KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HASANDAĞ VE ERCİYES (ORTA ANADOLU) STRATO VOLKANLARININ JEOKİMYASAL VE PETROLOJİK EVRİMİ

DOKTORA TEZİ

Y.Müh. Aykut GÜÇTEKİN

Anabilim Dalı: Jeoloji Mühendisliği

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Nezihi KÖPRÜBAŞI

KOCAELİ 2007

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HASANDAĞ VE ERCİYES (ORTA ANADOLU) STRATO VOLKANLARININ JEOKİMYASAL VE PETROLOJİK EVRİMİ

DOKTORA TEZİ

Y.Müh. Aykut GÜÇTEKİN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 14 Şubat 2007

Tezin Savunulduğu Tarih: 28 Mart 2007

Tez Danışmanı	Üye	Üye
Yrd.Doç.Dr. Nezihi KÖPRÜBAŞI	Prof.Dr. Selçuk TOKEL	Prof.Dr. M. Burhan SADIKLAR
(.....)	(.....)	(.....)

Üye	Üye
Prof.Dr. Haluk KONAK	Doç.Dr. Ercan ALDANMAZ
(.....)	(.....)

KOCAELİ 2007

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Kapadokya Volkanik Provensi içerisinde, peri bacaları gibi ilginç volkanik yapılara kaynak oluşturan Hasandağ ve Erciyes gibi iki önemli strato volkan bulunmaktadır. Oldukça geniş bir alanda yayılımı olan Hasandağ ve Erciyes'in oluşumu ile ilgili sorulara cevap verebilmek için jeokimyasal bulguların ışığı altında bölgenin tektonik yapısı da dikkate alınmıştır. Bölgedeki volkanizma neo-tektonik aktivite ile ilgilidir ve volkanizmaya kaynak teşkil eden magmanın yükseliminde tektonizmanın rolü büyüktür.

Hasandağ ve Erciyes strato volkanlarının jeokimyasal ve petrolojik özelliklerini açığa çıkarmak için gerçekleştirilen bu çalışma KOÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde doktora tezi olarak hazırlanmıştır ve çalışma KOÜ Araştırma Fonu tarafından finansal olarak desteklenmiştir.

Bölüm imkanları ile birlikte değerli görüşlerini esirgemeyen hocam Sayın Prof. Dr. Selçuk TOKEL ve her konuda destek olan tez danışmanın Sayın Yrd. Doç. Dr. Nezihi KÖPRÜBAŞI'na teşekkürlerimi sunarım. Değerli görüş ve katkıları için Sayın Doç. Dr. Ercan ALDANMAZ'a minnet duygularımı sunarım. Arazi ve laboratuar çalışmalarındaki katkılarından dolayı Sayın Jeoloji Yüksek Müh. Dağhan ÇELEBİ'ye teşekkür ederim. Ayrıca çalışma hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteğini esirgemeyen sevgili aileme sonsuz şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ v
TABLOLAR DİZİNİ x
SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR xi
ÖZET xiii
ABSTRACT xiv
BÖLÜM 1. GENEL BİLGİLER 1
1.1. Çalışmanın Amacı 1
1.2. Çalışma Yöntemleri 2
1.3. Coğrafik Durum 2
1.3.1. İnceleme alanı 2
1.3.2. Ulaşım 2
1.3.3. Morfoloji 2
1.3.4. Hidrografi 4
1.3.5. İklim 4
1.3.6. Tarım ve bitki örtüsü 4
1.4. Önceki Çalışmalar 5
BÖLÜM 2. BÖLGESEL JEOLOJİ 10
2.1.Orta Anadolu Volkanik Provensi Tektonik Yapısı 10
2.1.1. Tuzgölü-Ecemiş fay sistemi. 12
2.1.1.1. Hasandağ fay seti 13
2.1.1.2. Ecemiş fay zonu 14
2.2. Hasandağ Strato Volkanının Volkano-Stratigrafisi 17
2.2.1. Keçikalesi volkanitleri 20
2.2.2. Bazalt 20
2.2.3. Bazaltik andezitler 20
2.2.4. Lahar 20
2.2.5. Taşpınar formasyonu 21
2.2.6. Andezitik lav akıntıları 21
2.2.7. Mahmutlu bazaltı 22
2.2.8. İgnimbritler 24
2.2.9. Yuvaköy külleri 24
2.2.10. Hasandağ volkanitleri 25
2.2.11. Riyolitik dom akıntıları 25
2.2.12. Riyolitik ignimbrtiler 26
2.2.13. Hasandağ külleri 26
2.2.14. Karataş bazaltları 26
2.3. Erciyes Strato Volkanının Volkano-Stratigrafisi 27
2.3.1. Develidağ volkanitleri 28
2.3.2. Koçdağ evresi 30
2.3.2.1. Şahmelik alkali bazaltı 30
2.3.2.2. Koçdağ andeziti 32

2.3.2.3. Çaylıca bazaltik andeziti 32
2.3.2.4. İgnimbritler 33
2.3.3. Erciyes evresi 34
2.3.3.1. Dasitik dom ve dom akıntıları 34
2.3.3.2. Andezitik dom ve dom akıntıları 34
2.3.3.3. Şeyhşaban bazaltik andeziti 35
2.3.3.4. Dokuzpınar andeziti 35
2.3.3.5. Erciyes dasiti 36
2.3.3.6. Bazaltik andezit lav akıntıları 36
2.3.3.7. Kızılören dasiti 36
2.3.3.8. Hisarcık bazaltik andeziti 36
2.3.3.9. Sarayçiftliği andeziti 37
2.3.3.10. Pomza akıntıları ile blok ve kül akıntıları 37
2.3.3.11. Dikartın Dağı piroklastikleri 37
2.3.3.12. Karagüllü riyodasiti 38
2.3.3.13. Hacılar dasiti 38
2.3.3.14. Perikartın piroklastikleri 39
2.3.3.15. Perikartın riyodasiti 39
2.3.3.16. Volkanik çığ 39
BÖLÜM 3. PETROGRAFİ 41
3.1. Hasandağ Starato Volkanına Ait kayaçların Petrografik Özellikleri 41
3.1.1. Bazik bileşimli kayaçlar 45
3.1.2. Nötür - asidik bileşimli kayaçlar 47
3.2. Erciyes Starato Volkanına Ait kayaçların Petrografik Özellikleri 50
3.2.1. Develidağ volkanitleri ve Koçdağ evresi 51
3.2.2. Erciyes evresi 59
BÖLÜM 4. JEOKİMYA 63
4.1. Kullanılan Analitik Yöntemler 63
4.1.1. Kayaç tozu hazırlama 63
4.1.2. Ateşte kaybın bulunması 68
4.1.3. Cam tabletlerin hazırlanması 68
4.1.4. ICP-MS ve ICP-OES analizleri 68
4.2. Jeokimyasal Karakteristikler 69
4.2.1. Ana element karakteristikleri 69
4.2.1.1. Volkanik kayaçların sınıflaması 69
4.2.1.2. Ana elementlerin değişim diyagramları 71
4.2.2. İz element karakteristikleri 73
4.2.2.1. İz element değişimleri 74
4.2.2.2. Nadir toprak element karakteristikleri 75
4.2.2.3. Çoklu element karakteristikleri 78
4.2.2.4. İz element oranları 81
BÖLÜM 5. MİNERAL KİMYASI 83
5.1. Minerallerin Sınıflaması 83
5.1.1. Olivin 83
5.1.2. Piroksen 86
5.1.3. Plajiyoklas 93
5.1.4. Amfibol 95
5.1.5. Biyotit 97
5.1.6. Fe-Ti oksitler 97

5.2. Magmatik İşlemleri Etkileyen Parametreler 99
5.2.1. Sıcaklık ve oksijen fugasiteleri 99
5.2.1.1. Piroksen jeotermometresi 99
5.2.1.2. Amfibol-plajiyoklas jeotermometresi 101
5.2.1.3. Fe-Ti oksit termometresi ve oksijen fogasitesiteleri 102
5.2.2. Basınç hesaplamaları 103
5.2.2.1. Klinopiroksen jeobarometresi 104
5.2.2.2. Al-in hornblend jeobarometresi 106
BÖLÜM 6. PETROJENEZ 110
6.1.Volkanik Kayaçlarda Krsitalizasyon Süreçleri 110
6.1.1.Hasandağ strato volkanında kristalizasyon süreçleri 111
6.1.2.Erciyes strato volkanında kristalizasyon süreçleri 113
6.2.Asimilasyon-Fraksiyonel Kristalizasyon Etkisi 115
6.2.1.Tam ayrımlanma katsayıları ve uç bileşenlerin tahmini 117
6.2.2.AFC diyagramları 118
6.3.Mağma Evrimi 123
6.4.Kaynak Mineralojisi 131
6.5.Bölümsel Ergime İşlemleri. 132
6.5.1.Manto ergime modellemesi 133
6.6. Kaynak karakteristikleri 140
7. SONUÇLAR 151
KAYNAKLAR 155
EKLER 178
ÖZGEÇMİŞ 201

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil1.1. İnceleme alanı yer bulduru haritası (Röliyef haritası Temel et al., 1998'den değiştirilerek alınmıştır). 3
Şekil 2.1. Türkiye'nin başlıca tektonik unsurları ve Orta Anadolu'nun önemli volkanları. 11
Şekil 2.2. Orta Anadolu volkanizmasını kat eden fay sistemleri, Toprak (1998)'den alınmıştır (TFZ: Tuzgölü fay zonu; EFZ: Ecemiş fay zonu; OKFZ: Orta Kızılırmak fay zonu; NFZ: Niğde fay zonu). 12
Şekil 2.3. Hasandağ fay setinin basitleştirilmiş jeoloji haritası (Toprak and Göncüoğlu, 1993). 13
Şekil 2.4. Yıprak tepe güneyinde bulunan normal faylanma ve bu bölgedeki cüruf konilerinin çizgisel dizilimi (Toprak, 2003). 14
Şekil 2.5. Kapodokya volkanik kompleksinin basitleştirilmiş jeoloji haritası ve Erciyes havzasını sınırlayan faylar. OAFZ. Orta Anadolu fay zonu; 1:Kapodokya volkanik kompleksi Orta Miyosen-Kuvaterner kayaçları; 2: Pliyo-Kuvaterner sedimanter kayaçları; 3:Erciyes strato volkanı (Koçyiğit and Erol, 2001). 15
Şekil 2.6. Erciyes çek-ayır havzasının sismotektonik haritası. DES: Dündarlı-Erciyes fay segmenti; DS: Dökmetaş fay segmenti; DVS: Develi fay segmenti; KES: Kızılırmak-Erkilet fay segmenti; YS: Yeşilhisar fay segmenti; TLHG: Tuzla gölü yarı grabeni; İçi boş daireler belli aralıklardaki deprem magnitütlerini göstermektedir (Koçyiğit and Erol, 2001). 17
Şekil 2.7. Hasandağ strato volkanının jeoloji haritası (Aydar and Gourgaud, 1998'den değiştirilerek alınmıştır) 18
Şekil 2.8. Hasandağ strato volkanının genelleştirilmiş volkano-stratigrafisi (Aydar and Gourgaud, 1998'den değiştirilerek alınmıştır). 19
Şekil 2.9. Taşpınar formasyonunun farklı seviyeleri; a) Pliniyen geri düşme ürünleri, b) Pomza akıntıları. Görünüm Taşpınar köyü ve yakın civarları. 21
Şekil 2.10. Vizkozitesi yüksek lavlardaki 'aa' türü lav akıntıları. Görünüm Büyükyaka mevkiinin 500 m kuzeyinde, Güneyden Kuzeye doğru alınmıştır. 22
Şekil 2.11. Mahmutlu bazaltı cüruf konisinin skorya ve bazaltik bombalardan oluşan iç yapısı. Görünüm Mahmutlu Tepe batı yamacında güneybatıdan kuzeydoğu doğru alınmıştır. 23
Şekil 2.12. İgnimbritler üzerine gelen Yuvaköy külleri. Görünüm Mahmutlu Tepe güney batısında kuzeybatıdan güneydoğuya doğru alınmıştır. 23
Şekil 2.13. Keçikalesi yaylası civarında volkanitlerdeki dom akıntıları. Görünüm güneyden kuzeye alınmıştır. 24
Şekil 2.14. Büyük Hasandağ batı yamaçlarında Hasandağ volkanitlerine ait dom akıntılarını örten daha batıdaki Karataş volkanitleri (cüruf konileri ile). Görünüm batıdan doğuya alınmıştır. 25
Şekil 2.15. Kızıl Tepe cüruf konisinde yüksek sıcaklık oksidasyonu nedeniyle oluşmuş kırmızı cüruflar. Görünüm Kızıl tepe batı yamaçlarında batıdan doğuya doğru alınmıştır. 27
Şekil 2.16. Erciyes volkanına ait kalderanın sadece bir tarafının göçmesi ile oluşmuş amfi-tiyatro şekilli kaldera. Görünüm kuzeydoğudan güneybatıya doğru alınmıştır. 28
Şekil 2.17. Erciyes strato volkanının jeoloji haritası (Şen et al., 2003'ten sadeleştirilerek alınmıştır) 29

Şekil 2.18. Erciyes kuzeybatısında bulunan Çora maarı; a) maarın genel görünümü (görünüm kuzeybatıdan güneydoğuya doğru), b) Maarın kenar kısımlarında gözlenen taban yayılımı çökelleri..... .30
Şekil 2.19. Erciyes strato volkanının genelleştirilmiş volkano-stratigrafisi (Şen et al., 2003'ten değiştirilerek alınmıştır). 31
Şekil 2.20. Andezitlerde görülen akma foliasyonları. Görünüm Toprakkaya Tepe güneybatı yamaçlarından, kuzeyden güneye doğru alınmıştır. 32
Şekil 2.21. Pliniyen geri düşme ürünleri üzerinde bulunan siyah renkli kaynamış ignimbritler. Görünüm Kuruköprü köyü kuzeydoğusunda batıdan doğuya doğru alınmıştır. 33
Şekil 2.22. Piroklastik kayaçların örttüğü andezitler. Görünüm Soysallı köyü doğusunda, kuzeybatıdan güneydoğuya doğru alınmıştır..... 35
Şekil 2.23. Riyodasitlerde gözlenen akma bantı dokuları. Beyaz kısım bükülmeli yapıyı göstermektedir. Görünüm Karagüllü tepe kuzeydoğu yamaçlarında, doğudan batıya doğru alınmıştır..... 38
Şekil 2. 24. Kötü boylanmalı ve köşeli çakıllardan oluşan volkanik çığ malzemesi. Görünüm Erciyes kalderası kuzeydoğu yamaçlarında, kuzeydoğudan güneybatıya doğru alınmıştır..... 40
Şekil 3.1. Plajiyoklaslarda elek ve sinosis dokusu (Ç.N.); Plj: Plajiyoklas, Ol: Olivin, Cpx: Klinopiroksen. 45
Şekil 3.2. Karataş volkanitlerinde intergranüler doku görünümü (Ç.N.); Plj: Plajiyoklas, Ol: Olivin, Cpx: Klinopiroksen..... 46
Şekil 3.3. Nötür bileşimli kayaçlardaki porfirik dokular; a: Özşekilli amfibol kristalleri ve kenarlarında reaksiyon çeperleri (Ç.N.); b: Aynı kesitin tek nikol görünümü; c: plajiyoklaslarda görülen elek dokusu (Ç.N.); d: amfibollerdeki alterasyonla agregalaşma (Ç.N.); Amf: Amfibol, plj: Plajiyoklas, E: Epidot..... 47
Şekil 3.4. Nötür bileşimli kayaçlarda görülen magma karışım dokuları; a: Kuvars mineralini saran klinopiroksen (Ç.N.); b: lifsi ve opaklaşmış amfiboller (Ç.N.); c: b'deki kesitin tek nikol görüntüsü; d: iğnemsi minerallerden oluşmuş ksenoli (Ç.N.); Q: Kuvars, Amf: Amfibol, Plj: Plajiyoklas. 48
Şekil 3.5. Kül ve camdan ibaret hamur içerisinde pomza, kayaç parçaları ve kristallerden oluşmuş ignimbrit kesiti; P: Pomza, L: Kayaç parçaları, K: Kristaller..... 50
Şekil 3.6. Bazaltlarda görülen intergranüler doku (Ç.N.); Plj: Plajiyoklas, Ol: Olivin, Cpx: Klinopiroksen. 52
Şekil 3.7. Bantlı yapıdaki kaynamış ignimbritlerdeki 'Y' şekilli cam parçacıkları (T.N.). P: pomza, sağ alt köşede gaz boşluğu beyaz renkli gözükmektedir..... 58
Şekil 3.8. Bazaltik andezit ve andezit bileşimli kayaçlardaki plajiyoklaslar (Ç.N.); a: schiller inklizyonu; b: plajiyoklaslarda amfibol kapanımları (Ç.N.); c: bazaltik andezitlerde trakitik dokuyu oluşturan plajiyoklaslar (Ç.N.); d: ksenolitte bulunan plajiyoklas kümelenmeleri (Ç.N.); Plj: plajiyoklas, Ol: Olivin, Opx: Ortopiroksen, Cpx: Klinopiroksen, E: Epidot..... 59
Şekil 3.9. Nötür bileşimli kayaçların mikroskobik görünümü (Ç.N.); a: amfibollerdeki reaksiyon çeperleri; b: kuvars mineralinden itibaren oluşmuş sferolitler (Ç.N.); c: amfibol ve piroksen minerallerinin oluşturduğu glomeroporfirik doku (Ç.N.); d: amfibollerde reaksiyon çeperleri ve plajiyoklas inklizyonları (Ç.N.); Plj: Plajiyoklas, Amf: Amfibol, Opx: Ortopiroksen, Q: Kuvars..... 60
Şekil 3.10. Riyodasitlerdeki vitrofirik doku; a: plajiyoklas mineralerinden itibaren oluşmuş sferolitler (Ç.N.); b: plajiyoklas minerallerindeki apatit kapanımları (T.N.); Plj: Plajiyoklas, Amf: Amfibol..... 62
Şekil 4.1. Volkanik kayaçların toplam alkali, SiO2 içeriklerine göre adlaması (Le Bas et al. 1986'a göre) ve alkali-subalkali ayırımı (kesikli çizgi, Irvine and Baragar (1971)'e göre). (Pc: Pikrobazalt, B: Bazalt, Ba: Bazaltik andezit, A: Andezit,

D: Dasit, R. Riyolit, Tb: Trakibazalt, Bta: bazaltik trakiandezit,
Ta: Trakiandezit, Td: Trakidasit, Tp: Tefrit, Pt: Fonotefrit, Tpp: Tefrifonolit,
Ph: Fonolit)..... 70
Şekil 4.2. Kayaçların K_2O-SiO_2 içeriklerine göre sınıflandırılması (Peccerillo and Taylor, 1976)..... 70
Şekil 4.3. Sub-alkali kayaçların Na_2O+K_2O- FeOt - MgO (AFM) içeriklerine göre sınıflandırılması (Irvine and Baragar, 1971). 71
Şekil 4.4. Volkanik kayaçların ana element (Al_2O_3, Fe_2O_3, MnO, MgO, CaO, Na_2O, K_2O TiO_2) - SiO_2 ikili değişim diyagramları..... 72
Şekil 4.5. Volkanik kayaçların iz element (V, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, Th) - SiO_2 ikili değişim diyagramları. 74
Şekil 4.6. Kondrite göre normalize edilmiş Hasandağ strato volkanına ait REE değerleri. Kondrit değerleri Boynton (1984)' den alınmıştır. Ortalama N-MORB ve OİB değerleri Sun and McDonough (1989)'dan alınmıştır. 75
Şekil 4.7. Kondrite göre normalize edilmiş Erciyes strato volkanına ait REE değerleri. Kondrit değerleri Boynton (1984)' den alınmıştır. Ortalama N-MORB ve OİB değerleri Sun and McDonough (1989)'dan alınmıştır. 76
Şekil 4.8. Hasandağ ve Erciyes strato volkanına ait kayaçların REE – SiO_2 ikili değişimleri. 77
Şekil 4.9. Hasandağ ve Erciyes strato volkanına ait kayaçların değişken Eu (Eu/Eu*) anomalileri..... 78
Şekil 4.10. N-tipi MORB'a göre normalize edilmiş Hasandağ strato volkanına ait çoklu element diyagramı. Normalize değerleri Sun and McDonough (1989)' dan alınmıştır. 79
Şekil 4.11. N-tipi MORB'a göre normalize edilmiş Erciyes strato volkanına ait çoklu element diyagramı. Normalize değerleri Sun and McDonough (1989)' dan alınmıştır..... 80
Şekil 4.12. Hasandağ ve Erciyes strato volkanına ait bazik ve ortaç kayaçların Th/Yb karşı Ta/Yb diyagramı (Pearce et al., 1983). Ortalama kabuk bileşimi Aldanmaz et al. (2000)'den alınmıştır. 81
Şekil 4.13. Hasandağ ve Erciyes strato volkanına ait kayaçların Th/Yb – SiO_2 ikili değişim diyagramı. 82
Şekil 5.1. Olivin kristallerinin ortalama bileşimlerinin kayaçlardaki dağılımı, a) fenokristal; b) kenar ve mikrokristaller. 84
Şekil 5.2. Olivinlerin forsterit içeriklerinin SiO_2 (tüm kayaç)'ye göre dağılımları. 85
Şekil 5.3. Olivin kristallerindeki Fe^{+2}/Mg oranının tüm kayaç Fe^{+2}/Mg oranına göre diyagramı. Tüm kayaç Fe_2O_3/FeO oranı Kılınç et al (1983)'e göre 0.24 alınmıştır. koyu renkli alan bazaltik eriyik ve olivin arasındaki Fe/Mg değişim için (Roeder and Emslie (1970) 0.30±0.03) denge durumunu göstermektedir. 86
Şekil 5.4. Hasandağ strato volkanına ait kayaçlardaki piroksenlerin bileşimleri. 87
Şekil 5.5. Erciyes strato volkanına ait kayaçlardaki piroksenlerin bileşimleri. 88
Şekil 5.6. Klinopiroksen kristallerindeki Fe^{+2}/Mg oranının tüm kayaç Fe^{+2}/Mg oranına göre diyagramı. Tüm kayaç Fe_2O_3/FeO oranı Kılınç et al. (1983)'e göre 0.24 alınmıştır..... 89
Şekil 5.7. Piroksenlerdeki Fs(ferrosilit) içeriklerine karşı bazı oksit ve element değişimleri a) TiO_2-Fs (klinopiroksen); b) MnO-Fs (klinopiroksen); c) MnO-Fs (ortopiroksen); d) Al/Ti-Fs (klinopiroksen)..... 90
Şekil 5.8. Klinopiroksenlerdeki Al-Ti değişimleri..... 91
Şekil 5.9. Hasandağ strato volkanına ait kayaçlardaki plajiyoklasların bileşimleri..... 92
Şekil 5.10. Erciyes strato volkanına ait kayaçlardaki plajiyoklasların bileşimleri. 93
Şekil 5.11. Plajiyoklasların çekirdek, kenar ve mikrokristallerdeki anortit içeriklerinin SiO_2 (tüm kayaç) ye göre değişimleri a) Hasandağ strato volkanı; b) Erciyes strato volkanı..... 94

Şekil 5.12. Plajiyoklas fenokristallerinin çekirdeklerindeki Ca/Na oranına karşı tüm kayaç Ca/Na oranları. Düz çizgiler deneysel çalışmalarla belirlenmiş farklı Kd değerlerini göstermektedir. 95
Şekil 5.13. Amfibol fenokristallerinin Hawthorne (1981) sınıflama diyagramı. 96
Şekil 5.14. Amfibol fenokristallerinin $(Na+K)_A$ katyonları karşı Al^{IV} diyagramı. 96
Şekil 5.15. Fe-Ti-O sistemlerinde (Bacon and Hirschmann, 1988) Hasandağ strato volkanına ait Fe-Ti oksitlerin üçgen diyagramları. 97
Şekil 5.16. Fe-Ti-O sistemlerinde (Bacon and Hirschmann, 1988) Erciyes strato Volkanına ait Fe-Ti oksitlerin üçgen diyagramları. 98
Şekil 5.17. Fe-Ti oksitlerin TiO_2'ye karşı SiO_2 (tüm kayaç) diyagramı. İçi dolu simgeler titanomagnetitleri, içi boş simgeler ilmenit minerallerini göstermektedir. 99
Şekil 5.18. Piroksenlerin sıcaklık eğrilerini gösteren diyagram. Di-En-Hd-Fs uç üyelerinden oluşan dörtgen Lindsley (1983) tarafından 1 kbar basınçta kalibre edilmiş ve 100^oC aralıklarla eş sıcaklık eğrileri çizilmiştir. 100
Şekil 5.19. Eş oluşumlu Fe-Ti oksitlerin bileşiminden hesaplanan sıcaklık ve oksijen fugasitesi değişimleri. Eğriler hematit-magnetit (HM, Myers and Eugster, 1983), kuvars-fayalit-magnetit (QFM, Berman, 1988), magnetit-wüsit (MW, Myers and Eugster, 1983) and nikel-nikel oksit (NNO, Huebner and Sato, 1970) katı oksijen tamponlarıdır. 103
Şekil 6.1. Hasandağ strato volkanına ait teorik fraksiyonlanma vektörleri. Vektörler üzerinde %5'lik kristalizasyon araları gösterilmektedir ve mineral fazları numaralandırılmıştır; a) logRb-LogY; b) logTh-logY; c) logRb-logSm; diyagramı. 112
Şekil 6.2. Hasandağ strato volkanına ait teorik fraksiyonlanma vektörleri. Vektörler üzerinde %5'lik kristalizasyon araları ve mineral fazları gösterilmektedir; a) logRb-logSr; b) logRb-logBa; c) logRb-logV diyagramı. 113
Şekil 6.3. Erciyes strato volkanına ait teorik fraksiyonlanma vektörleri. Vektörler üzerinde %5'lik kristalizasyon araları gösterilmektedir ve mineral fazları numaralandırılmıştır; a) logRb-LogY; b) logRb-logSm; c) logTh-logY; d) diyagramı. 114
Şekil 6.4. Erciyes strato volkanına ait teorik fraksiyonlanma vektörleri. Vektörler üzerinde %5'lik kristalizasyon araları ve mineral fazları gösterilmektedir; a) logRb-logBa; b) logRb-logSr; c) logRb-logV diyagramı. 115
Şekil 6.5. Hasandağ starato volkanına ait kayaçların DePaolo, (1981) eşitlikleri kullanılarak oluşturulan AFC modelleme diyagramı. 119
Şekil 6.6. Erciyes starato volkanına ait kayaçların DePaolo, (1981) eşitlikleri kullanılarak oluşturulan AFC modelleme diyagramı. 120
Şekil 6.7. Hasandağ strato volkanını kayaçlarında Sr-Nd izotopları kullanılarak oluşturulan AFC modellemesi. İzotop verileri Deniel et el., 1998; Sen et al., 2004; Notsu et al., 1995'ten alınmıştır. a) $^{87}Sr/^{86}Sr$-Sr/Rb, b) $^{143}Nd/^{144}Nd$-$^{87}Sr/^{86}Sr$ c) $^{43}Nd/^{144}Nd$-Rb diyagramı. 121
Şekil 6.8. Erciyes strato volkanını kayaçlarında Sr-Nd izotopları kullanılarak oluşturulan AFC modellemesi. İzotop verileri Kurkcuoglu et al., 1998; Sen et al., 2004; Notsu et al., 1995'ten alınmıştır. a) $^{87}Sr/^{86}Sr$-Sr/Rb, b) $^{143}Nd/^{144}Nd$-$^{87}Sr/^{86}Sr$ c) $^{43}Nd/^{144}Nd$-Rb diyagramı 122
Şekil 6.9. Orta Anadolu volkanik kayaçlarını oluşturan mağma odalarının gelişiminin şematik gösterimi. Faz diyagramı Foden and Green (1992)'ye aittir. 128
Şekil 6.10. Granat veya klinopiroksen içeren lerzolit kaynağından bölümsel ergime trendlerini gösteren Th'ye karşı ana (a-b) ve iz (c-d) element oranları. 131
Şekil 6.11. Granat, klinopiroksen, plajiyoklas ve spinel için mineral-eriyik dağılım katsayıları (Dağılım katsayıları Gren (1994), Irving (1978), Jones (1995) tarafından derlenmiştir). 132

