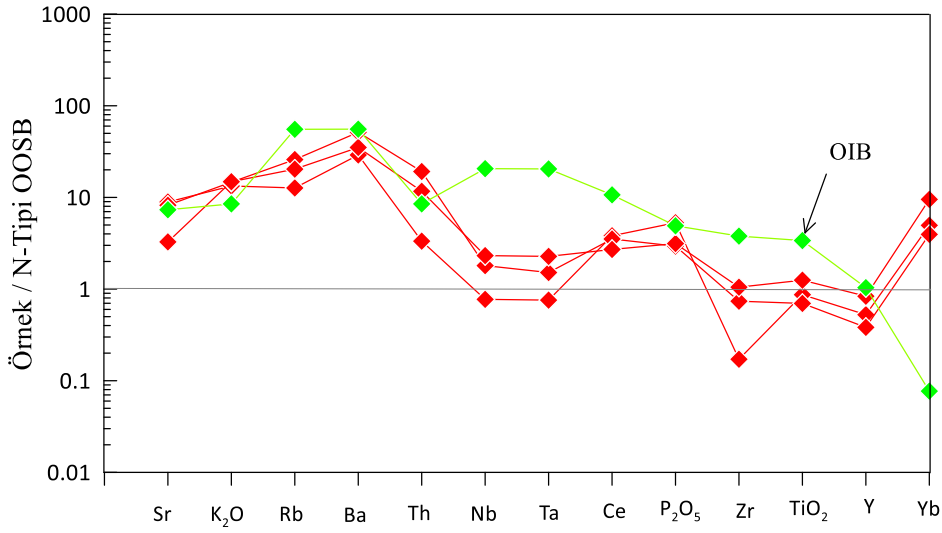
Şekil 32. Reşadiye (Tokat) bölgesindeki volkanik kayaların N-tipi OOSB'ye normalize edilmiş iz element dağılımları. N-Tipi OOSB değeri Sun ve McDonough'dan (1989) alınmıştır (Semboller Şekil 24 ve Şekil 25)'deki gibidir.

Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalar içerisinde yer alan anklav örneklerinin okyanus ortası sırt bazaltları (N-tipi OOSB) normalleştirilmiş iz element dağılımlarını Şekil 33' de verilmiştir. Bu diyagramda anklavların Sr, K₂O, Rb ve Ba gibi büyük iyon yarıçaplı litofil element konsantrasyonları genellikle zenginleşme gösterirken, yüksek çekim alanlı elementler olan Ta, Nb ve Zr ve Y konsantrasyonlarında ise tüketilme gözlenmiştir (Şekil 32). Bu özellik yitimle ilişkili magmaların iz element dağılımlarıyla benzerlik sunmaktadır.

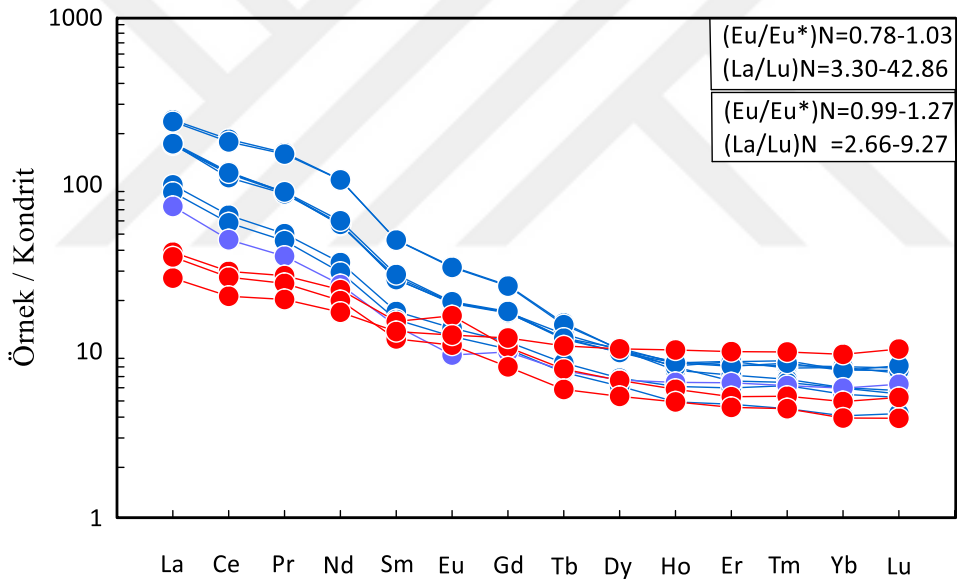
3.4.5. Nadir Toprak Elementler

Pliyosen-Kuvaterner yaşlı kayalar ilksel mantoya (kondrit, Taylor ve McLennan, 1985) göre oranlanmış nadir toprak element (NTE) dağılımlarında, aynı kaynaktan türemiş magmaların genel özelliğini yansıtan benzer desenler gözlenmektedir (Şekil 34).

Bu değişim diyagramlarında gözlenen bir diğer özellik ise, hafif nadir toprak elementlerin (HNTE) ağır nadir toprak elementlere (ANTE) göre daha zengin olduğudur (Şekil 34). Volkanik kayaların (La/Lu)_N oranları 3.30 ve 42.86 arasında değişirken (Ek 11). Anklav örneklerinin (La/Lu)_N oranları 2.66–9.27 aralığında değerlere sahiptir (Ek 12).



Şekil 33. Reşadiye (Tokat) bölgesindeki volkanik kayalar içerisindeki anklavların N-tipi OOSB'ye normalize edilmiş iz element dağılımı. N-Tipi OOSB değeri Sun ve Mc Donough'dan (1989) alınmıştır (Semboller Şekil 24 ve Şekil 25'deki gibidir).



Şekil 34. Reşadiye (Tokat) yöresindeki volkanik kayaların kondritlere normalize NTE dağılımı. Kondrit değerleri Sun ve McDonough'dan (1989) alınmıştır (Semboller Şekil 24 ve Şekil 25'deki gibidir).

Çalışılan Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalar ile anklavların NTE diyagramdaki desenleri göz önünde bulundurulduğunda farklı kaynaklardan türeyen magmalar oldukları hakkında ip uçları vermektedir. Diyagramda bariz bir şekilde gözlemlenen herhangi bir negatif Eu anomalisi bulunmaması bu kayaların gelişimi esnasında önemli bir plajiyoklas fraksiyonlaşma olmadığını yansıtmaktadır. İncelenen

volkanik kayalara ait $(Eu/Eu^*)_N$ oranları 0.78 ve 1.03 aralığında (Ek 11), anklav örneklerinde ise $(Eu/Eu^*)_N$ oranı 0.99-1.27 aralığında olduğu gözlenmiştir (Ek 12).

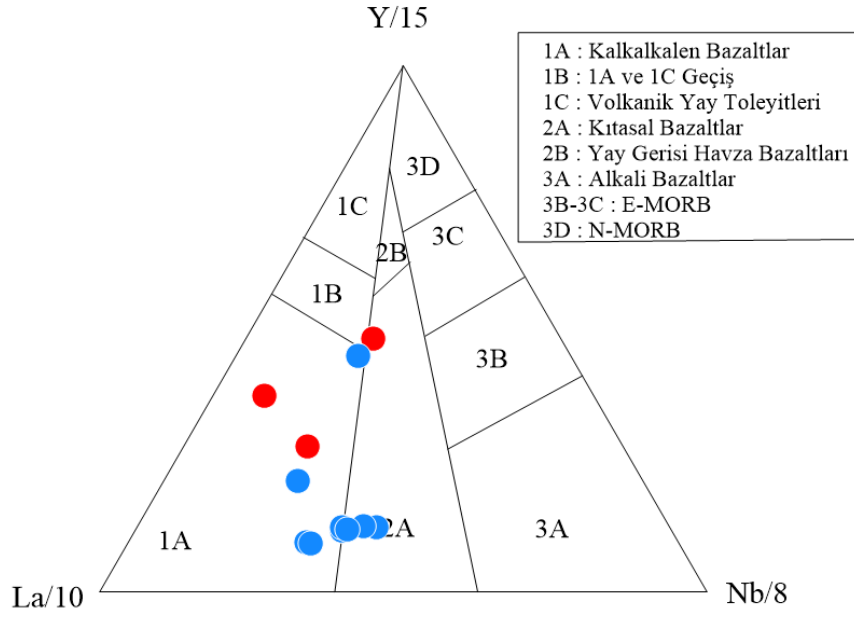
3.4.6. Magma-Tektonik Ortam

Genel olarak, Ti, V, Y, Zr ve Nb gibi hareketli olmayan iz elementler volkanik kayaların magmatik tektonik konumunu belirlemek için kullanılır (Rollinson 1993). Volkanik kayaların magmatik tektonik yerleşimini belirlemek için farklı araştırmacılar tarafından bir dizi ayırt edici diyagram geliştirilmiştir (örn.: Meschede, 1986; Pearce ve Norry, 1979; Cabanis ve Lecolle, 1989). Reşadiye (Tokat) bölgesindeki volkanik kayaların ve anklavların iz element içerikleri kullanılarak, magma-tektonik ortamlar yorumlanmıştır.

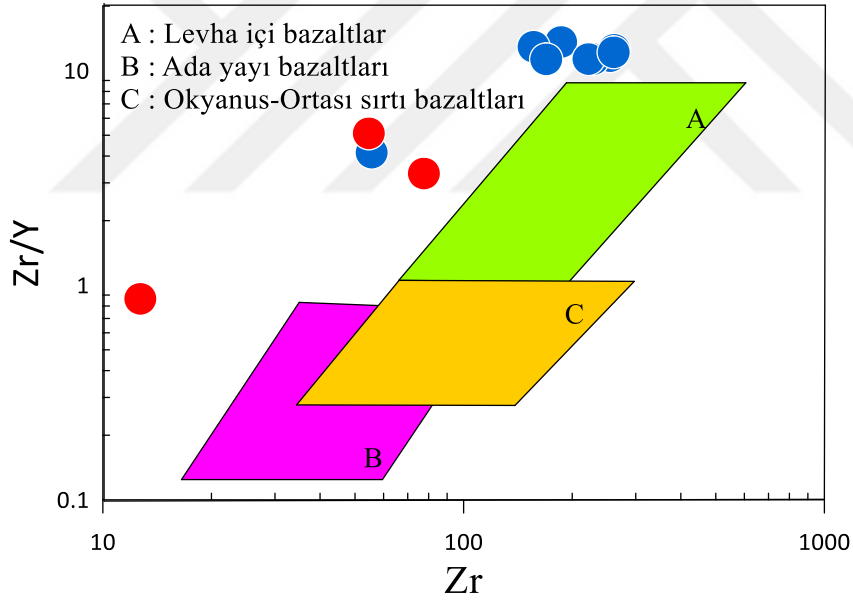
Y/15-La/10-Nb/8 üçgen diyagramında (Cabanis ve Lecolle, 1989) Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayacık ve anklav örnekleri kalkalkalen bazaltlar (1A) ve kıtasal bazaltlar (2A) alanına düşmektedir (Şekil 35). Pearce ve Norry, (1979) tarafından önerilen Zr/Y - Zr diyagramında volkanik kayacık örneklerinin çoğu levha-içi bazaltı (A) alanına yakın düşmekte iken, anklav örnekleri diğerlerinden farklı olarak levha-içi (A) ve ada-yayı (B) bazaltları alanlarına yakın yerlerde görülmektedir (Şekil 36).

$Nb^*2 - Zr/4 - Y$ tektonik ayırım diyagramı (Meschede, 1986) incelendiğinde, volkanik kayacık örnekleri levha içi bazaltlar, volkanik yay bazaltı ve levha içi bazaltı alanında yer alırken, anklav örnekleri levha içi bazaltları, volkanik yay bazaltı NMORB alanında toplandığı görülmektedir (Şekil 37a).

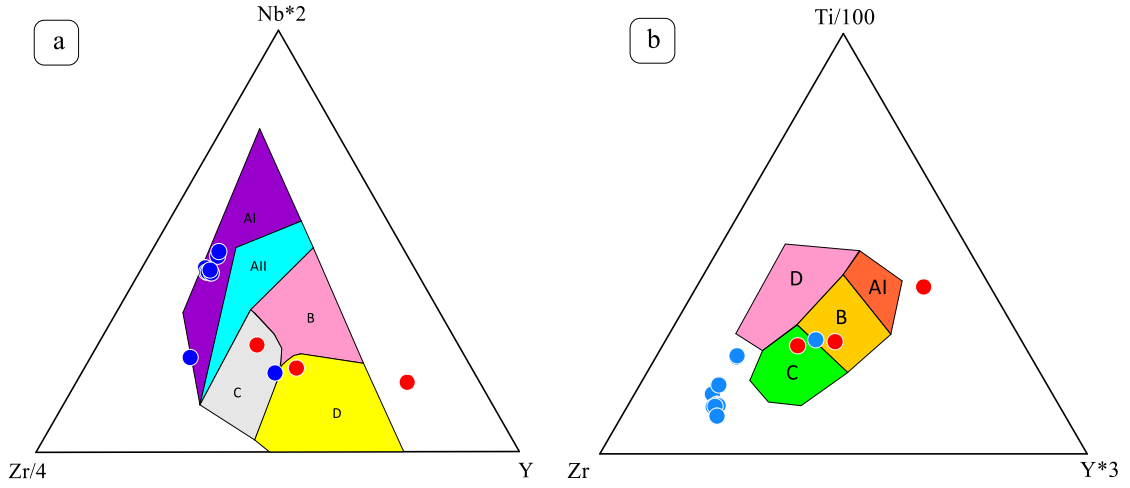
Ti/100-Zr-Y*3 (Pearce ve Cann, 1973) üçgen diyagramında ise Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanitler ve anklavlara ait örneklerin büyük çoğunluğu volkanik yay bazaltı ve kalkalkali bazalt alanına yakın konumlarda yer almaktadır (Şekil 37b).



Şekil 35. Reşadiye (Tokat) yöresi volkanik kayaların La/10 – Y/15 – Nb/8 üçgen diyagramı (Cabanis ve Lecolle, 1989), (Simgeler Şekil 24 ve Şekil 25)'deki gibidir.

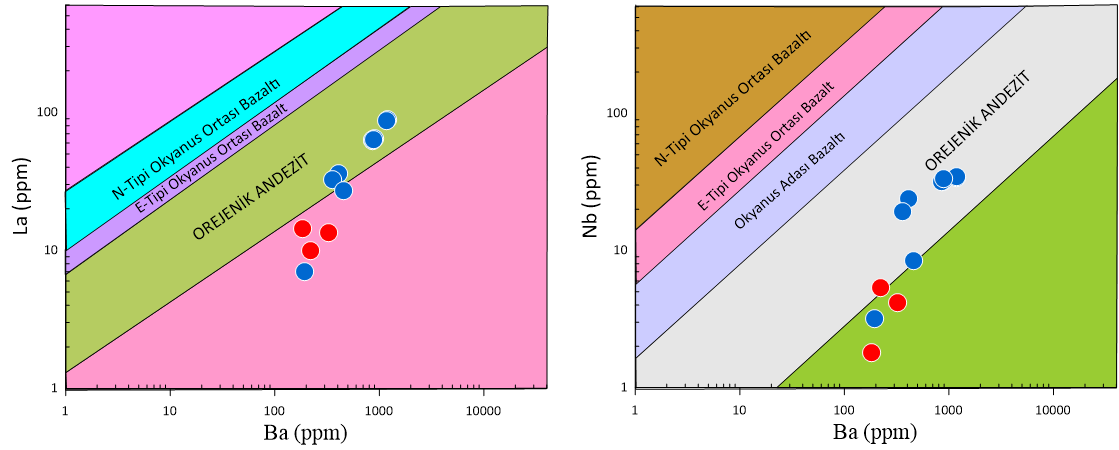


Şekil 36. Zr-Zr/Y diyagramı (Pearce ve Norry, 1979), (Simgeler Şekil 24 ve Şekil 25)'deki gibidir.



Şekil 37. Reşadiye (Tokat) yöresinde yer alan volkanit örneklerinin tektono-magmatik ayırım diyagramları üzerindeki konumları: (a) Meshede (1986) (AI, AII: Levha içi bazalt; B: E-MORB, C: Volkanik Yay Bazaltı, Levha İçi Bazalt; D: NMORB, Volkanik Yay Bazaltı), (b) Pearce ve Cann (1973) (A: Volkanik Yay Bazaltı; B: MORB, Volkanik Yay Bazaltı; C: Kalkalkali Bazalt, D: Levha İçi Bazalt), (Simgeler Şekil 24 ve Şekil 25)'deki gibidir.

İncelenen volkanitlerin Ba/La oranı yaklaşık 11-28 arasında, Ba-Nb oranları ise 17-60 arasında değişmektedir. Volkanitler yüksek Ba/Nb (>17) ve Ba/La (>11) oranlarına sahip olup diyagramda orojenik andezitler alanında yer almaktadır (Şekil 38), bu özellikleriyle ada yayı volkanik kayalarla benzerlik gösterirler (Gill, 1981).



Şekil 38. Reşadiye (Tokat) bölgesindeki volkanik kayaların Ba (ppm) içeriğine karşılık La (ppm) ve Nb (ppm) tektonik ayırtman diyagramları. Diyagram üzerindeki alanlar; Perfit vd. (1980) ve Gill (1981)' den alınmıştır. (Simgeler Şekil 24 ve Şekil 25)'deki gibidir.

4.TARTIŞMA

4.1. Dengesizlik Parametreleri

Magmaların gelişimi sırasında ortaya çıkan soğuma, dekompresyon veya magma karışımı gibi dengesiz kristallenmeye neden olan magmatik olayların minerallerin dokusal özellikleri ve kimyaları üzerinde etkili olduğu bilinmektedir. Denge halinde olan magmanın sıcaklık, basınç gibi termodinamik koşullarında meydana gelen değişimler denge halinin bozulmasına sebebiyet vermektedir (Ortoleva, 1990; Nixon, 1988; Rutherford ve Hill, 1993; Dobosi ve Fodor, 1992; Perugini vd., 2003 Simonetti vd., 1996). Dengesiz kristallenmeye neden olan başlıca olaylardan magma karışımı, petrografik gözlemler ve mineral kimyası verileriyle elde edilen bileşimsel ölçütlerdeki değişimler gözlemlenerek ortaya koyulabilir. Dokusal kanıtlar arasında; klinopiroksen kristallerinin kenarları boyunca kemirilmeler ve çözünmeler, plajiyoklas kristallerinde gözlemlenen elek dokusu, normal ve zonlu plajiyoklasların aynı kayaç içerisinde bulunması ve yuvarlaklaşmış kristallerin varlığı sayılabilir.

Çalışma konusu volkanik kayaçlarda gözlemlenen dengesiz kristallenmeye işaret eden; plajiyoklaslarda elek dokusu, kemirilmeler ve zonlanmalar, klinopiroksenlerde kemirilmeler, yuvarlaklaşmalar ve amfibollerde zonlanmalar ve opaklaşmalar gözlenen diğer dokusal özellikler arasındadır. Ayrıca zonlanma gösteren ve zonlanma göstermeyen kristallerin aynı kayaç içerisinde yer alması dengesiz kristallenmeye işaret etmektedir. Dengesiz kristallenmenin izlerini taşıyan bu tür dokusal özellikler ortaya çıkması iki tür magmatik olayla açıklanmaktadır. Bunlar, magma karışımı (Tsuchiyama, 1985) ve dekompresyon (Nelson ve Montana, 1992) olup magmanın kabuk içerisinde sığ derinliklere yükselmesi sonucunda meydana gelebilir.