Şekil 6.12. Orta Anadolu volkaniklerine ait Shaw (1970) tarafından önerilen, modal olmayan yığın ergime denklemi ile oluşturulmuş ergime eğrilerini gösteren diyagram (Aldanmaz, 1998). a) La-Ce; b) La-La/Nd; c) La/Ce-La/Yb. Hesaplamalarda kullanılan modal mineral oranları ve ayrımlanma katsayıları Tablo 6.1'de verilmektedir. 136
Şekil 6.13. Orta Anadolu volkaniklerine ait birincil bazaltların a) Gd/Yb-La/Yb; b) La/Yb diyagramlarında dağılımı. Modellemede kullanılan parametreler Şekil 6.12'deki gibidir. Teorik olarak hesaplanmış eğrilerle ilgili açıklamalar metin içerisinde yer almaktadır. 137
Şekil 6.14. Shaw (1970) tarafından önerilen, modal olmayan yığın ergime denklemi ile oluşturulmuş ergime eğrilerini gösteren a) La-La/Sm ve b) La/Sm-Sm/Yb diyagramı (Aldananmaz, 2000). Modellemede kullanılan parametreler Şekil 6.12'deki gibidir. 138
Şekil 6.15. Granat lerzolit, spinel lerzolit, granat (%50) + spinel (%50) lerzolit bileşimli mineral oranlarına sahip Orta Anadolu manto kaynağının farklı derecelerde ergitilmesiyle oluşturulmuş REE diyagramı. Hesaplamalarda modal olmayan yığın denge ergimesi kullanılmıştır ve REE desenleri kondrit'e göre normalize edilmiştir. Hesaplamalarda kullanılan modal mineral oranları ve ayrımlanma katsayıları Tablo 6.1'de verilmektedir. 139
Şekil 6.16. Orta Anadolu örneklerinin $^{143}Nd/^{144}Nd$ – $^{87}Sr/^{86}Sr$ izotop diyagramında gösterimi. a) Hasandağ strato volkanı, b) Erciyes strato volkanı. Diyagramda dünyanın çeşitli bölümlerinden seçilmiş volkanik kayaçlar görülmektedir. Veri kaynakları: Richardson et al. (1982); Ito, White and Göbel (1987); Chaffey, Cliff and Wilson (1989); Gautier et al. (1990); Devey et al. (1990). Manto çizgisi ve Bulk Earth Wassenburg et al. (1981) ve Faure (1986). EMI ve EMII, Zindler and Hart (1986)'ya aittir. Hasandağ ve Erciyes izotopik verileri Şekil 6.7 ve 6.8' deki ile aynıdır 142

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 3.1. Hasandağ strato volkanına ait kayaçların mineral içerikleri (Koyu zeminli örneklerin mineral yüzdeleri verilmiştir)..... 42
Tablo 3.2. Erciyes strato volkanına ait kayaçların mineral içerikleri (Koyu zeminli örneklerin mineral yüzdeleri verilmiştir)..... 53
Tablo 4.1. Hasandağ ve Erciyes strato volkanlarına ait örneklerin kimyasal analiz sonuçları. 64
Tablo 5.1. Piroksen çiftlerinden elde edilmiş tahmini sıcaklıklar. 100
Tablo 5.2. Amfibol-plajiyoklas jeotermometresi (Holland and Blundy 1994) kullanılarak bulunan tahmini sıcaklıklar. 101
Tablo 5.3. Amfibol-plajiyoklas jeotermometresi (Holland and Blundy 1994) kullanılarak bulunan tahmini kenar sıcaklıkları. 101
Tablo 5.4. Eş oluşumlu Fe-Ti oksitlere göre tahmini sıcaklık ve fO_2 değişimleri. 103
Tablo 5.5. Hasandağ strato volkanına ait klinopiroksenlerdeki Nimis 1999'a göre tahmini basınç değerleri. c: çekirdek; b: kenar; m: mikrokristal. 105
Tablo 5.6. Koçdağ volkanizmasına ait klinopiroksenlerdeki Nimis 1999'a göre tahmini basınç değerleri. c: çekirdek. 105
Tablo 5.7. Erciyes volkanizmasına ait klinopiroksenlerdeki Nimis 1999'a göre tahmini basınç değerleri. c: çekirdek. 105
Tablo 5.8. Amfibol fenokristallerindeki basınç tahminleri (kbar). 107
Tablo 5.9. Amfibol fenokristallerin kenarlarındaki basınç tahminleri (kbar). 107
Tablo 5.10. Hasandağ ve Erciyes strato volkanına ait magmatik yoğunluk parametreleri. 109
Tablo 6.1. Orta Anadolu volkanik kayaçlarına ait tahmini kaynak bileşimi ile bölümsel ergime dereceleri ve ergime modellemesinde kullanılan parametreler. 134

SİMGELER DİZİNİ ve KISALTMALAR

'aa'	: Lav akıntısı
AFC	: Asimilasyon-fraksiyonel kristalizasyon
Amf	: Amfibol
Cpx	: Klinopiroksen
Ç.N.	: Çift nikol
DAFZ	: Doğu Anadolu Fay Zonu
DES	: Dündarlı-Erciyes Fay Segmenti
DS	: Dökmetaş Fay Segmenti
DVS	: Develi Fay Segmenti
E	: Epidot
EFZ	: Scemiş Fay Zonu
FC	: Kristal fraksiyonlanması
GB	: Güneybatı
GD	: Güneydoğu
HFS	: Kalıcılığı yüksek olan element
HREE	: Ağır nadir toprak element
ICP-MS	: Inductively caupled plasma emission spectroscopy
ICP-OES	: Inductively caupled plasma mass spectroscopy
K	: Kristaller
KAFZ	: Kuzey Anadolu Fay Zonu
KES	: Kızılırmak - Erkilet Fay Segmenti
KB	: Kuzeybatı
KD	: Kuzeydoğu
K/Ar	: İzotropik yaş analiz yöntemi
L	: Kayaç parçaları
LILE	: Geniş iyonlu litofil element
LREE	: Hafif nadir toprak element
MREE	: Ortaç nadir toprak element
MSD	: Mekanik sınır düzeyi
My	: Milyon yıl
NFZ	: Niğde Fay Zonu
N-MORB	: Normal okyanus ortası sırtı bazaltı
OAFZ	: Orta Anadolu Fay Zonu
OİB	: Okyanus adası bazaltı
OKFZ	: Orta Kızılırmak Fay Zonu
Ol	: Olivin
Opx	: Ortopiroksen
P	: Pomza
Plj	: Plajiyoklas
Q	: Kuvars
REE	: Nadir toprak element
RFC	: Yeniden beslenme
SCLM	: Litosferik manto

TAS	: Toplam alkali-siliyum diyagramı
TFZ	: Tuzgölü Fay Zonu
TLHG	: Tuzgölü Yarı Grabeni
T.N.	: Tek Nikol
TSD	: Termal sınır düzeyi
YS	: Yeşilhisar Fay Segmenti

HASANDAĞ VE ERCİYES (ORTA ANADOLU) STRATO VOLKANLARININ JEOKİMYASAL VE PETROLOJİK EVRİMİ

Aykut GÜÇTEKİN

Anahtar Kelimeler: Orta Anadolu, Çarpışma Volkanizması, Magma Oluşumu, Magma Karışımı, Litosferik Delaminasyon

Özet: Orta Anadolu'da iki önemli strato volkan olan Hasandağ ve Erciyes strato volkanları kalk alkalen ve alkalen karakterli volkanizmalar olup kalk-alkalen aktivite daha yaygındır. Hasandağ volkanik kompleksi jeokimyasal farklılıklarıyla; Keçikalesi toleyitik, Hasandağ kalk-alkalen, Hasandağ alkalen olmak üzere üç evrede gelişimini gerçekleşmiştir. Erciyes volkanik kompleksi jeokimyasal gelişimi Koçdağ alkalen, Koçdağ kalk-alkalen, Erciyes kalk alkalen olmak üzere 3 evredir. Volkanizmalara ait nadir toprak element (REE) içeriklerinde tüm ürünlerde, hafif nadir toprak elementler (LREE) ağır nadir toprak elementlere (HREE) göre, göreceli bir zenginleşme göstermektedir. N-MORB'a göre normalize edilmiş çoklu element diyagramlarında tüm volkanik ürünlerde için geniş iyonlu litofil (LIL) elementler ve hafif nadir toprak elementlerde (LREE) belirgin zenginleşme, Ta, Nb, Ti, Hf gibi kalıcılığı yüksek elementlerde (HFS) ise göreceli bir tüketilme görülmekle birlikte HFSE/LILE fraksiyonasyonunun etkileri kalk-alakali kayalarda daha yüksek ve toleyitik, alkali bileşimli kayalarda daha az oranlardadır.

Tüm kayaç iz element içerikleri kullanılarak yapılan teorik kristalizasyon modellemeleri elde edilen trendler Hasandağ toleyitik ve kalk-alkalen kayaçlarda amfibol, plajiyoklas; buna karşın alkalen kayaçlarda plajiyoklas, piroksen, amfibol; Erciyes alkalen ve kalk-alkalen kayaçlarda ise plajiyoklas, piroksen ve amfibolun baskın olduğu fraksiyonel kristalizasyon ile açıklanabilir. AFC modellemelerine göre Erciyes volkanında kıta kontaminasyonunun etkisi Hasandağ'a göre daha azdır. Modal olmayan yığın ergime modeliyle hesaplanan ergime dereceleri; Keçikalesi toleyitik kayaçlarında yaklaşık %8-9, Hasandağ alkalen kayaçlarında %4-5, Koçdağ alkalen kayaçlarında ise %3-8 arasındadır. Teorik ergime modelleri Orta Anadolu volkanik kayaçları için granat ve spinel-lerzolit bileşimli manto kaynaklarından türeyen değişen miktarlarda magma karışımını önerirken, Hasandağ alkalen kayaçlarında granat içeren manto kaynağı etkisi daha baskındır. Metasomatize olmuş litosferik mantodan türediği düşünülen Orta Anadolu volkanizması, termal sınır düzeyinin (TSD) deleminasyonu ile oluşan geniş çaplı termal düzensizlik sonucu kıta altı litosferik mantonun ergimesiyle açıklanabilir. Bölgedeki volkanizmanın doğrultu atımlı tektonizmanın bulunduğu kuşaklar boyunca görülmesi bu sistemin magma yükselimine olası katkı sağladığını göstermektedir.

GEOCHEMICAL AND PEROLOGICAL EVOLUTION OF HADANDAĞ AND ERCIYES (CENTRAL ANATOLIA) STRATOVOLCANO

Aykut GÜÇTEKİN

Keyword: Central Anatolia, Collision Volcanism, Magma Evolution, Magma Mixing, Lithospheric Delamination

Abstract: Hasandağ and Erciyes strato volcanoes which are the two important strato volcanoes in Central Anatolia, erupted volcanic products with both calc-alkaline and alkaline compositions, although the calc-alkaline activity is more widespread. There are three stages of geochemical evolution in the history of the Hasandağ strato volcanic complex: (1) Keçikalesi tholeiitic, (2) Hasandağ calc-alkaline, (3) Hasandağ alkaline. The geochemical evolution of Erciyes volcanic complex also exhibits three distinct evolutionary stages: (1) Koçdağ alkaline, (2) Koçdağ calc-alkaline and (3) Erciyes calc-alkaline. The volcanic rocks from both suites show enrichments in LREE relative to HREE. The rocks as a whole show enrichments in large ion lithophile elements (LILE) relative to high field strength elements (HFSE) in N-MORB normalized multi-element diagrams, although the thoeliitic and alkaline rocks have less pronounced effects of HFSE/LILE fractionation comparing to the calk-alkaline rocks.

Theoretical fractionation models obtained using the whole-rock trace element data indicate two distinct fractionation trends for the Hasandağ volcanism: amphibole and plagioclase fractionation for the tholeiitic and calc-alkaline rocks and plagioclase, pyroxene and amphibole fractionation for the alkaline rocks. The alkaline and calc-alkaline rocks of Erciyes volcanism, on the other hand, indicate similar fractionation trends that can be explained by plagioclase and amphibole fractionation. AFC modeling indicate that the effect of crustal contamination on parental melt compositions is less pronounced in the Erciyes volcanic rocks compared to the Hasandağ volcanic rocks. Theoretical melting trends obtained using the non-modal batch melting model indicate degree of melting between 8-9% for the Keçikalesi tholeiitic rocks, 4-5% for the Hasandağ alkaline rocks and 3-8% for the Koçdağ alkaline rocks. The modeling also shows that the Central Anatolian volcanic rocks were originated by variable degree melting of a mantle source with garnet+spinel lherzolite composition, although the effect of residual garnet in the source is more pronounced for the Hasandağ alkaline rocks. Geochemical modeling indicate that Central Anatolian volcanic rocks are likely to have originated by partial melting of a metasomatised lithospheric mantle. Delamination of TBL (termal boundry layer) may be considered as a potential mechanism that may cause thermal perturbation melting of continental lithospheric mantle. The distribution of volcanic centers along the region-scale strike-slip fault systems may also indicate additional effects of strike-slip faulting on melt production and eruption.

BÖLÜM 1. GENEL BİLGİLER

1.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışma Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda doktora tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışmada Kapadokya volkanik provensinde bulunan strato tipi Hasandağ ve Erciyes volkanları incelenmiştir. Bu iki volkandan alınan sistematik örneklerden öncelikle petrografik tanımlamalar yapılmıştır. Ayrıntılı petrografik incelemelerle birlikte kimyasal analizler yapılarak volkanların magma oluşum süreçlerinde etkin olan fraksiyonel kristallenme, magma karışımı ve kirlenmesi ile birlikte kısmi ergime tipleri ve kısmi ergime yüzdelerinin hesaplanması amaçlanmıştır.

Bu tür hesaplamalar yardımı ile herhangi bir şekilde oluşan magma yada magmaların katılaşmaları sırasında, 'magmadan hangi mineral % kaç oranında FC (Kristal fraksiyonlanması) ile ayrımlaşmıştır ve geriye kalan magmanın katılaşması sırasında asimilasyon (AFC) veya magma odasında yeniden beslenme (RFC) olmuş mudur; olmuşsa % kaç oranında ne tür malzeme özümlenmiş veya ne tür bir magma % kaç oranında yeniden beslenmiştir' gibi sorulara yanıt verilmeye çalışılmıştır.

1.2. Çalışma Yöntemleri

Araştırmanın amacına göre çalışmalar, arazi çalışmaları, laboratuar çalışmaları ve bulguların değerlendirilmesi şeklinde üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

Arazi çalışmaları 2002-2003 yılları yaz aylarında yapılmıştır. Bu aşamada Hasandağ volkanı için 1/25000 ölçekli Aksaray L 32-d1, d2, d3, d4 paftalarından yararlanılmıştır. Erciyes volkanı için ise 1/100000 ölçekli Kayseri K 34, K 35, L 34, L 35 paftaları incelenmiştir. İnceleme sırasında bölgede bulunan tüm birimlerden sistematik olarak örnekler alınmış, gerekli görülen yerlerde ölçü alımı ve fotoğraflama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Hasandağ strato volkanına ait kayaçlardan 81 adet, Erciyes strato volkanına ait birimlerden 166 adet örnek alınmıştır. Bu

örneklerin yerleri GPS ile belirlenip haritaya yerleştirilmiştir (Ek.1, Ek.3). Alınan örneklerle yapılan laboratuar çalışmalarında örneklerin ince kesitleri tamamlanıp incelenmiş ve daha sonra kimyasal analizler için ayrımlaşmanın her safhasını temsil eden örnekler alınmış ve hazırlanmıştır.

1.3. Coğrafik Durum

1.3.1. İnceleme alanı

Hasandağ ve Erciyes strato volkanları Kapadokya volkanik provensi içerisinde yer almaktadır (Şekil. 1.1). Bu strato volkanlardan Hasandağ volkanı Aksaray ili güneyinde bulunmaktadır. Volkanizmanın ürünleri yaklaşık olarak 760 km^2'lik bir alana yayılmıştır. Batısında Tuz Gölü, doğusunda Melendiz Dağları Aksaray ili ile birlikte, Hasandağ volkanizmasını çevrelemektedir. Kayseri ili sınırları içerisinde bulunan Erciyes strato volkanı ise yaklaşık 2300 km^2'lik bir alan kapsamaktadır ve kuzeyde Kayseri ili, batı ve güney bölümde Sultansazlığı havzası ile çevrelenmektedir.

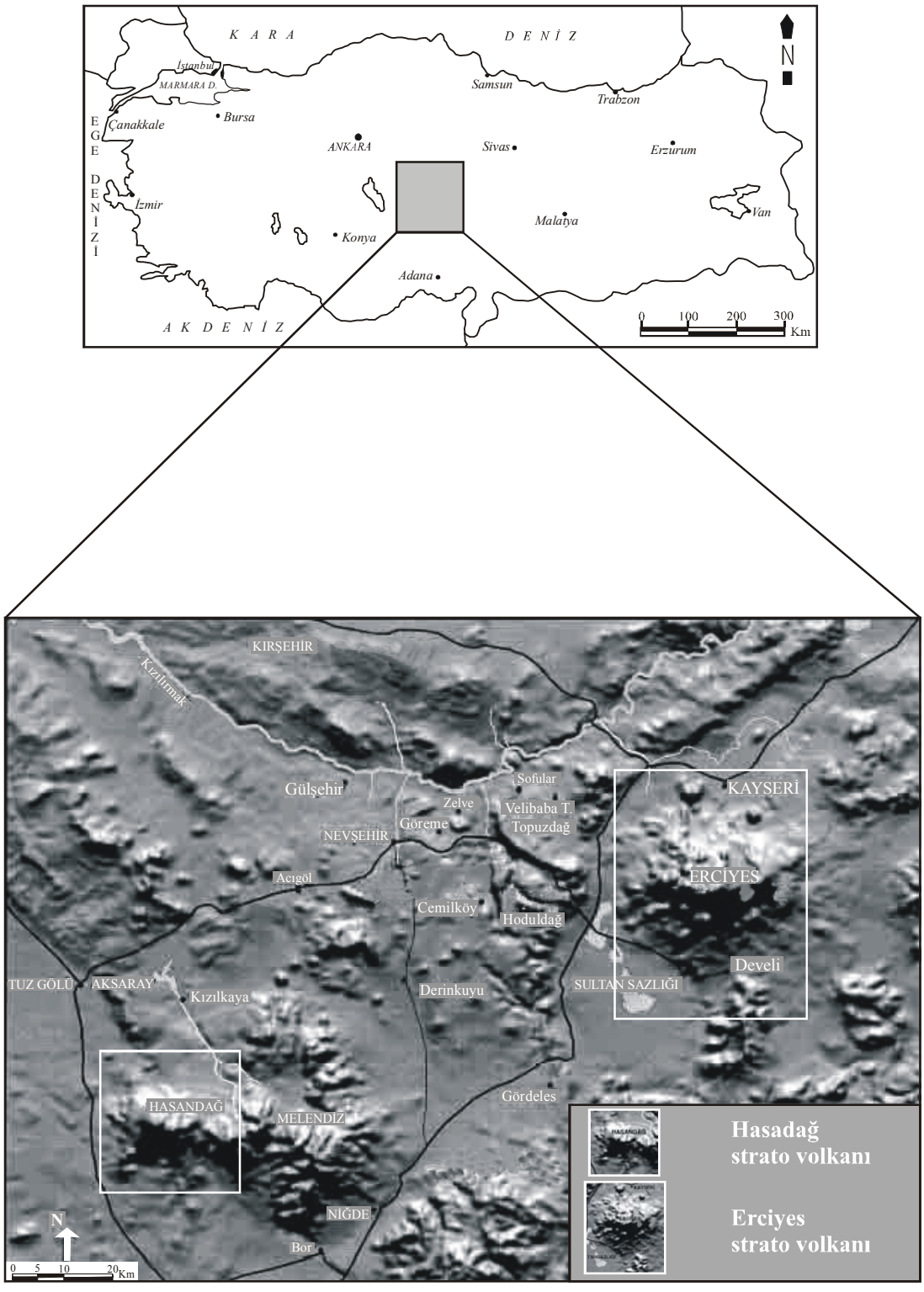
1.3.2. Ulaşım

Aksaray ili güneyinde bulunan Hasandağ strato volkanına Aksaray-Adana karayolu üzerideki bağlantı yollarıyla ulaşılabilmektedir. Aksaray'dan yaklaşık 25 km uzaklıkta kalan volkanın güney bölümünden ise Niğde karayolu geçmekte ve bu yolun da Hasandağ güneyinde bulunan köylere bağlantıları bulunmaktadır. Erciyes strato volkanına ulaşım Kayseri merkezli yollarla sağlanabilmektedir. Özellikle Kayseri-Erciyes-Develi karayolu volkanizmayı kat ettiğinden dolayı oldukça önemlidir.

1.3.3. Morfoloji

Hasandağ ve Erciyes strato volkanı Orta Anadolu'da bulunan iki önemli volkanik yükseltilerdir. Bunlardan Hasandağ, Büyük Hasandağ (3253 m) ve Küçük Hasandağ (3069 m) olmak üzere iki ayrı koniye sahiptir. Ayrıca Bozboyun tepe (2248 m), Kurt tepe (2707 m), Kemer Tepe (2619 m), Çiğdem Tepe (2053 m), Keçikale Tepe (1717 m), Havutkaya Tepe (1686 m), Karakaya Tepe (1608 m), Sivri Tepe (1499 m), Kızıl

Tepe (1455 m), Anasultan Tepe (1392 m), Ulutepe (1322 m), Yıprak Tepe (1128 m) ile bölgede bulunan önemli yükseltileri oluşturmaktadır.



Şekil1.1: İnceleme alanı yer bulduru haritası (Röliyef haritası Temel et al., 1998'den değiştirilerek alınmıştır).

Erciyes strato volkanı zirvesi amfi tiyatro şekilli olup, 3703 m yüksekliğe sahiptir. Bunun yanı sıra Koçdağ Tepe (2628 m), Litos Tepe (2509 m), Toprakkaya Tepe (2270 m), Gökdağ Tepe (2197 m), Beşparmak Dağı (2116 m), Çamurluk Tepe (1957 m), Alidağ (1870 m), Adaca Tepe (1854 m), Bozdağ (1809 m), Yılanlı Dağı (1643 m), Sultan Dağı (1599 m) ile bölgedeki diğer önemli yükseltileri oluşturmaktadır.

1.3.4. Hidrografi

Yaklaşık doğu-batı yönelimli gibi görülen Hasandağ volkanının drenaj sistemleri dağın kuzey ve güney bölümlerinde daha belirgin şekilde gelişmiştir. Kuzey bölümde, Köyderesi, Kelhasan dere, Arapboğazı dere, Güney bölümde ise Çeliğin dere, Derin dere, Gökarmut dere, Kuzuağıl dere, Elvanın dere bazı drenajları oluşturmaktadır. Erciyes volkanında görülen akarsular ise başlıca Çaylakkayası dere, Aydere, Başakpınal dere, Akdere, Aksu dere olarak özetlenebilir.

1.3.5. İklim

Büyük bir bölümü Aksaray ili sınırları içerisinde bulunan Hasandağ ve civarı yazları sıcak ve kurak, kışları yağışlı ve soğuk geçen karasal iklime sahiptir. Yılın ortalama yağış miktarı 3516 mm., en yüksek yağış miktarı günlük 52 mm, ortalama nispi nem % 62 ve en düşük nem % 5' dir. Hasandağ ve civarındaki yüksek kesimler Ekim-Mayıs ayları arasında karla kaplıdır.

Erciyes dağı civarlarında bozkır iklimi özellikleri görülmektedir. Burada yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve kar yağışlı geçer. Ancak ilde dağlık yerler ve bunlar arasında kalmış ovalar bulunduğundan yüksekliğin verdiği birtakım iklim özellikleri de belirtilmiştir. İlde ortalama sıcaklık 10.8 ^{o}C dır. En soğuk ay 1.5 ^{o}C ortalamayla Ocak, en sıcak ay, 22.7 ^{o}C ortalamayla Temmuz'dur.

1.3.6. Tarım ve bitki örtüsü

Bitki örtüsünün zayıf olduğu Hasandağ'ın yüksek kesimlerinde korular bulunmaktadır. Düz yamaçlardaki tarım arazilerinde hububat, baklagiller, yem ve sanayi bitkileri yetiştirilir.

Erciyes'in büyük bir kısmı steplerle kaplıdır. Bölge günümüzde orman örtüsü bakımından oldukça fakirdir. Hisarcık Kasabası, Tekir Yaylasında ve civarında yaylaklar olup, bu yerler Tarım İl Müdürlüğü tarafından göçerlere verilmektedir.

1.4. Önceki Çalışmalar

Hasandağ ve Erciyes 'Kapadokya Volkanik Provensi' içerisinde bulunmaktadır. Bu provens içinde çok sayıda skorya konileri, maar, dom yapıları, lav akıntıları ve piroklastik çökeller yaygın olarak gözlenmektedir. Özellikle piroklastik çökellerin oluşturduğu ilginç yapılar (peri bacaları...vb) birçok araştırmacının dikkatini bu bölgeye çekmiştir. Hasandağ ve Erciyesdağı ise Kapadokya bölgesindeki bu çökellerin kaynağını oluşturan önemli iki çıkış merkezi olarak bilinmektedir. Oldukça geniş bir alanda yayılımı olan ve strato volkan şeklinde görülen Hasandağ ve Erciyes'in jenezi de çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Bu incelemeler özetle aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Pasquare (1968) Erciyes volkanının beş farklı litolojik grupla birlikte beş evrede geliştiğini belirtmiştir. Bununla birlikte Koçdağ volkaniklerinin andezitik ve bazaltik bileşimli lav akıntıları ile geniş yayılımlı proklastiklerden oluştuğuna, Develidağ volkaniklerinin ise Erciyes volkanik aktivitesinin geç evresi öncesinde pümisli kül katmanları ile kısmen örtüldüğüne değinmiştir.

Baş ve diğ., (1986), Erciyes volkanik kompleksinin Geç Miyosen'de gelişmeye başladığını ve Kuvaterner'e kadar sürdüğünü belirtmiştir. Bazalttan riyolite kadar görülen bütün ürünlerin kalk-alkalen karakterli olduğunu açıklamıştır.

Ercan (1986), Orta Anadolu'da Oligosen, Miyosen, Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı volkaniklerin levhalar arası yakınsama hareketinin uzun süre devamı sonucunda okyanusal kabuğun tüketilmesi ve kıtasal kabukların çarpışmalarından sonra meydana gelen, esas olarak kıtasal kabuk kökenli kalk-alkalen karekterli olduğundan bahsetmiştir. Ayrıca yer yer mantodan türemiş alkalen volkanikler ile kabuk-manto kökenli hibritik volkaniklerinde bulunduğunu belirtmişlerdir. Bölgede Neojen havzasında çökelen ve yığışan piroklastiklerin oluşturduğu tüfler ve ignimbritlerin geniş alanda yaygın olduğunu ve bu malzemenin daha büyük oranda Erciyes volkanına ait olduğunu açıklamıştır.

Ercan ve diğ., (1990), Hasandağ ve Karacadağ civarlarında yaptıkları çalışmalarda 15 adet farklı kayaç birimi haritalamışlar ve bunların subalkalen ile yer yer alkalen karakterli olduklarını belirtmişlerdir. Genel olarak toleyitik lavlar ile daha az tüketilmiş kıta altı litosferden türemiş hafif alkalen lavlar ve bunlarla beraber manto kaynaklı ve kabuk kirlenmesine uğramış kalkalkalen lavların bir arada bulunduklarından bahsetmişlerdir. Bu bölgedeki volkaniklerin Arap-Afrika plakası ile Anadolu plakası arasında meydana gelen çarpışmaya bağlı kalınlaşma ve buna koşut olarak litosferin incelmesi ile meydana gelen sığ mantodaki bölümsel ergimelerin oluşmalarıyla meydana geldiklerini açıklamışlardır. Ayrıca bölgede sıcak su ve magmatik kökenli gaz çıkışlarına dayanarak volkanik etkinliğin tam sona ermediğini belirtmişlerdir.

Ercan ve diğ., (1992), Hasandağı volkanizmasının K/Ar yöntemiyle 780000±13000 ile 277000±19000 yıl aralığında yaşa sahip olduğunu ve en son lav akıntısının bu volkanizmanın güney bölümünde olduğunu belirtmiştir. Ayrıca Sr izotop oranlarını ($^{87}Sr/^{86}Sr$) bölgede çıkan en son lavlarda 0.70548 ve 0.70541 olarak belirtmiştir.

Aydar ve Gourgaud (1993), jeotermometre ve jeobarometre metodları kullanarak yaptıkları çalışmada Hasandağ strato volkanının faaliyeti süresince sahip olduğu magma odalarının yardımı ile gelişimini sürdürdüğünü belirtmişlerdir. Bu çalışma ile volkanın tarihsel gelişimi içinde dört merkezli volkan faaliyeti gösterdiğini açıklamışlardır. Bu gelişim süresince, magmanın ilk olarak magma odasında ve kapalı sistem içerisinde farklılaşmaya uğradığını, son iki merkezi volkan gelişimi esnasında magma odalarının sayılarının artarak önce ikili ve daha sonra üçlü magma odası sistemine geçiş olduğundan söz etmektedirler.

Aydar ve diğ., (1994), Kıta-kıta çarpışması sonrası gelişen Kapadokya volkanizmasının, Miyosen-Kuvaterner yaşlı olup, strato volkanlar ve monojenik yapılar olmak üzere iki grup yapı göstermekte olduğunu belirtmiştir. Monojenik yapıların başlıca güney sektörü ve Acıgöl-Çiftlik sektörleri olmak üzere iki sektörde sırayla bazaltik ve asidik karakterleri ile göze çarptığını açıklamıştır. Strato volkanlar ise Erciyes ve Hasandağ olmak üzere iki büyük yapı ile temsil edildiğini ve magmanın gelişimi sırasında fraksiyonel kristallenmenin etkin olduğunu, özellikle

strato volkanlar ve bazı monojenik yapılarda magma karışım süreçlerinin etkin olduğundan söz etmiştir.

Ercan ve diğ., (1994), Erciyes volkanlarının ilk aktivitesinin 2.5 my önce Koçdağ volkanizmasıyla başladığını K/Ar yaşı ile bulmuşlardır. Merkez koninin 1 my önce geliştiğini ve volkanik akivitenin tarihsel zamanlara kadar devam ettiğine değinmişlerdir.

Aydar (1997), Hasandağ volkanik kayaçları içerisinde bulunan en genç yaşlı bazaltları Karataş volkanitleri olarak adlandırmıştır. Bu volkanitlerin Üst Pleyistosen yaşlı olduğunu ve alkali bazalt ile havayit karakterli sodik bazaltlar olduklarını belirtmiştir. Volkaniklerin mineralojik bileşimleri ile plaka içi bazaltlarıyla benzerlik gösterdiğini ve manto kökenli olan bu kayaçların kabuk içi petrojenetik süreçlerden etkilendiğini açıklamıştır.

Aydar ve Gourgaud (1998), Hasandağ'ın Orta Anadolu'da iki zirvesi olan ve bazalttan riyolite kadar kompleks bir aralıkta gelişen bir strato volkan olduğunu ve bu volkanik kompleksin 4 evrede geliştiğini belirtmişlerdir. Bunlar sırası ile, 1.evre Keçikalesi volkanı 13 my, 2.evre paleovolkan 7 my, 3.evre mezovolkan ve 4.evre neovolkan olarak açıklanmıştır. Bölgede yaptıkları çalışma sonrası dokusal ve mineralojik verilere göre andezit ve dasit türü kayaçların gelişiminde hem magma karışımının ve hemde fraksiyonel kristallenme olduğundan söz etmişlerdir. Ayrıca volkanik dizinin zamanla toleyitten kalk-alkalene doğru geçiş gösterdiğinden bahsetmişlerdir.

Deniel ve diğ., (1998), Hasandağ volkanındaki paleovolkan, mesovolkan ve neovolkan kayaçlarının çoğunluğunun alkalen karakterli olduğunu ve bu serinin hepsinde bazaltik andezitten riyolite kadar kayaç çeşitlerinin görüldüğünü belirtmişlerdir. Buna ek olarak neovolkanın mafik örneklerinin alkali bazalt olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca Keçikalesi ve paleovolkan lavları ile mesovolkan ve neovolkan lavları arasında mineralojik ve jeokimyasal karakterleri bakımından büyük farklılıkların bulunduğuna dikkat çekmişlerdir. Jeokimyasal verilere göre Hasandağ'daki yaşlı lavların oluşumunda kabuk kontaminasyonu ± dalım bileşiminin

rolü olduğunu, zamanla bu bileşimin azalan etkisi ile birlikte litosfer katkısının artmasıyla zenginleşen bir eriyiğin oluştuğunu belirtmişlerdir.

Temel ve diğ., (1998), Kapadokya'da yüksek K'lu kalk-alkalen volkanik kayaçların en az 1000 km^3 hacimde ve yaklaşık 40.000km^2 bir alanı örttüğünü ve bu volkanik kayaçların Arap ve Avrasya plakalarının çarpışmasıyla ilişkili olarak Üst Miyosen'le Kuvaterner arasında oluştuğunu açıklamaktadırlar. Jeokimyasal verilerin çalışılan volkanik birimlerin kökeninde manto katkılı magmanın fraksiyonel kristalizasyonun etkisi olabileceğine, fakat kabuksal kontaminasyonun zamanla gelişen başlıca süreç olduğundan bahsetmişlerdir.

Aydar ve Gourgaud (2002), Hasandağ volkaniklerinde granatlar paleo-mezo ve neovolkanın riyodasitik ve riyolitik pümüslerinde oluştuğu gibi paleovolkanın bazaltik andezit lav akıntılarında da görüldüğünden bahsetmektedirler. Bu granatların pirop almandice zengin olduğunu ve volkanik gelişimle daha uniform bir bileşimde olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca granat içeren volkaniklerin oluşumunu eski yitim işleminden kalan kaynağın zenginleşmesi ile açıklamışlardır.

Şen ve diğ., (2002), Orta Anadolu'daki Erciyes strato volkanı kanatlarında önemli patlamalı piroklastikler sonrası riyodasitik domların oluştuğunu ve patlama dinamiğindeki değişimler sonucu ilk Pliniyen faz sırasında fışkıran magmanın ilksel gaz içeriğinin azaldığını, daha sonra gaz içeriğinin aşamalı olarak arttığını belirtmişlerdir. Son iki depozitlerin freatomagmatik ürünleri oldukça bol ekmek kabuğu şekilli bombaları içerdiğini açıklamışlardır. En son pliniyen fazda yoğunluk maksimumken, porozitenin minimum olduğu sırada cam kırıklarınca zengin dom ekstrüzyonlarının oluştuğunu açıklamışlardır.

Türkecan ve diğ., (2003), Erciyes yanardağının kuzeybatısında yeralan Çora maarında yaptıkları çalışmada maar içerisinde kurumuş göle ait çökellerin bulunduğunu ayrıca yapılan sondajlara dayanarak iki farklı seviyeden söz etmişlerdir. Bu seviyelerin ikisinde de bazik tefra seviyelerine rastlandığını ve bu tefraların maar oluşumundan sonra bazik karakterli volkanizma ile birlikte yöredeki volkanizmanın bazik karakterli olarak sonlandığını dile getirmişlerdir.

Şen ve diğ., (2003), Erciyes strato volkanının Koçdağ ve Erciyes evreleri ile meydana geldiğini, Koçdağ evresinde bazaltik ve andezitik lav akıntılarının Toprakkaya Tepe ve Kızıltepe curuf konilerinden yayıldığını açıklamışlardır. Koçdağ piroklastiklerinin geniş bir alana yayıldığını, skorya düşmeleri ve çamur akıntılarıyla ayrılan iki patlama fazının kalderanın oluşumuna eşlik ettiğine değinmişlerdir. Bunların sırasıyla 2 pümisli akıntı birimi ve Velibaba Tepe ignimbiriti olduklarını belirterek, pümis akıntılarının kaynak bölgeden kuzey ve kuzeydoğuya doğru 30 km yayıldığını, ayrıca 2. fazın son piroklastik akıntısı olan Valibaba Tepe ignimbritinin 2.8 my önce oluştuğunu açıklamışlardır.

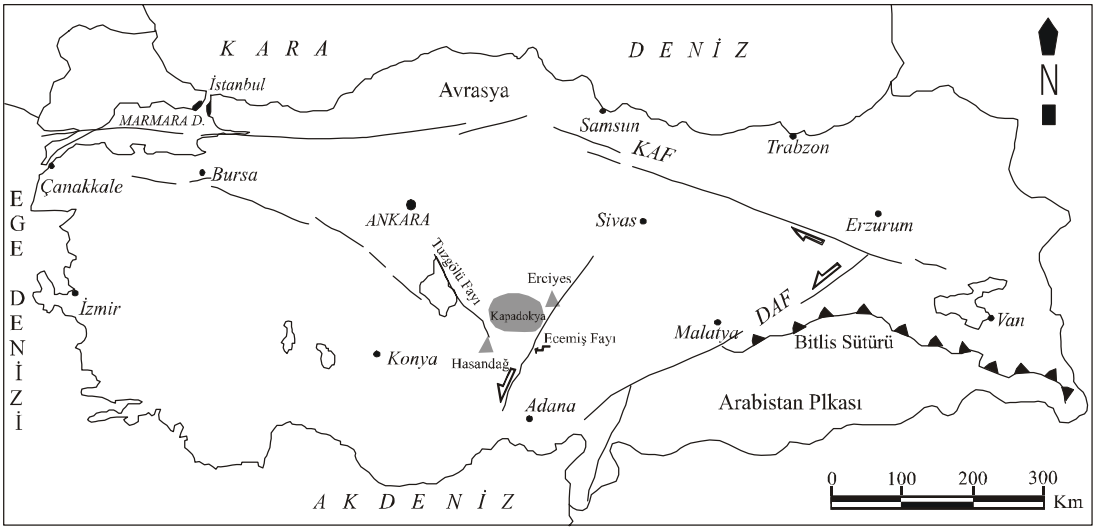
Şen ve diğ., (2004), çarpışma sonrası Kuvaterner volkanizmasını petrojenetik modelleme çalışmaları ile açıklamaya çalışmışlardır. Yaptıkları çalışmada Orta ve Doğu Anadolu volkanik kayaçlarının kaynak karakteristiklerini belirlemek için iz element diyagramları ile REE modellemelerini kullanarak Orta Anadolu volkanizmasının (Hasandağ ve Erciyes strato volkanları) oluşumunda genellikle litosferik manto kaynağının ergimesinin hakim olduğunu belirtmişlerdir.

BÖLÜM 2. BÖLGESEL JEOLOJİ

Neojen-Kuvaterner dönemlerinde Anadolu'da jenetik açıdan birbirine yakın jeolojik olayların neden olduğu yaygın volkanik aktivite görülür (Toprak et al 1994). Batı Anadolu, Orta Anadolu, Doğu Anadolu ve Galatya Provensi olmak üzere 4 ana volkanik topluluk bu dönemde şekillenmiştir. Orta Anadolu Volkanik Provensi ve Kapadokya Volkanik Provensi literatürde eş anlamlı olarak kullanılmaktadır (Toprak et al., 1994). Bu iki terimi birbirinden ayırmak gerekirse Kapadokya Volkanik Provensi sadece Kapadokya bölgesi için kullanılabilir. Kapadokya volkanikleri olarak bilinen bölge Kırşehir, Kayseri, Niğde, Aksaray ve Karapınar arasında yaklaşık 12.000 km^2'lik bir alanı kaplamaktadır (Şekil 2.1). Bu volkanik provens içerisinde çeşitli volkanik kompleksler tanımlanabilir. Bunlar ignimbritler, strato volkanlar ve maar, cüruf konileri, domlar gibi sayısız monojenetik ve polijenetik yapılar içerir. Fakat çalışmanın amacı doğrultusunda bölgede iki önemli strato volkan olan Hasandağ ve Erciyes strato volkanları araştırılmıştır. Volkanik komplekslerin temelini Orta Anadolu Bölgesinde görülen temel kayaçlar oluşturmaktadır. Paleozoyik-Alt Jura yaşlı metamorfik kayaçlar, Üst Kretase-Paleosen yaşlı ofiyolitler ve bu birimleri kesen Üst Kretase-Paleosen yaşlı granitoyid sokulumları ile Eosen-Oligosen yaşlı sedimanter birimler Orta Anadolu Bölgesi temel kayaçlarını oluşturmaktadır.

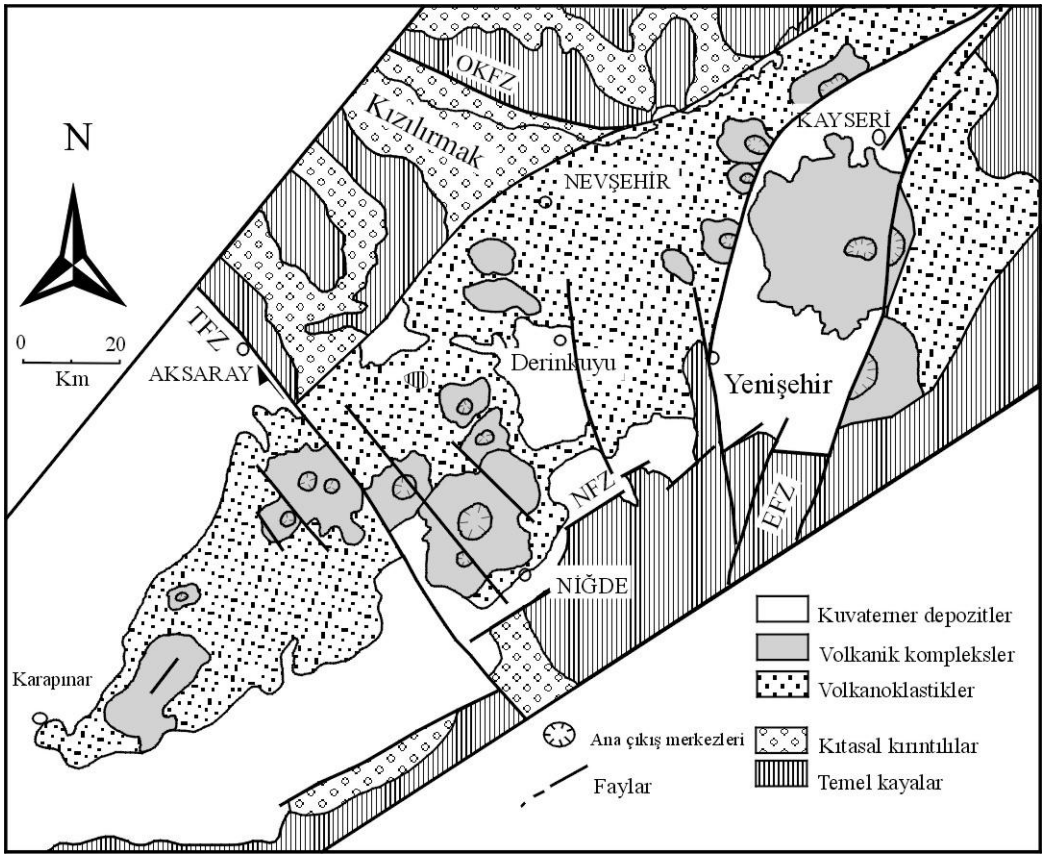
2.1. Orta Anadolu Volkanik Provensi Tektonik Yapısı

Anadolu volkanizması kıtasal çarpışmayla ilgili volkanizma örneklerindendir. Oligosen'de Kızıldeniz ve Suveyş Körfezi'nin açılmasıyla Arabistan Plakası Afrika Plakasından ayrılmaya başlamıştır (McKenzie, 1972; Cochran, 1981; İzzeldin, 1987; Bayer et al., 1988 ve Le Pichon and Gaulier, 1988). Arabistan Plakasının kuzeye hareketi Eosen-Miyosen aralığında yitim ve bunu izleyen Orta-Geç Miyosen aralığında Avrasya ile Arabistan Plakaları arasında, Doğu Anadolu'daki kabuğun kısalması ve kalınlaşmasına sebep olan kıtasal çarpışmaya neden olmuştur (Şengör, 1980; Şengör and Yılmaz, 1981; Fyitkas et al., 1984; Buket and Temel, 1998; Temel et al., 1998; Yılmaz, Güner and Şaroğlu, 1998; Yürür and Chorowicz, 1998).



Şekil 2.1: Türkiye'nin başlıca tektonik unsurları ve Orta Anadolu'nun önemli volkanları.

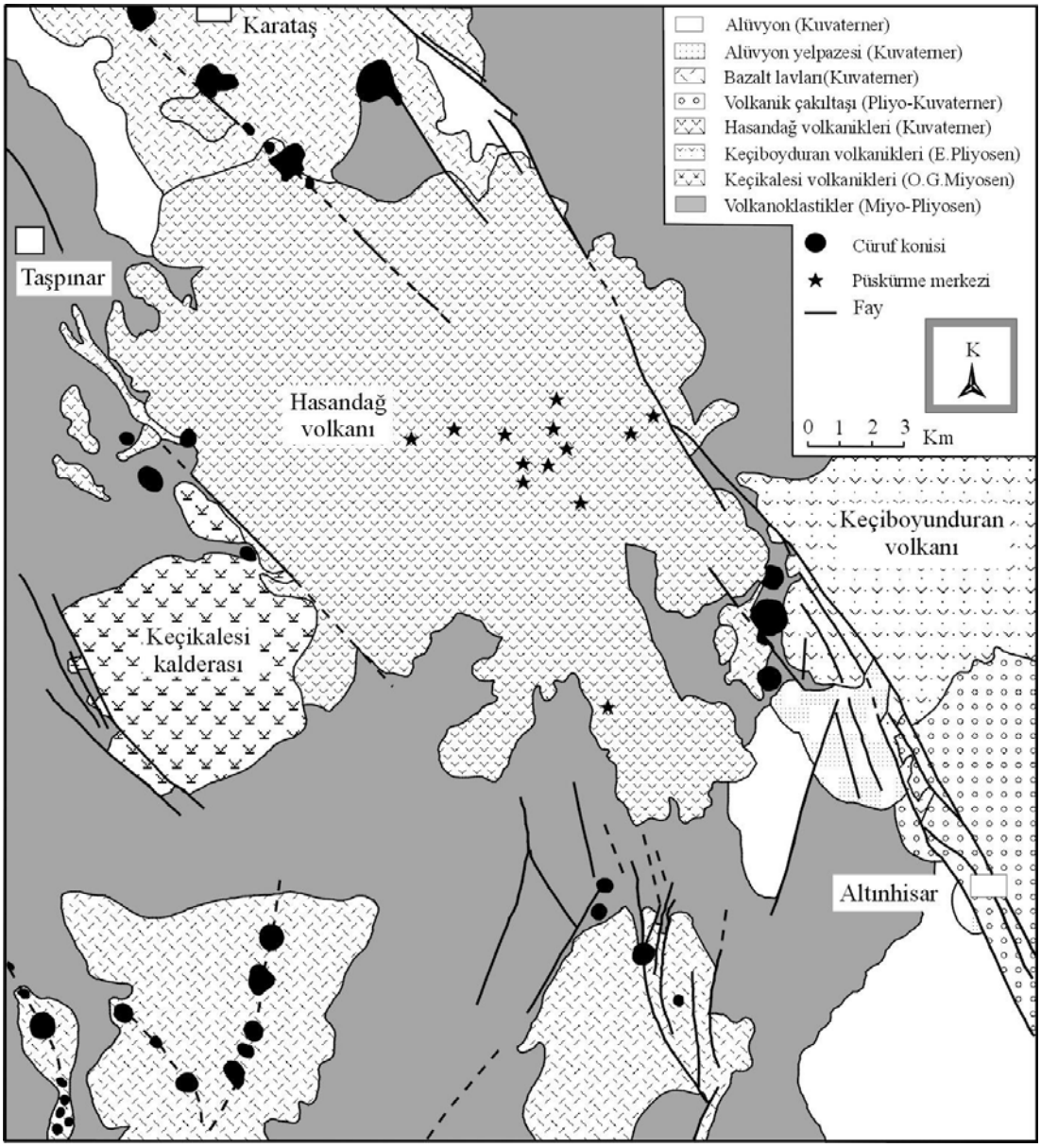
Miyosen döneminde Arap plakasının kuzeye hareketi ile başlayan neotektonik dönemde yeni yapısal unsurlar oluşmuştur (Şengör, 1980). Yeni tektonik rejimle oluşan Anadolu bloğu Kuzey Anadolu Fayı ve Doğu Anadolu Fayı gibi iki önemli yapısal unsurla sınırlanmıştır (Şengör et al., 1985). Şekil 2.1'de görüldüğü gibi Bitlis kenet kuşağı boyunca Tetis okyanusunun kapanmasını izleyen bu kıtasal çarpışma KAF ve DAF gibi yapısal unsurlarla Anadolu bloğunun batıya kaçışına yol açmıştır (McKenzie, 1972; McKenzie and Yılmaz, 1991). Arabistan-Avrasya çarpışması sonucu Doğu Anadolu'da kıtasal kabuğun kısalması ve kalınlaşmasıyla birlikte batıda Anadolu bloğunun kaçışı hala aktiftir (Jackson and McKenzie, 1984; Şengör et al., 1985; Lyberis et al., 1992; Chorowicz et al., 1994a,b). Bu kaçış Anadolu bloğunun deforme olmasına neden olmuştur (McKenzie and Yılmaz, 1991; Lyberis et al., 1992). Orta Anadolu'daki volkanik aktivite bu deformasyonla ilişkilidir (McKenzie and Yılmaz, 1991, Aydar et al., 1995). Afro-Arabistan ve Avrasya plakaları arasındaki çarpışma volkanizması Orta Anadolu'da Neojen Kuvaterner zamanlarında KD-GB yönü boyunca oluşmuştur (Pasquare, 1968). Orta Anadolu volkanizmasını kat eden iki aktif ve büyük fay sistemi bulunmaktadır (Toprak and Göncüoğlu, 1993). Bunlardan birinci grup sol yanal Ecemiş fay zonu ile sağ yanal Tuz gölü fay zonu, ikinci grup ise K60-70D gidişli, volkanik eksenlere paralel ve asıl patlama merkezlerine uygun, normal tip faylardır (Toprak and Göncüoğlu, 1993). KD-GB gidişli olan faylar Orta Kızılırmak ve Niğde faylarıdır (Toprak, 1994). Bu fayların bazıları genç volkanik ürünlerle örtülmüştür (Şekil 2.2).



Şekil 2.2: Orta Anadolu volkanizmasını kat eden fay sistemleri, Toprak (1998)'den alınmıştır (TFZ: Tuzgölü fay zonu; EFZ: Ecemiş fay zonu; OKFZ: Orta Kızılırmak fay zonu; NFZ: Niğde fay zonu).

2.1.1. Tuzgölü-Ecemiş fay sistemi

Tuzgölü-Ecemiş fay sistemi batıdan doğuya doğru Hasandağ fay seti, Keçiboyduran-Melendiz fay seti, Göllüdağ fayı, Derinkuyu fayı ve Ecemiş fay zonu olmak üzere çeşitli fay setlerini içermektedir (Toprak and Göncüoğlu, 1993). Bu fay sistemlerinden Hasandağ fay seti ve Ecemiş fay sistemleri çalışmaya dahil olan volkanik kayaçları kat etmektedir.

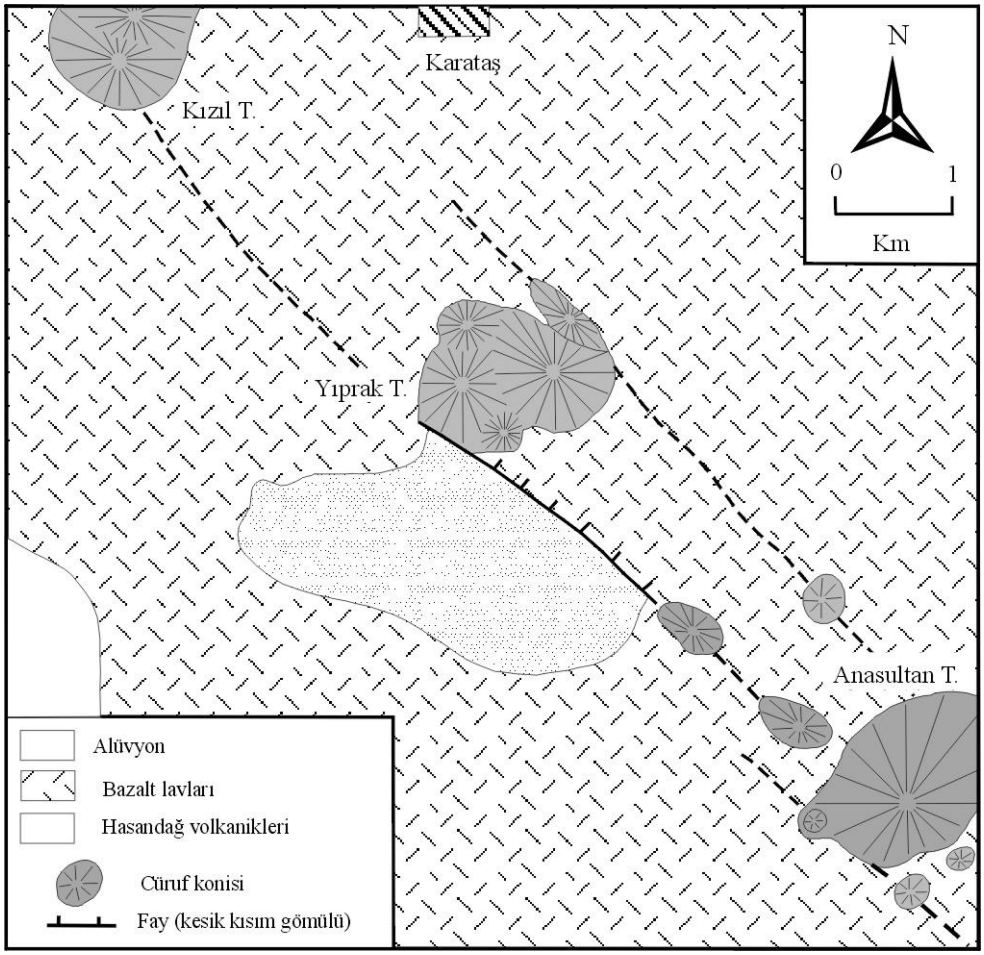


Şekil 2.3: Hasandağ fay setinin basitleştirilmiş jeoloji haritası (Toprak and Göncüoğlu, 1993).

2.1.1.1. Hasandağ fay seti

Birbirine hemen hemen paralel gidişli 3 fay seti kuzeyde KB-GD, güneyde ise yaklaşık K-G yönlü olup, KB-GD yönlü olan faylar Keçiboyunduran volkanının batı yamacında ölçülen fay çizikleri ile sağ yanal atımlı, K-G yönlü olan faylar ise genelde normal faylardır (Toprak and Göncüoğlu, 1993; Toprak, 2000). Hasandağ batı bölümlerindeki fay KB-GD yönlüdür ve Hasandağ volkanitleri ile Keçikalesi volkanitlerini sınırlamaktadır (Şekil 2.3). Doğu bölümdeki fay seti ise Altınhisar civarındadır (Şekil 2.3). Birbirine paralel ve yarı paralel birçok faydan oluşan bu set

Keçiboyduran ve Melendiz volkanlarından türemiş volkanik çakıltaşları ile alüvyon yelpazelerini kesmektedir (Toprak, 2000).