Tez kapsamında incelenen Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaçlar içerisinde yer alan plajiyoklas, klinopiroksen ve amfiboller üzerinde merkez kenar ve profiller boyunca gerçekleştirilen mineral kimyası analizleri, ters zonlu, normal zonlu kristallerin ve her iki zonlanmanın aynı kayaç içerisindeki varlığını ortaya koymaktadır. (Şekil 39). Volkanik kayaçlarda yer alan normal zonlu plajiyoklasların merkez bileşimi An_{22} ve An_{90} , kenar bileşimleri ise An_{14} ve An_{50} arasında değişim göstermektedir. Ters zonlu plajiyoklaslar için An_{19} ve An_{43} merkez bileşimine karşı An kenara doğru artış göstererek An_{20} ve An_{92} arasında değişen değerleri alır. Plajiyoklas mineralinde gözlemlenen normal zonlanmalar fraksiyonel kristallenmeyle açıklanırken ters zonlanmayı açıklamak için

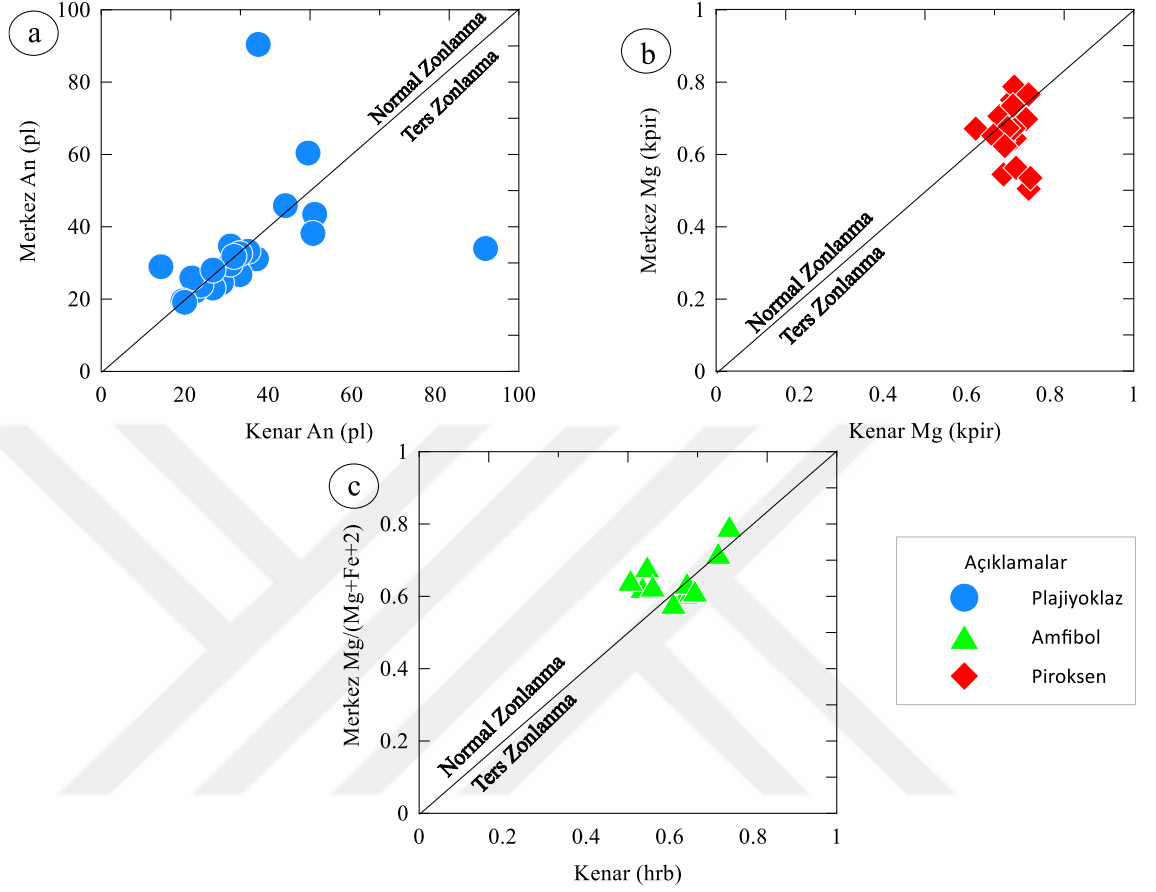
farklı hipotezler ileri sürülmektedir. Bu hipotezler; (i) suya doygun magmaların kristallenmesi sırasında sıcaklık ve basınçtaki artışlar (Blundy ve Cashman, 2001), (ii) magma odalarında konveksiyonel yeniden karışım olayları (back mixing) (Couch et al., 2001) (iii) sulu magmaların yükselimi sırasında sıcaklık artışı (Blundy vd., 2006) ve kabuksal magma odalarının nispeten daha ilksel ve sıcak ergiyiklerle tazelenmesi (Streck, 2008) nedeniyle sıcaklık artışları. Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanitler içerisinde yer alan bu çalışma plajiyoklasların özellikle kenar bileşimlerinde tespit edilen geniş bileşimsel değişim (An_{14-92}) (Wallace ve Carmichael, 1994) magma karışım olayını işaret etmektedir.

Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalar içerisinde yer alan normal zonlanma gösteren klinopiroksenlerin merkez Mg# (Magnezyum numarası) 0.67-0.79 arasında değişirken, kenar Mg# 0.62-0.75 arasında değişim göstermektedir. Ters zonlu klinopiroksenler için 0.51-0.70 arasında değişen merkez Mg#' na karşın, Mg# kenara doğru artış göstererek 0.66-0.75 arasında değerler alır. Aynı kayaç içerisinde ters ve normal zonlanma gösteren klinopiroksen minerallerinin varlığı tespit edilmiş olup bu da kayaların gelişimi esnasında magma karışımının etkisini ortaya koymaktadır. Ayrıca, alkali kayalarda klinopiroksende gözlenen ters bölümlenme, magmatik karışımın ip ucu olarak değerlendirilebilir. (Anderson, 1974; Pe-Piper, 1984).

Çalışma konusu Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanitler içerisinde yer alan amfiboller üzerinde yapılan petrografik gözlemler ve merkez kenar mineral kimyası analizleri sonucunda zonlu amfibollerin varlığı tespit edilmiştir. Normal zonlanma gösteren amfibollerin merkez Mg# 0.62-0.79 arasında değişirken, kenar Mg# 0.51-0.74 arasında değişim göstermektedir. Ters zonlu plajiyoklaslar için 0.58-0.62 arasında değişen merkez Mg#' na karşı, Mg# mineralin kenarına doğru artış göstererek 0.61-0.66 arasında değişen değerler alır. Aynı kayaç içerisinde ters ve normal zonlanma gösteren amfibollerin varlığı yine bu kayaların gelişimi esnasında magma karışımının etkisini ortaya koymaktadır.

Ferro-magnezyen minerallerde gözlemlenen dengesiz kristallenmeyi işaret eden ve yukarıda ele alınan dokusal ve bileşimsel farklılıklar, Perugini vd. (2003) tarafından yapılan çalışmalarda; (i) polibarik kristallenme, (ii) kristallerin merkez kısmında farklı kökenden gelen kalıntı merkezlerin yer alması, (iii) aynı kökenden gelen magmaların oluşturduğu ergiyik ve difensiyasyonla aynı magma oluşan kümülatların karışımı gibi magmatik olaylarla açıklanmaktadır. Elde edilen dokusal, mineral kimyası ve termobarometrik veriler ışığında çalışma konusu Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalar içerisinde yer alan plajiyoklaslar, klinopiroksenler ve amfibollerin ergiyiklerle

dengede halinde olmadıkları anlaşılmaktadır. Bu da volkanik kayaçların gelişimi esnasında polibarik kristallenme şartlarının baskın olduğu açık sistem davranışlarının varlığını göstermektedir.



Şekil 39. İncelenen Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaçlardaki; (a) plajiyoklasların merkez ve kenar arasında gözlenen An değişimi, (b) klinopiroksenlerde merkez ve kenar arasında gözlenen Mg# ($Mg/(Mg+Fe^{2+})$) değişimi, (c) amfibollerdeki merkez ve kenar arasında gözlenen Mg# ($Mg/(Mg+Fe^{2+})$) değişimi

4.2. Jeotermometre ve Barometre Hesaplamaları

Mineral kimyası analizlerinden elde edilen sonuçlar, mineral termodinamiği konusunda çalışmalar yapan araştırmacılar tarafından oluşturulan ampirik formüller kullanılarak, volkanik kayaçların kristallenme koşulları hakkında bilgiler elde etmemize yardımcı olmaktadır. Bu bölümde volkanik kayaçların kristallenme sıcaklığı, basıncı ve termodinamik koşulları incelenmiştir. Bu hesaplamalar esas olarak mineral, mineral-mineral, mineral-eriyik (volkanik cam veya bütün kaya bileşimi) kombinasyonları kullanılarak yapılmaya çalışılmıştır.

4.2.1. Jeotermometre Hesaplamaları

4.2.1.1. Klinopiroksen Termometresi

Putirka vd., (2008) klinopiroksenlerin kristallenme sıcaklık ve basınçlarını hesaplamak üzere klinopiroksen ile ergiyik arasındaki dengeyi dikkate alarak farklı yaklaşımlar ortaya koymuştur. Kristal ve ergiyik arasındaki denge durumunu test etmek için Putirka (2008), deneysel çalışmalara dayanarak bir Fe-Mg değişim sabiti ($K_D(\text{Fe-Mg})^{\text{kpir-erg}} = 0.27 \pm 0.03$) hesaplamıştır. Fe ve Mg arasındaki değişimden hesaplanan bu sabitin $K_D(\text{Fe-Mg})^{\text{kpir-erg}} = 0.27 \pm 0.03$ aralığında olması, analiz edilen klinopiroksen ve ergiyiğin dengede olduğu anlamına gelir. Klinopiroksen bileşimi kullanılarak gerçekleştirilecek kristale-ergiyik denge termometresi kullanılarak yapılacak olan kristallenme sıcaklığı hesaplamalarında klinopiroksen ve ergiyik bileşimleri gerekmektedir. Kristal bileşimi için klinopiroksen mineral kimyası analizleri kullanılırken ergiyik bileşimi için klinopiroksenin yer aldığı hamur içerisindeki cam fazının ya da klinopiroksenin yer aldığı volkanik kayacın tüm kayaç analiz sonuçları kullanılabilir. Bunun sonucunda elde edilecek sıcaklık değeri Kelvin cinsinden olacaktır (Putirka vd., 2008).

Volkanik kayaç gözlemlerinde $K_D(\text{Fe-Mg})^{\text{kpir-erg}}$ değerleri istenilen aralıkta olmasına rağmen, Putirka (2008) (Denklemler 32d) tarafından önerilen termometrenin sadece klinopiroksen bileşimine göre kalibre edilmesi tavsiye edilir. Sonuç olarak, Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaçların ortalama sıcaklığı 1132.56 ± 60.98 °C, anklavdaki klinopiroksenin sıcaklığı ise 1117.22 ± 73.47 °C'dir (Tablo 2).

Tablo 2. Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaçlarda klinopiroksenden tespit edilen sıcaklık ve basınç değerleri (Putirka, 2008) 'e göre hesaplanmıştır.

Klinopiroksen termometresi (Putirka 2008)			
Pliyosen- Kuvaterner Yaşlı Volkanik Kayaçlar	$K_D(\text{Fe-Mg})^{\text{epx-liq}} = 0.27 \pm 0.03$	Basınç	Sıcaklık
	(n=20)	Eqn 32a (kbar)	Eqn 32d (°C)
Pliyosen- Kuvaterner Yaşlı Volkanik Kayaçlar	Ort	5.95 ± 2.27	1132.56 ± 60.98
	Max	10.35	1188.51
	Min	1.69	927.14
	(n=3)	Eqn 32a (kbar)	Eqn 32d (°C)
Anklav	Ort	6.09 ± 1.14	1117.2 ± 73.47
	Max	7.31	1155.73
	Min	5.04	1032.5

4.2.1.2. Hornblend Jotermometresi

Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaçlar ve bu kayaçlar içerisindeki anklavlarda bulunan hornblend minerallerinin mineral kimyası sonuçları kullanılarak,

Ridolfi vd. (2010) tarafından kalibre edilen formüller kullanılarak kristallenme sıcaklığı hesaplanmıştır. Hesaplanan sonuçlar Tablo 4.2’de belirtilmiştir. Bu sonuçlara göre, Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalardaki hornblend minerallerinin ortalama kristallenme sıcaklık değerleri 1002.39 ± 19.49 °C iken anklavlardaki hornblendlerden hesaplanan ortalama sıcaklık değerleri 966.21 ± 32.17 °C dir.

Tablo 3. Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalar ve anklavlar içerisindeki hornblendlerden elde edilen sıcaklık, basınç değerleri

Amfibollerin termometresi Ridolfi vd., (2010)			
Pliyosen- kuvaterner Yaşlı Volkanik kayaçlar	(n=12)	Ridolfi vd., (2010)	Ridolfi vd., (2010)
	Ort	5.80 ± 1.11	1002.39 ± 19.49
	Max	7.94	1030.27
	Min	4.19	967.3
Anklav	(n=26)	Ridolfi vd., (2010)	Ridolfi vd., (2010)
	Ort	5.76 ± 1.98	996 ± 32.17
	Max	12.04	1030
	Min	2.31	896

4.2.1.3. Biyotit Termometresi

Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalardaki biyotitin kristallenme sıcaklığı, bu minerallerdeki Ti ve Fe^{2+} değişimlerine dikkate alınarak, Luhr et al. (1984) tarafından önerilen eşitlikler kullanarak anklavlar için 662.96 ± 33.29 °C ortalama kristallenme sıcaklığı sonucu belirlenmiştir (Tablo 4)

4.2.2. Jeobarometre Hesaplamaları

4.2.2.1. Klinopiroksen Jeobarometresi

Putirka vd., (1996) klinopiroksenlerin kristallenme basınçlarını hesaplamak üzere klinopiroksen ile ergiyik arasındaki dengeyi dikkate alarak farklı yaklaşımlar ortaya koymuştur. Kristal ve ergiyik arasındaki denge durumunu test etmek için Putirka (2008), deneysel gözlemlerden yararlanılarak bir Fe-Mg değişim sabiti ($K_D(Fe-Mg)^{kpir-erg} = 0.27 \pm 0.03$) hesaplamıştır. Fe ve Mg arasındaki değişimden hesaplanan bu sabitin $K_D(Fe-Mg)^{kpir-erg} = 0.27 \pm 0.03$ aralığında olması, analiz edilen klinopiroksen ve ergiyiğin dengede olduğu anlamına gelir. Kristal bileşimi için klinopiroksen mineral kimyası analizleri kullanılırken ergiyik bileşimi için klinopiroksenin yer aldığı hamur içerisindeki cam fazının ya da klinopiroksenin yer aldığı volkanik kayacın tüm kayaç analiz sonuçları kullanılabilir. Bunun sonucunda elde edilecek basınç değeri kilobar cinsinden olacaktır (Putirka vd., 1996).

Tablo 4. Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalar içerisinde yer alan anklavların bünyesindeki biyotitlerin elde edilen sıcaklık, basınç değerleri

Biyotit termometresi			
Anklav	Anklavlar (n=17)	Uchida vd., (2007)	Luhr vd., (1984)
	Ort	1.89 ± 0.23	662.96 ± 33.29
	Max	2.34	727.52
	Min	1.49	635.84

Volkanik kayalar üzerinde yapılan petrografik gözlemlerde $K_D(\text{Fe-Mg})^{\text{kpir-erg}}$ değerleri istenilen aralıkta olmasına rağmen, jeobarometre hesaplamalarında sadece klinopiroksen bileşimine göre kalibre edilmiş (Denklem 32a) denklemin kullanımı daha uygundur.

Sonuç olarak Kuvaterner yaşlı volkanik kayalarda 5.95 ± 2.27 kbar ortalama basınç elde edilirken, anklavlar içerisinde yer alan klinopiroksenler için 6.09 ± 1.14 kbarlık ortalama basınç değerleri elde edilmiştir (Tablo 2).

4.2.2.2. Hornblend Jeobarometresi

Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalar ve bu kayalar içerisindeki yer alan anklavlarda bulunan hornblend minerallerinin mineral kimyası sonuçları yararlanılarak, Ridolfi vd. (2010) tarafından kalibre edilen formüller kullanılarak kristallenme basınç hesaplamaları elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 3’de verilmiş olup bu sonuçlara göre, Kuvaterner yaşlı volkanik kayalardaki hornblend minerallerinin ortalama kristallenme basınç değerleri 5.80 ± 1.11 kbar iken anklavlardaki hornblendlerden hesaplanan ortalama basınç değerleri 5.76 ± 1.98 kbar olarak belirlenmiştir.

4.2.2.3. Biyotit Jeobarometresi

Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalar bünyesinde bulunan anklavların içerisinde yer alan biyotitlerin kristallenme basınçını hesaplamak için Uchida vd. (2007) tarafından kalibre edilen formüller kullanılmıştır. Bu eşitliğe göre, biyotitlerin mineral kimyası verileri kullanılarak Anklavlar için 1.89 ± 0.23 kbarlık basınç değeri elde edilmiştir (Tablo 4)

Gerçekleştirilen termobarometrik çalışmalar sonucunda elde edilen geniş aralıklarda değişim gösteren basınç değerleri ve bunlarla paralellik gösteren sıcaklık değerleri, volkanik kayaları ve anklavları oluşturan magmaların kabuk içerisindeki gelişimleri esnasında polibarik (değişken basınçlı) bir kristallenme yolu izlediği ve kabuk içerisinde farklı seviyelerde yer alan magma odalarında son hallerini aldığı sonucuna varılmaktadır.

4.3. Petrojenez

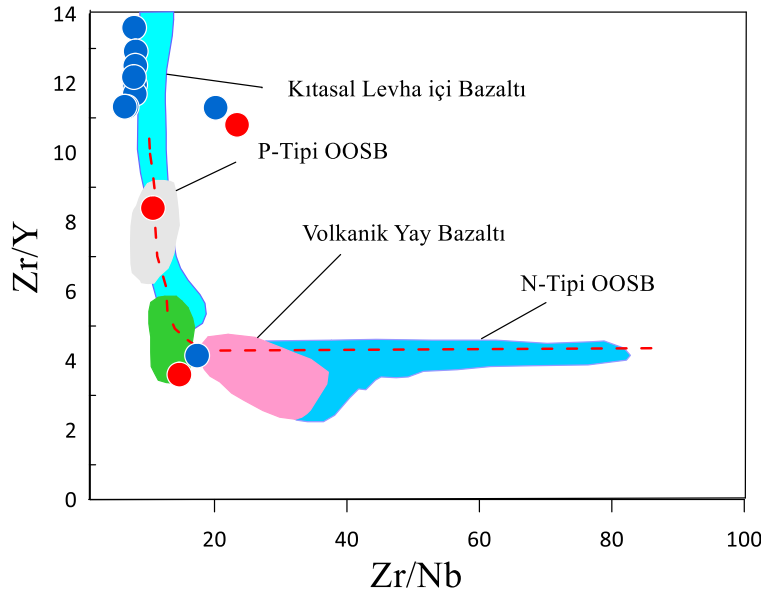
4.3.1 Giriş

Kısmi erime, fraksiyonel kristalleşme, asimilasyon ve magma karışımı gibi süreçler volkanik kayaçların jeokimyasal evrimi açısından oldukça önemlidir. Bu süreçler, değişim diyagramlarında gözlenen eğilimler ve minerallerin bileşimsel özellikleri ile belirlenebilir. Reşadiye (Tokat) bölgesindeki volkanik kayaçların jeokimyasal değişimleri, bu kayaların aynı kaynaktan olduğunu ve volkanik kayaçların ana magmalarının gelişimi sırasında fraksiyonel kristalleşme ve magma karışımı gibi magmatik olayının etkili olduğunu düşündürmektedir. Elde edilen petrografik ve jeokimyasal verilere dayanarak, yukarıda bahsedilen magmatik olayların volkanik kayaçların gelişimindeki rolü ve önemi detaylı olarak incelenmiş ve açıklanmaya çalışılmıştır.

4.3.2. Kısmi Ergime

Reşadiye (Tokat) bölgesindeki Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaçlar %1-6 arasında MgO (Mg# 25-37) ve 6-14 ppm arasında Ni içeriğine sahiptir. Anklavda %4-6 MgO (Mg# 33-41) ve 10-28 ppm Ni içerir. Bu nedenle, incelenen volkanik kayaçların ilksel magma bileşime göre (>68 Mg#, $\sim 250-300$ ppm Ni içerikli bazaltlar) büyük farklılıklar gösterdiği söylenebilir (Irving, 1978; Sun ve Hanson, 1975; Frey vd., 1978).

Düşük oranlı kısmi ergiyiklerde yüksek Zr/Y ve düşük Zr/Nb değerleri gözlenirken, yüksek oranlı kısmi ergiyiklerde yüksek Zr/Nb ve düşük Zr/Y değerleri gözlenir (Menzies ve Kyle, 1990). Reşadiye (Tokat) bölgesindeki volkanik kayaçlara ait örneklerin Zr/Y ve Zr/Nb grafiklerinde (Şekil 40) gözlenen yüksek Zr/Y ve düşük Zr/Nb oranları, volkanik kayaçların ana magmasının zenginleşmiş bir kaynağın orta derecede kısmi erimesiyle oluşabileceğini göstermektedir. Sahip oldukları bu değerler neticesinde, Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaçların kıtasal levha içi bazaltı alanına düşüğü gözlenmektedir.