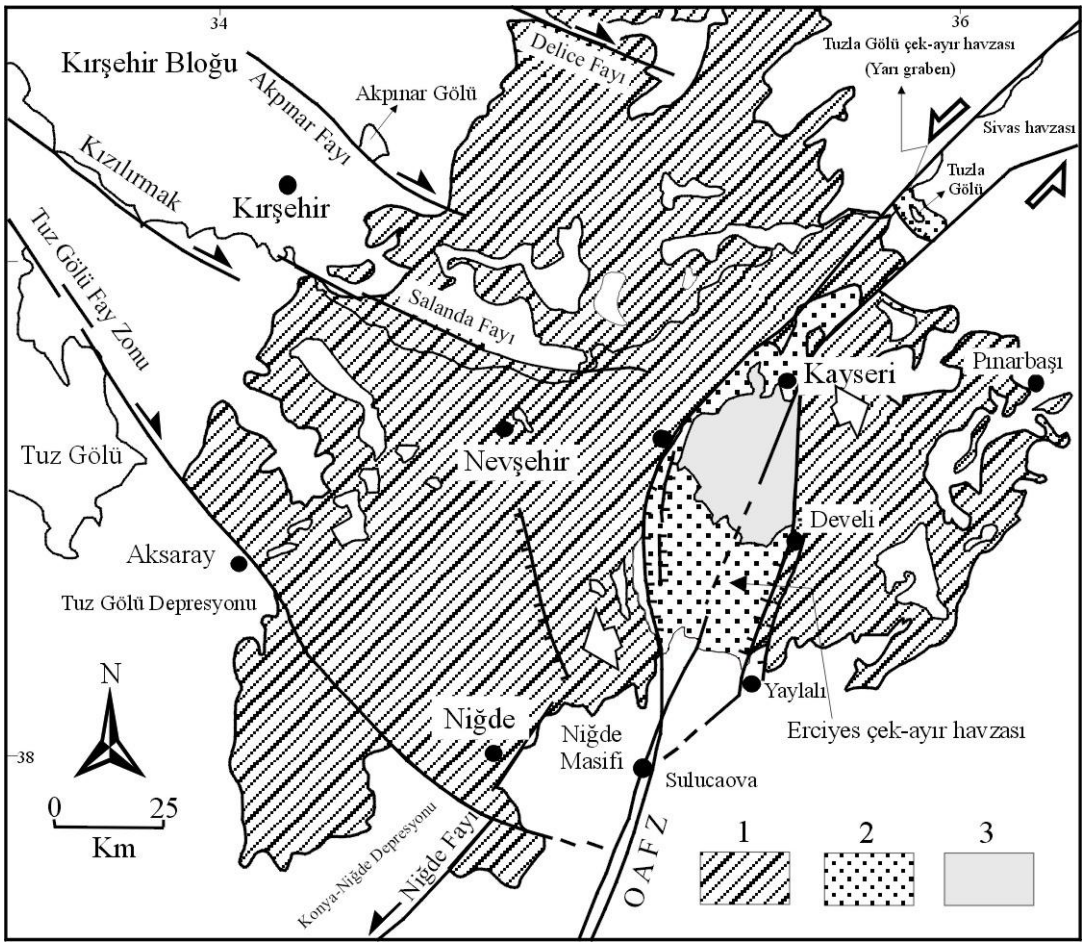
Şekil 2.4: Yıprak tepe güneyinde bulunan normal faylanma ve bu bölgedeki cüruf konilerinin çizgisel dizilimi (Toprak, 2000).

Karataş güneyinde kalan fay setinin büyük bir bölümü gömülüdür. Sadece Yıprak Tepe güneyinde bazaltlar içerisinde yaklaşık 2 km'lik bir alanda gözlenmektedir (Şekil 2.4). KD bloğu düşen fayın iki yönü de genç lavlarla örtülmüştür. Aynı setin bulunduğu bölgede yaygın olarak gözlenen cüruf konilerinin bir hat boyunca dizildikleri gözlenmektedir. Ayrıca bu hatta bulunan konilerin bazılarının elipsoidal gelişimi, konilerin faylanma etkisi ile oluştuğunu açıklamaktadır (Toprak, 2000).

2.1.1.2. Ecemiş fay zonu

Doğrultu atımlı sol yanal olan bu fayın aktivitesi Geç Paleosen-Erken Lütesiyen'de başlamış ve günümüzde de devam etmektedir (Yetiş, 1984). Beyhan (1994) tarafından fayın aktivitesinin başlangıcı Pliyosen olarak belirtilir. Bu fay zonunun

paleotektonik dönemdeki evrimi tam bilinmemesine rağmen, neotektonik dönemde kullandığı eski zayıflık zonuyla uyuşur (Toprak and Göncüoğlu, 1993). Adana-Klikya havzasının kuzey kenarından Erciyes havzasının 20 km güneyine kadar uzanır (Şengör et al., 1985, Şengör and Yılmaz, 1981). Ayrıca bu fay zonu Erciyes havzasını da kapsayan Orta Anadolu fay zonunun güney segmenti olarak da yorumlanır (Koçyiğit and Beyhan, 1988).



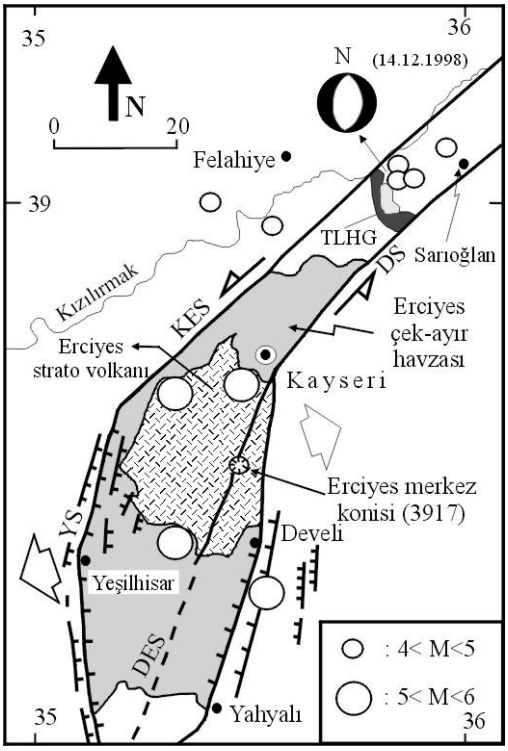
Şekil 2.5: Kapodokya volkanik kompleksinin basitleştirilmiş jeoloji haritası ve Erciyes havzasını sınırlayan faylar. OAFZ. Orta Anadolu fay zonu; 1:Kapodokya volkanik kompleksi Orta Miyosen-Kuvaterner kayaçları; 2: Pliyo-Kuvaterner sedimanter kayaçları; 3:Erciyes strato volkanı (Koçyiğit and Erol, 2001).

Orta Anadolu fay zonu KD gidişli 2-80 km genişliğinde, 730 km uzunluğunda aktif sol yanal atımlı bir fay zonudur (Koçyiğit and Beyhan 1988). Erciyes havzasında Orta Anadolu fay zonu iki parçaya ayrılarak havzayı sınırlamaktadır ve havzanın merkezinden doğrultu atımlı fay geçmektedir (Koçyiğit and Beyhan, 1998). Bu havzayı Dhont et al. (1988) gerilmeli bir rift havzası olduğunu belirtirken, Koçyiğit and Erol (1988), önemli bileşeni doğrultu atımın oluşturduğu bir çek-ayır havzası

olduğunu belirtmektedir. Havza 35 km genişliğinde, 120 km uzunluğunda, 1,2 km derinliğinde 'S' şekilli aktif bir depresyon alanı olup (Şekil 2.5), havzanın ortasında bulunan Erciyes strato volkanı nedeniyle Sultansazlığı ve Kayseri-Sarımsaklı havzaları olarak iki ayrı havzaymış gibi görülmektedir (Koçyiğit and Erol, 2001). Jaffey et al. (2004) tarafından yapılan çalışma ile volkanik ve volkanoklastik kayaçlarda $^{40}Ar/^{39}Ar$ yöntemiyle faylanmalarla ilgili yaşlar ortaya konulmuştur. Bu çalışmaya göre, havzanın doğu ve batı kenarında gerilmeye bağlı olarak faylanma Geç Miyosen'de başlayıp, sol yanal faylanma Geç Pileyistosen'de havzanın ekseni boyunca aktif olmuştur. Aynı çalışma ile bu fay zamanlarının Ecemiş Fay Zonu ile benzerlik gösterdiği ve Erciyes havzasının Ecemiş Fay Zonu'na bağlandığı ifade edilmektedir.

Bu fay zonu boyunca havzanın doğu ve batı kenarlarında farklı karakterlerde fay setleri bulunmaktadır. Bu faylardan Kızılırmak-Erkilet fay segmenti ve Dökmetaş fay segmenti sol yanal doğrultu atımlı faylardır. Dündarlı-Erciyes fay segmenti de benzer özelliktedir, ama aynı zamanda normal fay bileşeni de bulunmaktadır. Ayrıca havzanın batı bölümündeki Yeşilhisar fay segmenti ve doğu bölümündeki Develi fay segmenti normal bileşenlerin fazla olduğu faylardır (Şekil 2.6). Bölgede oluşan küçük ve orta büyüklükteki depremler bu faylarının hala aktif olduklarını göstermektedir.

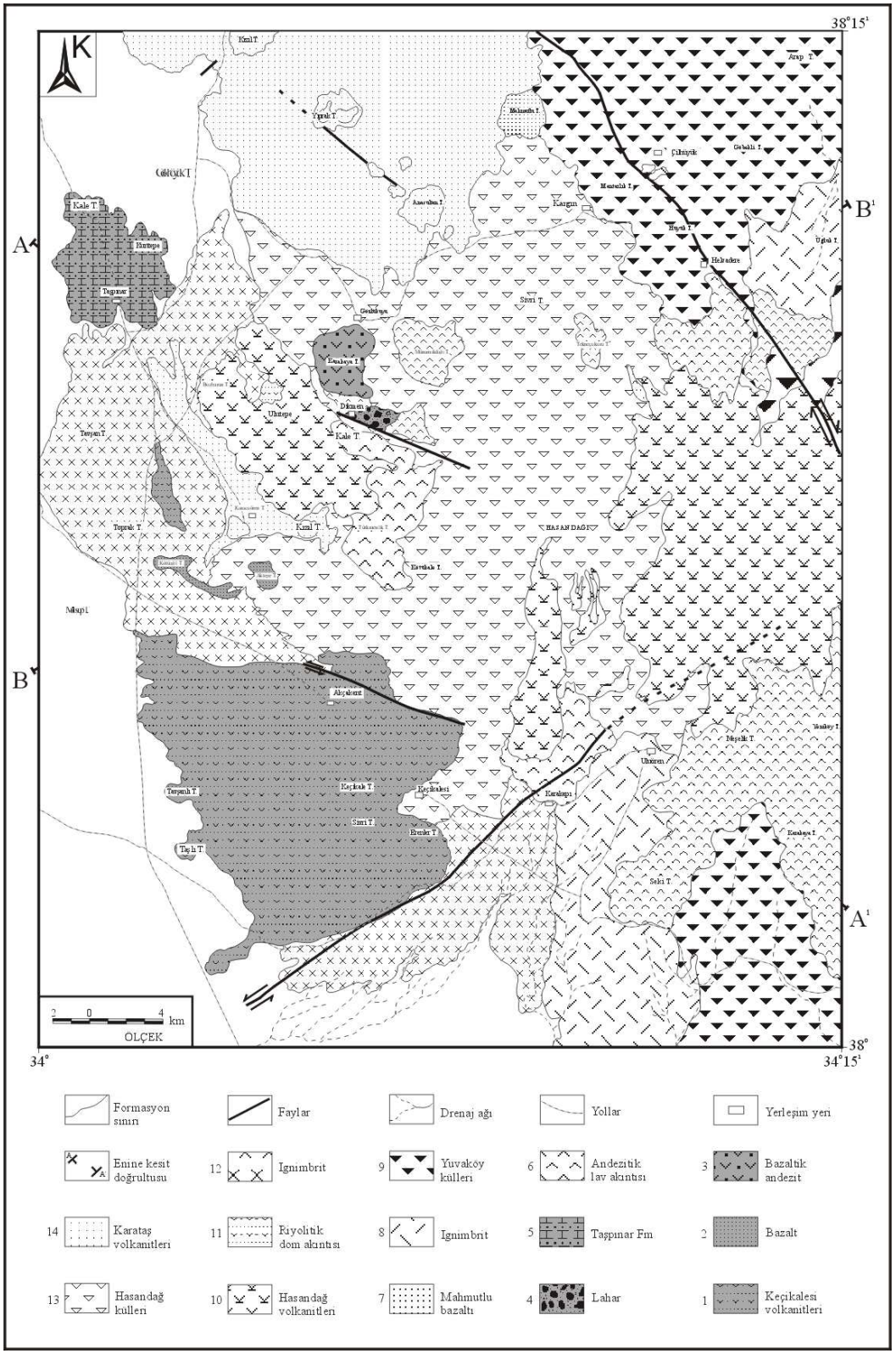
Sol yanal doğrultu atımlı fay sisteminin oluşturduğu çek-ayır havzasının, içerisindeki ve kenarındaki volkanik kayaçlar, oluşumları esnasında birincil ve ikincil fay düzlemlerini izler (Şekil 2.2; 2.6). Buna göre havzanın GD ve KB'sı arasındaki bölge deformasyon alanı olarak düşünüldüğünde; bölgede izlenen volkanik kayaçların oluşum morfolojileri (volkanik bacaların dağılımı) bu deformasyon alanını izler (Şekil 2.6). Bu deformasyon alanını oluşturan ana faylar sol yanal doğrultu atımlı sistemi içerisinde KD-GB yönlüdür.



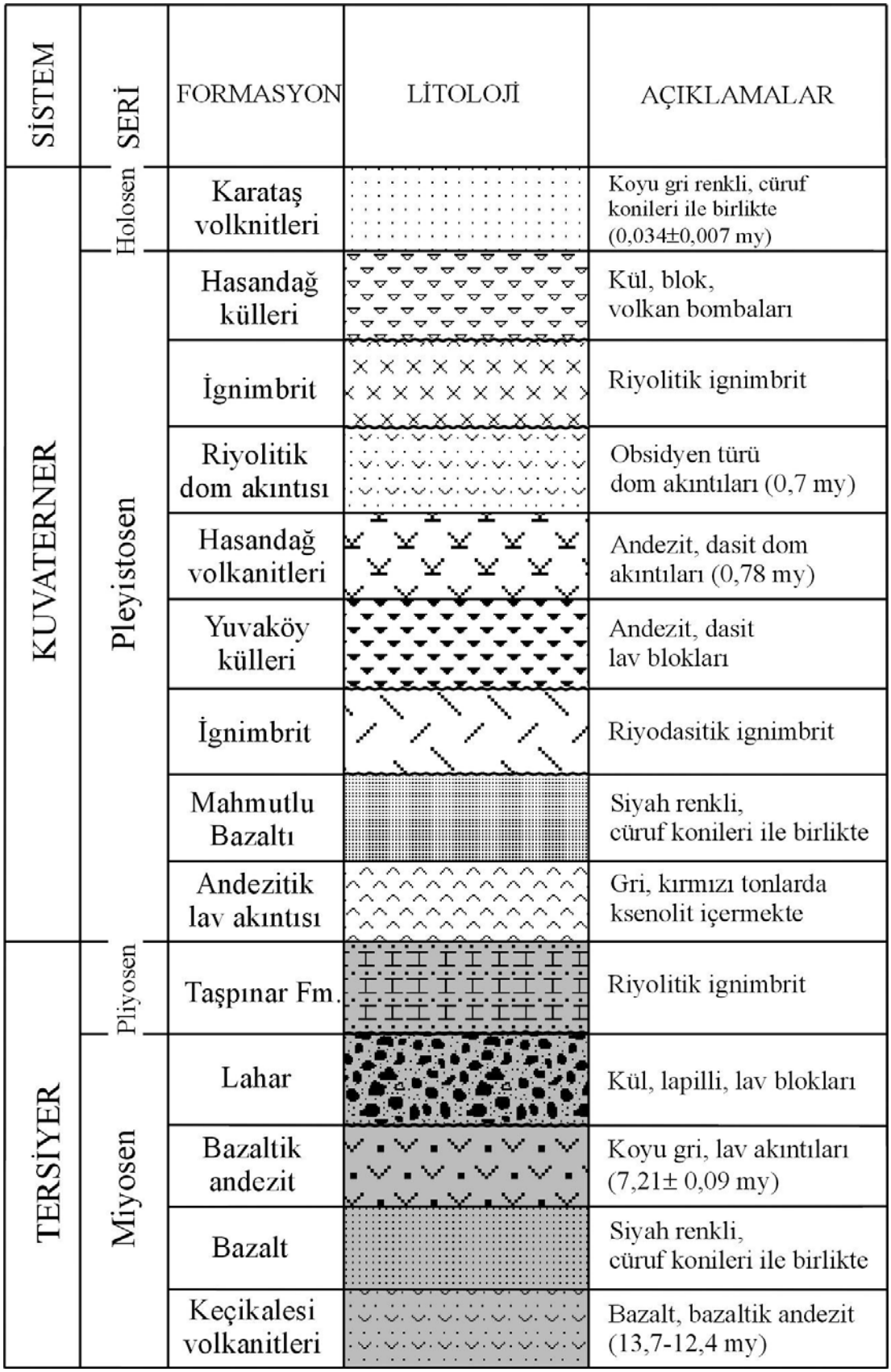
Şekil 2.6: Erciyes çek-ayır havzasının sismotektonik haritası. DES: Dündarlı-Erciyes fay segmenti; DS: Dökmetaş fay segmenti; DVS: Develi fay segmenti; KES: Kızılırmak-Erkilet fay segmenti; YS: Yeşilhisar fay segmenti; TLHG: Tuzla gölü yarı grabeni; İçi boş daireler belli aralıklardaki deprem magnitütlerini göstermektedir (Koçyiğit and Erol, 2001).

2.2. Hasandağ Strato Volkanının Volkano-Stratigrafisi

Hasandağ Orta Anadolu'da bulunan önemli strato volkanlardan birisidir. Sırasıyla 3253 m ve 3069 m yükseklikte iki önemli zirvesi olan Hasandağ volkanının ürünleri lav akıntıları, lav domları ve piroklastik kayaçlardan oluşur. Bu ürünlerin tamamı yaklaşık 354 km^3 hacimdedir ve 760 km^2'lik bir alanda gözlenmektedir. Volkanizmanın gelişimi Aydar and Gourgaud (1998)'e göre 4 evrede gerçekleşmiştir. Bu evreler sırasıyla Keçikalesi volkanı 13 my, paleovolkan 7my, mesovolkan ve neovolkan olarak ayrılmıştır. Hasandağ strato volkanına ait jeoloji haritası Aydar and Gourgaud (1988) tarafından oluşturulan jeoloji haritası değiştirilerek hazırlanmıştır (Şekil 2.7). Bölgenin jeoloji enine kesitleri Ek.2'de verilmiştir. Tüm bu evrelerdeki volkanik kayaçlar bazalttan riyolite kadar geniş bir yelpaze sunmaktadır (Şekil 2.8).



Şekil 2.7: Hasandağ strato volkanının jeoloji haritası (Aydar and Gourgaud, 1998'den değiştirilerek alınmıştır)



Şekil 2.8: Hasandağ strato volkanının genelleştirilmiş volkano-stratigrafisi (Aydar and Gourgaud, 1998'den değiştirilerek alınmıştır).

2.2.1. Keçikalesi volkanitleri

Hasandağ güneybatı kanatlarında görülen bu volkanik kayaçlar lav akıntıları şeklinde gözlenmektedir. Koyu gri, gri ve siyah tonlarda görülen kayaçlar genellikle bazalt ve bazaltik andezit bileşimlidirler. Çatlaklar boyunca yaygın demir oksit dolguları ve alterasyon gözlenmektedir. Genellikle mikrokristellerden oluşan kayaçların bazılarında fenokristal olarak plajiyoklas ve mafik mineraller gözlenmektedir. Havutkaya tepesi civarında kayaçlarda gaz boşlukları yaygın olarak görülmektedir. Hasandağ volkaniklerinin ilk ürünleri olan bu kayaçların Keçikalesi ve Akçakent köyleri ve yakın civarında mostraları gözlenmektedir. Bazaltik andezit türündeki volkanik kayaçlardan K/Ar yöntemi ile yapılmış olan radyometrik yaş tayini ile bu kayaçların 13,7± 0,3 ve 12,4± 0,6 my yaşında olduğu belirtilmiştir (Besang et al., 1977). Keçikalesi volkaniklerinin kuzey bölümü sol yönlü doğrultu atımlı bir fay ile 1,7 km yer değiştirmiştir (Aydar and Gourgaud, 1998).

2.2.2. Bazalt

Hasandağ batısında görülen bu bazaltlar oldukça aşınmış olup cüruf konileri ve bazalt akıntısı şeklinde gözlenmektedir. Hasandağ külleri ve ignimbritlerle örtüldüğünden küçük bir alanda gözlenmektedir.

2.2.3. Bazaltik andezitler

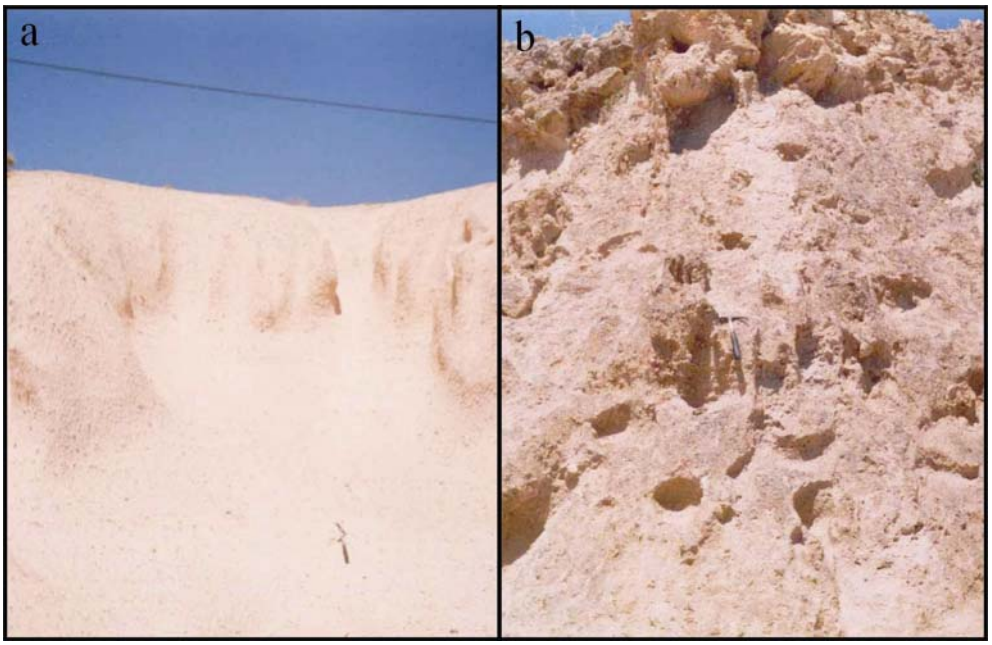
Hasandağ kuzeybatısında, Dikmen köyü kuzeyinde yaklaşık 2,5 km^2'lik bir alanda görülen bu birim bazaltik andezitlerden oluşmaktadır. Bu bölgedeki kayaçlar taze, koyu gri tonlarda, lav akıntıları şeklide ve mikrokristalli oldukları görülmektedir. K/Ar yöntemi ile yapılmış olan radyometrik yaş analizi ile bu kayaçların yaşının 7,21±0,09 my olduğu belirtilmiştir (Aydar and Gourgaud, 1998). Birim Hasandağ külleri ile çevrelenmiştir.

2.2.4. Lahar

Hasandağ kuzeybatı yamaçlarında bulunan bu birim, tüf, kül, lapili, cüruf ve büyük lav bloklarının karışımından meydana gelmektedir. Kül ve tüf gibi kayaç parçalarının matriks olarak bulunduğu bölgede lav blokları genellikle andezit türü kayaçlardan oluşmaktadır. Bu blokların boyutları çok değişken olarak gözlenmektedir.

2.2.5. Taşpınar formasyonu

Taşpınar köyü ve kuzeyinde gözlenen bu birim Ercan ve diğ. (1990) tarafından adlandırılmıştır. Pembe, grimsi, krem renkli, bileşimli ignimbritler riyolitik bileşimli pomza (pümis), piroklastikler ve tüfit gibi litolojilerden oluşmaktadır. Bu istifin alt kısımlarında yüzey taşma depozitleri bulunmaktadır. Üzerine Pliniyen yağmur birikimleri gelmektedir. Bu seviyelerde litik ve pomza blokları bulunmaktadır. En üst seviyelerde ise pomza akıntıları görülmektedir (Şekil 2.9). Ayrıca tüm birimi kat eden soğuma çatlakları yaklaşık 1,5-2 m aralıklarla görülmektedir. Bu formasyonu oluşturan litolojilerden Besang et al (1977) tarafından yapılan yaş tayininde 4,9±0,2 my ve 5,5±0,2 milyon yıllık yaşlar bulunmuştur. Ayrıca bu kayaç topluluğu Göncüoğlu ve diğ. (1991)'e göre gölsel ve akarsu ortamında çökelmiştir.



Şekil 2.9: Taşpınar formasyonunun farklı seviyeleri; a) Pliniyen geri düşme ürünleri, b) Pomza akıntıları. Görünüm Taşpınar köyü ve yakın civarları.

2.2.6. Andezit lav akıntıları

Andezitler gri kırmızı ve tonlarda ve yer yer altere olmuşlardır. Genellikle plajiyoklas, piroksen ve amfibol gibi mineraller fenokristaller olarak görülmektedir. Kayaçların içerisinde ksenolit oluşumları gözlenmekle birlikte gaz boşluklarına da rastlanmaktadır. Vizkozitesi yüksek olan lavlarda tipik 'aa' türü lav akıntıları gözlenmektedir (Şekil 2.10). Bu kayaçlar yaygın olarak Hasandağ güney yamaçlarında Uluören ve Karakapı köyleri civarında gözlenmektedir. Bununla

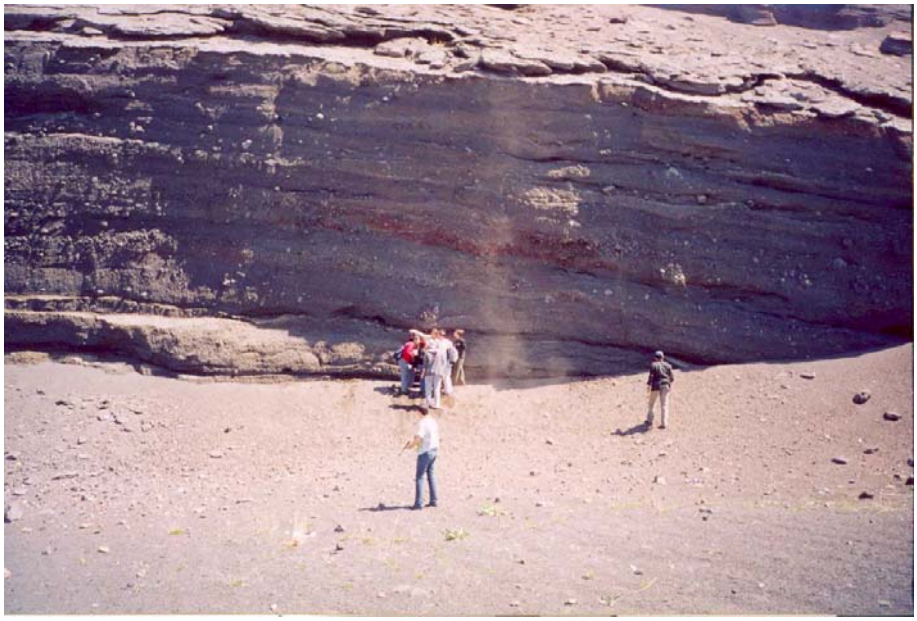
birlikte batıda Dikmen köyü güneyinde, kuzeyde ise Helvadere köyü güneyinde de aynı birime rastlanmaktadır.



Şekil 2.10: Vizkozitesi yüksek lavlardaki ‘aa’ türü lav akıntıları. Görünüm Büyükyaka mevkiinin 500 m kuzeyinde, Güneyden Kuzeye doğru alınmıştır.

2.2.7. Mahmutlu bazaltı

Bu kayaçlar kısmen iyi korunmuş cüruf konileri olarak gözlenmektedir. Bu koniler Hasandağ kuzeyinde Mamutlu tepe civarında ve ayrıca Hasandağ güneyi ile batı bölümünde bulunmaktadır. Mahmutlu tepe konisindeki bazaltlar bu civarda karakteristik olduğundan bu çalışmada Mahmutlu bazaltı olarak adlandırılmıştır. Koniler spiral bombalar ile kırmızı ve siyah renkli skoryadan oluşmaktadır (Şekil 2. 11). Mahmutlu tepe konisinin Hasandağ külleri tarafından örtüldüğü gözlenmektedir. Güney bölümde bulunanlar ise riyodasitik ignimbritlerle örtülmektedir.



Şekil 2.11: Mahmutlu bazaltı cüruf konisinin skorya ve bazaltik bombalardan oluşan iç yapısı. Görünüm Mahmutlu Tepe batı yamacında güneybatıdan kuzeydoğu doğru alınmıştır.



Şekil 2.12: İgnimbritler üzerine gelen Yuvaköy külleri. Görünüm Mahmutlu Tepe güney batısında kuzeybatıdan güneydoğuya doğru alınmıştır.

2.2.8. İgnimbritler

Riyodasitik bileşimli bu ignimbritler Hasandağ güney ve doğu bölümleri ile Helvadere doğusunda gözlenmektedir. Sarı, gri ve kahverengi tonlarda farklı seviyeleri bulunan birimin üzerine Yuvaköy külleri gelmektedir (Şekil 2.12). Temel seviyelerinde kül ve pomza parçaları görülürken, bunların üzerinde litik parçaların hakim olduğu bölüm gelmektedir. Bu litik parçalar genellikle andezit, dasit türü kayaçların parçalarıdır. Üst seviyelerde ise iri taneli pomzalar yer almaktadır.

2.2.9. Yuvaköy külleri

Ercan ve diğ. (1990) tarafından kullanılan Yuvaköy volkanitleri adlaması ile lavlar ve volkanik kül birimlerinden bahsedilmiştir. Volkanik küller için Yuvaköy külleri tanımlaması tarafımızdan ilk defa kullanılmıştır. Hasandağ güneybatı ve güneydoğusunda yaygın gözlenen bu birim genelde ignimbritleri örtmektedir. Koyu renkli matrikse sahip birim içerisinde pomza ve lav blokları yaygın olarak gözlenmektedir. Lav blokları andezit, dasit gibi kayaçların ağırlıkta olduğu bir topluluk oluşturmakta ve bu kayaçların boyutları farklılıklar sunmaktadır. Aydar and Gourgaud (1998)'e göre birimin kalınlığı yaklaşık 15 m civarındadır.



Şekil 2.13: Keçikalesi yaylası civarında volkanitlerdeki dom akıntıları. Görünüm güneyden kuzeye alınmıştır.

2.2.10. Hasandağ volkanitleri

Dikmen köyü civarında ve Küçük Hasandağ doğusu ile güney yamaçlarında dom akıntıları (Şekil 2.13) şeklinde görülen bu birim andezit, dasit gibi kayaçlardan oluşmaktadır. Fakat andezitik kayaçlar daha yaygın gözlenmektedir. Bu kayaçlar Ercan ve diğ. (1990) tarafından adlandırılmıştır ve bu çalışmada da aynı adlama kullanılmıştır. Gri ve koyu tonlarda olan lavlar ayrışma ile pembemsi renkler almaktadır. Kayaçlarda genellikle porfirik doku gözlenir. Plajiyoklas, amfibol ve piroksen mineralleri fenokristalleri oluşturmaktadır. Bu lavların üzerine Hasandağ külleri gelmektedir. Büyük Hasandağ batı yamaçlarında lavların üzerinde Karataş bazaltları oluşmuştur (Şekil 2.14). K/Ar yöntemi ile 0,78 my yaşlı olduğu belirtilmiştir (Ercan ve diğ. 1992).



Şekil 2.14: Büyük Hasandağ batı yamaçlarında Hasandağ volkanitlerine ait dom akıntılarını örten daha batıdaki Karataş volkanitleri (cüruf konileri ile). Görünüm batıdan doğuya alınmıştır.

2.2.11. Riyolitik dom akıntıları

Büyük Hasandağ konisinin kuzeyinde Tahtayayla civarında dar bir alanda gözlenen riyolitik dom akıntıları ve obsidyen türü lavlardan meydana gelmektedir. Genellikle bantlı olan obsidyenler siyah kahverengi renklerde gözlenmektedir. Aydar and Gourgaud (1998)'e göre bu obsidyenler 0,7 my yaşlıdır.

2.2.12. Riyolitik ignimbritler

Taşpınar güneyi ve Keçikalesi volkanitleri güneyinde bulunan bu kaynamamış ignimbrtiler Aydar and Gourgaud (1998)'e göre yaklaşık 80 m kalınlığa sahip ve riyolitik bileşimlidir. Krem renkli tonlarda farklı seviyeleri bulunan bu istifin temelinde ince taneli pomza ve litik parçalar bulunmaktadır. Bu bölüm üzerinde ise 1-2 cm boyutlarında pomza, obsidyen, andezit ve bazalt çakıllarından oluşan bir seviye gelmektedir. İri taneli küller istifin en üst kesimlerinde bulunmaktadır.

2.2.13. Hasandağ külleri

Büyük Hasandağ konisi çevresinde görülen kızgın bulut oluşumları Ercan ve diğ. (1990) tarafından Hasandağ külleri olarak adlandırılmıştır. Birim içerisinde bloklar, küller ve volkan bombaları yaygındır. Küçük Hasandağ batı kanadında lapili-tefra kuşaklarının görünür kalınlığı yaklaşık 75 cm civarında ve tane çapları alt kısımlarda 25-30 cm üst kısımlarda ise 3 cm olduğu belirtilmiştir (Aydar and Gourgaud, 1998). K/Ar yöntemi ile 0,58-0,08 my yaş aralığına sahip olduğu belirtilmiştir (Ercan ve diğ. 1992).

2.2.14. Karataş Bazaltları

Hasandağ kuzeybatı yamaçlarında görülen bazaltik volkanizma Ercan ve diğ. (1990) tarafından Karataş bazaltları olarak adlandırılmıştır. Birim içerisinde lav akıntılarının yanı sıra cüruf konileri, lav tüpleri ve freatomagmatik ürünler gözlenmektedir. Sert kompakt ve koyu gri tonlarda ve gaz boşlukları yaygın olan lavlar genellikle olivin bazalt şeklinde adlandırılabilir. Anasultan Tepe, Kızıl Tepe, Yıprak Tepe gibi önemli cüruf konileri KD-GB yönlü bir hat üzerinde dizilmişlerdir. Kızıltepe cüruf konisi üzerinde iki krater bulunmaktadır. Ürünleri kırmızı ve siyah renkli cüruflarla (Şekil 2.14) birlikte bazaltik bombalardan oluşmaktadır (Aydar, 1997). 95 m yüksekliğe sahip Yıprak Tepe cüruf konisi siyah, kırmızı renkli cüruflar ve bazaltik bombalardan ibarettir. Spot uydu görüntülerine göre bu koni bir maar üzerinde gelişmiştir.



Şekil 2.15: Kızıl Tepe cüruf konisinde yüksek sıcaklık oksidasyonu nedeniyle oluşmuş kırmızı cüruflar. Görünüm Kızıl tepe batı yamaçlarında batıdan doğuya doğru alınmıştır.

K/Ar metodu ile yapılan yaş tayini 34.000±7000 yıl yaş aralığı vermiştir (Aydar, 1992). 150 m yüksekliğe sahip Anasultan Tepe cüruf konisi bu bölgenin en güneyinde bulunmaktadır. Aydar (1997)'ye göre koni iki fazda oluşmuş ve bu iki faz arasında uyumsuz seviyeler gözlenmiştir. K/Ar metodu ile yapılan yaş tayini 120.000 ile 60.000 yıl önce bu koninin oluştuğu belirtilmiştir (Ercan ve diğ., 1992). Bu koninin doğu kesiminde koni oluşumu ile ilgili küçük bir maar gözlenmektedir.

2.3. Erciyes Strato Volkanının Volkano-Stratigrafisi

Kuvaterner yaşlı ve 3917 m yüksekliği olan Erciyes volkanı ürünleri yaklaşık 2300 km^2'lik bir alan kaplamaktadır. Erciyes volkanına ait kalderanın sadece bir tarafının göçmesi ile kaldera amfi-tiyatro şeklini almıştır (Şekil 2.16). Volkanizmanın ürünleri lav akıntıları, piroklastikler ve ayrıca dom, koni, maar gibi monojenik yapılardan ibarettir. Erciyes strato volkanına ait jeoloji haritası Şen et al. (2003) tarafından oluşturulan jeoloji haritası sadeleştirilerek hazırlanmıştır (Şekil 2.17). Bölgenin jeoloji enine kesitleri Ek.4'te verilmiştir. Volkanizmanın kuzeybatısında bulunan Çora maarı monojenik yapılar için önemli bir örnek oluşturmaktadır. Kenar kısımlarında taban yayılma ürünleri bulunmaktadır (Şekil 2.18). Volkanizmanın stratigrafik dizilimi Şekil 2.19'da gösterilmektedir. Volkanizmanın gelişimi Koçdağ ve Erciyes olmak üzere iki ayrı safhada gerçekleşmiştir (Kürkçüoğlu et al., 1998).

Toprak et al. (1994)'e göre Koçdağ volkanizması güneyinde bulunan ve bu volkanizmaya benzer özellikleri olan Develi Dağ volkanizması da çalışmanın amacı doğrultusunda bu bölüm içerisinde değerlendirilmiştir.

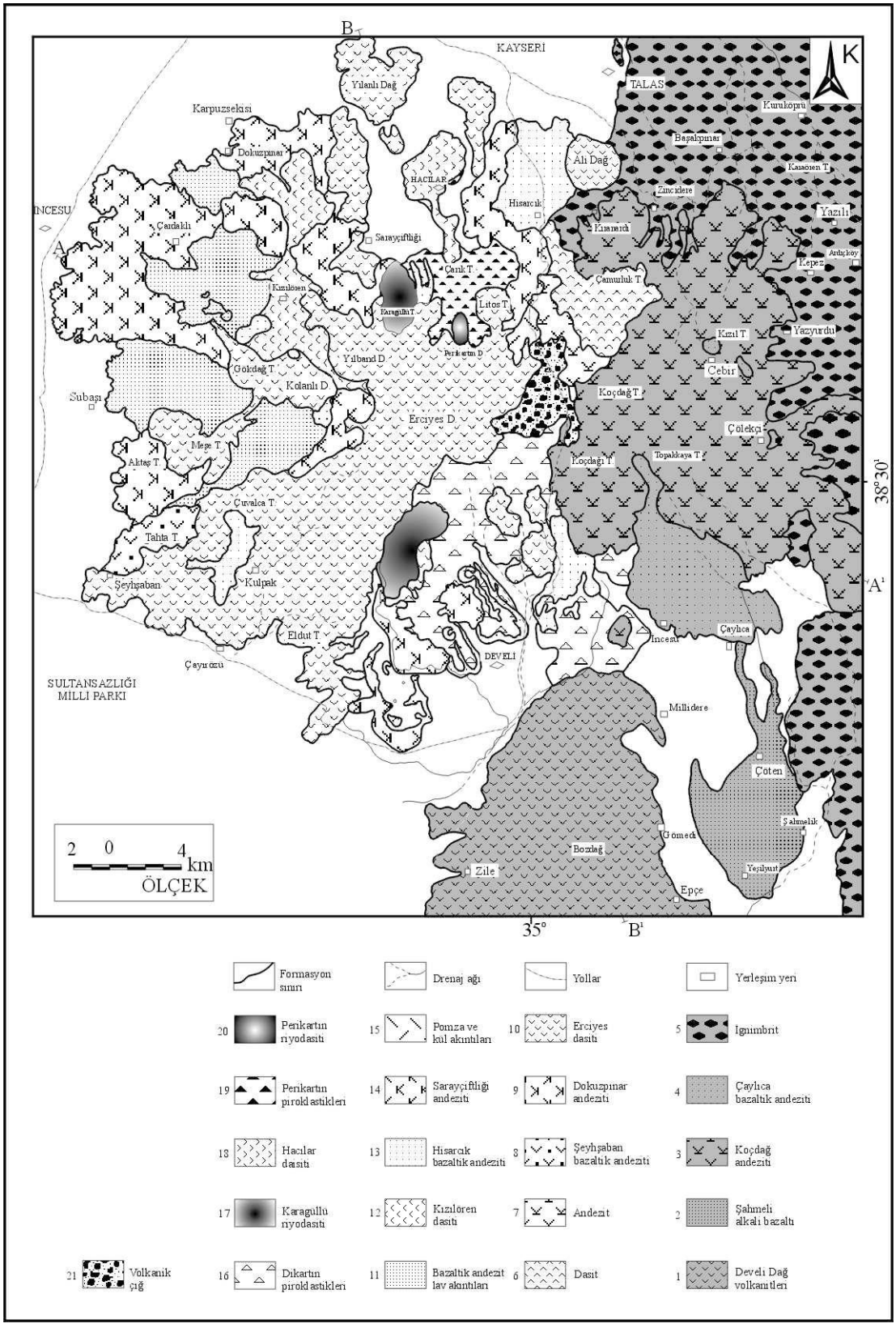


Şekil 2.16: Erciyes volkanına ait kalderanın sadece bir tarafının göçmesi ile oluşmuş amfi-tiyatro şekilli kaldera. Görünüm kuzeydoğudan güneybatıya doğru alınmıştır.

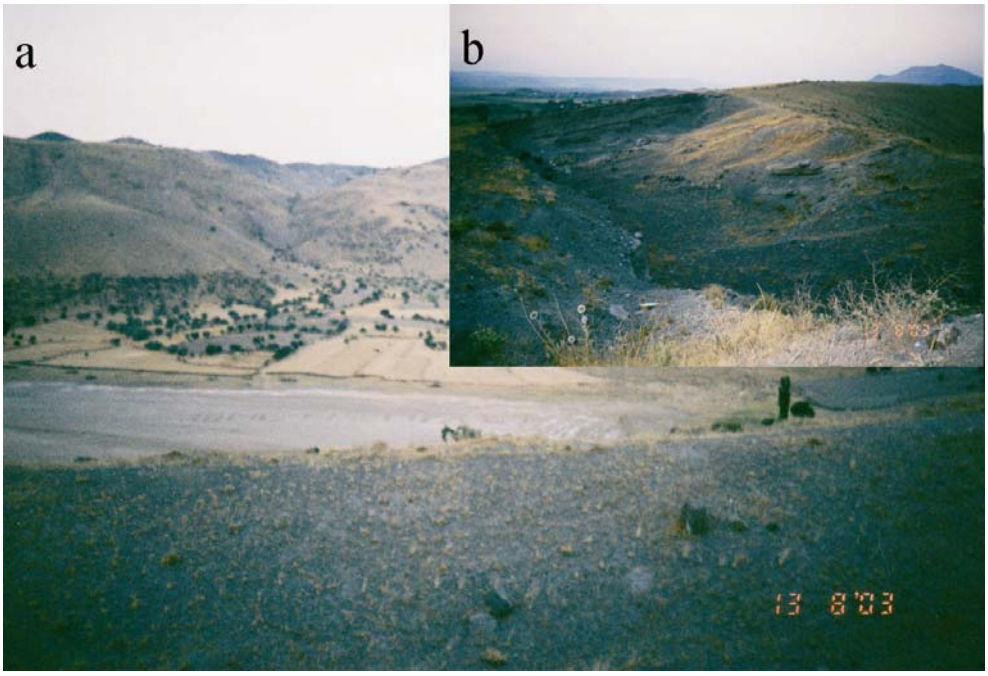
2.3.1. Develi Dağ volkanitleri

Develi Dağ volkanizması, Koçdağ güneyinde bulunmakta ve yaklaşık Koçdağ volkanizması ile aynı genişlikte bir alanı kaplamaktadır. Bu volkanizmanın ürünleri bazalt, bazaltik andezit ve andezit şeklinde görülmektedir. Ayrıca Erciyes volkanizmasının geç dönemlerinde görülen piroklastik yağış ürünleri bu volkanizmayı kısmen örtmektedir (Pasquare, 1968). Bu volkanizmanın yaşı Miyosen-Pliyosen yaşlı Koçdağ volkanizması ile aynı yaşlı olarak kabul edilmektedir (Toprak et al., 1994).

Develi Dağ volkanizmasındaki bazaltlar Gömedi köyü civarında belirgindir. Koyu gri siyah tonlarda mikrokristalli olarak bulunurlar. Gri tonlarda ve porfirik dokulu gözlenen andezitler ise Yazıbaşı ve Epçe köyü civarlarında görülür. Epçe köyü civarındaki bu kayaçlar Koçdağ volkanizması piroklastikleri ile örtülür. Yaklaşık 1-2 cm genişliğinde akma foliasyonları görülen bazaltik andezitler Develi güneybatısında yüzeylenmektedir.



Şekil 2.17: Erciyes strato volkanının jeoloji haritası
(Şen et al., 2003'ten sadeleştirilerek alınmıştır)



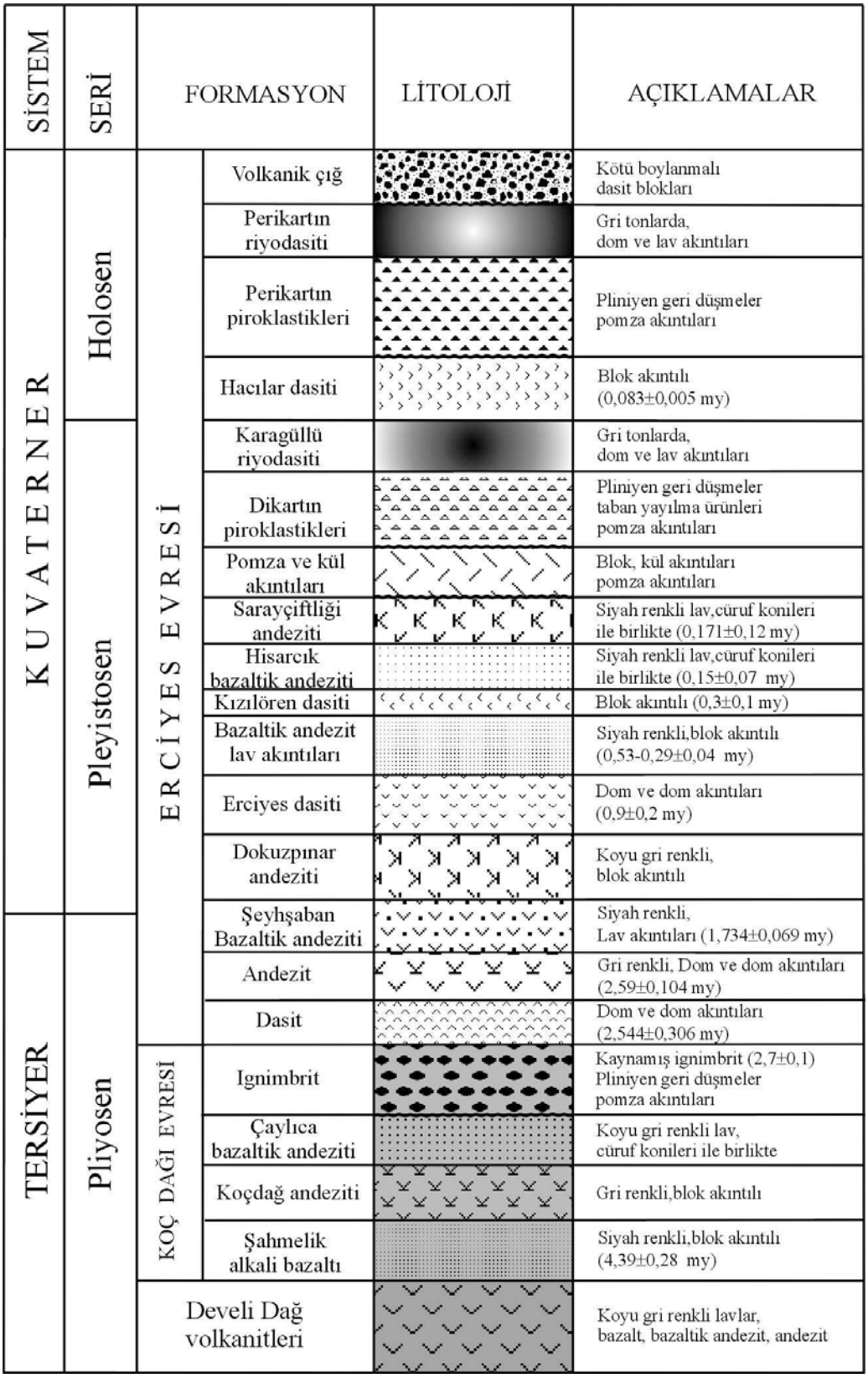
Şekil 2.18: Erciyes kuzeybatısında bulunan Çora maarı; a) maarın genel görünümü (görünüm kuzeybatıdan güneydoğuya doğru), b) Maarın kenar kısımlarında gözlenen taban yayılımı çökelleri.

2.3.2. Koçdağ evresi

Erciyes strato volkanının doğu bölümünde gözlenen Koçdağ volkanizması ürünleri yaklaşık 600 km^2'lik bir alana yayılmıştır. Bu ürünler sırasıyla alkali bazaltlar, andezitik lav akıntıları, bazaltik andezitler, ignimbritler oluşturmaktadır. Koçdağ volkanizmasını oluşturan kayaç grupları aşağıda gibi bölümler halinde özetlenmiştir.

2.3.2.1. Şahmelik alkali bazaltı

Volkanizmanın güney bölümünde, Şahmelik köyü ve Yeşilyurt köyü civarında görülen bu bazaltik kayaçlar koyu gri, siyah renkli, tümüyle mikrokristalli ve akma yapısı göstermektedir. Koçdağ safhasının ilk ürünlerini oluşturan bu kayaçlarda gaz boşlukları yaygındır. Yeşilyurt köyü civarında bazaltlar içinde skorya türü kayaç anklavları gözlenmiştir. Bu anklav boyutları yaklaşık 5-6 cm civarındadır. Ayrancı (1969) bazaltların 4,39±0,28 my yaşlı olduğunu belirtilmektedir.



Şekil 2.19: Erciyes strato volkanının genelleştirilmiş volkano-stratigrafisi (Şen et al., 2003'ten değiştirilerek alınmıştır).

2.3.2.2. Koçdağ andeziti

Koçdağ volkanizmasının büyük bir bölümünü oluşturan bu andezitler yaklaşık 400 km^2'lik bir alanda Yazyurdu, Cebir köyleri ile Cücün köyü kuzeyinde yüzeylenmektedir. Gri tonlarda lav akıntısı şeklinde gözlenmektedir (Şekil 2.20). Plajiyoklas ve piroksen fenokristalleri porfirik dokuyu oluşturmaktadır. Alterasyon yaygın gözlenmekle birlikte alterasyonun fazla olduğu bölümlerde pembe renkler hakimdir. Bu kayaçların doğu kısımları ignimbritik püskürmelerle, batı kısımları ise farklı dönemlere ait lav akıntıları ile örtülmektedir.



Şekil 2.20: Andezitlerde görülen akma foliasyonları. Görünüm Toprakkaya Tepe güneybatı yamaçlarından, kuzeyden güneye doğru alınmıştır.

2.3.2.3. Çaylıca bazaltik andeziti

Lav akıntıları ve cüruf konilerinden oluşan birim Koçdağ volkanizması güney bölümünde görülmekte ve Çaylıca köyüne kadar uzanmaktadır. Koyu gri tonlarda, mikrokrsitalli olan bazaltik andezitlerde yaklaşık 4-10 cm genişliğinde akma foliasyonları bulunmaktadır. Kızıltepe ile Toprakkaya Tepe cüruf konileri morfolojik olarak da belirgindir. Kızıltepe konisi freatomagmatik ürünlerle başlayıp cüruf geri düşmeleri ile faaliyetine devam etmiştir (Şen, 1997). Cüruf geri düşmeleri kırmızı siyah renkli cüruflar ve bunların arasında skorya ve volkanik bombalardan

oluşmaktadır. Toprakkaya Tepe güneybatısında lavlar Erciyes safhasına ait piroklastiklerle örtülmüştür.



Şekil 2.21: Pliniyen geri düşme ürünleri üzerinde bulunan siyah renkli kaynamış ignimbritler. Görünüm Kuruköprü köyü kuzeydoğusunda batıdan doğuya doğru alınmıştır.

2.3.2.4. İgnimbritler

Koçdağ andezit lavlarının batısında geniş bir alanda yüzeylenmektedir. Bu ignimbritler piroklastiklerle ardalanmalı olmaları nedeniyle Şen (1997) tarafından iki faza ayrılmıştır. Aynı araştırmacıya göre ilk faz Pliniyen tipi pomza geri düşmeleri ile başlamış, pomza akıntısı ile devam etmiştir. Volkanizma bir süre durakladıktan sonra bazaltik pliniyen geri düşmeler başlamıştır. İkinci faz ise pomza akıntısı, pliniyen geri düşme ürünleri ve kaynamış ignimbritlerle son bulmuştur (Şekil 2.21). Pliniyen geri düşmeler içinde farklı seviyeler gözlenmektedir. Bu seviyeler beyaz, koyu krem, kırmızı tonlarda olup tüm seviyelerde pomza çakılları bol miktardadır. Üst seviyelere yakın kısımlarda litik parçaların zenginleştiği gözlenmiştir. İkinci faza ait pliniyen geri düşmeleri kaynamış ignimbritlerin altında bulunmaktadır. Pomza ve litik parçalardan oluşan istif krem rengi tonlardan oluşmaktadır. Litik parçalar genellikle andezitiktir. Bunun üzerine gelen kaynamış ignimbrit ise bölgede

karakteristiktir. Birçok araştırmacı tarafından farklı fasiyes belirttiği için farklı isimler verilerek detaylı çalışılan Velibaba Tepe ignimbriti siyah, gri, pembe renkli seviyelerde ve yaklaşık 2 m aralıklı soğuma çatlaklarına sahiptir. Bazı seviyelerinde yassılaşmış obsidyelerin bolluğu dikkat çekmektedir.

Koçdağ andezitik lav akıntılarının doğusu ve kuzeyinde gözlenen ignimbrtiler andezitleri yer yer örtmektedir. Kaynamış ignimbritlerden İnnocenti et al. (1975) tarafından K/Ar yöntemiyle yapılan yaş analizleri ile 2.7-3±0.1my yaş aralığı verilmiştir.

2.3.3. Erciyes evresi

Koçdağ volkanizmasının batı bölümünde bulunan Erciyes volkanizması 3917 m yükseklikte bir koniye sahiptir. Bazaltan riyodasite kadar geniş bir bileşim yelpazesi oluşturan kayaçların gelişimi 3 my yıldan tarihsel zamanlara kadar ulaşmaktadır (Pasquare et al., 1988; Ayrancı, 1991).

2.3.3.1. Dasitik dom ve dom akıntıları

Kıranardı köyü batısında ve Hisarcık güneyinde bulunan bu kayaçlar dasitik dom ve dom akıntılarından oluşmaktadır. Birim içerisinde dört adet dom görülmektedir. Dasitler genel olarak altere olmuşlardır. Gri tonlarda felsik minerallerce zengin ve porfirik bir doku gözlenmektedir. Fenokristallerin çoğunluğunu plajiyoklaslar oluşturmaktadır. Yaklaşık 45 km^2'lik bir alanda yüzeylenmektedir. Notsu et al. (1995) tarafından K/Ar yöntemi ile yapılan yaş tayini ile birimin yaşı 2,544±0,306 my olarak bulunmuştur.

2.3.3.2. Andezitik dom ve dom akıntıları

Çeşmeli yaylası batısında görülen kayaçlar dom ve dom akıntılarından oluşmaktadır. Akıntılar domlar etrafında görülmekte ve bu bölgelerde bulunan kayaçlarda akıntı yapıları belirgindir. Gri tonlardaki kayaçlarda alterasyonla pembe renkler gözlenmektedir. Fenokristallerde yönelmeler ile birlikte kayaçların çatlakları boyunca demiroksit dolguları bulunmaktadır. Yaklaşık 15 km^2'lik bir alanda yüzeyleyen birimin yaşı Notsu et al. (1995)'e göre 2,59±0,104 my verilmiştir.

2.3.3.3. Şeyhşaban bazaltik andeziti

Erciyes'in güneybatı yamaçlarında Şeyhşaban köyü kuzeyinde görülmektedir. Koyu gri ve siyah renklerde olan kayaçlarda plajiyoklaslarda belirgin bir yönelim söz konusudur. Yaklaşık 10 km^2'lik bir alanda yüzeyleyen bazaltik andezitler Sultansazlığı havzasına doğru akmıştır. Kayaçların üzerine batı bölümünde dasitik dom akıntıları, kuzeyinde ise andezitik lav akıntıları gelmiştir. Notsu et al. (1995)'e göre bu birimin yaşı 1,734±0,069 my'dır.