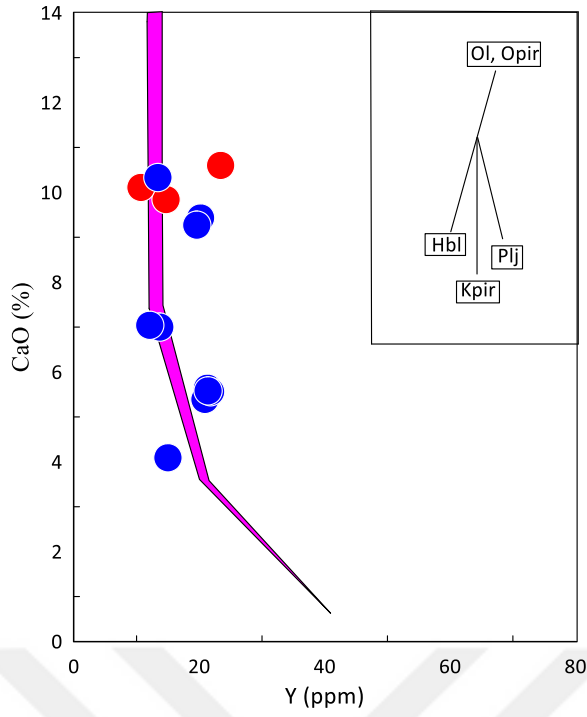
Şekil 40. Reşadiye (Tokat) volkanik bazaltlarının Zr/Nb' ve Zr/Y grafikleri P: Plume, N: Normal, T: Geçişli okyanus ortası sırt bazalt alanları, Le Roex'ten (1987) (Simgeler Şekil 24 ve Şekil 25)'deki gibidir.

4.3.3. Fraksiyonel Kristallenme

Reşadiye (Tokat) bölgesindeki volkanik kayaların harker diyagramları, kayaç gelişimi için etkili olan fraksiyonel kristalleşme olgusunu yansıtmaktadır. Ana oksitlerin ve eser elementlerin SiO₂ ile değişim diyagramlarında gözlenen iyi korelasyonlar, fraksiyonel kristallenme sürecinin volkanik kayaların gelişiminde etkili olduğunu göstermektedir (Şekil 41). Değişim diyagramlarında gözlemlenen tek tip eğilim, tek bir ilksel magmanın varlığını akla getirirken (Peccerillo ve diğerleri, 2004), dağılmış örnekler (Verma, 1999), incelenen volkanik kayaçların oluşumunda fraksiyonel kristalleşmenin (Verma, 1999), etkili olan tek magmatik olay olmadığını ifade etmektedir.

Lambert ve Holland (1974), CaO' ya karşı Y grafiğindeki standart kalkalkali eğilimleriyle ilişkili olarak Y içeriğinin azalmasına ve zenginleşmesine dayalı kalkalkali gelişimindeki L- ve J-tipi eğilimleri tanımlamıştır. Bu eğilimler arasında, L-tipi, klinopiroksen ve plajiyoklaz tarafından kontrol edilen fraksiyonel kristalleşmeyi gösterir ve J-tipi, klinopiroksen ve amfibol tarafından kontrol edilen fraksiyonel kristalleşmeyi gösterir (Lambert ve Holland 1974).

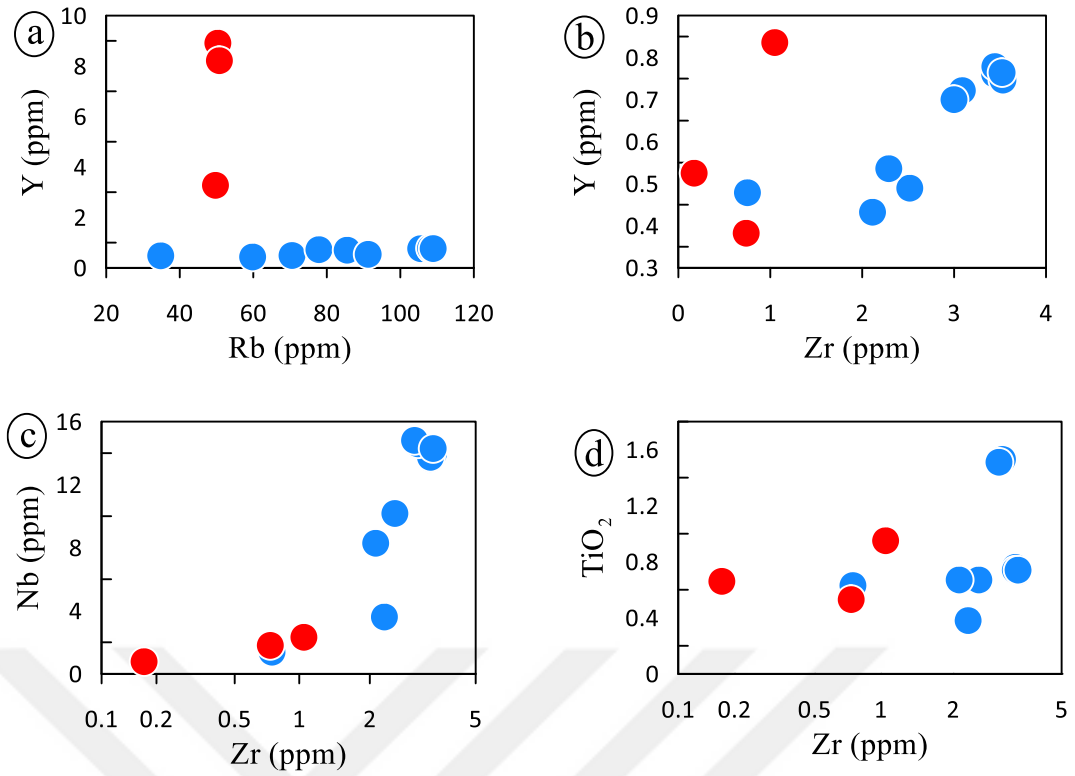
Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaçlar standart kalk-alkali yönsemesine göre Y'ce zenginleşmiş olup, Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaçlar ve anklavların gelişiminde ilk önce klinopiroksen, sonrasında ise hornblend kontrollü bir fraksiyonlaşmasının varlığını ortaya koymaktadır (Şekil 41).



Şekil 41. Reşadiye (Tokat) bölgesindeki volkanik kayalar için Y (ppm) vs. CaO (%) grafikleri (Lambert ve Holland, 1974) Bazalt bileşiminin mineral farklılaşma yönünü gösteren vektör (Simgeler Şekil 24 ve Şekil 25)'deki gibidir.

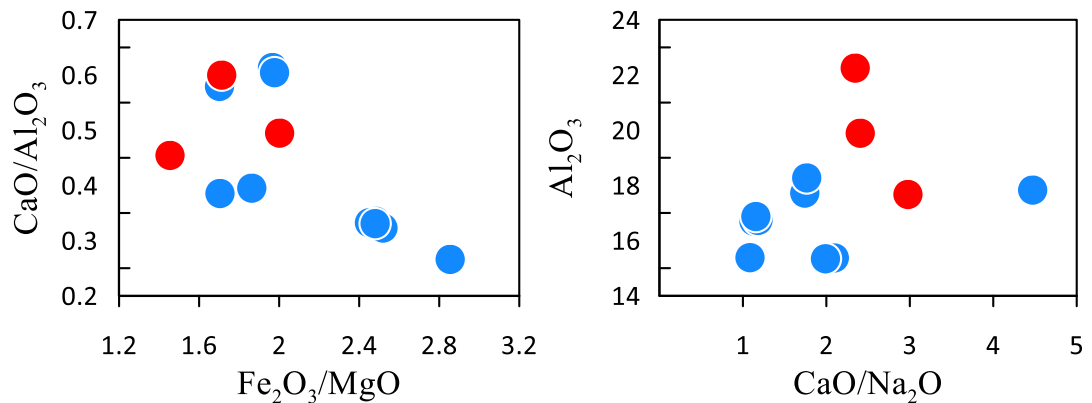
Genel olarak, Y (ppm)- Rb (ppm) grafiğinde volkanik kayaların pozitif korelasyonu plajiyoklaz, olivin, klinopiroksen ve Fe-Ti oksit fraksiyonlaşmasını gösterirken, negatif veya pozitif bir korelasyon amfibol ve biyotit kristalleşmesini gösterir (Pearce et al. ., 1990). Rb-Y diyagramında anklav örneklerinde gözlemlenen pozitif yönsmeler, Kuvaterner yaşlı volkanik örneklerde ise düz korelasyonlar gözlenmiştir (Şekil 42a). Dolayısıyla amfibollerin farklılaşmasının volkanik gelişim için etkili olduğu söylenebilirken, anklavlarda gözlenen pozitif korelasyonlar plajiyoklaz, klinopiroksen ve Fe-Ti oksit farklılaşmasının anklavları oluşturan ana magmaların gelişimi için etkili olduğunu söyleyebilir.

Volkanik kayaların Zr-Y – Nb (ppm) grafiğinde gözlenen ilişkiler, kayaç gelişiminde etkin mineral fraksiyonlaşmasını belirlemek için sıklıkla kullanılır (Pearce ve Norry, 1979). Pliyosen-Kuvaterner volkanik kayaç ve anklav örnekleri için Zr-Y ve Nb grafiklerinde gözlemlenen pozitif eğilim ilişkileri, amfibol, klinopiroksen, plajiyoklaz farklılaşmasını akla getirir (Şekil 42b, Şekil 42c). Zr ile TiO₂ grafiğindeki negatif korelasyon, fraksiyonel kristallenmenin amfibol tarafından domine edildiğini gösterir (Şekil 42d).



Şekil 42. Reşadiye (Tokat) bölgesi volkanitlerinin (a) Rb(ppm)-Y(ppm), (b) Zr (ppm)-Y(ppm), (c) Zr(ppm)-Nb (ppm) ve (d) Zr (ppm)-TiO₂ (%) diyagramları

Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalarda azalan CaO / Na₂O oranına karşı artan Al₂O₃ oranı bazik örneklerde klinopiroksen, trakiandezitik örneklerde plajiyoklas fraksiyonlaşmasını işaret etmektedir. Yine artan Fe₂O₃*/MgO oranına karşı azalan CaO/Al₂O₃ oranı fraksiyonlaşmada klinopiroksenin etkisini göstermektedir (Şekil 43a, b).

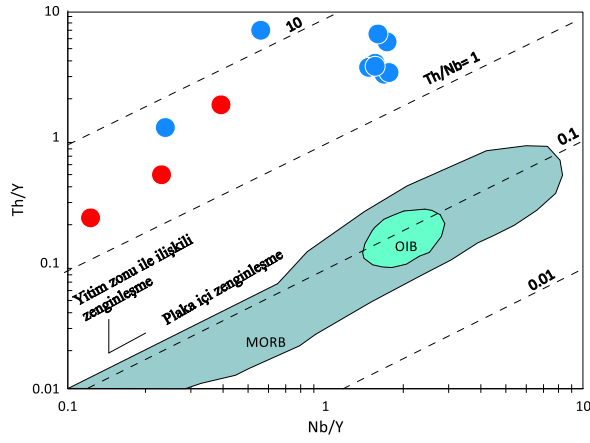


Şekil 43. Reşadiye (Tokat) bölgesindeki volkanik kayaların Fe₂O₃*/MgO ile CaO/Al₂O₃ ve CaO/Na₂O ile Al₂O₃ (%) değişimi (vektörler minerallerin ayrılma yönünü gösterir)

4.3.4. Asimilasyon

Genel olarak volkanitlerde yüksek SiO₂, La ve Ce içerikleri, büyük iyon yarıçaplı litofil element zenginleşmeleri, ana magmanın yükselimi sırasında kabuk malzemesi ile etkileşim içinde olduğunu göstermektedir. Bu zenginleşme, muhtemelen magmanın yükselimi sırasında kıtasal kabuk kirlenmesi veya ayırılma ile gelişen kirlenme (AFC) ile açıklanabilir (Depolo, 1981; Grove vd., 1982). Ayrıca volkanitlerin gelişiminde, Th/Y, Nb/Y ve Rb/Y gibi iz element oranlarının kullanıldığı diyagramlarla yitim zonu zenginleşmeleri ve/veya kabuk kirlenmesi ile plaka içi zenginleşmelerden hangisinin etkin olduğunun belirlenmesi mümkündür (Pearce, 1983).

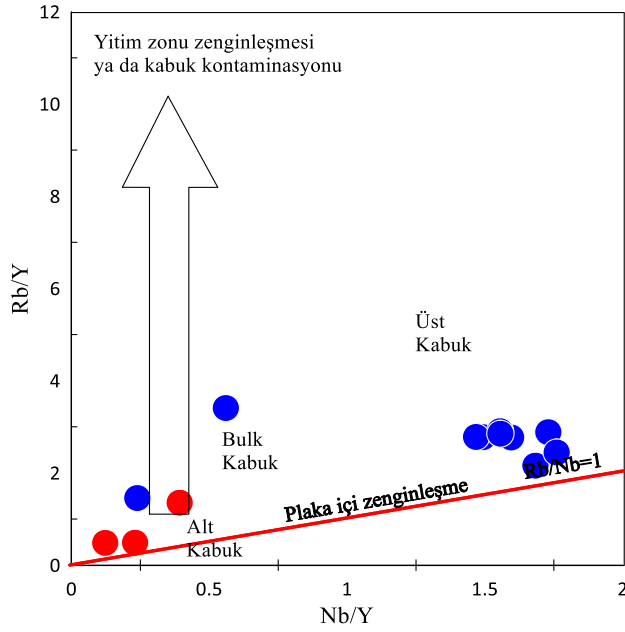
Reşadiye (Tokat) yöresi volkanitlerini oluşturan ana magmanın kökenini belirlemek amacıyla, Th/Y–Nb/Y diyagramı (Pearce, 1983) oluşturularak zenginleşme ürünü ya da yitimle ilişkili magma kökenli olduklarını ayırmada kullanılmıştır. Bununla birlikte Th/Y ve Nb/Y oranları kabuk kirlenmesi ve kaynak magmanın homojenliğini belirlemede de kullanılabilir. Yitim veya kabuk bileşenleri tarafından zenginleşmiş mantonun Th/Nb oranları yüksek değerlerde (>1-10) olacaktır. Yine aynı diyagram üzerinde küçük bir miktar kısmı ergime ile zenginleşmiş mantonun Th/Nb oranları 0.1'e yakın değerler gösterebilmektedir (Pearce, 1983). Kuvaterner yaşlı volkanitlerinin Th/Nb oranı 1.84–12.50 arasında değişmektedir. İncelenen volkanitler Th/Y ve Nb/Y diyagramında Th/Nb=1 çizgisine yakın ve paralel bir dağılım göstermektedir (Şekil 44). Bu durum volkanitlerin ana magmasının, yitim zonu ile ilişkili, yitim ve/veya kabuk asimilasyonu ile zenginleşmiş olduğunu düşündürmektedir. Rb/Y–Nb/Y diyagramında Rb/Nb=1 çizgisi plaka içi zenginleşmeleri gösterirken, düşey yöndeki değişim yitim zonu zenginleşmelerini ve/veya kabuk kirlenmesini göstermektedir (Edwards vd., 1991) (Şekil 45). İncelenen volkanitlerin Rb/Nb oranları 1.26-12.60 arasında değişmekte olup, yatay yönde bir dağılım gösterirler (Şekil 44). Bu durum Kuvaterner yaşlı volkanitleri ve anklavların oluşturan ana magma kaynağının plaka içi zenginleşmiş olduğunu düşündürmektedir.



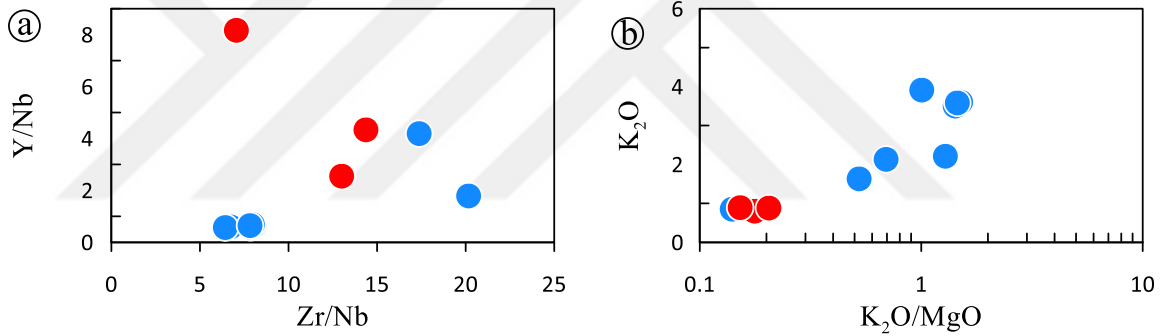
Şekil 44. Reşadiye (Tokat) yöresi volkanitlerinin Nb/Y karşı Th/Y diyagramı (Pearce, 1983).

Nb ve Ta, kabuk kontaminasyonuna karşı çok hassas elementlerdir. Mantodan gelen magma, kabuk tarafından kirlenmiş olabilir. Bu magmalar yüzeye çıktıkça, Nb ve Ta'da tükenebilirler ve bu tür magmalardan çıkan kayalar, çoklu iz element haritalarında negatif anomaliler verebilir (Wilson, 1989. Stolz ve diğerleri, 1996). Yüksek Nb/Ta (>1) oranları, kontamine mantodan türeyen magmaları temsil eder. İncelenen Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaların Nb/Ta oranları 14 ile 20.80 arasında, anklavlardaki Nb/Ta oranları ise 18 ile 21 arasında değişmektedir. Bu durum volkanik kayaları oluşturan ana magmanın levha içi zenginleşmeden etkilendiğini düşündürmektedir.

Reşadiye (Tokat) bölgesindeki volkanik kayaların gelişiminde kabuksal kirlenme ve farklılaşmanın etkili olup olmadığını belirlemek için Zr/Nb-Y/Nb ve K₂O/MgO-K₂O diyagramı çizilmiştir (Şek. 46). Y/Nb değerinin azalması ve Zr/Nb değerinin düşmesi, kabuk kirlenmesi volkanik kayaların gelişimi üzerindeki etkisini, K₂O içeriğinin K₂O/MgO değerine göre lineer artışı ise kabuk kirlenmesinin etkili olduğunu göstermektedir.



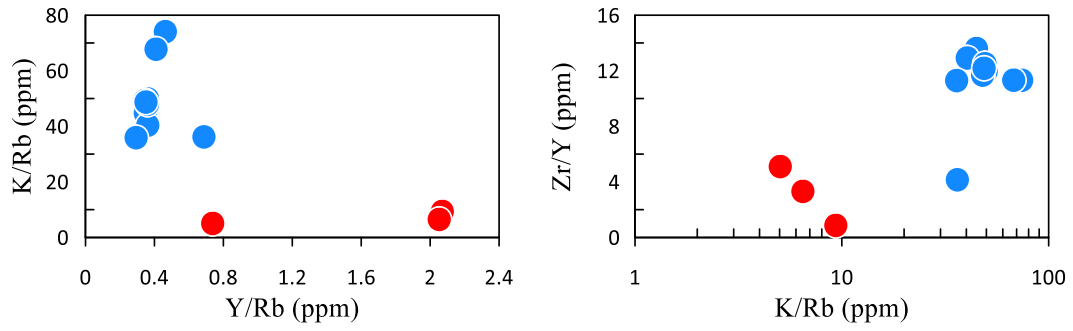
Şekil 45. Reşadiye (Tokat) bölgesindeki volkanik kayaların Nb/Y ve Rb/Y haritaları. Üst, daha büyük ve alt kabuk bileşimleri Taylor ve McLennan'dan (1985) alınmıştır (Semboller Şekil 24 ve Şekil 25)'deki gibidir.



Şekil 46. Reşadiye (Tokat) bölgesi volkanik kayaların gelişiminde kabuk kirlenmesinin etkisini gösteren (a) Y/Nb'a karşı Y/Nb, (b) K₂O/MgO'a karşı K₂O diyagramları

4.3.5. Magma Karışımı

Petrografik incelemelerde Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalarda dengesiz kristalleşme gösteren dokulara rastlanmıştır. Gözlenen ince kesit çalışmalarında, amfibolde piroksen kristalleri, piroksen kemirilmeler, amfibolde opaklaşma, plajiyoklazda zonlanma ve elek yapıları, magmatik katkıların volkanik kayaların verimli gelişimine katkıda bulunmuş olabileceğini düşündürmektedir.



Şekil 47. Reşadiye (Tokat) yöresi volkanitlerinin K/Rb-Y/Rb ve Zr/Y-K/Rb diyagramları (Cox vd., 1984; Seymour ve Vlassopoulos, 1992), (Semboller Şekil 24 ve Şekil 25)'deki gibidir.

4.4. Jeodinamik Gelişim

Alpin orojenik sisteminin önemli bir parçası olan Doğu Pontidler, bu sistemin en karmaşık jeodinamik ortamını oluşturmaktadır ve birçok araştırmacı tarafından yürütülen ve modern analitik yöntemlerinde sıkça kullanıldığı güncel çalışmalara konu olmaktadır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Dewey vd., 1973; Bektaş vd., 1999; Bektaş, 1987; Temizel vd. 2012; Eyüboğlu vd., 2010, Yücel vd. 2017; Yücel 2018). Bölgenin jeodinamik gelişimi hakkındaki tartışmalar ise farklı araştırmacılar tarafından bölgenin tektonik ve jeokimyasal verileri göz önüne alınarak devam ettirilmektedir. Özellikle yitimin zamanı ve yönü ve bölgenin şekillenmesinde önemli rolü olan Pontidler ve Torit-Anatolid platformu arasındaki çarpışma hakkında farklı teoriler olsa da (Bektaş vd., 1995; Eyüboğlu vd., 2006), birçok araştırmacı kuzeye yitim modelini savunmaktadır (Ustaömer ve Robertson, 1996; Dilek vd., 2010). Sütür zonunu her iki tarafında gözlemlenen Paleosen-Neojen magmatik kayaçlarının petrokimyasal ve izotopik verileri bu kayaçları oluşturan magmaların çarpışma ve çarpışma sonrası tektonik ortamda daha önceki yitimce metazomatize olmuş zenginleşmiş bir litosferik manto kaynağından türediğini ifade etmektedir (Aydın vd., 2008; Arslan ve Aliyazıcıoğlu, 2001; Arslan vd., 2014; Arslan vd., 2013). Arap ve Anadolu levhaları arasında kabuk kalınlaşmasına ve bölgesel yükselmeye yol açan çarpışmanın Paleosen-Erken Eosen (~55 My) sırasında meydana geldiği söylenmektedir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay ve Şahintürk, 1997). Magmatik aktivitenin yaşı, Üst Kretase, Geç Eosen, Miyosen-Pliyosen' den Kuvaterner dönemine kadar değişse de (Dilek vd., 2010), Neojen-Kuvaterner aralığındaki çarpışma sonrası magmatizmanın ürünleri Aşağı Kafkaslar ve Doğu Anadolu'da belirgin şekilde gözlemlenmektedir (Lebedev vd. 2010). Paleosen-Eosen magmatizmasının tersine, Pliyosen-Kuvaterner magmatizması Doğu Pontidlerde oldukça sınırlı alanda gözlemlenmektedir (Yücel, 2018). Doğu Pontidlerde gözlenen ve geniş bir yayılıma sahip olan Orta Eosen (Arslan vd., 2013; Temizel vd., 2012; Aydınçakır ve Şen, 2013; Yücel

vd., 2017 ve Aslan vd., 2014) ve Miyosen volkanizmasının (Aydın vd., 2008; Aslan vd., 2014; Kaygusuz vd. 2018 ve Yücel vd., 2014, 2017,) gelişimi litosferik delaminasyon modeliyle açıklanmaktadır. Doğu Anadolu'da gözlenen Miyosen sonrası magmatizma da ayrıca Arap ve Avrasya plakalarını çarpışması nedeniyle çarpışma sonrası olarak değerlendirilir ve bu magmatik aktivite güneyden kuzeye doğru oldukça geniş bir yayılım gösterir (Oyan vd., 2016).

Geç Paleosen-Erken Eosen'den itibaren Doğu Pontidler karmaşık tektonik mekanizmalardan etkilenmiştir (Şengör ve diğerleri, 2003; Arslan ve Aliyazıcıoğlu, 2001; Boztuğ ve diğerleri, 2004, 2005b; Arslan ve Aslan, 2006; Topuz ve diğerleri, diğerleri, 2005; Boztuğ ve diğerleri, 2006; Arslan ve diğerleri, 2007a,b; Boztuğ ve diğerleri, 2007; Arslan ve diğerleri, 2013; Temizel ve diğerleri, 2012;). Eosen dönemi magmatizmasının gelişimini açıklamak için, çarpışma sonrası ekstansiyonel tektonik rejim altında, metazomatizmaya uğramış litosferik manto ve kabuktan türeyen ergiyiklerin karışımıyla açıklanmaktadır (Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Boztuğ vd., 2004; Arslan vd., 2007a, b; Temizel ve Arslan, 2008, 2009; Arslan vd., 2013; Temizel vd., 2012;). Çarpışma sonrası tektonik ortamlardaki magmaları gelişimini açıklama için iki farklı hipotez ortaya atılmıştır; litosferik delamination (Black ve Liegeois, 1993) ve slab break-off (Davies ve Von Blanckenburg, 1995). Bu hipotezler bu ortamlardaki magmatizmanın gelişimini açıklamak için önerilen ana mekanizmalardır. Delaminasyon ve dilim kopması olayları sonucunda astenosferik yükselim meydana gelerek kıta altında yer alan zenginleşmiş manto kaynağında ergimelere sebep olacak ısı akısını sağlar.

Keskin vd., (2008), yaptıkları çalışmada Kuzey-Orta Türkiye' de yayılım gösteren Orta Eosen magmatizmasını gelişimini açıklamak için en uygun model olarak slab break-off modelini önermiştir. Orta Eosen dönemindeki volkanizmanın dar bir kuşak boyunca yayılım göstermesi, çarpışma ve yükselimin hemen hemen eş zamanlı meydana gelmesi ve volkanizmanın başlangıcından sonuna doğru afinitenin kalalkalenden alkalene dönüşmesi bu olayın kanıtları olarak ileri sürülmüştür. Ancak, delaminasyon modelinin Doğu Pontidler genelindeki geniş bir alanda yayılım gösteren Orta Eosen volkanizmasının oluşumunu açıklayabileceğini ileri sürmüştürler (Keskin vd., 2008).

Doğu Anadolu bölgesinde geniş alanlarda yayılım gösteren Miyosen-Kuvaterner volkanizmasının ve Batı Anadolu orta Eosen magmatizmasının gelişimini açıklamak için litosferik dilim kopması modeli çeşitli araştırmacılar tarafından ileri sürülmüştür (Şengör vd., 2003; Keskin, 2003, 2007; Keskin vd., 2006; Altunkaynak, 2007; Altunkaynak ve Dilek, 2006)., Doğu Pontidler orojenik kuşağında geniş yayılıma sahip Tersiyer volkanizmasının bölgesel ekstansiyonun etkisiyle gelişebileceğini vurgulamışlardır

(Temizel vd. 2012; Arslan vd. 2013). Ayrıca, Tersiyer volkanik faaliyetlerin çoğunlukla çarpışmayla alakalı olduğunu ve bu dönemde magma-tektonik gelişimin delamination ile açıklanabileceğini vurgulamıştır.

Doğu Pontidlerde özellikle Orta Eosen'den Geç Miyosen'e kadar olan zaman diliminde jeokronolojik veri eksikliğiyle anlaşılan magmatik bir durgunluk döneminin varlığı açıkça görülmektedir (Yücel vd., 2017). Bundan dolayı devam eden bir litosferik delaminasyon modeli Miyosen magmatizması için de makul bir jeodinamik mekanizma olarak görülmektedir (Aydın vd., 2008; Temizel vd., 2012; Arslan vd., 2013; Aslan vd., 2014). Buna rağmen, Miyosen yaşlı magmatik kayaların farklı jeokimyasal karakterleri, sınırlı hacim ve yayılımı dikkate alındığında, bu kayaların oluşumunu tetikleyen delaminasyonla birlikte doğrultu atımlı faylara bağlı ekstansiyonel bir mekanizmanın varlığından bahsedilmektedir (Yücel vd., 2017). Karanlı vd (2008), Erzincan havzasındaki Kuvaterner yaşlı volkanik kayaların oluşumu içinde benzer olarak Kuzey Anadolu Fayının (KAF) sağ yönlü doğrultu atımlı hareketi sonucu gelişen astenosferik yükselimin neden olduğu litosferik mantonun ergimesi modelini ortaya koymaktadır. Bunun yanı sıra, Tatar vd. (2007), Niksar (Tokat) havzasında havza sedimanlarını kesen doğrultu atımlı fayların OAB benzeri bir volkanizma için imkan sağladığını söylemektedir. Ayrıca bölgede KAF' ın atımına bağlı olarak oluşan birçok sedimanter havzanın bulunduğu ve bölgede oluşan genç volkanizmanın (Miyosen-Pleyistosen) bu fay sistemiyle ilişkili olduğu söylenmiştir (Ekici, 2016). Yücel (2018), Şebinkarahisar yöresinde Pliyosen-Kuvaterner volkanizmasının gelişiminde bölgenin yapısal karakteriyle yakın ilişki içerisinde olduğunu vurgulamaktadır.

Hem çalışma alanının KAF zonuna yakın olması hem de daha önceki çalışmalardan elde edilen bilgiler ışığında OAB benzeri karaktere sahip bu volkanitlerin, KAF sisteminin litosferi yırtması neticesinde ortaya çıkan astenosferik yükselimi sonucu oluştuğu kanaatine varılmıştır. Bu volkanik kayaları oluşturan magmaların yine KAF sisteminin imkan sağladığı kırık sistemi boyunca yükselerek derinden sığa kadar değişen magma odalarında gelişimleri devam etmiş ve yüzeylenmişlerdir. Petrokimyasal ve termobarometrik verilere dayanarak, bu volkanitlerin gelişiminde fraksiyonel kristallenmenin ana magmatik olay olduğunu, bunun yanında asimilasyonun çok fazla etkin olmadığını ve aynı kökenden türeyen fraksiyonlaşmış bazaltik magmaların kabuksal magma odalarında karışımının da bu gelişime katkı sunduğu söylenebilir.

5. SONUÇ

Doğu Pontid orojenik kuşağında, Kuzey Anadolu Fay Zonu ile sınırlanan Reşadiye (Tokat) ilçesinde yer alan Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkaniklerin petrografik, mineral kimyası, petrokimyasal, termobarometrik ve petrolojik değerlendirilmeleri aşağıdaki sonuçları ortaya çıkarmıştır.

1. Reşadiye (Tokat) yöresi Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalar genellikle plajiyoklaz, amfibol, proksen mineralleri içerirken anklavlarda plajiyoklaz, amfibol, piroksen ve biyotit gözlenmiştir.

2. Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaları fenokristal olarak gözlenen plajiyoklaslar, ($An_{10.31-96.36} Ab_{3.64-79.38} Or_{0.0-37.77}$), hamurda mikrolitler halinde bulunan plajiyoklaslar ($An_{5.31-48.10} Ab_{36.47-65.60} Or_{1.95-47.89}$) bileşiminde olup, klinopiroksen ($Wo_{2-49} En_{19-67} Fs_{11-33}$), hornblendlerin $Mg\#$ 0.51-0.79 arasında değişmektedir. Anklavlar içerisinde yer alan plajiyoklaslar ($An_{12.57-45.65} Ab_{51.84-96.54} Or_{1.55-31.32}$) bileşimli, klinopiroksen ($Wo_{41-42} En_{34} Fs_{23-24}$) ve hornblendlerin $Mg\#$ 0.55-0.63 arasında değişmektedir.

3. Reşadiye (Tokat) yöresi volkanitlerinde, mineral kimyalarından yararlanılarak jeotermobarometre hesaplamaları yapılmıştır. Pliyosen-kuvaterner yaşlı volkanik kayalarda sırasıyla klinopiroksen minerallerinde 927.14-1188.51 °C ve hornblend minerallerinde 967.3-1030.27 °C, olarak belirlenmiş olup, anklavlar için hesaplanan sıcaklık değerleri klinopiroksenlerde 1032.5-1153.73 °C, hornblendlerde 896-1030 °C ve biyotitlerde ise 635.84-727.52 °C olarak belirlenmiştir.

4. Adlandırma diyagramlarında, Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalarda bazalt, andezit, trakiandezit ve dasit alanına düşmektedir. Çalışılan volkanik kayalar alkaliden subalkaliye kadar değişen yapıya sahip olup, orta-yüksek K'lu ve şoşonitik alanda yer aldığı gözlenmektedir.

5. Ana oksit değişim diyagramlarında SiO_2 artışıyla Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO , MgO , K_2O , TiO_2 , MnO , P_2O_5 ve Cr_2O_3 içeriklerinde gözlenen negatif bir korelasyon mineral ayrılaşmasıyla ilgili olup klinopiroksen, amfibol, apatit ve Fe-Ti oksit minerallerinin fraksiyonlaşmasının sebep olduğuna ifade etmektedir.

6. İz element dağılımında, tüm numuneler genel olarak büyük iyonik yarıçaplı litofil elementlerin (Sr, K_2O , Rb ve Ba) konsantrasyonunda zenginleşme gösterirken, yüksek çekim alanlı elementlerin konsantrasyonu (Th, Nb, Zr, TiO_2 ve Y) bakımından hafif azalma gözlenmekte olup okyanus adası bazaltı magmalarıyla benzerlik göstermektedir.

7. Volkanitlerin kondrite normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları, kayaçların benzer kaynaktan türediklerini göstermektedir. Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanit kayaçların $((La/Lu)_N=3.30-42.86)$ ve $((EuN/Eu)_N=0.78-1.03)$ arasında değerlerde, anklavlarda ise $((La/Lu)_N=2.66-9.27)$ ve $((EuN/Eu)_N=0.99-1.27)$ arasında değerlere sahiptir. Genel olarak hafif nadir toprak elementlerde zenginleşme ve ağır nadir toprak elementlerde fakirleşmeyi işaret eden konkav şekle sahip dağılımlar, volkanitlerin gelişimi sırasında klinopiroksen ve hornblend fraksiyonlaşmasının etkili olduğunu göstermektedir.

8. Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaçlar ve anklavlara ait örneklerin büyük çoğunluğu volkanik yay bazaltı ve kalkalkali bazalt alanında yer aldıkları görülmekte olup Rb/Nb oranları 1.26-12.60 arasında değişmektedir. Rb/Nb= 1 çizgisine paralel yerleşim göstermesi ana magma kaynağının plaka içi zenginleşmiş olduğunu düşündürmektedir.

9. Çalışma alanının KAF kuşağına yakınlığı ve daha önceki çalışmalardan elde edilen bilgiler birleştirildiğinde, OAB benzeri özellikteki bu volkanik kayaçların, litosferin yırtılmasıyla oluşan astenosferin yükselmesiyle oluştuğu sonucuna varılmıştır. KAF sistemi bu volkanik kayaları oluşturan magma, Kuzey Anadolu Fay sisteminin sağladığı kırık sistemleri boyunca yükselerek derinden sığa doğru değişen magma odalarında gelişmeye ve yüzeye çıkmaya devam etmiştir. Petrokimyasal ve termobarometrik verilere dayanarak, bu volkanik kayaçların gelişimi sırasında fraksiyonel kristalleşmenin ana magmatik olay olduğu, asimilasyonun çok fazla etkin olmadığını ve kabuksal magma odasında aynı kaynaktan fraksiyonlaşmış bazaltik magmaların kabuksal magma odalarında karışımının da bu gelişime katkı sunduğu söylenebilir.

KAYNAKÇA

- Aktimur, H. T., Tekerli, M. E., Yurdakul, M. E., Ateş, Ş., Ürgün, B. M., Teoman, M. Ş., . . . ve Keçer, M. (1989). Niksar-Erba Destek dolayının jeolojisi. Maden Teknik ve Arama Enstitüsü Teknik Rapor No:8894, Ankara(yayımlanmamış).
- Alp, O. (1972). Amasya Yöresinin Jeolojisi. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Monografileri No:22, 101s.
- Anderson, A. T. (1976). Magma mixing: petrological process and volcanological tool, *J Volcanol Geotherm Res*, 1, 3-33. *Application to altered and metamorphosed basic igneous rocks, Earth and*
- Arslan, M. ve Aliyazıcıoğlu, İ. (2001). Geochemical and petrochemical characteristics of the Kale (Gümüşhane) volcanic rocks: Implications for the Eocene evolution of Eastern Pontide arc volcanism, Northeast Turkey, *International Geology Review*, 43, 7, 595-610.
- Arslan, M. ve Aslan, Z. (2006). Mineralogy, petrography and whole-rock geochemistry of the Tertiary granitic intrusions in the Eastern Pontides, Turkey, *Journal of Asian Earth Sciences*, 27, 177-193.
- Arslan, M., Abdioğlu, E., Temizel, İ. ve Yücel, C. (2013b). Doğu Pontid Kuzey Zonu Tersiyer volkanitlerinin petrokimyası, Sr-Nd-Pb izotop jeokimyası, jeokronolojisi ve jeodinamik gelişimi. TÜBİTAK ÇAYDAG Projesi No: 108Y204
- Arslan, M., Boztuğ, D., Şen, C., Kolaylı, H., Temizel, İ., Abdioğlu, E., . . . ve Tatar, S., 2007a. Doğu Pontidler Güney Zonu Eosen Volkanizmasının Petrojenezi ve Jeodinamik Konumunun İncelenmesi, TÜBİTAK YDABAG, Projesi No: 103Y012.
- Arslan, M., Boztuğ, M., Temizel, İ., Kolaylı, C., Abdioğlu, E., Ruffet, G., . . . Harlavan, Y. (2007b). $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology and Sr-Pb isotopic evidence of post collisional extensional volcanism of the eastern Pontide paleo-arc, NE Turkey, 17th Annual V.M. Goldschmidt Conference Abstracts, Cologne, Germany, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 71, A38.
- Arslan, M., Temizel, İ., Abdioğlu, E., Kolaylı, H., Yücel, C., Boztuğ, D., . . . ve Şen, C. (2013a). ^{40}Ar - ^{39}Ar dating, whole-rock and Sr-Nd-Pb isotope geochemistry of post-collisional Eocene volcanic rocks in the southern part of the Eastern Pontides (NE Turkey): Implications for magma evolution in extension-induced origin, *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 166, 113-142.

- Arslan, M., Tüysüz, N., Korkmaz, S. ve Kurt, H. (1997). Geochemistry and Petrogenesis of the Eastern Pontide Volcanic Rocks, Northeast Turkey, *Chemie der Erde*, 57, 157-187.
- Aslan, Z. (2010). U-Pb zircon SHRIMP age, geochemical and petrographical characteristics of tuffs within calc-alkaline Eocene volcanics around Gümüüşhane (NE Turkey), Eastern Pontides. *Neues Jahr Mineral* 187, 3, 329–346.
- Aslan, Z., Temizel, İ. ve Kaygusuz, A. (2014). K-Ar dating, whole-rock and Sr-Nd isotope geochemistry of calc-alkaline volcanic rocks around the Gümüüşhane area: implications for post-collisional volcanism in the Eastern Pontides, Northeast Turkey, *Mineralogy and Petrology*, 107/4, DOI: 10.1007/s00710-013-0294-2.
- Atak, H. D. (1960), Reşadiye Bölgesi Genel Prospeksiyon Çalışmaları Nihai Raporu: M.T.A. Ens t., Ankara, (Yayınlanmamış).
- Aydın, F., Karsli, O. ve Chen, B. (2008a). Petrogenesis of the Neogene alkaline volcanics with implications for post-collisional lithospheric thinning of the Eastern Pontides, NE Turkey, *Lithos* 104, 249–266.
- Aydın, F., Thompson, R., Karsli, O., Uchida, H., Burt, J. B. ve Downs, R . T. (2009). C2/c pyroxene phenocrysts from there potassic series in Neogene alkaline volcanics, Ne Turkey: their crystal chemistry with petrogenetic significance as an indicator of P-T conditions, *Contributions to Mineralogy and Petrology* 158, 131–147.
- Aydınçakır, E. ve Şen, C. (2013). Petrogenesis of the post-collisional volcanic rocks from the Borçka (Artvin) area: Implications for the evolution of the Eocene magmatism in the Eastern Pontides (NE Turkey): *Lithos*, v. 172–173, p. 98–117. doi:10.1016/j.lithos.2013.04.007
- Baş, H. (1979). Petrologische und geochemische Untersuchungen an subrezenten Vulkaniten der nordanatolisehen Strörungzone (Abschnitt : Erzincan * Niksar), Türkei : Diss. Univ. Hamburg, 116 p.
- Bektaş, O., Şen, C., Atıcı, Y. ve Köprübaşı, N. (1999). Migration of the Upper Cretaceous subduction-related volcanism towards the back-arc basin of the Eastern Pontide magmatic arc (NE Turkey), *Geological Journal*, 34, 95-106.
- Bektaş, O., Van, A. ve Boynukalın, S. (1987). Doğu Pontidler’de (Kd-Türkiye) Jura Volkanizması ve Jeotektoniği, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 30, 9-18.
- Bektaş, O., Yılmaz, C., Taslı, K., Akdağ, K. ve Özgür, S. (1995). Cretaceous rifting of the Eastern Pontide carbonate platform, NE Turkey: The formation of carbonate breccias and turbidites as evidence of a drowned platform, *Geologia*, 57, 233- 244.