2.3.3.4. Dokuzpınar andeziti

Erciyes volkanının batı, kuzeybatı ve güney bölümlerinde özellikle Dokuzpınar civarlarında yaygın olarak görülür. Koyu gri tonlarda, blok akıntıları şeklindeki andezitlerde fenokristalleri plajiyoklaslar oluşturmaktadır. Dokuzpınar köyü civarlarında lav akıntılarının neden olduğu kömür oluşumlarına rastlanmıştır. Andezitler kuzey ve batı bölümlerde dasit, bazaltik andezit türü lav akıntıları ile örtülmüştür. Güney bölümde ise piroklastik kayaçlar tarafından andezitler örtülmektedir (Şekil 2.22).



Şekil 2.22: Piroklastik kayaçların örttüğü andezitler. Görünüm Soysallı köyü doğusunda, kuzeybatıdan güneydoğuya doğru alınmıştır.

2.3.3.5. Erciyes dasiti

Erciyes evresinin en geniş bölümünü oluşturan dasitik kayaçlar yaklaşık 500 km^2'lik bir alanda yüzeylenmektedir. Birim içerisinde çok miktarda dom bulunmaktadır. Bunlar kuzeyden itibaren Yılanlı Dağı, Ali Dağ, Lifos Tepe, Yılband Dağı, Kolanlı Dağı, Gök Dağ başlıca dom yapılarıdır. Erciyes zirvesi ise asıl domdur. Bu birimi oluşturan dasitler gri pembe tonlarda ve porfirik dokuda gözlenmektedir. Biyotit, amfibol gibi mafik mineraller fenokristaller şeklinde gözlenmektedir. Birimi batıda blok ve küllerden oluşan volkanik çığ, kuzeyde riyodasitik dom akıntıları ve piroklastikler, doğuda andezitik lav akıntıları üzerler. Dom akıntıları güneyde Sultansazlığı düzlüğüne kadar uzanır. Erciyes zirvesinin güney bölümündeki dom akıntılarında yapılan yaş tayini ile 0,9±0,2 my yaşı bulunmuştur (Innocenti et al., 1975).

2.3.3.6. Bazaltik andezit lav akıntıları

Erciyes volkanı batı bölümlerinde yüzeylenmektedir. Koyu gri siyah renklerde ve mikrokristalli gözlenen kayaçlarda akma yapıları belirgindir. Üst bölümler geniş bloklar şeklinde akma gösterirken, alt bölümler cm-dm ölçeğindedir. Yaklaşık 100km^2'lik bir alanda gözlenen kayaçlar genelde andezitik lav akıntılarını örtmektedir. Ercan ve diğ. (1994)'e göre çatlaklardan çıkan bu lavlar 0,53-0,29±0,04 my yaş aralığına sahiptir.

2.3.3.7. Kızılören dasiti

Erciyes zirvesi doğu bölümünde Yılband Dağı güneyinden başlayan bu lavlar dom akıntıları şeklinde kuzeye doğru akmışlardır. Bazaltik andezit ve andezitler üzerine akan birim yaklaşık 60 km^2'lik bir alanda gözlenmektedir. Innocenti et al. (1975)'e göre bu lavların yaşı 0,3±0,1 my'dir.

2.3.3.8. Hisarcık bazaltik andeziti

Erciyes volkanı kuzey ve güney bölümlerinde görülmektedir. Lav akıntılarının yanı sıra taze cüruf konileri yaygın olarak gözlenmektedir. Kuzeyde Kızıl Tepeler ile yanık Tepe, güneyde Çuvalca Tepe, Karnıyarık Tepe önemli cüruf konilerini oluşturmaktadır. Cüruf konilerinin genelinde farklı seviyeler gözlenmektedir. Bu seviyeler bazaltik bombalar ve bloklar ile skoryalardan oluşmaktadır. Şen (1997)'ye

göre Karpuzsekisi güneyinde Bulunan Çora maarının oluşumu bu bazaltik andezit aktivitesi ile gerçekleşmiştir. Bazaltik andezitler siyah renklerde ve mikrokristallidir. Kuzeyde andezitik lav akıntıları, güneyde ise büyük bir bölümü piroklastik kayaçlarla örtülmüş olan birim yaklaşık 200 km^2'lik bir alanda yüzeylenmektedir. Ercan ve diğ. (1994)'e göre bu kayaçlar 0,15±0,07 my yaşlıdır.

2.3.3.9. Sarayçiftliği andeziti

Erciyes volkanın kuzey bölümüne akan bu birim Hacılar doğusunda ve Karagüllü tepe batı-kuzeybatısında görülmektedir. Bu lav akıntıları cüruf konileri ile birliktedir ve koniler topoğrafik olarak belirgindir. Siyah renklerde olan andezitlerde plajiyoklaslar fenokristalleri oluşturmaktadır. Akıntılar blok akıntısı şeklinde oluşmuştur. Andezitik lavlar batıda dasitik birimleri doğuda ise bazaltik andezitleri örtmüştür. Yaklaşık 13 km^2'lik bir alanda görülen lavlardan yapılan radyometrik analizlerle 0,171±0,12 my yaşı verilmiştir.

2.3.3.10. Pomza akıntıları ile blok ve kül akıntıları

Erciyes zirvesinin yaklaşık 10 km kuzeyinde bulunan dasitik bileşimli pomza akıntısı içerisinde yoğun pomza kırıntıları bulunmaktadır (Şen, 1997). Alt kısımları litik kırıntılılarca zengindir ve birim genel olarak pembe beyaz renklerde görülmektedir. Pomza akıntısının üzerine blok ve kül akıntıları gelmektedir. Bu blok ve kül akıntıları Erciyes kuzeyi ve güney bölümünde görülmektedir. Güney bölümdeki akıntılar Erciyes güney yamaçlarında küçük lokasyonlar şeklinde gözlenmektedir ve haritalanamamıştır. Genelde bu birim koyu gri renkte gözlenmektedir. Bu akıntılar pomza akıntıları ile birlikte yaklaşık 3 km^2'lik bir alanda yüzeylenmektedir.

2.3.3.11. Dikartın Dağı piroklastikleri

Erciyes volkanı güney-güneydoğu bölümlerinde görülen piroklastik kayaçlar genel olarak Pliniyen geri düşmeleri, taban yayılımı ürünleri ve pomza akıntılarından oluşmaktadır. İstif Pliniyen pomza geri düşmeleri ile başlar, pomza akıntıları ve tekrar Pliniyen pomza düşmeleri ile devam eder. Geri düşme ürünleri beyaz-pembe renklerde iri taneler halindedir. Pomza akıntıları ise pembe renklerde farklı boyutlarda pomza ve litik parçalardan oluşmaktadır. Piroklastik kayaçlar Erciyes'in güney bölümünde bulunan tüm birimleri yer yer örtmektedir. Ayrıca güneydoğu

bölümlerde Develi Dağ volkaniklerinin kuzey bölümünü örtmektedir. Ercan ve diğ. (1994) tarafından Pliniyen pomza düşmelerinden yapılan yaş analizi ile 0,115±0,02 my yaşı bulunmuştur.

2.3.3.12. Karagüllü riyodasiti

Dikartın Dağı ve Karagüllü Tepe'de gözlenen kayaçlar gri tonlarda yer yere camsı özellik göstermektedir. Viskoz lavların oluşturduğu bükülmeli yapılarla akma bantı dokuları cm ölçeğinde yaygın gözlenmektedir (Şekil 2. 23). taneli doku gösteren kayaçlarda feldispat, biyotit ve kuvars mineralleri fenokristaller şeklinde gözlenmektedir. İki ayrı yerde gözlenen riyodasitik kayaçlar yaklaşık 18 km^2'lik bir alanı kaplamaktadır.



Şekil 2.23: Riyodasitlerde gözlenen akma bantı dokuları. Beyaz kısım bükülmeli yapıyı göstermektedir. Görünüm Karagüllü tepe kuzeydoğu yamaçlarında, doğudan batıya doğru alınmıştır.

2.3.3.13. Hacılar dasiti

Erciyes kuzeyinde gözlenen bu lavlar büyük olasılıkla Çarık Tepe'den püskürmüş Hacılar batısına akmış ve yaklaşık 4 km^2'lik bir alana yayılmıştır. Koyu renklerde gözlenen dasitik lavlar blok akıntısı göstermektedir. Kuzey bölümleri piroklastik akıntılar tarafından kısmen örtülmüştür. Notsu et al. (1995) tarafından K/Ar yöntemi ile yaş analizi sonucu bu lavların yaşı 0,083±0,005 my olarak bulunmuştur.

2.3.3.14. Perikartın piroklastikleri

Erciyes volkanı kuzeyinde Perikartın Tepe civarı ve kuzeyinde gözlenen birim Pliniyen geri düşmeler, pomza akıntıları ve taban yayılma ürünlerinden oluşmaktadır. Pliniyen geri düşmelerde pomzalar hakim olmakla birlikte az da olsa obsidyen çakılları da görülmektedir. Pomzalar krem tonlarda, lifsi ve iyi boylanmalıdır. Üzerine gelen pomza akıntıları kötü boylanmalı obsidyen çakıllarının yanı sıra amfibol mineralince zengin az gözenekli pomzalardan oluşmaktadır (Şen, 1997). Yaklaşık 10 km^2'lik bir alanda gözlenen piroklastik kayaçlar Erciyes konisinden çıkan dasitik lavları örtmektedir.

2.3.3.15. Perikartın riyodasiti

Perikartın Tepe'den çıkarak kuzeye doğru akan lavlar yüksek vizkoziteleri nedeniyle dom akıntısı şeklinde olup 1km^2'lik bir alanda görülmektedir. Gri tonlarda ve akma bantı yapıları gelişmiştir. Taban kısımlarında görülen breşleşme diğer riyodasitik kayaçlardakilerden daha fazla olduğu için blok boyutu diğerlerine göre daha küçüktür (Şen, 1997).

2.3.3.16. Volkanik çığ

Erciyes volkanı kalderasının doğu bölümünün yıkılması ile yamaçlara akan malzeme bu birimi oluşturmuştur. Kalderanın sadece bir tarafının göçmesi ile kaldera amfi-tiyatro şeklini almıştır (Şekil 2.16). Kalderanın göçmesinin bir dom gelişimi ile ilgili olmamasından dolayı bu göçmeyi meydana getiren mekanizmanın tektonik olduğu düşünülmektedir (Crandell et al., 1984; Stoffel, 1980). Dasit ağırlıklı, kötü boylanmalı ve köşeli çakıllardan oluşan birimin kalınlığı değişiklik sunmaktadır (Şekil 2.24). Arazide Dikartın Dağı piroklastiklerini örtmüş olarak gözlenen birim yaklaşık 15 km^2'lik bir alanda gözlenmektedir.



Şekil 2. 24: Kötü boylanmalı ve köşeli çakıllardan oluşan volkanik çığ malzemesi. Görünüm Erciyes kalderası kuzeydoğu yamaçlarında, kuzeydoğudan güneybatıya doğru alınmıştır.

BÖLÜM 3. PETROGRAFİ

Hasandağ ve Erciyes strato volkanlarına ait kayaçlarda yapılan petrografi çalışmaları 144 adet kayaç örneğinin ince kesiti incelenerek gerçekleştirilmiştir. Bu örneklerin tüm birimlerden olmasına özen gösterilmiştir. Kayaçların detaylı tanımlanmasında kayaç dokuları, bu kayaçları oluşturan fenokristallerin boyutları ve ayrıca bazı kayaçlarda mineral/matriks oranları ile fenokristallerin yüzdeleri tespit edilmiş ve incelenmiştir. Bu bölüm Hasandağ ve Erciyes volkanlarındaki çalışmalar olmak üzere başlıca iki ana başlık altında toplanmıştır. Aşağıda bu bölümlerden detaylı olarak bahsedilmektedir.

3.1. Hasandağ Strato Volkanına Ait Kayaçların Petrografik Özellikleri

Bazalttan riyolite kadar geniş bir aralıkta gözlenen Hasandağ volkanitlerine ait kayaçlardan 59 adet ince kesit incelenmiştir. Kayaçlardaki fenokristaller 0.3-3 mm arasında değişmekte ve bu fenokristallerin matrikse oranı %7-%61 oranında değişmektedir. Plajiyoklas, piroksen ve amfibol minerallerince zengin olan kayaçlarda, kayaç tipine göre farklı fenokristaller görülebilmektedir. Kayaçlardaki matriks ise mikrolitlerce zengin olup, bazı kayaçlarda bunlara volkanik cam ve mikrokristalen opak mineraller eşlik etmektedir. Hasandağ volkanitlerine ait kayaçların mikroskobik incelemeleri kayaç numaralarına göre Tablo 3.1'de özet olarak gösterilmiştir. Oluşturulan tabloda kayaçların adları ile dokuları, fenokristaller ve boyutları gösterilmiştir. Bu tabloda bazı örnekler için modal analiz yüzdeleri verilmiştir ve bu örnekler gri tonlu zeminle gösterilmiştir. Ayrıca Tablo 3.1'de kayaçların gruplar halinde görülmesine yardımcı olması açısından tablonun sol bölümüne stratigrafik kolon yerleştirilmiştir. Hasandağ volkanitlerine ait örnekler bazik ve nötür-asidik bileşimli olmak üzere iki grupta toplanmıştır. Bu bölümler aşağıda özetlenmektedir.

Tablo 3.1: Hasandağ strato volkanına ait kayaçların mineral içerikleri (Koyu zeminli örneklerin mineral yüzdeleri verilmiştir

Stratigrafik Konum		Örnek No	Kristal Boyu (mm)	Kristal/ Matriks	Kayaç Adı	Dokusu	MİNERALLER (*Fenokristallerin kendi aralarındaki oranları ile)								
							Plj	Qz	Amf	Gr	Cpx	Opx	Olivin	İkincil Min.	Tali Min.
PLEYİSTOSEN	Karataş Volkanitleri	H-43*	0.3-1.5	%35	Bazalt	İntergranüler	%39	-	-	%4	%11	-	%46	-	Opak
		H-45	0.5-1.2	-	Bazalt	İntergranüler	+	-	-	+	+	-	+	Kalsit	Opak
		H-47	0.5-1	-	Bazalt	İntergranüler	+	-	-	-	+	-	+	-	Opak
		H-49*	0.6-1.5	%24	Bazalt	İntergranüler	%41	-	-	%4	%15	-	%40	-	-
		H-51	0.5-1	-	Bazalt	İntergranüler	+	-	-	+	+	-	+	Serpantin	-
		H-53	0.5-1	-	Bazalt	İntergranüler	+	-	-	-	+	-	+	Serpantin	Opak
		H-56	<0.6	-	Bazalt	İntergranüler	+	-	-	+	+	-	+	-	Opak
		H-57	0.5-1.2	-	Bazalt	İntergranüler	+	-	-	+	+	-	+	-	Opak
		H-58	<0.7	-	Bazalt	Trakitik	+	-	-	-	+	-	+	-	Opak
		H-60	0.5-0.8	-	Bazalt	Trakitik	+	-	-	-	+		%	-	-
		H-62*	0.5-2	%31	Bazalt	İntergranüler	%45	-	-	%2	%8	-	%45	-	Opak
		H-64*	<0.2	%9	Bazalt	İntersal	%33	-	-	-	%12	-	%55	Kalsit,İdingsit	-
		H-70*	<0.5	%8	Bazalt	Mikrolitik	%25	-	-	-	%37.5	-	%37.5	Kalsit	-
		H-72*	<0.5	%7	Bazalt	Mikrolitik	%60	-	-	%3	%9	-	%28	-	-
							Plj	**Qz**	**Amf**	**By**	**Cpx**	**Opx**	**Olivin**	**İkincil Min.**	**Tali Min.**
	Hasandağ Külleri	H-8	0.6-2.2	-	B.Andezit	İntersal	+	-	-	-	+	+	+	-	Opak
		H-9	0.5-2.7	-	Andezit	Hyolopilitik	+	-	+	-	+	-	+	-	-
		H-10	0.5-1.2	-	Dasit	Porfirik	+	-	+	+	+	+	-	-	Opak
		H-11	0.6-2.5	-	Dasit	Porfirik	+	-	+	+	-	+	-	-	Opak
		H-12	0.5-1.2	-	Dasit	Porfirik	+	-	+	+	+	+	-	-	Opak.apatit

Tablo 3.1: (Devam) Hasandağ strato volkanına ait kayaçların mineral içerikleri (Koyu zeminli örneklerin mineral yüzdeleri verilmiştir

Stratigrafik Konum		Örnek No	Kristal Boyu (mm)	Kristal/ Matriks	Kayaç Adı	Dokusu	MİNERALLER (*Fenokristallerin kendi aralarındaki oranları ile)								
							Plj	Qz	Amf	By	Cpx	Opx	Olivin	İkincil Min.	Tali Min.
PLEYİSTOSEN	Hasandağ Külleri	H-13	0.6-2.2	-	Andezit	Trakitik	+	-	+	-	-	-	-	-	Opak
		H-16	0.6-2	-	Andezit	Porfirik	+	-	+	-	+	+	+	Kuvars	Opak
		H-17	0.6-3	-	Andezit	Porfirik	+	-	+	-	+	+	-	Kalsit	Opak
		H-18	0.3-1	-	Andezit	Porfirik	+	-	+	-	+	+	-	Kuvars	Opak
		H-29	0.6-1.2	-	Andezit	Hyolopilitik	+	-	+	-	-	+	-	-	Opak
		H-30	0.5-1.7	-	Bazalt	Mikrolitik prf.	+	-	+	-	-	-	+	-	Opak
		H-54	0.5-1.2	-	Andezit	Mikrolitik prf.	+	-	+	+	+	-	-	-	Opak
	İgnimbrit	H-31	<0.7	-	İgn.(riyolitik)	Akma Bantı	+	+	+	+	-	-	-	-	Opak
		H-71	<0.5	-	İgn.(riyolitik)	Ötaksitik	+	+	-	+	-	-	-	-	-
	Hasandağ Volkanitleri	H-1	0.6-3	-	Dasit	Porfirik	+	-	+	-	-	-	-	-	Opak
		H-2*	0.5-1.2	%36	Andezit	Mikrolitik prf.	%78	-	%15	-	%4	%2	-	-	%1Opak
		H-3	0.5-2.5	-	Andezit	Trakitik	+	-	+	-	+	+	-	Epidot	Opak
		H-5	0.5-2.2	-	Andezit	Porfirik	+	-	+	-	+	+	+	Epidot	Opak
		H-6	0.5-1.7	-	Andezit	Porfirik	+	-	+	-	+	+	+	Epidot	Opak
		H-14*	0.6-3	%31	Andezit	Mikrolitik prf.	%58	-	%25	-	%5	%10	-	Epidot	%2Opak,apatit
		H-15*	0.5-1.5	%40	Andezit	Hyalopilitik	%35	-	%55	-	%2	%5.5	-	%0.5 Epidot	%2Opak
		H-75*	0.3-2.7	%61	Andezit	Trakitik	%75	-	%21	-	%2	%2	-	-	-
	İgnimbrit	H-32	<0.7	-	İgn.(riyodasit)	Akma Bantı	+	-	+	+	-	-	-	Epidot	-
		H-35	<0.7	-	İgn.(riyodasit)	Akma Bantı	+	-	+	+	-	-	-	Kalsit	-
		H-48-b	<1.5	-	İgn.(riyodasit)	Akma Bantı	+	-	+	+	-	-	-	-	Opak

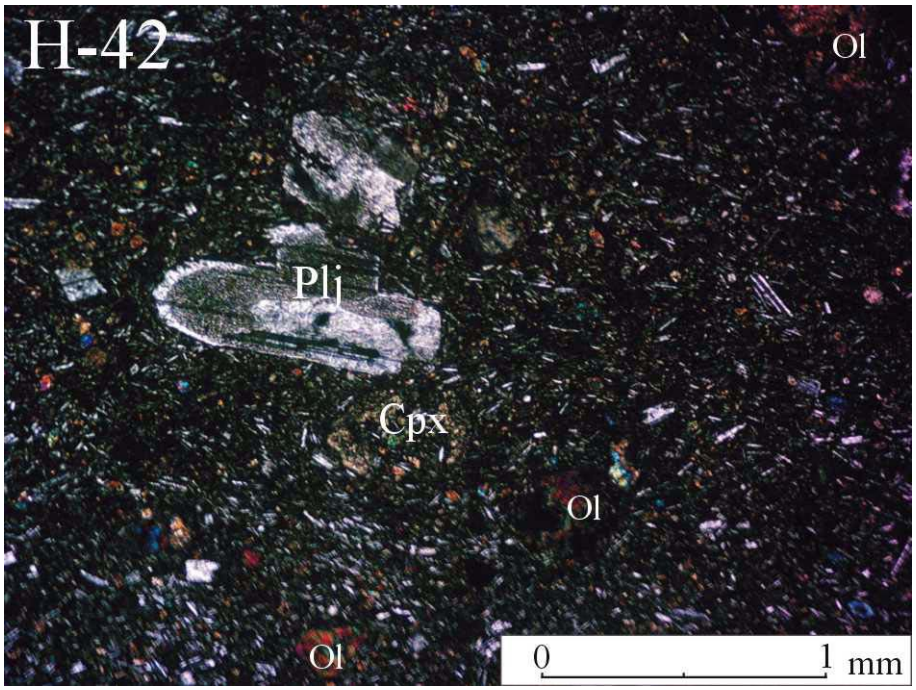
Tablo 3.1: (Devam) Hasandağ strato volkanına ait kayaçların mineral içerikleri (Koyu zeminli örneklerin mineral yüzdeleri verilmiştir

Stratigrafik Konum		Örnek No	Kristal Boyu (mm)	Kristal/ Matriks	Kayaç Adı	Dokusu	MİNERALLER (*Fenokristallerin kendi aralarındaki oranları ile)								
							Plj	Qz	Amf	By	Cpx	Opx	Olivin	İkincil Min.	Tali Min.
PLEYİSTOSEN	Mahmutlu Bazaltı	H-42*	0.3-1.2	%25	Bazalt	Trakitik	%55	-	-	-	%10	%5	%30	-	Opak
	Andezit Lav Akıntısı	H-4*	0.5-2.5	%53	Andezit	Mikrolitik prf.	%70	-	%18	-	%6	%3	%1	-	%2 Opak
		H-7*	0.3-2.5	%25	Andezit	Hiyolopilitik	%70	-	%20	-	5	%2.5	%1	-	%1.5Opak
		H-20*	0.3-1.5	%24	Andezit	Mikrolitik	%51	-	%35.5	-	%7.5	%4	-	-	%2 Opak
		H-22	<0.5	-	Dasit	Hiyolopilitik	+	-	+	-	+	+	-	-	Opak
		H-23	0.5-1.2	-	Andezit	Hiyolopilitik	+	-	+	+	+	+	-	-	-
		H-33	0.5-3	-	Andezit	Plotaksitik	+	-	+	-	-	-	-	-	-
		H-34	0.6-3	-	Andezit	Trakitik	+	-	+	-	+	+	-	-	Opak
		H-36*	0.5-2.2	%17	Andezit	Mikrolitik prf.	%20	-	%66	%4	%3	%4	-	%2 Epidot	%1 Opak
		H-37	0.5-1.5	-	Andezit	Mikrolitik prf.	+	-	+	+	+	-	-	-	Opak
		H-39	0.5-2.2	-	Andezit	Mikrolitik prf.	+	-	+	-	-	-	-	-	Opak
Pliyosen	Taşpınar Fm	H-67	0.5-1.2	-	İgn.(riyolitik)	Akma Bantı	+	+	+	+	-	-	-	-	Opak
		H-68	<0.5	-	İgn.(riyolitik)	Akma Bantı	+	+	+	+	-	-	-	-	Opak
MİYOSEN	Bazaltik Andezit	H-77	<0.3	-	B.Andezit	Pilotaksitik	+	-	-	-	+	+	+	İdingsit	-
		H-78	<0.5	-	B.Andezit	Pilotaksitik	+	-	-	-	+	+	+	Klorit,İdingsit	-
		H-80*	<0.6	%16	B.Andezit	Pilotaksitik	%64	-	-	-	%16	%4	%16	İdingsit	-
		H-81	<0.3	-	B.Andezit	Pilotaksitik	+	-	-	-	+	+	+	İdingsit	Opak
	Keçikalesi volkanitleri	H-26*	0.5-1.7	%29	Bazalt	Mikrolitik	%65	-	-	-	%23	%10	-	Epidot, Serisit	%2 Opak
		H-27	0.5-1.2	-	Bazalt	Trakit	+	-	-	-	+	+	-	Epidot, Klorit	Opak
		H-28	0.6-2.2	-	B.Andezit	Mikrolitik prf.	+	-	-	-	+	+	-	-	Opak

3.1.1. Bazik bileşimli kayaçlar

Hasandağ strato volkanizmasında görülen bazik bileşimli kayaçlar farklı evrelerde gelişen bazalt ve bazaltik andezit lav akıntılarından oluşmuştur. Bu kayaçlarda görülen dokular ve mineral bileşimleri Tablo 3.1'de verilmiştir. Genel olarak bu kayaçlarda plajiyoklas ve piroksen fenokristalleri yaygındır.

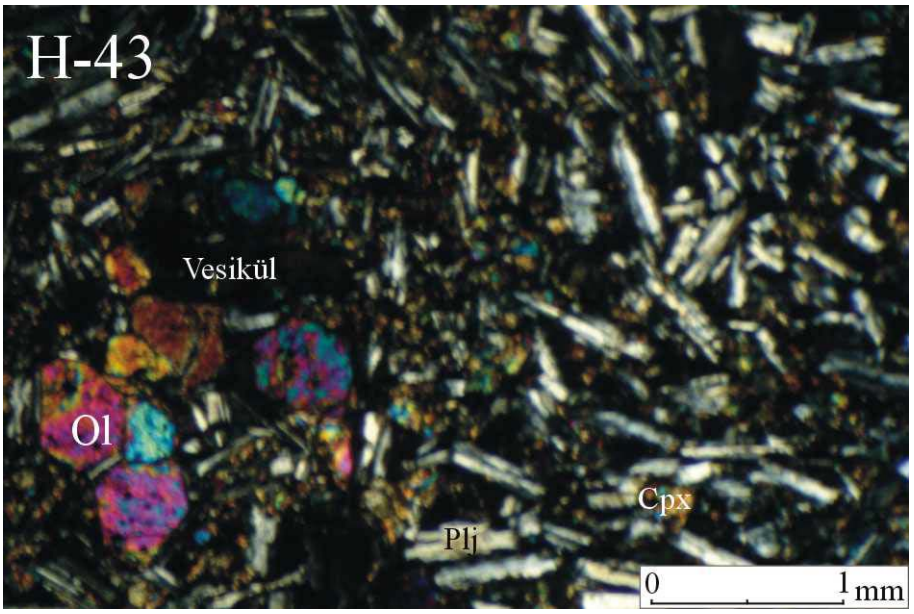
Plajiyoklaslarda polisentetik ikizlenme, zonlanma, elek dokusu ve dirsek ikizi (H-27) ile bazı plajiyoklaslarda (H-28) konvolut zonlanma ve mantolanma görülmektedir. Sönme açısına göre yapılan plajiyoklas tayinlerinde Keçikalesi volkanitlerinde %42-56 An, bazaltik andezitlerde %52-%69 An içerikleri belirlenmiştir. Prizmatik şekilleri yaygın görülen plajiyoklaslarda opak mineral ve piroksen kapanımları Keçikalesi volkanitlerinde belirgindir. Bazaltik andezit türü kayaçlardaki plajiyoklaslar mikrokristalendir. Mahmutlu bazaltı plajiyoklaslarında ise elek dokusu (H-42) yaygındır. Bununla birlikte aynı tip kayaçlardaki plajiyoklaslarda birlikte büyümeyi işaret eden sinosis dokusu gözlenmektedir. Hasandağ volkanizmasındaki Karataş bazaltlarında bulunan plajiyoklaslar ise yaygın olarak intergranüler dokuyu oluşturmaktadırlar.



Şekil 3.1: Plajiyoklaslarda elek ve sinosis dokusu (Ç.N.); Plj: Plajiyoklas, Ol: Olivin, Cpx: Klinopiroksen.