- Blumenthal, M. M. (1945). Kuzey Anadolu'nun bazı ofiyolit mintikaları Liyas'tan evvelki devreye mi aittir? Maden Teknik ve Arama Enstitüsü Mecmuası, 1/53.
- Blumenthal, M. M. (1950). Orta ve Aşağı Yeşilirmak bölgelerinin (Tokat, Amasya, Havza, Erba, Niksar) jeolojisi hakkında. Maden Teknik ve Arama Enstitüsü Yayını, Seri D, No:4.
- Blundy, J. ve Cashman, K. (2001). Ascent driven crystallization of dacite magmas at mount St. Helens, 1980–1986. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 140, 631–650.
- Blundy, J., Cashman, K. ve Humhreys, M. (2006). Magma heating by decompression-driven crystallization beneath andesite volcanoes. *Nature*, 443, 76–80.
- Boztuğ, D. ve Harlavan, Y. (2008). K-Ar ages of granitoids unravel the stages of Neotethyan convergence in the eastern Pontides and central Anatolia, Turkey, *International Journal of Earth Science*, 97, 585-599.
- Boztuğ, D., Erçin, A. İ., Kuruçelik, M. K., Göç, D., Kömür, İ. ve İskenderoğlu, A. (2006). Geochemical characteristics of the composite Kaçkar batholith generated in a Neotethyan convergence system, Eastern Pontides, Turkey. *Journal of Asian Earth Science*, 27, 286-302.
- Boztuğ, D., Jonckheere, R. C, Wagner, G. A. ve Yeğingil, Z. (2004). Slow Senonian and fast Paleocene-early Eocene uplift of the granitoids in the Central Eastern Pontides, Turkey: Apatite fission-track results, *Tectonophysics*, 382, 3-4, 213-228.
- Boztuğ, D., Jonckheere, RC., Arslan, M., Şen, C., Karslı, O. ve Erçin, Aİ. (2005a). Eocene slab break-off revealed by the E-W distribution of the multi-sourced granitoids and tectonic denudation in the eastern Pontides, Turkey, *Geophysical Research Abstracts*, 7, 02129.
- Boztuğ, D., Jonckheere, R. C., Wagner, G. A., Erçin, A. İ. ve Yeğingil, Z. (2007). Titanite and zircon fission-track dating resolves successive igneous episodes in the formation of the composite Kaçkar batholith in the Turkish Eastern Pontides, *International Journal of Earth Sciences*, 96, 875-886.
- Cabanis, B. ve Lecolle, M. (1989). Le diagramme La/10-Y/15-Nb/8: un outil pour la
- Couch, S., Sparks, R.S.J. ve Carroll, M.R. (2001). Mineral disequilibrium in lavas explained by convective self-mixing in open magma chambers. *Nature*, 411, 1037–1039.
- Cox, K. G., Bell, J. D. ve Pankhurst, R. J. (1984.) *The Interpretation of Igneous Rocks*, London. George Allen and Unwin, 450p.

- Defant, M.J. ve Drummond, M.S. (1990) Derivation of Some Modern Arc Magmas by Melting of Young Subducted Lithosphere. *Nature*, 347, 662-665.
- Defant, M.J., Maury, R. C., Ripley, E. D., Feigenson, M. D. ve Jacoques, D. (1991). An example of island-arc petrogenesis: geochemistry and petrology of the southern Luzon arc, Philippines, *Journal of Petrology*, 32, 455-500.
- Depaolo, D.J. (1981). Trace Element and Isotopic Effects of Combined Wallrock Assimilation and Fractional Crystallization, *Earth and Planetary Science Letters*, 53,189-202.
- Dewey, J. F., Pitman, W. C., Ryan, W. B. F. ve Bonnin, J. (1973). Plate tectonics and evolution of the Alpine system, *Geological Society of America Bulletin*, 84, 3137–3180.
- Dilek, Y., Imamverdiyev, N. ve Altunkaynak, S. (2010). Geochemistry and tectonics of Cenozoic volcanism in the Lesser Caucasus (Azerbaijan) and the peri-Arabian region: Collision-induced mantle dynamics and its magmatic fingerprint: *International Geology Review*, 52 (4–6), 536–578. Discrimination des series volcaniques et la mise en evidence des processus de melange et/ou de contamination crustale, *C.R. Acad. Sci. Ser. II*, 309, 2023-2029.
- Dokuz, A., Uysal, İ., Siebel, W., Turan, M., Duncan, R. ve Aklçay, M. (2013). Post-collisional adakitic volcanism in the eastern part of the Sakarya Zone, Turkey: evidence for slab and crustal melting. *Contrib Mineral Petrol* 166:1443–1468.
- Dungan, M. A. ve Rhodes, J. M. (1978). Residual glasses and melt inclusions in basalts from DSDP legs 45 and 46: evidence for magma mixing. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 67, 417–431. <https://doi.org/10.1007/BF00383301>
- Edwards, A., Menzies, M. ve Thirlwall, M. (1991). Evidence from Muriah, Indonesia, for the interplay of supra-subduction zone and intraplate processes in the genesis of potassic alkaline magmas. *J. Petrol.*, 32, 3, 555-592.
- Ekici, T. (2016). Petrology and Ar/Ar Chronology of Erdembaba and Kuyucak Volcanics Exposed along the North Anatolian Fault Zone (Eastern Pontides, NE Turkey): Implications for the Late Cenozoic Geodynamic Evolution of Eastern Mediterranean Region, *Journal Geological Society Of India*, 87.
- Erentöz, C. (1950) Türkiye Jeoloji Haritası, 1/100000 ölçekli Reşadiye 44-2 Paftası. Maden Teknik ve Arama Enstitüsü, Ankara.
- Eyuboglu, Y., Santosh, M., Dudas, F.O., Akaryali, E., Chung, S.L., Akdag, K., . . . ve Bektas, O. (2012). The nature of transition from adakitic to non-adakitic

- magmatism in a slab-window setting: a synthesis from the eastern Pontides, NE Turkey. *Geoscience Frontiers*, (in pres).
- Eyüboğlu, Y., Bektas, O., Seren, A., Maden, N., Jacoby, W. R. ve Özer, R. (2006). Three axial extensional deformation and formation of the Liassic rift basins in the eastern Pontides (NE Turkey), *Geologica. Carpathica*, 57, 337–346.
- Frey, F. A., Green, D. ve 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, *Journal of Petrology*, 19, 463-513.
- Gill, J. B. (1981). *Orogenic Andesites and Plate Tectonics*, Springer, Berlin.
- Göksu, E. (1960). 1/500000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Samsun Paftası. Maden Teknik ve Arama Enstütüsü Yayını, Ankara.
- Grove. T. L., Gerlaeh, D. C. ve Sando, T.W. (1982). Origin of Calcalkalme Lavaş at Medicine Lake Volcano by Fractionation, Assimilation and Mking. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 80, 160-182.
- Halsor, S. P. ve Rose, WI. (1991). Mineralogical relations and magma mixing in calcalkahne andesites from Lake Atitlan, Gua-temala. *Mineral. Petrol.*, 45: 47-67.
- Hofmann, A. W. (1988). Chemical Differentiation of The Earth: The Relationship Between Mantle, Continental Crust, and Oceanic Crust. *Earth and Planetary Science Letters*, 90, 297-314.
- Hofmann, A. W. (1997). Mantle geochemistry: The message from oceanic volcanism. *Nature*, 385, 219-229.
- Irvine, T. N. ve Baragar, W. R. A. (1971). A guide to the chemical classification of common volcanic rocks, *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8, 523-548.
- Irving, A. (1978). A Review of Experimental Studies of Crystal/Liquid Trace Element Partitioning, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 42, 1201-1221.
- İnchester, J. A. ve Floyd, P. A. (1977). Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements: *Chemical Geology*, v. 20, p. 325-343.
- Kalyoncuoğlu, A., Yaşar, M. ve Karabulut, A. (1975). Reşadi ye (Tokat) bentonit sahalarına ait ayrıntılı çalışma raporu: MTA Der. No.836, Ankara, (yayımlanmamış).
- Karslı, O., Chen, B., Uysal, İ., Aydın, F., Wijbrans, J. R. ve Kandemir, R. (2008). Elemental and Sr–Nd–Pb isotopic geochemistry of the most recent Quaternary volcanism in the Erzincan Basin, Eastern Turkey: framework for the evaluation of basalt–lower crust interaction, *Lithos*, 98, 67–96.

- Koçyiğit, A. (1979). Tekneli bölgesinin (Tokat güneyi) tektonik özelliği. TÜBİTAK Matematik, Fizik ve Biyolojik Bilimler Araştırma Grubu, Proje No: TBAG-262. 63s.
- Lambert, R. J. ve Holland, J. G. (1974). Yttrium Geochemistry Applied to Petrogenesis Utilizing Calcium-Yttrium Relationships in Minerals and Rocks, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 38, 1393-1414.
- Le Maitre, R. W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre Le Bas, M. J., Sabine, P.A., . . . ve Schmid, R. (1989). A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms, Blackwell, Oxford.
- Le Roex, A. P. (1987). Source regions of mid-ocean ridge basalts; evidence for enrichment processes. In: Menzies, A.M., Hawkesworth, C. J. (Eds.), *Mantle Metasomatism*, Academic Press, London, 389-422.
- Leake, B. E., Woolley, A. R. ve Arps, C. E. S. (1997). Nomenclature of amphiboles: report of the subcommittee on amphiboles of the international mineralogical association, commission on new minerals and mineral names. *Am Mineral*, 82, 1019–1037.
- Lebedev, V, A., Sharkov, E. V., Keskin, M. ve Oyan, V. (2010).“Geochronology of Late Cenozoic Volcanism in the Area of Lake Van Turkey: An example of Developmental Dynamics for Magmatic Processes.” *Doklady Earth Science*, Sayı: 433, s.1031-1037.
- Luhr, J. F. ve Carmichael, I. S. E. (1980). The Colima volcanic complex, Mexico. I: post-caldera andesites from Volcan Colima. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 71: 343-372.
- Luhr, JF., Carmichael, I. S. E. ve Varekamp, J. C. (1984). The 1982 eruptions of El Chicón Volcano, Chiapas, Mexico: Mineralogy and petrology of the anhydrite-bearing pumices, *J Volcanol Geoth Res*, 23, 69–108.
- Menzies, M. ve Kyle, P. R. (1990). Continental volcanism: a crust-mantle probe. In: *Continental Mantle* (M.A. Menzies ed.), Clarendon Press, Oxford, 157-177.
- Meschede, M. (1986). A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb–Zr–Y diagram, *Chemical Geology*, 56, 207–218.
- Morimoto, N., Fabries, J., Ferguson, A. K., Ginzburg, IV., Ross, M., Seifert, F. A., . . . ve Zussman, J. (1988). Nomenclature of pyroxenes. *Mineral Mag*, 52, 535–550.
- Nelson, S. T. ve Montana, A. (1992) Sieved Textured Plagioclase in Volcanic Rocks Produced by Rapid Decompression. *American Mineralogist*, 77, 1242-1249.

- Nixon, G. T. (1988). Petrology of the younger andesites and dacites of Iztaccihuatl Volcano, Mexico: disequilibrium phenocryst assemblages as indicators of magma chamber processes. *Journal of Petrology*, 29, 213–264. <https://doi.org/10.1093/petrology/29.2.213>
- Okay, A. İ. ve Monié, P. (1997). Early Mesozoic subduction in the Eastern Mediterranean: Evidence from Triassic eclogite in northwest Turkey, *Geology*, 25, 595–598.
- Okay, A. İ. ve Şahintürk, Ö. (1997). Geology of the Eastern Pontides. In: Robinson, A.G. (ed.), *Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region*, American Association of Petroleum Geologists Memoir, 68, 291-311.
- Ortoleva, P. (1990). The Role of Attachment Kinetic in Oscillatory Zoning Crystals Growth from Melt. *Earth Science Review*, 29, 3-8.
- Oyan, V., Keskin, M., Lebedev, V.A., Chugaev, A.V. ve Sharkov, E.V. (2016). Magmatic evolution of the Early Pliocene Etrüsk stratovolcano, Eastern Anatolian Collision Zone, Turkey: *Lithos*, v. 256–257, p. 88–108. doi:10.1016/j.lithos.2016.03.017
- Özcan, A., Erkan, A., Keskin, A., Keskin, E., Oral, A., Özer, S., . . . ve Sümengen, M. (1980). Kuzey Anadolu Fayı-Kırşehir Masifi arasında temel jeoloji. Maden Teknik ve Arama Enstitüsü Teknik Rapor No:6722, Ankara(yayımlanmamış).
- Öztürk, A. (1979). Ladik Destek yöresinin stratigrafisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni* 22/1, 27-34.
- Pearce, J. A. ve Cann, J. R. (1973). Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses, *Earth and Planetary Science Letters*, 19, 290-300.
- Pearce, J. A. ve Norry, M. C., (1979). Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y and Nb variations in volcanic rocks. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 69, 33-47.
- Pearce, J.A. (1983). Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margin. In; Hawkesworth, C. J. and Norry, M. J. (Eds) *Continental Basalts and Mantle Xenoliths*, 230-249 pp.
- Pearce, J. A., Bender, J. F., De Long, S. E., Kidd, W. S. F., Low, P. J., Güner, Y., . . . ve Şaroğlu, F. (1990). Genesis of collision volcanism in Eastern Anatolia, Turkey. *J. Vol. Geotherm. Res.*, 44, 189-229.
- Pearce, J. A. ve Norry, M. J. (1979). Petrogenetic Implications of Ti, Zr, Y, and Nb Variations in Volcanic Rocks, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 69, 33-47.
- Peccerillo, A., Dallai, L., Frezzotti, M. L. ve Kempton, P.D. (2004). Sr–Nd–Pb–O isotopic evidence for decreasing crustal contamination with ongoing magma

- evolution at Alicudi volcano (Aeolian arc, Italy): implications for style of magma-crust interaction and for mantle source compositions, *Lithos*, 78, 217-233.
- Perfit, M. R., Gust, D. A., Bence, A. R., Arculus, R. J. ve Taylor, S.R. (1980). Chemical Characteristic of Island-Arc Basalts: Implications for Mantle Sources, *Chemical Geology*, 30, 227-256.
- Perugini D., Poli G., Christofides G. ve Eleftheriadis G. (2003). Magma mixing in the sithonia plutonic complex, Greece: evidence from mafic microgranular enclaves. *Mineralogy and Petrology*, 78, 173-200. <https://doi.org/10.1007/s00710-002-0225-0>
- Putirka, KD. (1999). Clinopyroxene+liquid equilibrium to 100 kbar and 2450 K, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 135, 151-163.
- Putirka, K. D. (2005). Igneous thermometers and barometers based on plagioclase + liquid equilibria: Tests of some existing models and new calibrations, *American Mineralogist*, 90, 336-346.
- Putirka, K. D. (2008). Thermometers and barometers for volcanic systems. In: Putirka KD and Tepley F (eds) *Rev Mineral* 69, 61–120.
- Putirka, K. D., Johnson, M., Kinzler, R. ve Walker, D. (1996). Thermobarometry of mafic igneous rocks based on clinopyroxene-liquid equilibria, 0-30 kbar. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 123, 92-108.
- Putirka, K. D., Perfit, M., Ryerson, F. J. ve Jackson, MG. (2007). Ambient and excess mantle temperatures, olivine thermometry, and active vs. passive upwelling. *Chem Geol* 241, 177-206.
- Putirka, K. D., Ryerson, F. J. ve Mikaelian, H. (2003). New igneous thermobarometers for mafic and evolved lava compositions, based on clinopyroxene + liquid equilibria, *American Mineralogist*, 88, 1542-1554.
- Ridolfi, F., Renzulli, A. ve Puerini, M. (2010). Stability and chemical equilibrium of amphibole in calc-alkaline magmas: an overview, new thermobarometric formulations and application to subduction- related volcanoes, *Contr Mineral Petrol* 160, 45–66.
- Rollinson, H. R. (1993). *Using Geochemical Data: Evolution. Presentation. Interpretation*, John Wiley Sons. Inc.
- Rutherford, M. J. ve Hill, P. M. (1993). Magma ascent rates from amphibole breakdown: an experimental study applied to the 1980–1986 Mount St. Helens eruptions. *Journal of Geophysical Research*, 98, 19667–19685. <https://doi.org/10.1029/93JB01613>.

- Seymen, İ. (1975). Kelkit Vadisi kesiminde Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun tektonik özelliği. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 192., İstanbul. .
- Seymour, K. S. T. ve Vlassopoulos, D. (1992). Magma mixing at Nisyros volcano, as inferred from incompatible trace element systematic. *Journal Volcanology and Geothermal Research*, 50, 273-299.
- Simonetti, A., Shore, M. ve Bell, K. (1996). Diopside phenocrysts from Nephelinite lavas, Napak Volcano, Eastern Uganda: evidence for magma mixing. *Canadian Mineralogist*, 34, 411-421.
- Stimac, J. A. ve Pearce, T. H. (1992). Textural evidence of mafic-felsic magma interaction in dacite lavas, Clear Lake, California. *American Mineralogist*, 77, 795-809.
- Stolz, A. J., Jochum, K. P., Spettel, B. ve Hofmann, A. W. (1996). Fluid and melt related enrichment in the subarc mantle: evidence from Nb/Ta variations in island arc basalts. *Geology*, 24, 587-590.
- Stolz, A. J., Jochum, K. P., Spettel, B. ve Hofmann, A. W. (1996). Fluid and melt related enrichment in the subarc mantle: evidence from Nb/Ta variations in island arc basalts. *Geology*, 24, 587-590.
- Streck, M. J. (2008). Mineral textures and zoning as evidence for open system processes. in: Putirka KD, Tepley III FJ (eds) minerals, inclusions and volcanic processes. Mineralogical Society of America and Geochemical Society, *Review Mineral*, 69, 1, 595-622.
- Sun, S. ve Hanson, G. (1975). Evolution of Mantle, Geochemical Evidence from Alkali Basalt, *Geology*, 3, 297-302.
- Sun, S. ve McDonough, W. F. (1989). Chemical and isotopic systematics of oceanic basalt: Implications for mantle composition and processes, In: A.D. Saunders, M.J. Norry, (eds.), *Magmatism in the Ocean Basins. Geological Society of London Special Publication*, 42, 313-345.
- Şengör, A. M. C. ve Kidd, W. S. F. (1979). Türkiye-İran Platosunun çarpışma sonrası tektoniği ve Tibet ile karşılaştırması. *Tektonofizik* 55, 361-376.
- Şengör, A. M. C. ve Yılmaz, Y. (1981), Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach: *Tectonophysics*, 75, 181-241
- Şengör, A. M. C., Özeren, S., Genç, T. ve Zor, E. (2003). East Anatolian high plateau as a mantle-supported, North-south shortened domal structure, *Geophysical Research Letters*, 30, 24, 8045.

- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach, *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Tatar, O., Yurtmen, S., Temiz, H., Gürsoy, H., Koçbulut, F., Mesci, B. L., . . . ve Guezou, J.C. (2007). Intracontinental Quaternary Volcanism in the Niksar Pull-Apart Basin, North Anatolian Fault Zone, Turkey, *Turkish Journal of Earth Science*, 16, 417-440.
- Taylor, S. R. ve McLennan, S. M. (1985). *The Continental Crust, Its Composition and Evolution*. Blackwell, Oxford.
- Taylor, S. R. ve McLennan, S. M. (1985). *The Continental Crust, Its Composition and Evolution*. Blackwell, Oxford, 312p.
- Temizel, İ., Arslan, M., Abdioğlu, E. ve Yücel, C. (2012b). Bafra (Samsun) Yöresi Tersiyer Volkanitlerinin Petrografisi, Jeokimyası, Petrolojisi ve Jeodinamik Gelişimi. Karadeniz Teknik Üniversitesi BAP Projesi No: 1079, Tepley, FJ., Davidson, JP., Tilling, RI. ve Arth, JG., 2000. Magma mixing, recharge and eruption histories recorded in plagioclase phenocrysts from El Chichón Volcano, Mexico, *Contrib Mineral Petrol*, 41, 1397–1411.
- Temizel, İ., Arslan, M., Ruffet, G. ve Peucat, J. J. (2012a). Petrochemistry, geochronology and Sr-Nd isotopic systematics of the Tertiary collisional and post-collisional volcanic rocks from the Ulubey (Ordu) area, eastern Pontide, NE Turkey: implications for extension-related origin and mantle source characteristics, *Lithos*, 128, 126-147.
- Terlemez, İ. ve Yılmaz, A. (1980a). Ünye-Ordu-Reşadiye-Koyulhisar-Karaçayır-Hafik arasında kalan bölgenin jeolojisi. Maden Teknik ve Arama Enstitüsü Teknik Rapor No:6671, Ankara(yayımlanmamış).
- Terlemez, İ. ve Yılmaz, A. (1980b). Ünye-Ordu-Koyulhisar-Reşadiye arasında kalan yörenin stratigrafisi, *TJK Bülteni*, 23, 2, 179-192.
- Terzioğlu, M. N. (1983). Reşadiye-Aybastı-Gölköy-Mesudiye-Koyulhisar ilçeleri arasındaki sahada yer alan Eosen volkânitlerinin petrolojik-petrokimyasal özelliklerinin incelenmesi: Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, Temel Bilimler Araştırma Grubu, Proje No: TBAG-137, (Yayımlanmamış), 223 s.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W. H., Siebel, W., Satir, M. ve Dokuz, A. (2005). Postcollisional plutonism with adakite-like signatures: the Eocene Saraycik granodiorite (Eastern Pontides, Turkey). *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 150, 441–455.