Keçikalesi volkanında görülen piroksenler, ortopiroksen ve klinopiroksen bileşimindedir. Ortopiroksenler genellikle özşekilli, klinopiroksenler ise daha çok prizmatik şekillerde ve ortaç sönme açısı değerlerinde bulunmaktadır. Bazı piroksenlerin kenarlarında özşekilli opak mineraller rastlanır. Mahmutlu bazaltında ise piroksen mineralleri daha az miktardadır.

Olivin kristalleri ise Mahmutlu bazaltı ve Karataş volkanı bazaltlarında yaygındır. Karataş bazaltlarında genellikle özşekilli olan ve opak mineral kapanımları barındıran olivinlerin bazılarında, kenarlar boyunca alterasyon oluşmuştur. Mahmutlu bazaltında hamur tarafından kemirilme ile olivin minerallerinin özşekillerini kaybettikleri görülmüştür.

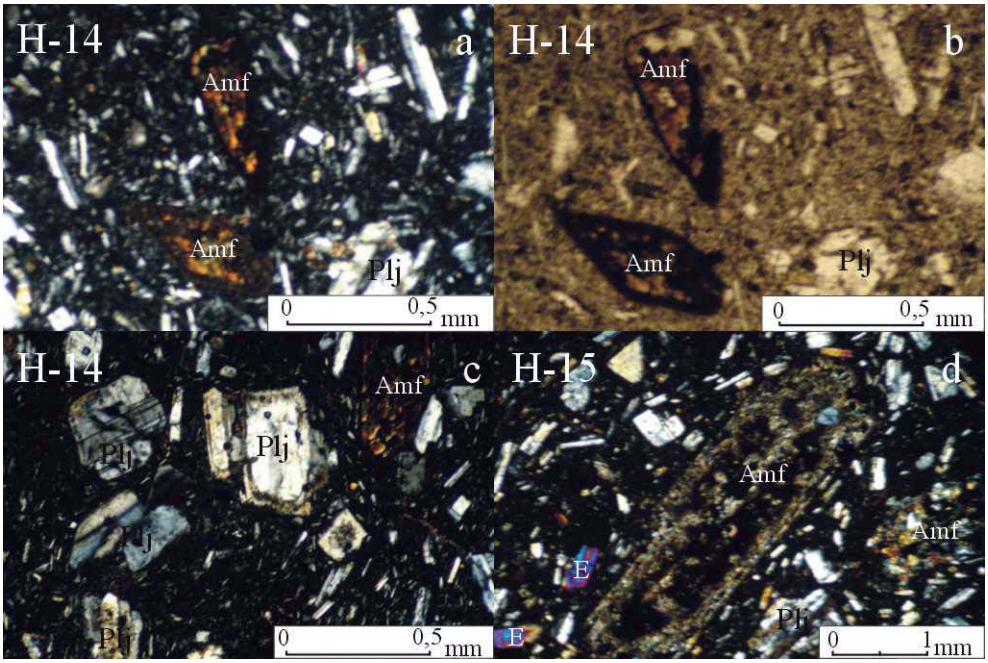


Şekil 3.2: Karataş volkanitlerinde intergranüler doku görünümü (Ç.N.); Plj: Plajiyoklas, Ol: Olivin, Cpx: Klinopiroksen.

Hasandağ strato volkanında ilk defa Aydar et al. (1995) tarafından tanımlanan granatlar bazaltik andezitlerde mikrokristaller halinde hamurda ve Karataş volkanitlerinde bulunmaktadır.

Plajiyoklaslarda serisitleşme ve epidotlaşma, mafik minerallerde kloritleşme ve epidotlaşma, bazı olivinlerde ise serpantinleşme ile idingsitleşme alterasyon türleri olarak gözlenmektedir. Bu alterasyonların hangi kayaçlarda gözlendikleri Tablo 3.1'de ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Opak mineraller olarak magnetit minerali

yaygın olmakla birlikte titanomagnetit ve ilmenit minerallerinin bu grup kayaçlarda bulunduğuna daha önceki çalışmalarda değinilmiştir. Özellikle Karataş volkanitlerinde vesiküler doku yaygın olup, boyutları 1.5-2 mm ve bazılarının çeperlerinde karbonat dolguları bulunmaktadır.



Şekil 3.3: Nötür bileşimli kayaçlardaki porfirik dokular; a: Özşekilli amfibol kristalleri ve kenarlarında reaksiyon çeperleri (Ç.N.); b: Aynı kesitin tek nikol görünümü; c: plajiyoklaslarda görülen elek dokusu (Ç.N.); d: amfibollerdeki alterasyonla agregalaşma (Ç.N.); Amf: Amfibol, plj: Plajiyoklas, E: Epidot.

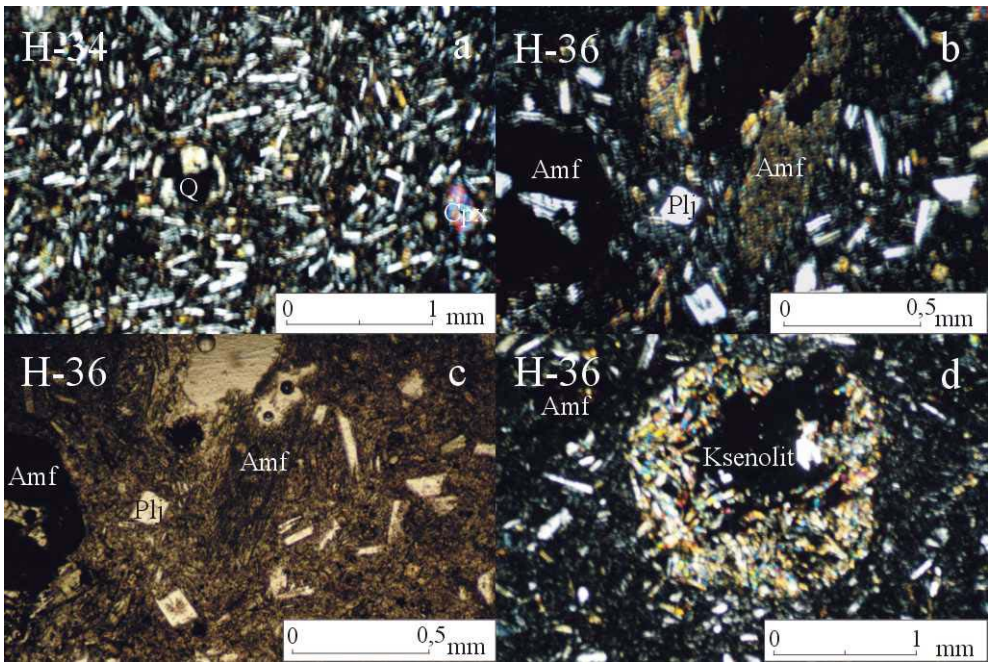
3.1.2. Nötür-asidik bileşimli kayaçlar

Volkanizmada görülen nötür ve asidik bileşimli kayaçlar andezitik, dasitik, riyolitik lavlarla explozif karakterli kül birimleri ile ignimbritik kayaçlardır. Porfirik dokunun hakim olduğu bu kayaçlarda plajiyoklas ve amfibol mineralleri yaygın olarak gözlenmektedir. Kayaçları oluşturan fenokristaller aşağıda açıklanmıştır.

Plajiyoklasların sönme açısı yardmıyla saptanan türleri geniş aralıklar vermekle birlikte, andezitik lav akıntılarında %27-49 An, Hasandağ volkanitlerinde %35-45 An, riyolitik ve riyodasitik karakterli püskürük kayaçlar %%20-29 An içerikleri bulunmuştur.

Tüm kayaçlardaki plajiyoklaslarda polisentetik ikizlenme, zonlu yapı yaygın görülmektedir. Andezitik lavlardaki bazı plajiyoklaslarda ilave olarak dirsek ikizi,

elek ve tozlu doku bulunmaktadır. Ayrıca bazı örneklerde (H-14) apatit kapanımlarına rastlanır. Plajiyoklaslarda cam kapanımlarının neden olduğu elek dokusu plajiyoklasların magma ile reaksiyonu sonucu çözünen kısımlarında oluşur (Mac Kenzie et al., 1988; Shelley, 1993). Hasandağ volkanitlerinde sinosis dokusu belirgindir. Bir grup plajiyoklasta sinosis dokusu magmatik korozyona uğradığının belirtileri bazı plajiyoklaslarda bu dokuların görülmemesi, plajiyoklasların değişik dönemlerde kristallendiğine işaret eder (Şekil 3.3).



Şekil 3.4: Nötür bileşimli kayaçlarda görülen magma karışım dokuları; a: Kuvars mineralini saran klinopiroksen (Ç.N.); b: lifsi ve opaklaşmış amfiboller (Ç.N.); c: b'deki kesitin tek nikol görüntüsü; d: iğnemsi minerallerden oluşmuş ksenolit (Ç.N.); Q: Kuvars, Amf: Amfibol, Plj: Plajiyoklas.

Bu grup kayaçların içerisinde yaygın olarak görülen amfiboller andezitik lav akıntılarında özşekilli ve yarı özşekilli olarak bulunmaktadır. Bazılarında reaksiyon çeperleri, bazılarında ise opaklaşma görülmektedir. Bazı örneklerde ise (H-36) lifsi amfibol gelişimleri bulunmaktadır (Şekil 3.4). Hasandağ volkanitlerinde de reaksiyon çeperleri ve opaklaşma yaygın olarak gözlenmektedir. Bazı amfibollerde (H-15) ise agregalaşma bulunmaktadır.

Amfibollerin etrafında görülen demirli alterasyonun gelişmesi, Gill (1981)'e göre lavın yüzeye çıktığı zaman atmosferik oksijen ile reaksiyonundan yada püskürme sırasında magma odası içinde sıcaklığın artmasıyla açıklanabilir. Wilson (1993)'e

göre ise amfibollerin etrafında opak reaksiyon kenarının gelişmesi düşük basınçlardaki duraysızlıktan kaynaklanmaktadır.

Andezit, dasit gibi kayaçlarda az miktarlarda piroksenlerde bulunmaktadır. Ortopiroksen ve klinopiroksenden oluşan bu mineraller plajiyoklas ve amfibollere göre daha küçük kristal boyutlarına sahiptir. Ayrıca ortopiroksenlerin çoğunluğu özşekilsiz ve bazıları zonlanmalıdır.

Daha asidik kayaçlarda biyotit kristalleri bulunmaktadır. Bu biyotitler lameller şeklinde ve bazılarında bu lameller bükülmüş olarak görülmektedir.

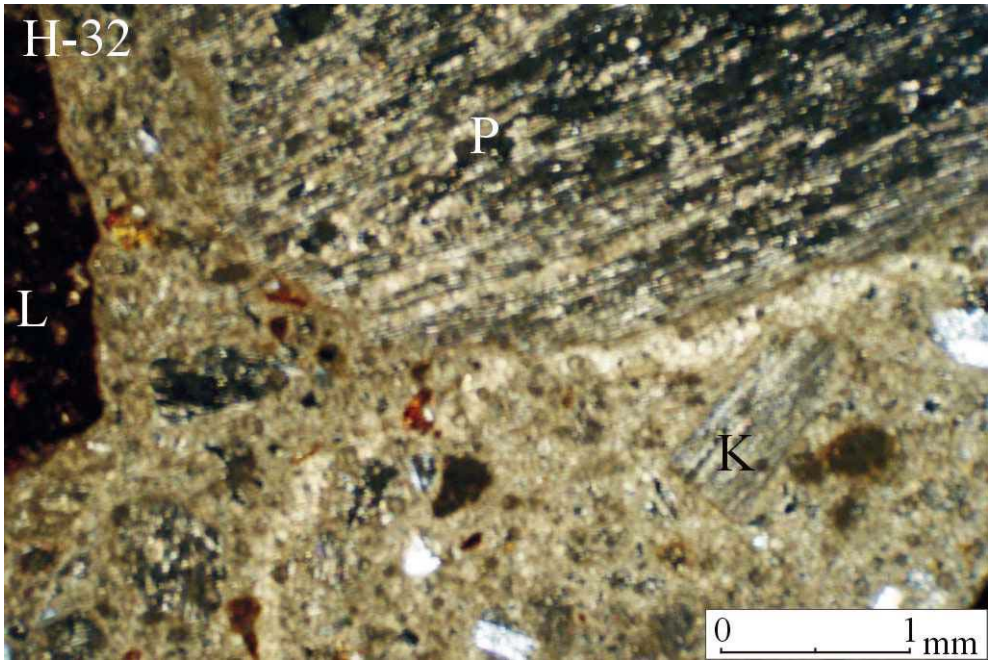
Özellikle andezitik lavlarda ksenolitlerin varlığı dikkati çekmektedir. Ksenolitler elipsoidal şekillerde bulunmakta ve genelde bazalt bileşimli olup, başlıca plajiyoklas, piroksen ve olivin kristallerinden oluşmaktadır. Mikrolitik doku ile birlikte iğnemsi mineraller gözlenmektedir (Şekil 3.4). Bu mikrolitik doku ksenoliti oluşturan magmanın ana magma ile sıvı halde iken reaksiyona girdiğini göstermektedir (Eichelberger and Gooley, 1977; Eichelberger, 1980; Bacon and Metz, 1984; Koyaguchi, 1986; Gourgaud, 1991). Bununla birlikte kristallerin iğnemsi oluşu hızlı büyümenin kanıtını oluşturmaktadır (Lofgren, 1980).

Aynı grup kayaçlarda kuvarsı saran klinopiroksenlerin görülmesi gibi dengesiz minerallerin varlığı, amfibollerin lifsi ve özşekilli olmak üzere iki ayrı şekilde görülmesi ve ksenolit oluşumları bu kayaçların gelişiminde magma karışım mekanizmalarının gerçekleştiğini göstermektedir (Şekil 3.4).

Serisitleşme, epidotlaşma ve kloritleşme şeklindeki alterasyon türleri kayaç numaralarına göre Tablo 3.1'de görülmektedir. Opak mineraller olarak magnetit minerali yaygın olmakla birlikte titanomagnetit ve ilmenit minerallerine de bu grup kayaçlarda daha önceki çalışmalarda değinilmiştir. Vesiküler doku yaygın ve bazılarının çeperlerinde karbonat dolguları bulunmaktadır.

İgnimbritik kayaçlarda yapılan petrografi çalışmalarında ince kesitler kayaç ve pomza örneklerinden yapılmıştır. İgnimbritik örneklerde plajiyoklas, kuvars, biyotit, amfibol, piroksen gibi fenokristallerin yanı sıra kayaç ve pomza parçalarına da rastlanmaktadır (Şekil 3.5). Bu kristaller genelde kül ve camdan oluşan bir matriks

içinde görülür. Bazı biyotitler bükülmüş lameller şekildedir. Yer yer vesiküler olan kayaçlarda ikincil karbonat dolguları bulunmaktadır. Bazı pomza parçaları lifsi görülmektedir. Lifsi pomza parçalarının ince kesit görüntülerinde (H-71) ötaksitik doku hakimdir.



Şekil 3.5: Kül ve camdan ibaret hamur içerisinde pomza, kayaç parçaları ve kristallerden oluşmuş ignimbrit kesiti; P: Pomza, L: Kayaç parçaları, K: Kristaller.

3.2. Erciyes Strato Volkanına Ait Kayaçların Petrografik Özellikleri

Koçdağ ve Erciyes evresinden oluşan volkanizmada Koçdağ evresi kayaçlarında bazalt ve andezit lavları yaygın bulunurken, Erciyes evresi kayaçlarında bazaltik andezit, andezit, dasit, riyodasit türündeki lav akıntıları ile lav domları bulunur. Erciyes starato volkanına ait tüm kayaçlar için genel mikroskobik özellikler Tablo 3.2'de özetlenmiştir. Bu tablo ile kayaçların kristal boyutları, dokuları, mineral içerikleri, alterasyon türleri gösterilmiş ve ayrıca modal analizi yapılmış örneklerde mineral yüzdeleri de verilmiştir. Bu örnekler tabloda gri zeminli olarak belirtilmiştir. Koçdağ ve Erciyes evrelerine ait kayaçların genel petrografik özellikleri aşağıda ayrı bölümler halinde incelenmiştir.

3.2.1. Develidağ volkanitleri ve Koçdağ evresi

Develidağ volkanizmasında bazalt, bazaltik andezit ve andezit lavları görülmektedir. Bu lavlarda 0.5-3.7 mm arasında değişen tane boyutları ve %20-31 arasında fenokristallerin matrikse göre oranı bulunmuştur.

Bazaltlarda yaygın olarak intergranüler doku gözlenirken, bazılarında mikrolitik porfirik ve yer yer vesiküler doku görülmektedir. Aynı kayaçlarda glomeroporfirik dokuda sıklıkla gözlenmektedir. Bazaltik andezit ve andezit lavlarında da mikrolitik porfirik doku belirgindir.

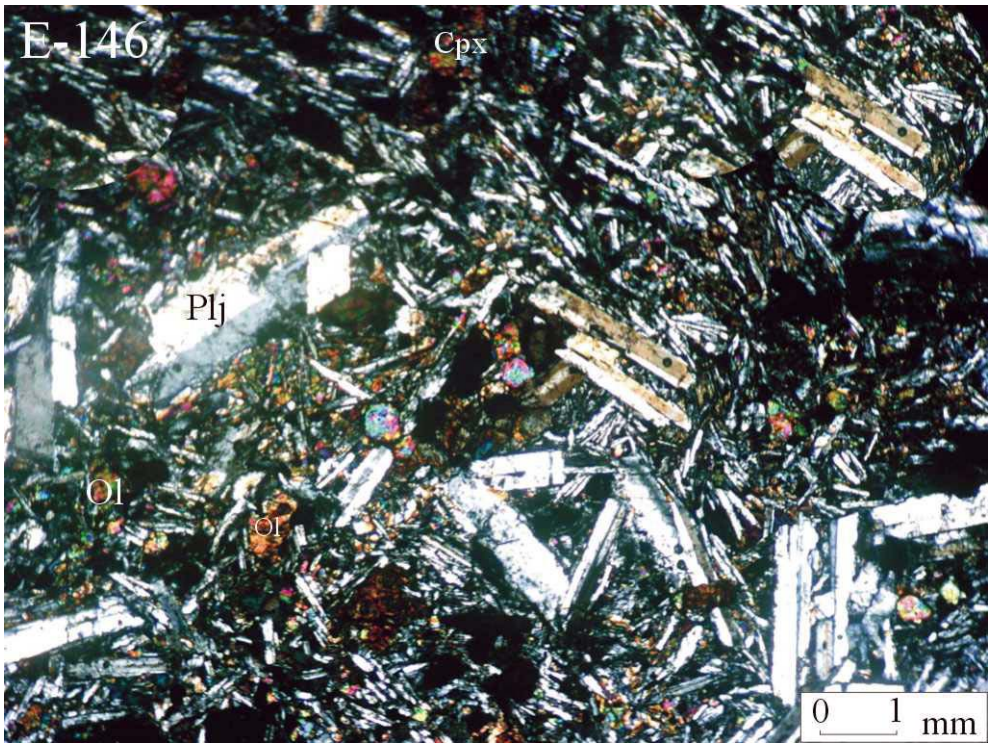
Bazalt ve andezit türü lavların bol bulunduğu Koçdağ volkanizmasına ait kayaçlarda fenokristal boyutları bazaltlarda 0.5-2.5 mm, andezitlerde 0.2-2.5 mm, bazaltik andezitlerde 0.5- 2.7 mm ve bu evrenin son ürünü olan ignimbritik kayaçlarda ise 0.3-1.7 mm arasında değişmektedir. Fenokristallerin matrikse göre oranı bazik kayaçlarda %20-52, andezitlerde ise %17-74 arasındadır. Bu oran sadece modal analiz yapılmış örnekler için geçerlidir.

Koçdağ evresi kayaçlarında en bol bulunan mineral plajiyoklasdır. Bazaltlardaki plajiyoklaslarda polisentetik ikizlenme gözlenirken, mikrolitik porfirik dokulu olanlarında zonlanmış plajiyoklaslara rastlanır. Aynı şekilde bazaltik andezit ve andezit türü kayaçlarda plajiyoklas zonlanmaları dikkati çekmektedir. Bununla birlikte andezitlerdeki plajiyoklaslarda elek ve tozlu doku yaygındır. Aynı gruptaki kayaçların bazılarında sinosis dokusu da gözlenir. Andezit ve bazaltik andezit türü kayaçlardaki plajiyoklaslarda piroksen ve amfibol kapanımları bulunmaktadır. Plajiyoklaslar bazaltik kayaçlarda %50-60, andezitik kayaçlarda %32-46, bazaltik andezitlerde ise %56-62 An içermektedir.

Amfiboller daha çok andezitik kayaçlarda görülmektedir. Bazıları özşekilli. bazıları ise prizmatik gelişmiştir ve yer yer opaklaşmalar gözlenmektedir. Özellikle andezitik kayaçlardaki amfibolerde plajiyoklas kapanımlarına rastlanmaktadır. Develi Dağ volkanizmasına ait bazı andezitlerin (E-158) amfibollerinde reaksiyon çeperleri bulunmaktadır.

Bazaltik kayaçlarda klinopiroksenler özşekilsiz, andezitik kayaçlarda çoğu piroksenler, ortopiroksenler küçük kristalli ve özşekilli, bazaltik andezitlerde ise ortopiroksenler ve klinopiroksenler özşekilli görülmektedir. Andezit ve bazaltik andezit türü kayaçlaradaki piroksenlerin kenarlarında özşekilli opak mineraller bulunmaktadır ve bazı piroksenlerde ikizlenmeler görülmektedir. Ayrıca bazaltik andezitlerde zonlu klinopiroksenlere (E-132) rastlanmaktadır.

Olivinler bazaltlarda görülmektedir. Özşekilli ve yarı özşekilli olarak görülen olivinlerde alterasyon minerallerin özellikle dış kısımları olmak üzere çoğu örnekte görülür. Ayrıca opak mineral kapanımları da bulunmaktadır. Olivinler çok daha az oranlarda andezit ve bazaltik andezitlerde hamur tarafından kemirilmiş, özşekilsizdir.



Şekil 3.6: Bazaltlarda görülen intergranüler doku (Ç.N.); Plj: Plajiyoklas, Ol: Olivin, Cpx: Klinopiroksen.

Tablo 3.2: Erciyes strato volkanına ait kayaçların mineral içerikleri (Koyu zeminli örneklerin mineral yüzdeleri verilmiştir).

Stratigrafik Konum		Örnek No	Kristal Boyu (mm)	Kristal/ Matriks	Kayaç Adı	Dokusu	MİNERALLER (*Fenokristallerin kendi aralarındaki oranları ile)								
							Plj	Qz	Amf	By	Cpx	Opx	Olivin	İkincil Min.	Tali Min.
HOLOSEN	ERCİYES EVRESİ	E-123	0.6-1.2	-	Andezit	Mikrolitik prf.	+	-	-	-	+	+	-	-	Opak
		E-218	0.5-1.5	-	B. Andezit	Trakitik	+	-	+	-	+	+	-	Klorit	Opak
		E-220	0.3-1	-	Dasit	Porfirik	+	-	+	-	+	+	-	Epidot	-
PLEYİTOSEN		E-213	0.6-1	-	Riyodasit	Vitrofirik	+	-	+	+	-	-	-	Sferolit	-
		E-214*	0.5-1	%31	Riyodasit	Vitrofirik	%70	-	%18	%12	-	-	-	Sferolit	Apatit
		E-215	0.5-1	-	Riyodasit	Vitrofirik	+	-	+	+	-	-	-	Sferolit	Apatit
		E-208*	0.5-1.7	%20	Andezit	Hyloplitik	%64	-	-	-	%10	%23	-	Epidot	%3 Opak
		E-209	0.5-2	-	Andezit	Mikrolitik prf.	+	-	+	-	+	+	+	Epidot	-
		E-210	0.5-2.5	-	Andezit	Mikrolitik prf.	+	-	+	-	-	+	-	Epidot	-
		E-240	0.5-1.5	-	Andezit	Mikrolitik prf.	+	-	-	-	+	+	-	-	-
		E-243	0.5-1.2	-	Andezit	Mikrolitik prf.	+	-	-	-	+	+	-	-	-
		E-117	0.5-1.2	-	B. Andezit	Mikrolitik prf.	+	-	+	-	+	-	-	-	-
		E-118	0.5-2.5	-	B. Andezit	Trakitik	+	-	+	-	+	+	-	-	-
		E-121	0.7-2.2	-	B. Andezit	Mikrolitik prf.	+	-	+	-	+	+	-	Epidot	Opak
		E-175*	0.5-1.2	%13	B. Andezit	Mikrolitik	%26	-	-	-	%16	-	%58	-	-
		E-199	-	-	B.andezit	Mikrolitik	+	-	-	-	+	+	-	Epidot	Opak
		E-211	<0.5	-	B. Andezit	Mikrolitik	+	-	-	-	+	-	+	-	-
		E-212	0.5-1.2	-	B. andezit	Mikrolitik	+	-	-	-	+	-	+	-	Opak

Tablo 3.2: (Devam) Erciyes strato volkanına ait kayaçların mineral içerikleri (Koyu zeminli örneklerin mineral yüzdeleri verilmiştir).

Stratigrafik Konum		Örnek No	Kristal Boyu (mm)	Kristal/ Matriks	Kayaç Adı	Dokusu	MİNERALLER (*Fenokristallerin kendi aralarındaki oranları ile)								
							Plj	Qz	Amf	By	Cpx	Opx	Olivin	İkincil Min.	Tali Min.
PLEYİSTOSEN	ERCİYES EVRESİ	E-216	0.2-0.7	-	B.Andezit	Trakitik	+	-	-	-	+	-	-	-	Opak
		E-217	0.2-0.7	-	B.Andezit	Mikrolitik	+	-	-	-	+	-	-	-	Opak
		E-231	0.2-1												
		E-194*	0.5-0.7	%16	B. Andezit	Trakitik	%85	-	-	-	%7.5	%7.5	-	-	-
		E-195	<0.2	-	B. Andezit	Trakitik	+	-	+	-	+	+	-	Epidot	Opak
		E-196*	<0.5	%8	B. andezit	Mikrolitik	%62.5	-	-	-	%12.5	-	%25	-	-
		E-84	0.5-1.2	-	Dasit	Porfirik	+	-	+	-	-	+	-	-	-
		E-86*	0.5-1.7	%20	Dasit	Porfirik	%58	-	%42	-	-	+	-	Serisit	-
		E-88*	0.5-1.5	%35	Dasit	Porfirik	%76		%24	-	-	-	-	-	-
		E-164	0.6-2	-	Dasit	Porfirik	+	-	+	-	+	+	-	+	Opak
		E-168	0.6-2.7	-	Dasit	Porfirik	+	-	+	-	+	+	-	+	Opak
		E-169*	0.5-2	%19	Dasit	Porfirik	%32	-	%56	-	%3	%6	-	%1 Epidot	%2 Opak
		E-171	0.5-1.7	-	Dasit	Mikrogranü	+	-	+	-	-	-	-	-	Opak
		E-178	0.7-2.5	-	Dasit	Porfirik	+	-	+	-	+	+	-	-	-
		E-179	0.5-1.7	-	Dasit	Porfirik	+	-	+	-	+	+	-	-	Opak
		E-181	0.5-1.7	-	Dasit	Porfirik	+	-	+	-	+	+	-	-	-
		E-182	<0.7	-	Dasit	Mikrolitik	+	-	+	-	+	+	-	-	Opak
		E-198	0.3-1	-	Dasit	Mikrogranü	+	-	+	-	-	-	-	Serisit	Opak
		E-203	0.5-1.5	-	Dasit	Porfirik	+	-	+	-	-	+	-	Epidot	Opak

Tablo 3.2: (Devam) Erciyes strato volkanına ait kayaçların mineral içerikleri (Koyu zeminli örneklerin mineral yüzdeleri verilmiştir).