- Tsuchiyama, A. (1985) Dissolution Kinetics of Plagioclase in the Melt of the System Diopside-Albite-Anorthite, and Origin of Dusty Plagioclase in Andesites. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 89, 1-16.
- Uchida, E., Endo, S. ve Makino, M. (2007). Relationship between solidification depth of granitic rocks and formation of hydrothermal ore deposits *Resource Geology* 57, 47–56.
- Uysal, Ş., Bedi, Y., Kurt, İ. ve Kılınc, F. (1995). Koyulhisar (Sivas) dolayının jeolojisi. Maden Teknik ve Arama Enstütüsü Teknik Rapor No:9839, Ankara(yayımlanmamış).
- Verma, S. P. (1999), Geochemistry of evolved magmas and their relationship to subduction-unrelated mafic volcanism at the volcanic front of the central Mexican Volcanic Belt, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 93, 151-171.
- Wallace, P. J. ve Carmichael, I. S. E. (1994). Petrology of volcan tequila, jalisco, Mexico: disequilibrium phenocryst assemblages and evolution of the subvolcanic magma system. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 117, 345– 361.
- Wilson, M. (1989). *Igneous Petrogenesis*, Oxford University Pres. 466 pp.
- Winchester, J.A. ve Floyd, P.A. (1976). Geochemical magma type discrimination.
- Yılmaz, A. (1980). Okat ile Sivas arasındaki bölgenin ofiyolitlerinin kökeni ile yapısı ve diğer birimlerle ile ilişkisi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Jeoloji Kürsüsü, Ankara.
- Yılmaz, A. (1982). Dumanlıdağı (Tokat) ile Çelteddağı (Sivas) arasının temel jeoloji özellikleri ve ofiyolitli karmaşığı konumu. Maden Teknik ve Arama Enstütüsü Teknik Rapor No:7230, Ankara(yayımlanmamış).
- Yılmaz, A., Okay, A. ve Bilgiç, T. (1985). *Yukarı Kelkit Çayı yöresi ve göneyinin temel jeolojik özellikleri*. Maden Teknik ve Arama Enstütüsü Teknik Rapor No:7777, Ankara(yayımlanmamış).
- Yılmaz, S. ve Boztuğ, D. (1996). Space and time relations of three plutonic phases in the Eastern Pontides, Turkey, *International Geology Review*, 38, 935–956.
- Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genç, Ş.C. ve Şengör, A.M.C. (1997). Geology and tectonics of the Pontides. in Robinson, A.G. (eds.), *Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region*, American Association of Petroleum Geologists Memoir, 68, 183-226.
- Yücel, C. (2018). Geochronology, geochemistry, and petrology of adakitic Pliocene–Quaternary volcanism in the Şebinkarahisar (Giresun) area, NE Turkey. *International Geology Review*, Doi: 10.1080/00206814.2018.1461029.

- Yücel, C., Arslan, M., Temizel, İ. ve Abdioğlu, E. (2014a). Volcanic facies and mineral chemistry of Tertiary volcanics in the northern part of the Eastern Pontides, northeast Turkey: Implications for pre-eruptive crystallization conditions and magma chamber processes, *Mineralogy and Petrology*, 107/4, DOI 10.1007/s00710-013-0306-2.
- Yücel, C., Arslan, M., Temizel, İ., Abdioğlu, E. ve Ruffet, G. (2012). Trabzon- Giresun Arasındaki Tersiyer Alkalen Volkanitlerinin Tüm-Kayaç Petrokimyası ve ^{40}Ar - ^{39}Ar Jeokronolojisi, *KD Türkiye*, 65. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı: 354–355, (2012)
- Yücel, C., Temizel, İ. Arslan, M., Abdioğlu, E. ve Yağcıoğlu, U.C. (2014b). Origin of analcimes in the Tertiary volcanic rocks from the Eastern Pontides (NE Turkey): a textural, mineralogical and geochemical approach. *Neues Jahre Buch Für Mineralogie-Abhandlungen*, Doi:10.1127/0077-7757/2014/0261.
- Yücel, C., Arslan, M., Temizel, İ., Abdioğlu, E. ve Ruffet, G. (2017). Evolution of K-rich magmas derived from a net veined lithospheric mantle in an ongoing extensional setting: Geochronology and geochemistry of Eocene and Miocene volcanic rocks from Eastern Pontides (Turkey). *Gondwana Research*, 45, 65-86. Doi: 10.1016/j.gr.2016.12.016.

EKLER

Ek 1. Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalarda fenokristal plajiyoklasların mikroprob analiz sonuçları

Örnek	HY22	HY22	HY22	HY22	HY22	HY22	HY22	HY23	HY22	HY22
	C1	C1	C1	C1	C2	C2	C2	C3	C3	C8
	PL1C	PL1R	PL2C	PL2R	PL1C	PL1M	PL1R	PL1C	PL1R	PL1C
SiO ₂	58.27	55.77	57.17	61.11	61.07	61.80	63.30	57.64	55.93	52.71
Al ₂ O ₃	25.94	28.43	26.51	18.62	24.13	12.66	18.06	25.86	27.15	29.74
FeO	0.08	0.35	0.37	3.63	0.10	8.47	1.97	0.42	0.38	0.12
CaO	6.23	7.48	5.82	2.85	3.65	2.82	1.91	5.66	6.59	8.85
Na ₂ O	6.75	6.53	7.30	6.33	9.52	3.18	6.13	8.10	7.02	5.72
K ₂ O	1.32	0.70	0.92	4.74	0.69	4.37	4.66	0.69	0.47	0.34
Toplam	98.59	99.25	98.09	97.29	99.16	93.30	96.03	98.37	97.55	97.47
Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.										
Si	7.59	7.25	7.49	8.14	7.87	8.46	8.43	7.54	7.38	6.99
Al	3.98	4.36	4.10	2.92	3.66	2.04	2.83	3.99	4.22	4.65
Fe ⁺²	0.01	0.04	0.04	0.40	0.01	0.97	0.22	0.05	0.04	0.01
Ca	0.87	1.04	0.82	0.41	0.50	0.41	0.27	0.79	0.93	1.26
Na	1.71	1.64	1.85	1.63	2.38	0.84	1.58	2.05	1.79	1.47
K	0.22	0.12	0.15	0.80	0.11	0.76	0.79	0.12	0.08	0.06
Toplam	14.38	14.44	14.45	14.31	14.54	13.50	14.13	14.54	14.44	14.44
An % mol.	31.14	37.17	28.94	14.31	16.82	20.50	10.31	26.77	33.21	45.14
Ab % mol.	61.04	58.70	65.62	57.43	79.38	41.73	59.80	69.34	63.96	52.83
Or % mol.	7.82	4.13	5.44	28.27	3.80	37.77	29.89	3.89	2.83	2.04

Ek 1. (Devamı)

Örnek	HY22 C8 PL1R	HY27A C1 PL1C	HY27A C1 PL1R	HY27A C1 PL2R	HY27A C2 PL1C	HY27A C2 PL1R	HY27A C2 PL2C	HY27A C2 PL2R	HY27A C2 PL3C
SiO ₂	54.81	53.26	53.55	57.40	57.26	56.63	60.59	57.94	56.08
Al ₂ O ₃	28.30	29.73	29.76	27.23	28.30	28.20	26.74	26.85	27.66
FeO	0.13	0.48	0.47	0.25	0.06	0.11	0.03	0.07	0.03
CaO	7.39	8.99	8.81	6.19	6.94	7.18	5.39	5.96	6.97
Na ₂ O	6.40	5.49	5.81	7.63	7.52	7.12	9.06	8.04	7.29
K ₂ O	0.57	0.57	0.56	0.62	0.30	0.30	0.18	0.17	0.30
Toplam	97.59	98.52	98.96	99.31	100.38	99.54	101.99	99.04	98.34
Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.									
Si	7.23	7.00	7.01	7.43	7.34	7.32	7.61	7.50	7.33
Al	4.40	4.61	4.59	4.15	4.27	4.29	3.96	4.10	4.26
Fe ⁺²	0.01	0.05	0.05	0.03	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
Ca	1.04	1.27	1.24	0.86	0.95	0.99	0.73	0.83	0.98
Na	1.64	1.40	1.47	1.92	1.87	1.78	2.20	2.02	1.85
K	0.10	0.10	0.09	0.10	0.05	0.05	0.03	0.03	0.05
Toplam	14.43	14.42	14.46	14.49	14.48	14.45	14.53	14.47	14.48
An % mol.	37.60	45.85	44.10	29.87	33.22	35.13	24.53	28.79	33.98
Ab % mol.	58.92	50.71	52.59	66.59	65.10	63.10	74.52	70.24	64.27
Or % mol.	3.48	3.45	3.31	3.55	1.68	1.77	0.95	0.97	1.75

Ek 1. (Devamı)

Örnek	HY27A	HY27A	HY27A	HY27A	HY27A	HY27A	HY27A	HY27A	HY27A
	C3 PL1C	C3 PL1R	C7 PL1C	C7 PL1R	C7 PL2C	C7 PL2R	C7 PL3C	C7 PL3R	C13 PL1C
SiO ₂	56.85	56.86	56.38	57.40	56.78	56.45	56.93	56.85	58.37
Al ₂ O ₃	26.84	27.00	26.32	25.80	25.72	26.96	26.01	26.85	24.75
FeO	0.32	0.30	0.13	0.16	0.16	0.17	0.13	0.26	0.26
CaO	6.12	6.36	7.25	6.47	6.71	6.82	6.56	6.55	4.82
Na ₂ O	7.50	7.39	7.15	7.40	7.18	7.04	7.33	7.14	8.37
K ₂ O	0.77	0.72	0.61	0.88	0.77	0.85	0.68	0.98	0.80
Toplam	98.39	98.63	97.84	98.10	97.31	98.29	97.63	98.63	97.37
Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.									
Si	7.44	7.42	7.43	7.53	7.51	7.40	7.50	7.43	7.69
Al	4.14	4.15	4.09	3.99	4.01	4.17	4.04	4.14	3.84
Fe ⁺²	0.03	0.03	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03	0.03
Ca	0.86	0.89	1.02	0.91	0.95	0.96	0.93	0.92	0.68
Na	1.90	1.87	1.83	1.88	1.84	1.79	1.87	1.81	2.14
K	0.13	0.12	0.10	0.15	0.13	0.14	0.11	0.16	0.13
Toplam	14.50	14.49	14.48	14.48	14.47	14.48	14.47	14.49	14.52
An % mol.	29.70	30.91	34.69	30.94	32.54	33.16	31.79	31.77	23.05
Ab % mol.	65.88	64.91	61.86	64.07	63.04	61.92	64.32	62.59	72.38
Or % mol.	4.42	4.19	3.46	4.99	4.42	4.92	3.89	5.64	4.57

Ek 1. (Devamı)

Örnek	HY30	HY30A	HY30A	HY30A	HY30A	HY30A	HY30A	HY30A	HY33B
	C6 PL1C	C6 PL1R	C6 PL2C	C6 PL2R	C6 PL3C	C6 PL3R	C8 PL1C	C8 PL1R	C1 PL1C
SiO ₂	59.43	60.55	59.24	59.69	58.75	58.60	57.55	58.20	57.43
Al ₂ O ₃	25.40	26.20	25.58	25.73	25.38	25.45	25.59	24.81	26.24
FeO	0.12	0.10	0.13	0.13	0.13	0.12	0.06	0.51	0.26
CaO	4.86	4.86	5.19	5.09	5.11	5.09	5.45	4.56	5.84
Na ₂ O	8.34	8.02	8.18	8.30	8.21	7.55	7.96	7.15	7.10
K ₂ O	1.62	1.88	0.99	1.54	1.23	2.13	1.05	2.97	1.82
Toplam	99.77	101.61	99.32	100.49	98.80	98.95	97.66	98.20	98.68
Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.									
Si	7.67	7.66	7.66	7.65	7.65	7.64	7.58	7.67	7.51
Al	3.86	3.91	3.90	3.89	3.89	3.91	3.97	3.85	4.04
Fe ⁺²	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.06	0.03
Ca	0.67	0.66	0.72	0.70	0.71	0.71	0.77	0.64	0.82
Na	2.09	1.97	2.05	2.06	2.07	1.91	2.03	1.83	1.80
K	0.27	0.30	0.16	0.25	0.20	0.35	0.18	0.50	0.30
Toplam	14.57	14.52	14.50	14.56	14.54	14.54	14.54	14.55	14.51
An % mol.	22.22	22.48	24.53	23.20	23.86	23.88	25.85	21.70	28.02
Ab % mol.	68.96	67.14	69.91	68.44	69.34	64.20	68.24	61.50	61.61
Or % mol.	8.82	10.37	5.55	8.35	6.81	11.92	5.91	16.80	10.37

Ek 1. (Devamı)

Örnek	HY33B	HY33	HY33B	HY33B	HY36	HY36	HY36	HY36	HY36
	C5 PL1C	BC5 PL1R	C5 PL2C	C5 PL2R	AC1 PL1C	AC1 PL1R	AC1 PL2R	AC2 PL1C	AC2 PL1R
SiO ₂	59.36	59.61	59.09	59.08	53.75	54.38	51.16	59.44	52.32
Al ₂ O ₃	24.39	24.69	24.18	24.61	28.60	27.80	29.21	24.80	29.52
FeO	0.04	0.17	0.07	0.42	0.30	0.31	0.46	0.40	0.40
CaO	4.11	4.14	4.10	4.15	8.51	8.14	9.71	6.73	9.68
Na ₂ O	7.33	7.59	7.57	7.23	5.99	6.27	5.04	5.06	5.09
K ₂ O	3.13	2.74	3.08	2.96	0.21	0.23	0.15	1.46	0.17
Toplam	98.35	98.94	98.09	98.44	97.36	97.12	95.72	97.89	97.18
Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.									
Si	7.78	7.77	7.78	7.75	7.13	7.22	6.93	7.76	6.97
Al	3.77	3.79	3.75	3.80	4.47	4.35	4.66	3.82	4.63
Fe ⁺²	0.00	0.02	0.01	0.05	0.03	0.03	0.05	0.04	0.04
Ca	0.58	0.58	0.58	0.58	1.21	1.16	1.41	0.94	1.38
Na	1.86	1.92	1.93	1.84	1.54	1.61	1.32	1.28	1.31
K	0.52	0.46	0.52	0.50	0.03	0.04	0.03	0.24	0.03
Toplam	14.52	14.52	14.56	14.51	14.42	14.42	14.40	14.08	14.37
An % mol.	19.50	19.58	19.12	19.97	43.44	41.19	51.12	38.15	50.70
Ab % mol.	62.86	64.98	63.79	63.04	55.30	57.40	47.96	51.96	48.23
Or % mol.	17.64	15.44	17.09	16.98	1.25	1.41	0.92	9.89	1.07

Ek 1. (Devamı)

Örnek	HY36A	HY36A	HY36A	HY36A	HY36A
	C3	C3	C3	C4	C4
	PL1C	PL1R	PL2C	PL1	PL2
SiO ₂	49.28	52.12	52.25	53.21	65.53
Al ₂ O ₃	31.29	30.14	30.06	29.13	20.50
FeO	0.43	0.16	0.42	0.27	0.34
CaO	10.91	9.28	9.51	9.01	4.14
Na ₂ O	3.88	5.12	4.96	5.38	4.38
K ₂ O	0.11	0.16	0.15	0.26	4.24
Toplam	95.91	96.99	97.35	97.25	99.13
Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.					
Si	6.67	6.94	6.94	7.06	8.41
Al	4.99	4.73	4.71	4.56	3.10
Fe ⁺²	0.05	0.02	0.05	0.03	0.04
Ca	1.58	1.32	1.35	1.28	0.57
Na	1.02	1.32	1.28	1.38	1.09
K	0.02	0.03	0.03	0.04	0.69
Toplam	14.33	14.36	14.35	14.36	13.90
An % mol.	60.39	49.52	50.94	47.29	24.18
Ab % mol.	38.88	49.45	48.08	51.10	46.32
Or % mol.	0.73	1.03	0.98	1.61	29.51

Ek 2. Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaların içindeki mikrolitik dukulu plajiyoklazlara ait mineral kimyası analiz sonuçları

Örnek	HY22	HY22	HY22	HY22	HY22	HY22	HY27A	HY27A
	C3	C3	C4	C4	C7	C8	C1	C1
	PLMIC1	PLMIC2	PLMIC1	PLMIC2	PLMIC1	PLMIC1	PLMIC1	PLMIC2
SiO ₂	54.11	60.46	57.22	55.92	59.93	56.80	64.14	63.16
Al ₂ O ₃	28.00	22.60	22.62	26.10	23.07	26.37	19.57	12.60
FeO	0.91	1.45	1.23	1.01	1.42	0.96	1.57	4.18
CaO	7.70	3.67	6.34	6.24	4.34	6.45	2.11	2.46
Na ₂ O	6.21	7.55	7.14	6.81	7.31	6.65	6.30	2.39
K ₂ O	0.60	2.94	2.02	1.17	2.23	1.08	5.39	4.27
Toplam	97.53	98.66	96.56	97.26	98.29	98.31	99.09	89.06
Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır								
Si	7.18	7.90	7.70	7.43	7.85	7.45	8.32	8.76
Al	4.38	3.48	3.59	4.09	3.56	4.08	2.99	2.06
Fe ⁺²	0.10	0.16	0.14	0.11	0.16	0.11	0.17	0.48
Ca	1.09	0.51	0.91	0.89	0.61	0.91	0.29	0.37
Na	1.60	1.91	1.86	1.75	1.85	1.69	1.58	0.64
K	0.10	0.49	0.35	0.20	0.37	0.18	0.89	0.76
Toplam	14.45	14.45	14.55	14.47	14.40	14.41	14.24	13.07
An % mol.	39.15	17.60	29.27	31.26	21.47	32.65	10.60	20.71
Ab % mol.	57.19	65.60	59.62	61.73	65.39	60.85	57.20	36.47
Or % mol.	3.66	16.80	11.11	7.00	13.14	6.50	32.20	42.82

Ek 2. (Devamı)

Örnek	HY27A	HY30A	HY30A	HY30A	HY30A	HY33B	HY33B	HY33B
	C3 PLMIC2	C2 PLMIC1	C2 PLMIC2	C8 PLMIC1	C8 PLMIC2	C1 PLMIC1	C3 PLMIC1	C3 PLMIC2
SiO ₂	62.57	61.19	54.52	57.89	57.14	61.07	59.07	58.05
Al ₂ O ₃	19.59	19.70	27.80	26.16	17.55	21.69	20.63	23.83
FeO	1.25	1.44	1.27	1.22	3.08	0.91	0.87	1.36
CaO	2.04	1.15	7.82	5.41	5.99	2.14	1.87	5.12
Na ₂ O	6.69	5.58	5.94	7.23	4.76	7.16	5.88	7.86
K ₂ O	4.59	8.68	1.20	2.60	4.60	5.63	6.91	2.00
Toplam	96.73	97.73	98.54	100.51	93.13	98.60	95.22	98.22
Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır								
Si	8.32	8.20	7.19	7.48	7.76	8.06	8.10	7.67
Al	3.07	3.11	4.32	3.98	2.81	3.37	3.33	3.71
Fe ⁺²	0.14	0.16	0.14	0.13	0.35	0.10	0.10	0.15
Ca	0.29	0.16	1.10	0.75	0.87	0.30	0.27	0.72
Na	1.73	1.45	1.52	1.81	1.25	1.83	1.56	2.01
K	0.78	1.48	0.20	0.43	0.80	0.95	1.21	0.34
Toplam	14.32	14.57	14.47	14.59	13.84	14.62	14.58	14.60
An % mol.	10.40	5.31	39.12	25.06	29.81	9.83	9.02	23.55
Ab % mol.	61.73	46.79	53.75	60.59	42.91	59.42	51.30	65.51
Or % mol.	27.87	47.89	7.13	14.35	27.28	30.76	39.67	10.95

Ek 2. (Devamı)

Örnek	HY33B	HY33B	HY36A	HY36A	HY36A	HY36A
	C5 PLMIC1	C5 PLMIC2	C1 PLMIC1	C2 PLMIC1	C3 PLMIC1	C3 PLMIC2
SiO ₂	59.77	61.95	54.05	52.62	54.78	53.48
Al ₂ O ₃	21.98	22.35	26.73	28.93	28.38	28.14
FeO	1.01	0.98	0.63	0.57	0.63	0.58
CaO	2.77	2.58	7.75	8.92	8.16	8.38
Na ₂ O	7.06	5.17	6.22	5.12	6.08	5.80
K ₂ O	4.70	4.53	0.35	0.30	0.36	0.37
Toplam	97.30	97.56	95.72	96.47	98.39	96.74
Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır						
Si	7.97	8.13	7.29	7.05	7.19	7.15
Al	3.46	3.46	4.25	4.57	4.39	4.43
Fe ⁺²	0.11	0.11	0.07	0.06	0.07	0.06
Ca	0.40	0.36	1.12	1.28	1.15	1.20
Na	1.82	1.32	1.63	1.33	1.55	1.50
K	0.80	0.76	0.06	0.05	0.06	0.06
Toplam	14.56	14.14	14.42	14.34	14.41	14.40
An % mol.	13.11	14.87	39.93	48.10	41.61	43.39
Ab % mol.	60.40	53.99	57.91	49.95	56.18	54.36
Or % mol.	26.49	31.14	2.16	1.95	2.21	2.25

Ek 3. Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalar içindeki piroksenlerin mikroprob sonuçları

Örnek	HY22	HY22	HY22	HY22	HY22	HY22	HY22	HY22	HY27A
	C1	C1	C7	C7	C8	C9	C9	C9	C3
	PRX1C	PRX1R	PRX1C	PRX1R	PRX1C	PRX1C	PRX1R	PRX2C	PRX1C
SiO ₂	57.86	48.49	51.50	55.96	48.58	50.08	48.93	51.36	49.39
TiO ₂	0.65	0.64	0.04	0.62	0.57	0.47	0.65	0.14	0.40
Al ₂ O ₃	15.07	5.18	1.03	9.57	4.22	3.64	4.77	1.95	2.51
Cr ₂ O ₃	0.01	0.12	0.10	0.02	0.01	0.14	0.13	0.02	0.01
FeO	4.58	10.64	10.83	8.89	12.81	9.79	10.06	8.45	16.23
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	3.08	13.17	12.42	8.20	12.68	14.18	13.30	13.09	9.29
CaO	6.41	19.21	22.32	8.00	18.78	19.66	20.11	22.98	19.43
Na ₂ O	4.63	0.88	0.39	1.56	0.86	0.77	0.85	0.89	2.17
K ₂ O	5.14	0.02	0.00	3.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01
Total	97.42	98.36	98.62	95.85	98.52	98.74	98.82	98.87	99.43
Formül 6 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.									
Si	8.00	7.09	7.55	7.97	7.16	7.26	7.12	7.46	7.37
Ti	0.07	0.07	0.00	0.07	0.06	0.05	0.07	0.02	0.04
Al T	2.45	0.89	0.18	1.61	0.73	0.62	0.82	0.33	0.44
Cr	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00
Fe ⁺²	0.53	1.30	1.33	1.06	1.58	1.19	1.22	1.03	2.03
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.63	2.87	2.71	1.74	2.79	3.06	2.89	2.83	2.07
Ca	0.95	3.01	3.51	1.22	2.97	3.05	3.14	3.57	3.11
Na	1.24	0.25	0.11	0.43	0.25	0.22	0.24	0.25	0.63
K	0.91	0.00	0.00	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	14.78	15.51	15.40	14.65	15.53	15.48	15.51	15.49	15.68
Mg#	54.49	68.82	67.15	62.18	63.83	72.09	70.22	73.42	50.50
Wo	44.91	41.89	46.45	30.36	40.46	41.80	43.27	48.08	43.15
En	30.02	39.99	35.96	43.30	38.00	41.95	39.83	38.12	28.71
Fs	25.07	18.12	17.59	26.34	21.53	16.24	16.89	13.80	28.14
Fe +2 toplam Fe olarak alınmıştır.									
Mg# = Mg/(Mg+Fe +2)									

Ek 3. (Devamı)

Örnek	HY27A	HY27A	HY27A	HY27A	HY27A	HY30A	HY30A	HY30A	HY30A	HY30A
	C3	C3	C3	C12	C12	C1	C1	C1	C1	C2
	PRX2C	PRX2R	PRX3	PRX1C	PRX1R	PRX1C	PRX1R	PRX2C	PRX2R	PRX1C
SiO ₂	49.40	65.66	49.25	49.83	49.65	46.55	47.24	47.00	45.92	48.06
TiO ₂	0.53	0.59	0.77	0.37	0.42	1.78	0.89	1.53	2.01	0.11
Al ₂ O ₃	4.06	16.42	6.00	3.31	3.14	5.80	6.32	5.63	6.42	1.33
Cr ₂ O ₃	0.03	0.01	0.00	0.05	0.21	0.00	0.05	0.00	0.01	0.05
FeO	13.23	3.03	11.98	12.55	10.01	9.50	9.66	11.68	10.15	20.49
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	12.51	2.26	13.10	12.77	14.08	12.17	11.84	11.45	12.50	6.75
CaO	19.32	4.53	18.54	19.48	19.61	21.33	21.38	20.54	21.13	22.76
Na ₂ O	0.80	5.01	0.87	0.92	0.72	0.87	1.14	1.25	0.78	0.40
K ₂ O	0.01	4.07	0.04	0.01	0.01	0.00	0.03	0.01	0.07	0.00
Total	99.90	101.57	100.55	99.28	97.84	97.99	98.56	99.08	98.98	99.95
Formül 6 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.										
Si	7.19	8.42	7.06	7.28	7.28	6.87	6.93	6.92	6.74	7.34
Ti	0.06	0.06	0.08	0.04	0.05	0.20	0.10	0.17	0.22	0.01
Al T	0.70	2.48	1.01	0.57	0.54	1.01	1.09	0.98	1.11	0.24
Cr	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
Fe ⁺²	1.61	0.32	1.44	1.53	1.23	1.17	1.19	1.44	1.24	2.61
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	2.71	0.43	2.80	2.78	3.08	2.68	2.59	2.51	2.73	1.54
Ca	3.01	0.62	2.85	3.05	3.08	3.37	3.36	3.24	3.32	3.72
Na	0.23	1.24	0.24	0.26	0.21	0.25	0.32	0.36	0.22	0.12
K	0.00	0.67	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
Total	15.51	14.24	15.48	15.52	15.49	15.55	15.59	15.60	15.60	15.59
Mg#	62.77	57.04	66.09	64.47	71.49	69.55	68.60	63.60	68.72	37.00
Wo	41.06	45.15	40.20	41.41	41.70	46.69	47.09	45.05	45.50	47.28
En	37.00	31.29	39.52	37.77	41.67	37.07	36.30	34.95	37.45	19.51
Fs	21.94	23.56	20.28	20.82	16.62	16.23	16.61	20.00	17.05	33.22
Fe +2 toplam Fe olarak alınmıştır.										
Mg# = Mg/(Mg+Fe +2)										

Ek 3. (Devamı)

Örnek	HY30A	HY30A	HY30A	HY30A	HY30A	HY30A	HY30A	HY30A	HY30A	HY30A
	C2	C2	C2	C3	C3	C3	C3	C4	C4	C4
	PRX1M	PRX1R	PRX3C	PRX1C	PRX1R	PRX4C	PRX5C	PRX1C	PRX1R	PRX2C
SiO ₂	48.93	49.52	47.95	51.32	50.80	47.25	48.53	48.79	47.50	46.43
TiO ₂	0.83	0.96	1.14	0.06	0.07	1.28	1.04	0.97	1.38	1.28
Al ₂ O ₃	3.83	3.13	3.36	1.08	1.22	5.60	4.79	4.18	5.87	6.35
Cr ₂ O ₃	0.02	0.00	0.00	0.03	0.01	0.11	0.05	0.22	0.03	0.03
FeO	9.09	8.74	8.94	9.41	10.28	8.94	8.58	8.17	9.39	13.11
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	13.80	14.51	13.73	12.66	12.16	12.96	13.35	13.82	12.81	9.48
CaO	20.88	21.41	21.77	23.19	22.77	21.06	20.87	21.15	20.87	20.29
Na ₂ O	0.84	0.45	0.56	0.64	0.66	0.94	0.87	0.81	0.91	1.89
K ₂ O	0.01	0.02	0.07	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.05	0.00
Total	98.21	98.73	97.52	98.39	97.98	98.15	98.12	98.11	98.80	98.86
Formül 6 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.										
Si	7.16	7.19	7.10	7.52	7.51	6.93	7.09	7.12	6.93	6.90
Ti	0.09	0.10	0.13	0.01	0.01	0.14	0.11	0.11	0.15	0.14
Al T	0.66	0.54	0.59	0.19	0.21	0.97	0.82	0.72	1.01	1.11
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00
Fe ⁺²	1.11	1.06	1.11	1.15	1.27	1.10	1.05	1.00	1.14	1.63
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	3.01	3.14	3.03	2.77	2.68	2.83	2.91	3.01	2.78	2.10
Ca	3.27	3.33	3.45	3.64	3.60	3.31	3.27	3.31	3.26	3.23
Na	0.24	0.13	0.16	0.18	0.19	0.27	0.25	0.23	0.26	0.54
K	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
Total	15.54	15.50	15.57	15.47	15.47	15.57	15.51	15.52	15.55	15.67
Mg#	73.03	74.74	73.26	70.59	67.84	72.11	73.50	75.09	70.87	56.31
Wo	44.26	44.22	45.49	48.16	47.72	45.72	45.22	45.24	45.35	46.42
En	40.71	41.69	39.93	36.59	35.47	39.14	40.26	41.12	38.73	30.17
Fs	15.03	14.09	14.58	15.25	16.81	15.14	14.52	13.64	15.92	23.41
Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır.										
Mg# = Mg/(Mg+Fe⁺²)										

Ek 3. (Devamı)

Örnek	HY30A	HY30A	HY30A	HY33B	HY33B	HY33B	HY33B	HY33B	HY33B	HY33B
	C4	C5	C5	C1	C1	C3	C3	C3	C3	C3
	PRX2R	PRX1C	PRX1R	PRX1C	PRX1R	PRX1C	PRX1R	PRX2C	PRX2R	PRX3C
SiO ₂	46.36	47.22	49.36	49.06	48.52	45.81	45.47	45.00	46.50	46.03
TiO ₂	1.64	1.00	0.82	0.55	1.41	1.99	1.32	2.17	1.67	2.08
Al ₂ O ₃	4.91	5.97	3.50	2.66	3.80	6.72	5.58	8.10	6.74	7.40
Cr ₂ O ₃	0.01	0.03	0.02	0.08	0.00	0.02	0.03	0.01	0.04	0.00
FeO	8.96	9.51	8.64	15.20	8.24	9.99	8.84	10.12	9.58	10.27
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	12.81	12.31	13.95	9.81	14.05	11.47	12.27	11.68	12.40	11.66
CaO	21.48	20.96	20.96	19.98	21.70	21.21	22.42	20.43	20.61	20.38
Na ₂ O	1.00	0.96	0.78	1.79	1.07	1.08	1.11	1.09	1.07	1.22
K ₂ O	0.05	0.00	0.00	0.01	0.07	0.01	0.03	0.01	0.05	0.05
Total	97.21	97.96	98.03	99.13	98.85	98.30	97.05	98.60	98.65	99.08
Formül 6 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.										
Si	6.90	6.95	7.21	7.32	7.06	6.76	6.81	6.62	6.81	6.73
Ti	0.18	0.11	0.09	0.06	0.15	0.22	0.15	0.24	0.18	0.23
Al T	0.86	1.04	0.60	0.47	0.65	1.17	0.98	1.40	1.16	1.27
Cr	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe +2	1.12	1.17	1.06	1.90	1.00	1.23	1.11	1.24	1.17	1.26
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	2.84	2.70	3.04	2.18	3.05	2.53	2.74	2.56	2.71	2.54
Ca	3.43	3.31	3.28	3.19	3.38	3.36	3.60	3.22	3.23	3.19
Na	0.29	0.27	0.22	0.52	0.30	0.31	0.32	0.31	0.30	0.35
K	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01
Total	15.63	15.56	15.51	15.64	15.62	15.58	15.71	15.60	15.58	15.58
Mg#	71.82	69.78	74.23	53.51	75.25	67.20	71.21	67.30	69.77	66.94
Wo	46.39	46.06	44.49	43.91	45.51	47.16	48.33	45.83	45.45	45.68
En	38.50	37.64	41.21	30.01	41.00	35.51	36.80	36.46	38.06	36.36
Fs	15.11	16.30	14.31	26.08	13.49	17.33	14.87	17.71	16.49	17.96
Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır.										
Mg# = Mg/(Mg+Fe⁺²)										

Ek 3. (Devamı)

Örnek	HY33B	HY33B	HY33B	HY33B	HY33B	HY33B	HY33B	HY33B	HY33B	HY33B
	C4	C4	C4	C4	C6	C6	C7	C7	C7	C7
	PRX1C	PRX1R	PRX3C	PRX3R	PRX1C	PRX1R	PRX1C	PRX1R	PRX2C	PRX2R
SiO ₂	49.23	47.87	49.62	47.76	46.73	47.75	46.60	46.32	43.53	46.56
TiO ₂	1.11	1.30	0.72	1.53	1.98	1.56	1.21	1.18	3.48	1.92
Al ₂ O ₃	3.90	5.56	3.09	3.99	6.45	5.46	7.68	6.72	8.04	6.56
Cr ₂ O ₃	0.19	0.04	0.15	0.03	0.06	0.03	0.04	0.04	0.02	0.00
FeO	6.79	9.17	7.72	8.25	8.13	9.16	11.12	10.57	11.28	9.57
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	14.12	12.83	14.20	13.74	12.65	12.62	11.69	11.72	10.47	12.02
CaO	22.26	20.83	21.28	21.76	21.92	21.64	20.21	20.69	20.58	21.58
Na ₂ O	0.73	0.93	0.71	0.94	0.79	0.86	1.13	1.15	1.12	0.87
K ₂ O	0.01	0.03	0.01	0.04	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00
Total	98.32	98.56	97.50	98.04	98.70	99.09	99.67	98.43	98.52	99.08
Formül 6 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.										
Si	7.14	6.99	7.27	7.02	6.81	6.95	6.78	6.83	6.47	6.80
Ti	0.12	0.14	0.08	0.17	0.22	0.17	0.13	0.13	0.39	0.21
Al T	0.67	0.96	0.53	0.69	1.11	0.94	1.32	1.17	1.41	1.13
Cr	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe +2	0.82	1.12	0.95	1.01	0.99	1.11	1.35	1.30	1.40	1.17
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	3.05	2.79	3.10	3.01	2.75	2.74	2.53	2.58	2.32	2.62
Ca	3.46	3.26	3.34	3.43	3.42	3.37	3.15	3.27	3.28	3.38
Na	0.21	0.26	0.20	0.27	0.22	0.24	0.32	0.33	0.32	0.24
K	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Total	15.50	15.52	15.48	15.61	15.53	15.53	15.59	15.62	15.60	15.55
Mg#	78.75	71.39	76.63	74.80	73.51	71.07	65.20	66.40	62.34	69.13
Wo	47.15	45.43	45.21	45.98	47.79	46.69	44.76	45.72	46.81	47.14
En	41.62	38.95	41.98	40.41	38.38	37.89	36.02	36.04	33.16	36.54
Fs	11.23	15.61	12.80	13.61	13.83	15.42	19.22	18.24	20.03	16.32
Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır.										
Mg# = Mg/(Mg+Fe⁺²)										

Ek 3. (Devamı)

Örnek	HY36A	HY36A	HY36A
	C2 PRX1C	C2 PRX1R	C2 PRX2C
SiO ₂	51.33	51.81	52.86
TiO ₂	0.14	0.20	0.12
Al ₂ O ₃	2.30	1.96	1.08
Cr ₂ O ₃	0.13	0.05	0.05
FeO	20.26	21.14	20.59
MnO	0.00	0.00	0.00
MgO	24.31	23.77	24.32
CaO	0.96	1.00	1.28
Na ₂ O	0.02	0.05	0.07
K ₂ O	0.01	0.03	0.04
Total	99.45	100.00	100.39
Formül 6 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.			
Si	6.21	6.27	6.38
Ti	0.01	0.02	0.01
Al T	0.33	0.28	0.15
Cr	0.01	0.00	0.00
Fe ⁺²	2.05	2.14	2.08
Mn	0.00	0.00	0.00
Mg	4.39	4.29	4.38
Ca	0.12	0.13	0.17
Na	0.01	0.01	0.02
K	0.00	0.00	0.01
Total	13.13	13.15	13.19
Mg#	68.14	66.72	67.81
Wo	1.89	1.98	2.50
En	66.86	65.40	66.11
Fs	31.25	32.63	31.39
Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır.			
Mg# = Mg/(Mg+Fe⁺²)			

Ek 4. Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaçlardaki amfibollerin mikroprob sonuçları

Örnek	HY27A C3 AMP1C	HY27A C3 AMP1R	HY27A C3 AMPINK1	HY27A C3 AMPINK2	HY27A C6 AMP1C	HY27A C6 AMP1R	HY27A C6 AMP2	HY27A C6 AMP3
SiO ₂	39.17	39.95	38.90	39.39	39.75	41.01	39.21	39.25
TiO ₂	3.17	2.97	3.38	3.17	3.24	2.77	3.34	2.91
Al ₂ O ₃	13.40	13.28	14.48	13.60	13.13	12.48	13.32	12.84
Cr ₂ O ₃	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00
FeO	16.32	15.78	16.24	15.54	13.79	14.06	14.77	16.21
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	11.51	12.12	10.89	11.96	13.18	13.37	11.52	11.98
CaO	10.53	10.56	10.58	10.40	11.02	11.05	10.35	10.40
Na ₂ O	2.96	2.95	3.01	3.10	2.99	2.90	2.98	2.86
K ₂ O	1.14	1.13	1.20	1.07	1.02	1.02	1.19	1.11
Total	98.20	98.74	98.67	98.23	98.12	98.66	96.69	97.57
Formül 6 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.								
Si	5.78	5.83	5.73	5.78	5.82	5.96	5.86	5.80
Ti	0.35	0.33	0.37	0.35	0.36	0.30	0.38	0.32
Al ^T	2.33	2.28	2.51	2.35	2.26	2.14	2.35	2.24
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ⁺²	0.98	0.87	1.13	0.86	0.79	0.81	1.07	0.81
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	2.53	2.64	2.39	2.62	2.87	2.90	2.57	2.64
Ca	1.66	1.65	1.67	1.63	1.73	1.72	1.66	1.65
Na	0.85	0.84	0.86	0.88	0.85	0.82	0.86	0.82
K	0.21	0.21	0.23	0.20	0.19	0.19	0.23	0.21
Total	12.37	12.35	12.38	12.32	12.61	12.69	12.63	12.24
Mg#	0.58	0.61	0.55	0.60	0.64	0.64	0.58	0.62
Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır.								
Mg# = Mg / (Mg + Fe⁺²)								

Ek 4. (Devamı)

Örnek	HY27A	HY27A	HY33B	HY36A	HY36A	HY36A	HY36A
	C11	C11	C2	C2	C2	C3	C3
	AMP2	AMP3	AMP1C	AMP1C	AMP1R	AMP1C	AMP1R
SiO ₂	38.45	41.23	44.85	43.86	44.23	40.21	41.04
TiO ₂	2.76	2.60	1.51	1.68	1.90	0.84	0.83
Al ₂ O ₃	13.32	13.40	7.89	10.31	10.29	16.73	16.57
Cr ₂ O ₃	0.01	0.01	0.02	0.12	0.03	0.14	0.14
FeO	18.60	15.66	12.61	13.44	14.76	13.88	14.36
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	10.37	13.03	9.36	14.65	14.12	11.29	11.94
CaO	10.56	10.30	20.72	10.85	10.99	11.29	10.98
Na ₂ O	3.15	3.19	1.79	1.94	2.03	2.33	2.49
K ₂ O	1.12	1.05	0.01	0.34	0.38	1.05	0.99
Total	98.34	100.46	98.76	97.17	98.74	97.75	99.34
Formül 6 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.							
Si	5.73	5.86	6.68	6.30	6.30	5.87	5.86
Ti	0.31	0.28	0.17	0.18	0.20	0.09	0.09
Al T	2.34	2.24	1.39	1.76	1.73	2.89	2.80
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ⁺²	1.23	0.58	1.57	0.29	0.49	0.88	0.63
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	2.30	2.76	2.08	3.14	3.00	2.46	2.54
Ca	1.69	1.57	3.31	1.67	1.68	1.76	1.68
Na	0.91	0.88	0.52	0.54	0.56	0.66	0.69
K	0.21	0.19	0.00	0.06	0.07	0.20	0.18
Total	12.39	12.11	14.33	12.18	12.31	11.91	11.66
Mg [#]	0.52	0.66	0.57	0.79	0.74	0.62	0.66
Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır.							
Mg[#] = Mg/(Mg+Fe⁺²)							

Ek 5. Anklav örneklerinde gözlenen plajiyoklazlara ait mineral kimyası analiz sonuçları

Örnek	HY26A	HY26A	HY26A	HY26A	HY26A	HY26A	HY26A	HY26A	HY26A
	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3
	PL1R	PL3R	PL4R	PL5R	PL6R	PL7R	PL8R	PL1C	PL2C
SiO ₂	55.51	55.78	52.15	55.56	57.00	51.81	58.61	53.40	55.60
Al ₂ O ₃	26.24	27.92	29.60	27.94	26.58	25.52	26.67	29.12	27.92
FeO	0.78	0.13	0.69	0.09	0.16	5.32	0.10	0.08	0.10
CaO	6.28	6.84	8.71	7.00	6.12	6.69	5.78	8.32	6.99
Na ₂ O	6.40	7.04	5.50	7.05	7.73	5.43	8.10	6.04	7.26
K ₂ O	1.52	0.51	0.34	0.36	0.54	2.05	0.54	0.27	0.38
Toplam	96.73	98.21	96.98	98.00	98.12	96.81	99.79	97.22	98.25
Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.									
Si	7.41	7.31	6.96	7.30	7.47	7.07	7.54	7.09	7.29
Al	4.13	4.31	4.66	4.32	4.10	4.10	4.04	4.55	4.31
Fe ⁺²	0.09	0.01	0.08	0.01	0.02	0.61	0.01	0.01	0.01
Ca	0.90	0.96	1.25	0.98	0.86	0.98	0.80	1.18	0.98
Na	1.65	1.79	1.42	1.80	1.96	1.44	2.02	1.55	1.85
K	0.26	0.08	0.06	0.06	0.09	0.36	0.09	0.04	0.06
Toplam	14.44	14.47	14.43	14.47	14.50	14.54	14.49	14.43	14.50
An % mol.	31.95	33.87	45.65	34.66	29.52	35.31	27.42	42.53	33.95
Ab % mol.	58.83	63.14	52.20	63.24	67.38	51.84	69.54	55.85	63.84
Or % mol.	9.22	2.99	2.15	2.11	3.10	12.85	3.05	1.61	2.20

Ek 5. (Devamı)

Örnek	HY26A	HY26A	HY26A	HY26A	HY26A	HY26A	HY26A	HY26A	HY26A
	C3 PL3C	C3 PL4C	C3 PL5C	C3 PL6C	C3 PL7C	C3 PL8C	C2 PLMIC1	C2 PLMIC2	C2 PLMIC3
SiO ₂	56.22	56.84	55.63	55.04	53.33	55.55	62.35	54.03	55.52
Al ₂ O ₃	27.92	27.08	27.77	28.12	29.56	28.25	19.76	27.50	26.55
FeO	0.07	0.10	0.08	0.09	0.09	0.11	2.54	0.80	1.26
CaO	6.66	6.27	6.72	7.33	8.33	7.14	2.93	7.47	6.56
Na ₂ O	7.23	7.65	7.28	6.87	6.01	7.06	6.26	6.13	6.29
K ₂ O	0.36	0.40	0.37	0.31	0.25	0.33	3.65	0.76	1.56
Toplam	98.47	98.33	97.84	97.75	97.56	98.43	97.49	96.68	97.74
Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.									
Si	7.34	7.43	7.31	7.25	7.05	7.27	8.18	7.23	7.35
Al	4.29	4.17	4.30	4.37	4.61	4.35	3.05	4.33	4.14
Fe ⁺²	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.28	0.09	0.14
Ca	0.93	0.88	0.95	1.03	1.18	1.00	0.41	1.07	0.93
Na	1.83	1.94	1.86	1.75	1.54	1.79	1.59	1.59	1.62
K	0.06	0.07	0.06	0.05	0.04	0.06	0.61	0.13	0.26
Toplam	14.46	14.49	14.49	14.47	14.43	14.48	14.12	14.44	14.44
An % mol.	33.02	30.43	33.04	36.40	42.70	35.15	15.75	38.41	33.14
Ab % mol.	64.85	67.23	64.81	61.75	55.74	62.90	60.86	56.97	57.50
Or % mol.	2.13	2.34	2.14	1.85	1.55	1.95	23.39	4.63	9.35

Ek 5. (Devamı)

Örnek	HY26A	HY26A
	C2 PLMIC4	C2 PLMIC5
SiO ₂	66.21	57.73
Al ₂ O ₃	17.82	26.14
FeO	2.01	0.97
CaO	2.03	5.77
Na ₂ O	5.00	7.64
K ₂ O	4.25	1.27
Toplam	97.31	99.50
Formül 32 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.		
Si	8.59	7.50
Al	2.72	4.00
Fe ⁺²	0.22	0.11
Ca	0.28	0.80
Na	1.26	1.92
K	0.70	0.21
Toplam	13.78	14.54
An % mol.	12.57	27.33
Ab % mol.	56.10	65.51
Or % mol.	31.32	7.16

Ek 6. Anklavlardaki piroksenlerin mikroprob sonuçları

Örnek	HY36A	HY36A
	C2 PRX1C	C2 PRX1R
SiO ₂	50.22	49.68
TiO ₂	0.31	0.30
Al ₂ O ₃	2.65	2.73
Cr ₂ O ₃	0.02	0.04
FeO	14.43	14.71
MnO	0.00	0.00
MgO	11.46	11.61
CaO	19.65	19.53
Na ₂ O	0.87	0.73
K ₂ O	0.03	0.01
Total	99.63	99.35
Formül 6 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.		
Si	7.37	7.33
Ti	0.03	0.03
Al T	0.46	0.47
Cr	0.00	0.00
Fe ⁺²	1.77	1.81
Mn	0.00	0.00
Mg	2.51	2.55
Ca	3.09	3.09
Na	0.25	0.21
K	0.01	0.00
Total	15.49	15.51
Mg [#]	58.10	58.05
Wo	42.03	41.50
En	34.12	34.36
Fs	23.86	24.14
Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır.		
Mg[#] = Mg/(Mg+Fe⁺²)		

Ek 7. Anklavlardaki amfibollerin mikroprob sonuçları

Örnek	HY26A C3 AMP1C	HY26A C3 AMP2C	HY26A C3 AMP3C	HY26A C3 AMP3R
SiO ₂	39.59	38.88	38.61	39.20
TiO ₂	3.79	3.13	3.30	2.93
Al ₂ O ₃	13.22	13.68	14.02	13.73
Cr ₂ O ₃	0.02	0.00	0.02	0.01
FeO	15.00	16.63	16.34	15.79
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	12.37	11.48	11.10	11.54
CaO	10.14	10.29	10.68	10.76
Na ₂ O	3.07	3.04	3.23	2.97
K ₂ O	1.06	1.16	1.11	1.14
Total	98.24	98.28	98.40	98.07
Formül 6 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.				
Si	5.78	5.72	5.71	5.79
Ti	0.42	0.35	0.37	0.33
Al T	2.28	2.37	2.45	2.39
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ⁺²	0.74	0.88	1.15	1.05
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	2.69	2.52	2.45	2.54
Ca	1.59	1.62	1.69	1.70
Na	0.87	0.87	0.93	0.85
K	0.20	0.22	0.21	0.21
Total	15.65	15.71	15.83	15.77
Mg#	0.63	0.59	0.55	0.57
Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır.				
Mg#=Mg/(Mg+Fe⁺²)				
Fe₃₊/(Fe₃₊+6Al)				

Ek 8. Anklavlardaki biyotitlerin mikroprob sonuçları

Örnek	HY26A C3 BIO1C	HY26 A C3 BIO1R	HY26 A C3 BIO2C	HY26 A C3 BIO3C	HY26 A C3 BIO4C	HY26 A C3 BIO5R	HY26 A C3 BIO6R	HY26 A C3 BIO7C	HY27 A C7 BIO1
SiO ₂	34.29	35.12	34.60	34.61	35.34	34.89	34.73	35.33	35.66
TiO ₂	2.88	2.80	2.87	2.91	2.93	2.83	2.85	2.83	3.62
Al ₂ O ₃	15.71	15.55	14.89	15.51	14.99	15.24	14.56	15.40	15.63
Cr ₂ O ₃	22.15	21.74	23.06	22.38	22.00	21.71	21.61	22.47	18.37
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	11.49	11.94	11.51	11.61	12.18	11.98	12.03	11.76	13.66
MgO	0.06	0.13	0.05	0.05	0.06	0.06	0.05	0.04	0.32
CaO	0.56	0.64	0.60	0.64	0.60	1.90	0.84	0.76	0.56
Na ₂ O	9.92	9.75	9.82	9.84	9.83	9.73	9.71	9.58	9.47
K ₂ O	97.06	97.66	97.39	97.55	97.93	98.35	96.39	98.16	97.29
Total	194.11	195.32	194.77	195.08	195.85	196.68	192.77	196.32	194.58
Formül 6 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.									
Si	5.27	5.33	5.32	5.29	5.36	5.29	5.36	5.35	5.34
Ti	0.33	0.32	0.33	0.33	0.33	0.32	0.33	0.32	0.41
Al T	2.84	2.78	2.70	2.79	2.68	2.72	2.65	2.75	2.76
Cr	2.84	2.76	2.96	2.86	2.79	2.75	2.79	2.84	2.30
Fe ⁺²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	2.63	2.70	2.64	2.64	2.75	2.71	2.77	2.65	3.05
Mg	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05
Ca	0.17	0.19	0.18	0.19	0.18	0.56	0.25	0.22	0.16
Na	1.94	1.89	1.92	1.92	1.90	1.88	1.91	1.85	1.81
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	14.98	14.96	14.97	14.97	14.95	15.31	15.03	14.94	14.90
Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır.									
Mg# = Mg / (Mg + Fe⁺²)									
Fe₃₊ / (Fe₃₊ + [6]Al)									

Ek 8. (Devamı)

Örnek	HY27A	HY27A	HY27A	HY27A	HY36A	HY36A	HY36A	HY36A
	C7	C7	C7	C7	C4	C4	C4	C4
	BIO2	BIO3	BIO4	BIO5	BIO1	BIO2	BIO3	BIO4
SiO ₂	37.18	36.96	35.03	37.97	36.53	36.87	36.74	37.59
TiO ₂	3.86	3.63	3.69	3.63	2.20	2.26	2.30	2.19
Al ₂ O ₃	15.99	16.33	15.43	16.40	16.76	16.43	16.62	16.66
Cr ₂ O ₃	17.71	18.68	17.86	18.02	16.80	16.29	16.29	16.12
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	14.88	14.08	13.48	14.48	14.70	14.99	15.25	15.42
MgO	0.02	0.06	0.04	0.03	0.13	0.11	0.11	0.07
CaO	0.65	0.63	0.68	0.64	0.73	0.94	0.77	0.64
Na ₂ O	9.88	9.92	9.90	9.81	8.91	9.11	9.07	9.28
K ₂ O	100.19	100.31	96.10	100.98	96.79	96.99	97.17	97.97
Total	200.37	200.60	192.20	201.96	193.56	193.98	194.31	195.93
Formül 6 oksijen üzerinden hesaplanmıştır.								
Si	5.37	2.67	5.32	5.43	5.41	5.44	5.41	5.48
Ti	0.42	0.20	0.42	0.39	0.25	0.25	0.25	0.24
Al ^T	2.72	1.84	2.76	2.76	2.93	2.86	2.89	2.86
Cr	2.14	2.30	2.27	2.15	2.08	2.01	2.01	1.96
Fe ⁺²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	3.20	3.05	3.05	3.08	3.25	3.30	3.35	3.35
Mg	0.00	0.05	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01
Ca	0.18	0.32	0.20	0.18	0.21	0.27	0.22	0.18
Na	1.82	3.61	1.92	1.79	1.68	1.72	1.70	1.73
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	14.88	14.90	15.00	14.85	14.79	14.88	14.81	14.79
Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır.								
Mg# = Mg/(Mg+Fe⁺²)								
Fe₃+/ (Fe₃+ [6]Al)								

Ek 9. Reşadiye (Tokat) yöresi Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaçlarının ana oksit (%) ve iz (ppm) element analizleri

Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaçlar										
Sample	HY-13b	HY-14	HY-17	HY-22	HY-27	HY-28b	HY-30a	HY-33b	HY-35	HY-36a
SiO ₂	50.85	57.80	58.65	57.22	57.73	58.02	50.77	51.04	57.59	66.46
Al ₂ O ₃	17.83	17.72	18.27	16.83	16.70	16.73	15.37	15.34	16.87	15.38
Fe ₂ O ₃	10.33	5.72	5.30	6.13	6.02	6.03	7.65	7.69	6.10	4.91
MgO	6.07	3.07	3.11	2.47	2.39	2.46	3.89	3.89	2.46	1.72
CaO	10.33	7.00	7.04	5.64	5.39	5.56	9.43	9.27	5.58	4.09
Na ₂ O	2.31	4.02	3.99	4.84	4.76	4.71	4.50	4.66	4.83	3.77
K ₂ O	0.85	2.13	1.63	3.55	3.60	3.50	3.89	3.91	3.58	2.21
TiO ₂	0.63	0.67	0.67	0.76	0.73	0.74	1.53	1.51	0.74	0.38
P ₂ O ₅	0.10	0.45	0.39	0.81	0.78	0.78	1.49	1.48	0.80	0.14
MnO	0.23	0.11	0.09	0.13	0.14	0.13	0.13	0.14	0.13	0.08
Cr ₂ O ₃	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01
Toplam	99.53	98.70	99.15	98.39	98.24	98.66	98.66	98.94	98.68	99.15
Zr	55.60	186.30	156.30	254.60	261.30	254.80	228.60	221.90	260.60	169.40
Y	13.40	13.70	12.10	21.30	20.90	21.80	20.20	19.60	21.40	15.00
Sr	238.40	599.50	607.10	958.70	948.00	935.80	2415.30	2335.70	991.30	285.50
U	0.40	2.00	2.00	2.00	2.10	1.90	1.30	1.30	2.10	2.80
Rb	19.50	39.50	33.50	59.10	60.70	60.60	43.60	47.90	61.00	51.10
Th	15.83	77.50	79.17	76.67	80.00	77.50	63.33	63.33	77.50	105.00
Ta	0.20	1.30	1.00	1.80	1.70	1.70	1.70	1.70	1.60	0.60
Zn	20.00	31.00	29.00	47.00	60.00	52.00	52.00	67.00	60.00	26.00
Cu	22.70	26.30	32.90	22.70	31.10	34.90	30.40	51.30	28.70	240.30
Ni	6.70	10.30	13.30	10.30	9.70	9.40	9.40	13.40	10.10	14.00
Co	32.70	13.70	14.10	12.40	11.30	12.50	19.90	20.00	12.50	20.50
Ba	193.00	408.00	360.00	870.00	898.00	856.00	1195.00	1182.00	886.00	454.00
Nb	3.20	23.70	19.30	31.80	32.50	32.00	34.00	34.50	33.30	8.40
Hf	1.40	4.00	3.40	5.40	5.40	5.30	5.30	4.90	5.40	4.10
Mg [#]	37.01	34.93	36.98	28.72	28.42	28.98	33.71	33.59	28.74	25.94

Ek 10. Reşadiye (Tokat) yöresi anklav kayaçlarının ana oksit (%) ve iz (ppm) element analizleri

Sample	Anklavlar		
	ANK-1	ANK-2	ANK-3
SiO ₂	50.36	50.78	49.71
Al ₂ O ₃	19.89	22.25	17.67
Fe ₂ O ₃	9.05	6.24	10.02
MgO	4.52	4.29	5.85
CaO	9.84	10.11	10.60
Na ₂ O	4.09	4.31	3.56
K ₂ O	0.80	0.88	0.89
TiO ₂	0.66	0.53	0.95
P ₂ O ₅	0.27	0.15	0.16
MnO	0.20	0.12	0.19
Cr ₂ O ₃	0.00	0.01	0.01
Toplam	99.68	99.67	99.61
Zr	12.70	54.60	77.60
Y	14.70	10.70	23.40
Sr	801.90	739.30	294.40
U	0.30	0.50	0.40
Rb	7.10	14.50	11.40
Th	3.33	19.17	11.67
Ta	0.10	0.20	0.30
Zn	78.00	51.00	55.00
Cu	32.60	20.80	18.90
Ni	10.80	28.50	13.80
Co	23.80	19.60	30.00
Ba	183.00	324.00	221.00
Nb	1.80	4.20	5.40
Hf	0.40	1.40	2.20
Mg [#]	33.31	40.74	36.86

Ek 11. Reşadiye (Tokat) yöresi volkanik kayaların nadir toprak element (ppm) analizleri

Kuvaterner yaşlı volkanitler										
Sample	HY-13	HY-14	HY-17	HY-22	HY-27	HY-28	HY-30	HY-33	HY-35	HY-36
La	19.07	98.64	89.10	171.12	176.02	173.57	241.69	236.24	174.11	73.30
Ce	14.84	64.89	58.41	114.94	118.08	109.09	185.06	178.58	116.41	46.29
Pr	13.58	50.29	45.62	88.39	88.69	87.23	153.72	150.95	89.56	36.86
Nd	10.69	33.76	29.54	57.81	56.54	57.24	105.91	105.63	60.06	24.89
Sm	8.31	17.19	15.37	26.93	27.66	26.71	46.19	46.06	28.61	14.07
Eu	7.93	13.68	12.18	19.20	19.54	19.43	31.95	31.61	19.66	9.43
Gd	7.06	11.31	10.23	16.83	16.96	16.93	24.64	24.41	17.19	9.84
Tb	6.38	8.45	7.41	11.90	12.59	11.72	14.66	14.31	11.90	7.59
Dy	6.30	6.85	6.14	10.34	10.08	9.79	10.16	10.21	9.76	6.67
Ho	5.76	6.11	4.94	8.46	8.58	8.11	7.64	7.99	8.46	6.46
Er	5.74	5.98	4.78	8.63	8.19	8.59	7.15	6.59	8.07	6.43
Tm	6.18	6.18	4.49	7.87	8.15	8.71	6.74	6.46	8.43	6.18
Yb	6.13	5.48	4.07	7.94	8.02	7.66	6.01	5.97	7.62	5.97
Lu	5.77	5.25	4.20	7.35	7.87	7.61	5.77	5.51	8.14	6.30
(La/Lu) _N	3.30	18.79	21.22	23.28	22.35	22.80	41.86	42.86	21.40	11.64
Eu*	7.69	14.25	12.80	21.88	22.31	21.82	35.42	35.24	22.90	11.95
(Eu/Eu*) _N	1.03	0.96	0.95	0.88	0.88	0.89	0.90	0.90	0.86	0.79
Dy _N /Yb _N	1.03	1.25	1.51	1.30	1.26	1.28	1.69	1.71	1.28	1.12

Ek 12. Reşadiye (Tokat) yöresi anklav kayaçlarının nadir toprak element (ppm)
analizleri

Sample	Anklavlar		
	ANK-1	ANK-2	ANK-3
La	38.96	36.51	27.25
Ce	29.89	27.59	21.21
Pr	28.18	25.33	20.29
Nd	23.21	19.97	17.02
Sm	14.98	11.77	13.03
Eu	16.21	10.80	12.41
Gd	10.49	8.01	11.93
Tb	7.76	5.86	10.69
Dy	6.64	5.33	10.26
Ho	5.88	4.94	10.11
Er	5.30	4.58	9.88
Tm	5.34	4.49	9.83
Yb	4.96	3.95	9.52
Lu	5.25	3.94	10.24
(La/Lu) _N	7.42	9.27	2.66
Eu*	12.73	9.89	12.48
(Eu/Eu*) _N	1.27	1.09	0.99
Dy _N /Yb _N	1.34	1.35	1.08

ÖZGEÇMİŞ

Haydar ZENGİN, yılında İlinde doğmuştur. 2005-2009 yılları arasında lise öğrenimini Gümüşhane'de tamamladı. 2011 yılında Atatürk Üniversitesi Oltu Yerbilimleri Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimine başladı. 2016 yılında lisans öğrenimini tamamladıktan sonra, 2019 yılında Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Evli olup başlangıç seviyede İngilizce bilmektedir.