Stratigrafik Konum		Örnek No	Kristal Boyu (mm)	Kristal/ Matriks	Kayaç Adı	Dokusu	MİNERALLER (*Fenokristallerin kendi aralarındaki oranları ile)								
							Plj	Qz	Amf	By	Cpx	Opx	Olivin	İkincil Min.	Tali Min.
PLEYİSTOSEN	ERCİYES EVRESİ	E-205	0.5-1.5	-	Dasit	Porfirik	+	-	+	-	-	+	-	Epidot	Opak
		E-206	0.5-1.5	-	Dasit	Akma bantı	+	-	+	-	-	+	-	-	-
		E-221	0.5-1.2	-	Dasit	Mikrogranü	+	-	+	-		+	-	-	Opak
		E-228	0.3-1	-	Dasit	Vitrofirik	+	-	+	+	-	-	-	Sferolit	Opak
		E-229	0.5-1.2	-	Dasit	Mikrogranü	+	-	+	-	-	-	-	-	Opak
		E-177	0.5-1.5	-	Andezit	Trakitik	+	-	-	-	+	+	-	Kalsit	Opak
		E-189	0.7-2.5	-	Andezit	Mikrolitik prf.	+	-	+	-	+	+	-	-	Opak
		E-191	0.7-2	-	Andezit	Mikrolitik	+	-	+	-	+	+	-	Serisit, Kalsit	-
		E-192	0.5-1.5	-	Andezit	Trakitik	+	-	+	-	-	+	-	Epidot, Kalsit	Opak
		E-244	0.5-2	-	Andezit	Trakitik	+	-	-	-	+	+	+	-	-
		E-245*	0.5-1.5	%21	Andezit	Hyolopilitik	%57	-	+	-	%18	%23	-	-	%2 Opak Apatit
PLİYOSEN		E-185*	0.2-0.7	%7	B. Andezit	Trakitik	%57	-	-	-	%14	-	%29	-	Opak
		E-188*	0.7-2.7	%21	B. Andezit	Mikrolitik prf.	%71	-	-	-	%6	-	%23	Epidot	Opak
		E-116*	0.7-1.7	%11	Dasit	Mikrogranü prf.	%60	%20	%16	-	-	-	-	-	%4 Opak

Tablo 3.2: (Devam) Erciyes strato volkanına ait kayaçların mineral içerikleri (Koyu zeminli örneklerin mineral yüzdeleri verilmiştir).

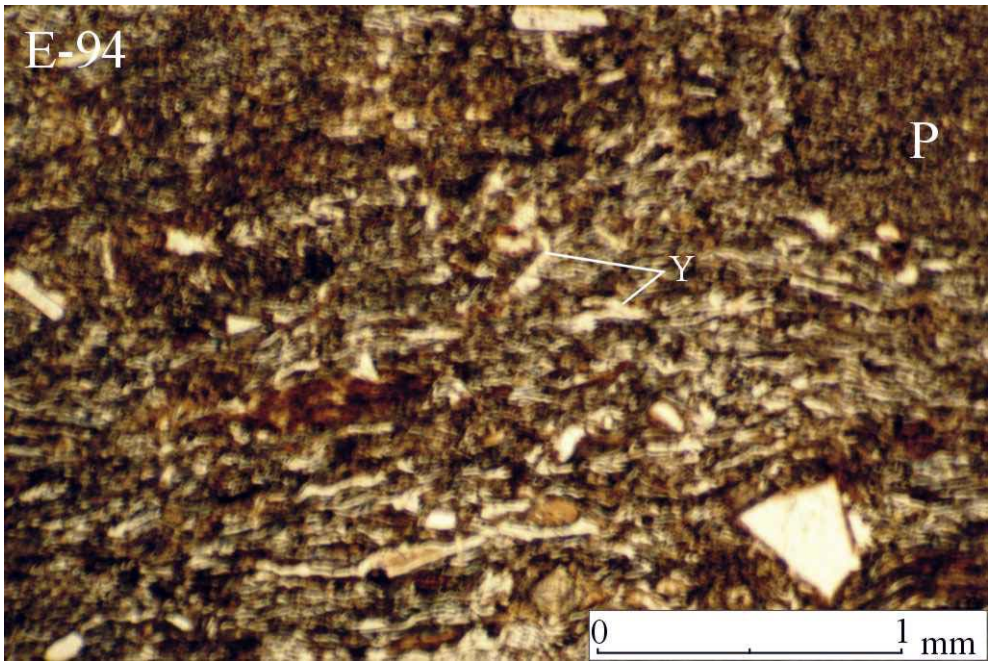
Stratigrafik Konum		Örnek No	Kristal Boyu (mm)	Kristal/ Matriks	Kayaç Adı	Dokusu	MİNERALLER (*Fenokristallerin kendi aralarındaki oranları ile)								
							Plj	Qz	Amf	By	Cpx	Opx	Olivin	İkincil Min.	Tali Min.
PLİYOSEN	KOÇ DAĞ EVRESİ	E-91-b	0.5-1	-	İgnimbrit	Akma bantı	+	+	-	+	-	+	-	Sferolit	Opak
		E-94	0.3-1	-	İgnimbrit	Akma bantı	+	-	-	-	+	+	-	-	Opak
		E-138	0.5-1	-	İgnimbrit	Akma bantı	+	-	-	+	-	+	-	-	Opak
		E-140	0.5-1.7	-	İgnimbrit	Akma bantı	+	-	-	-	+	+	-	-	Opak
		E-126	0.5-2.7	-	B. Andezit	Trakitik	+	-	-	-	+	+	-	-	-
		E-132	0.7-2.7	-	B. Andezit	Trakitik	+	-	-	-	+	+	-	-	-
		E-133	0.7-2.7	-	B.Andezit	Mikrolitik	+	-	-	-	+	+	-	-	-
		E-99	0.5-1.7	-	Andezit	Mikrolitik prf.	+	-	-	-	+	+	-	Epidot	Opak
		E-100	0.5-1.7	-	Andezit	Mikrolitik prf.	+	-	+	-	-	+	-	-	Opak
		E-101	0.5-2	-	Andezit	Mikrolitik prf.	+	-	+	-	-	+	-	-	Opak
		E-102b*	0.5-1.5	%74	Andezit	Porfirik	%83.5	-	%5	-	%0.2	%9.5	-	%1.3 Epidot	%0.5 Opak
		E-103*	0.5-1.2	%26	Andezit	Porfirik	%50	-	%45	-	-	%2	-	-	%3 Opak
		E-104	0.2-1.2	-	Andezit	Porfirik	+	-	+	+	-	-	-	-	Opak
		E-108*	0.2-0.7	%17	Andezit	Mikrolitik prf.	%73	-	%14	-	%3	%7	-	-	% 3 Opak
		E-112	0.6-1.7	-	Andezit	Mikrolitik prf.	+	+	+	-	+	+	-	-	Opak
		E-124	1-2.7	-	Andezit	Mikrogranü	+	-	+	-	-	-	-	-	Opak
		E-129	0.5-1.2	-	Andezit	Mikrolitik prf.	+	-	-	-	+	+	+	Klorit	Opak
		E-130	0.5-2.5	-	Andezit	Mikrolitik prf.	+	-	-	-	+	+	-	-	-
		E-131	0.5-2.0	-	Andezit	Mikrolitik prf.	+	-	+	-	+	+	-	-	Opak

Tablo 3.2: (Devam) Erciyes strato volkanına ait kayaçların mineral içerikleri (Koyu zeminli örneklerin mineral yüzdeleri verilmiştir).

Stratigrafik Konum		Örnek No	Kristal Boyu (mm)	Kristal/ Matriks	Kayaç Adı	Dokusu	MİNERALLER (*Fenokristallerin kendi aralarındaki oranları ile)								
							Plj	Qz	Amf	By	Cpx	Opx	Olivin	İkincil Min.	Tali Min.
PLİYOSEN	KOÇ DAĞ EVRESİ	E-136	0.7-2.5	-	Bazalt	Mikrolitik prf.	+	-	-	-	+	+	+	-	Opak
		E-141*	0.6-2	%20	Bazalt	İntergranüler	%70.5	-	-	-	%12	-	%17.5	-	-
		E-146*	0.5-1.5	%47	Bazalt	İntergranüler	%62.5	-	-	-	%11	-	%25	İddingsit	%1.5 Opak
		E-147	0.5-1.2		Bazalt	İntergranüler	+	-	-	-	+	-	+	-	Opak
		E-148*	0.6-2.2	%25	Bazalt	İntergranüler	%49	-	-	-	%10	-	%39	İddingist	%2 Opak
		E-149*	0.7-1.5	%52	Bazalt	İntergranüler	%57	-	-	-	%12	-	%29	Klorit, İddingsit	%2 Opak
		E-150*	0.7-2.7	%35	Bazalt	İntergranüler	%46	-	-	-	%8	-	%46	İddingsit	-
		E-152*	0.7-3.2	%56	Bazalt	İntergranüler	%55	-	-	-	%11	-	%34	-	-
		E-233*	0.5-2.5	%51	Bazalt	İntergranüler	%73	-	-	-	%9	-	%18	-	-
	DEVELİ DAĞ VOLKANİTLERİ	E-156	0.7-3.7	-	Andezit	Mikrolitik prf.	+	-	+	-	+	+	-	-	Opak
		E-157	0.5-3.7	-	B.Andezit	Mikrolitik prf.	+	-	-	-	+	+	+	-	Opak
		E-158*	0.5-2.2	%20	Andezit	Trakitik	%76	-	%18	-	%2	%2	-	-	%2 Opak
		E-159	<0.5	-	B.Andezit	Trakitik	+	-	-	-	+	-	+	-	-
		E-160	0.5-1.7	-	Andezit	Mikrolitik	+	-	+	-	+	-	-	-	Opak
		E-161	0.7-2.2	-	Bazalt	Mikrolitik prf.	+	-	-	-	+	+	+	İddingsit	Opak
		E-235*	0.7-1.7	%31	Bazalt	Mikrolitik prf.	%83	-	-	-	%2	-	%15	İddingsit	-
		E-237	<0.7	-	Andezit	Trakitik	+	-	+	-	+	+	-	Epidot	Opak
		E-238	<0.7	-	Andezit	Mikrolitik	+	-	+	-	+	+	-	-	-

Özellikle Koçdağ volkanizmasına ait andezit ve bazaltik andezitlerdeki bazı örneklerde ksenolit gözlenmektedir. Bu ksenolitler genelde plajiyoklas ve piroksen minerallerinin hakim olduğu bazalt bileşimli kayaç parçalarıdır. Bazılarında mineraller iğnemsi şekillidir; bu durum büyümenin çok hızlı olduğunu göstermektedir (Lofgren, 1980). Andezitik kayaçlar içerisinde bazik ksenolitlerin varlığı magmanın fiziksel karışımının kanıtıdır (Koyaguchi, 1986; Koyaguchi, 1991, 1991; Gourgaud, 1991; Huppert and Sparks, 1980; Orsini et al., 1991; Blake and Fink, 2000). Ayrıca bazı andezitlerde kuvars kristallerinin bulunması ve piroksen kuvars birlikteliğinin mineralojik dengesizlik oluşturması yine aynı şekilde fiziksel magma karışımı ile açıklanabilir.

Andezitik lavlarda görülen geniş çaplı alterasyon plajiyoklaslarda serisitleşme, mafik minerallerde kloritleşme ve epidotlaşmaya neden olmuştur. Ayrıca aynı tür kayaçlarda amfiboller de opaklaşmıştır. Bazik kayaçlarda bulunan piroksenlerde, az da olsa, kloritleşme; olivinlerde ise yaygın olarak idingsitleşme bulunmaktadır.



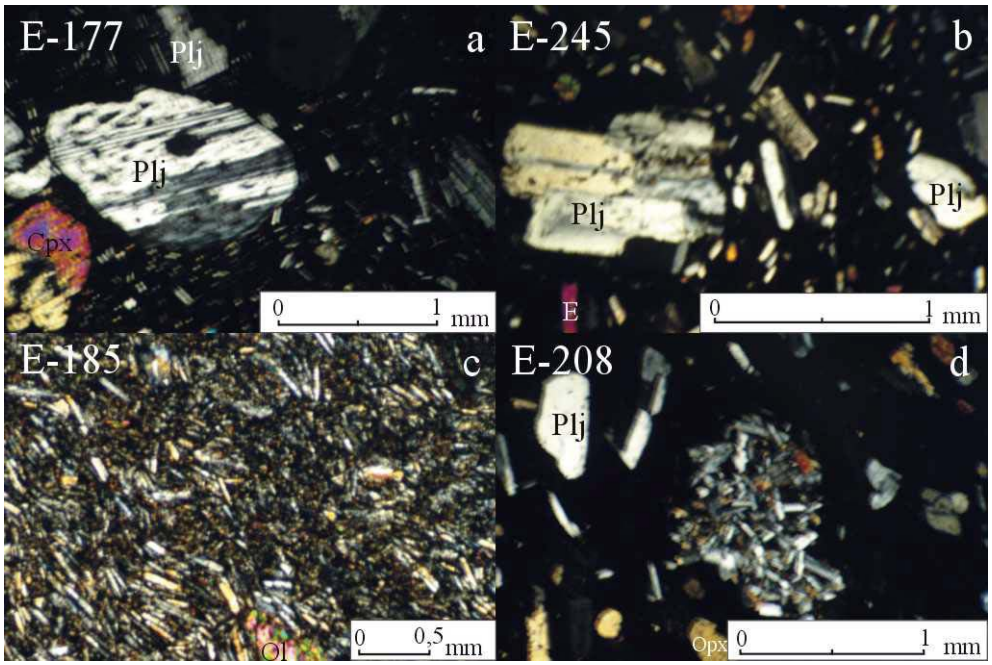
Şekil 3.7: Bantlı yapıdaki kaynamış ignimbritlerdeki 'Y' şekilli cam parçacıkları (T.N.). P: pomza, sağ alt köşede gaz boşluğu beyaz renkli gözükmektedir.

İgnimbritik kayaçlarda yapılan petrografi çalışmalarında ince kesit örnekleri tüm kayayı karakterize etmeyeceği için sonuçları yanıltıcı olabilir. İnce kesiti yapılan örneklerin bazıları kaynamış tüfler (E-94, E-138) olarak görülmektedir (Şekil 3.7).

Bu örneklerde plajiyoklas, biyotit, piroksen gibi fenokristallerin yanı sıra kayaç ve pomza parçalarına da rastlanmaktadır. Pomza parçalarında ikincil silis krsistallenmeleri görülmektedir. Fenokristallerin çoğunluğu matriks içinde kırılmış ve özşekillerini kaybetmiş görünür. Matriks volkanik kül ve cam ağırlıklıdır. Cam parçalarında 'Y' şekilleri görülebilmektedir. Ayrıca lehimli tüflerde bantlı bir yapı görülmektedir.

3.2.2. Erciyes evresi

Bu evrenin ürünleri, bazaltik andezit, andezit, dasit, riyodasit lavları ile piroklastik yağış birimlerinden oluşmaktadır. Kayaçların fenokristal boyutları, andezitik bazaltlarda 0.5-2.7mm, andezitlerde 0.5-2.5mm, dasitlerde 0.3-2.7 mm ve riyodasitlerde 0.5-1 mm arasında değişmektedir. Fenokristallerin matrikse oranı bazaltik andezitlerde %8-21 ve andezitlerde %20-21, dasitlerde %11-35, riyodasitlerde %30 civarındadır.

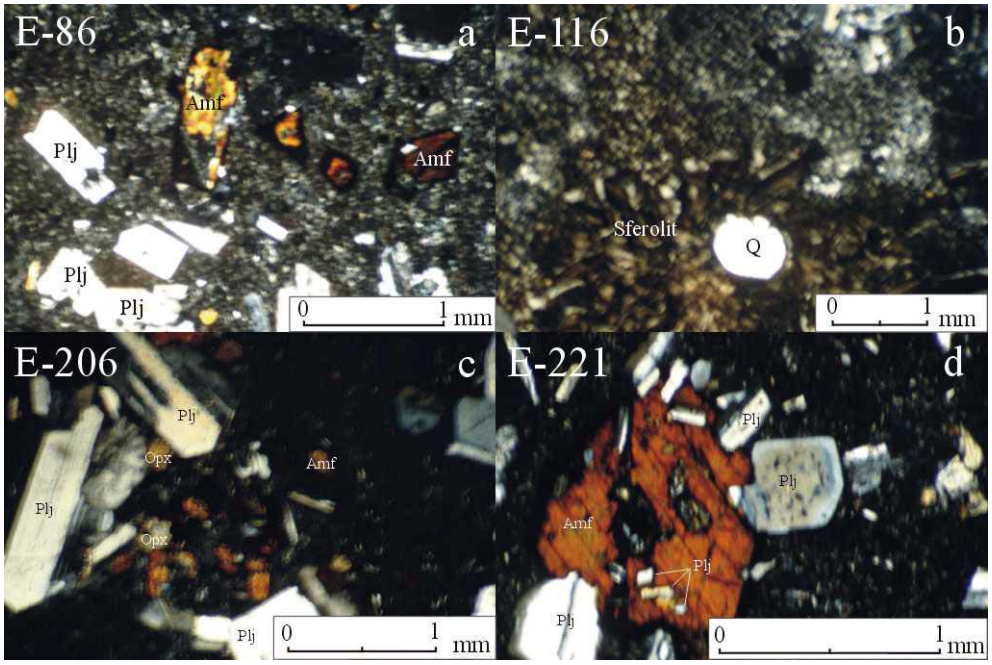


Şekil 3.8: Bazaltik andezit ve andezit bileşimli kayaçlardaki plajiyoklaslar (Ç.N.); a: schiller inklizyonu; b: plajiyoklaslarda amfibol kapanımları (Ç.N.); c: bazaltik andezitlerde trakitik dokuyu oluşturan plajiyoklaslar (Ç.N.); d: ksenolitte bulunan plajiyoklas kümelenmeleri (Ç.N.); Plj: plajiyoklas, Ol: Olivin, Opx: Ortopiroksen, Cpx: Klinopiroksen, E: Epidot.

Kayaçların dokusal özelliklerine bakıldığında bazaltik andezitlerde mikrolitik, mikrolitik porfirik ve trakitik doku gözlenirken, bazı örneklerde yer yer vesiküler

doku görülmektedir. Benzer şekilde andezitlerde de mikrolitik porfirik, trakitik ve hiyolapilitik dokulara sık rastlanılır. Bununla birlikte vesiküler ve glomeroporfirik dokunun gözlendiği örnekler de bulunur (Şekil 3.8). Porfirik ile mikrogranü dokunun hakim olduğu dasitik kayaçlarda glomeroporfirik doku yaygındır. Riyodasitik kayaçlarda ise vitrofirik doku yaygındır.

Tüm lavlarda en bol bulunan mineral olan plajiyoklaslarda polisentetik ikizlenme, zonlanma, bununla birlikte andezit ve dasit türü kayaçlardaki bazı örneklerde elek dokusu, bazılarında ise schiller inklüzyonu bulunmaktadır (Şekil 3.8). Bazı andezit (E-245) ve dasit (E-221) lavlarındaki plajiyoklaslarda apatit kapanımları bulunmaktadır. Dasit lavlarındaki plajiyoklaslarda amfibol kapanımlarına sıkça rastlanır. Yine dasitik kayaçlardaki plajiyoklaslarda %30-38 An, riyodasitik kayaçlarda %24 An içeriği söz konusudur.



Şekil 3.9: Nötür bileşimli kayaçların mikroskobik görünümü (Ç.N.); a: amfibollerdeki reaksiyon çeperleri; b: kuvars mineralinden itibaren oluşmuş sferolitler (Ç.N.); c: amfibol ve piroksen minerallerinin oluşturduğu glomeroporfirik doku (Ç.N.); d: amfibollerde reaksiyon çeperleri ve plajiyoklas inklizyonları (Ç.N.); Plj: Plajiyoklas, Amf: Amfibol, Opx: Ortopiroksen, Q: Kuvars.

Amfiboller andezit, dasit ve riyodasit lavlarında bulunur. Dasit ve riyodasit türü kayaçlarda çoğunlukla özşekilli, bazaltik andezitlerde ise yarı özşekilli ve özşekilsiz görülmektedir. Andezitlerdeki amfibollerin çoğunluğunda opaklaşma gözlenirken,

dasitik kayaçlardaki amfibollerde reaksiyon çeperlerine sık rastlanır. Aynı grup kayaçlardaki bazı amfiboller lifsi yapıdadır.

Piroksenler bu evrenin kayaçlarının çoğunluğunda gözlenmektedir. Özellikle dasitik kayaçlarda ortopiroksenlerin bolluğu dikkati çekmektedir ve bu minerallerin kümelenmesi ile kayaçlarda glomeroporfirik doku gelişmiştir. Bazaltik andezit ve dasitlerdeki piroksenlerin özşekilli olma eğilimi fazladır. Bununla birlikte bu kayaçlarda lifsi piroksenler de görülmektedir. Ayrıca bu kayaçlarda prizmatik görünümlü piroksenler de görülmektedir.

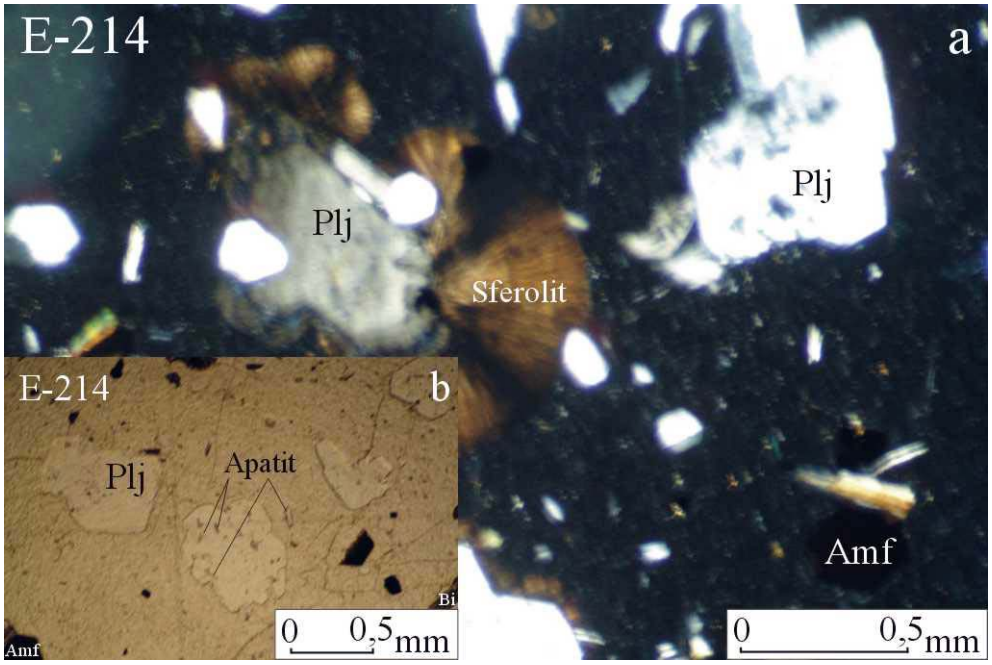
Bazaltik andezitlerde görülen olivinler yarı özşekillidir ve bazılarının dış kısımlarında alterasyon bulunmaktadır. Ayrıca bazılarında hamur tarafından kemirilme görülmektedir.

Bazı andezitlerde (E-208) ksenolit (1.5-3 mm boyutlarında) oluşumları bulunmaktadır. Bu ksenolitler bazaltik bileşimli yaklaşık intergranüler dokulu plajiyoklas ve piroksen kristallerinden oluşmaktadır (Şekil 3.8).

Erciyes evresi kayaçların alterasyonu, andezitlerdeki amfibollerin opaklaşması, tüm kayaç gruplarının bazılarında epidotlaşma. riyodasitlerde özellikle feldispatların devitrifikasyonu ile sferolit oluşumu (Şekil 3.9; 3.10), bazaltik andezitlerdeki olivinlerde idingsitleşme, vesiküler olan bazı kayaçlarda karbonatlaşma şeklindedir.

Erciyes strato volkanında görülen tali mineraller olarak opak mineraller Şen (1997)'ye göre titanomanyetit, manyetit ve ilmenit oldukları belirtilmiştir. Apatiler inklizyonlar şeklinde görülür (Şekil 3.10).

Andezit ve dasit türü kayaçlardaki dokusal özellikler bu kayaçların gelişiminde magma karışım süreçlerine dikkati çekmektedir. Bazı amfibollerdeki reaksiyon çeperleri, yine aynı kayaçlardaki piroksen ve amfibollerde farklı jenerasyonların bulunması, plajiyoklaslardaki amfibol kapanımları ve yaygın elek dokusu bu karışımın belirtileri olarak söylenebilir.



Şekil 3.10: Riyodasitlerdeki vitrofirik doku; a: plajiyoklas mineralerinden itibaren oluşmuş sferolitler (Ç.N.); b: plajiyoklas minerallerindeki apatit kapanımları (T.N.); Plj: Plajiyoklas, Amf: Amfibol.

BÖLÜM 4. JEOKİMYA

Orta Anadolu volkanizmasının önemli üyeleri olan Hasandağ ve Erciyes strato volkanlarının jenezini belirlemek ve volkanların magma oluşum süreçlerinde etkin olan kısmi ergime tipleri ve kısmi ergime yüzdelerinin hesaplanması amacıyla kimyasal analizler gerçekleştirilmiştir. Bu incelemede alterasyona uğramamış, volkanizmanın farklı evrelerini temsil eden örnekler alınmış ve petrografik incelemeleri yapılmıştır. Kimyasal analizler için Hasandağ volkanizması ürünü 17 adet, Erciyes volkanizması ürünü ise 21 adet örnek seçilmiştir. Seçilen örneklerin kimyasal analiz sonuçları Tablo 4.1'de verilmiştir.

4.1. Kullanılan Analitik Yöntemler

Kimyasal analiz çalışmaları iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Örneklerin kayaç tozu haline getirilmesine kadar olan aşama Kocaeli Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Mineraloji-Petrografi laboratuarlarında gerçekleştirilmiştir. Daha sonraki aşamalar ise ALS Chemex (Toronto-Kanada) laboratuarlarında ana ve iz elementler sırayla ICP-MS ve ICP-OES kullanılarak analiz edilmiştir.

4.1.1. Kayaç tozu hazırlama

Bu örneklerin kimyasal analiz işlemlerine hazırlık aşaması, alterasyonun kaldırılması ve çeneli kırıcı ile boyutlarının küçültülmesi ile başlamıştır. Çeneli kırıcının çenelerinin kimyasal kirlenmeye neden olmaması için her örneğin kırma işlemi sonrası tel fırça ile temizlenip, alkolle silinmiştir. Bu bölümde kırılan örnekler pulvarizatör yardımı ile toz haline getirilmiştir. Pulvarizatörle çalışma esnasında her örnek için makinenin tungsten halkaları basınçlı hava ve alkolle temizlenmiştir.

Tablo 4.1: Hasandağ ve Erciyes strato volkanlarına ait örneklerin kimyasal analiz sonuçları.

Örnek No	H-26	H-80	H-36	H-20	H-7	H-4	H-42	H-75	H-15	H-14
Lokasyon	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ
Kayaç Adı	Bazalt	B.Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Bazalt	Andezit	Andezit	Andezit
Wt %										
SiO_2	55.12	53.33	60.10	60.50	57.71	61.09	54.23	56.02	60.70	61.29
TiO_2	0.91	1.01	0.76	0.58	0.77	0.72	1.10	0.80	0.70	0.70
Al_2O_3	17.10	16.65	15.50	16.00	16.40	15.65	15.60	15.60	16.30	16.05
Fe_2O_3	9.54	11.30	6.52	6.59	7.75	6.78	8.11	6.83	6.58	6.24
MnO	0.15	0.16	0.12	0.11	0.12	0.11	0.13	0.11	0.11	0.10
MgO	3.87	3.88	2.65	2.88	3.56	2.36	7.03	6.02	3.19	2.95
CaO	7.88	8.70	4.65	5.39	6.05	4.95	7.42	7.34	5.73	5.39
Na_2O	2.97	2.70	3.95	3.72	3.58	3.85	3.73	3.67	3.78	3.80
K_2O	1.12	1.04	2.25	1.98	1.99	2.33	1.74	1.68	1.93	1.98
P_2O_5	0.15	0.20	0.31	0.19	0.16	0.20	0.37	0.26	0.19	0.22
L.O.I	1.35	0.79	2.36	1.44	1.05	1.61	0.60	1.21	0.04	0.47
Toplam	100.16	100.06	99.17	99.48	99.14	99.65	100.06	99.54	99.25	99.10
Ppm										
Cr	1226.1	2735.3	2360.7	2760.5	3870.6	2850.1	1602.6	1381.8	2121.4	1930.9
V	346.6	299.3	38.1	28.8	31.9	5.1	146.1	102.9	77.1	48.3
Ni	722.1	1650.9	1342.3	1650.9	2345.1	1697.1	942.2	821.8	1265.1	1193.1
Co	34.8	50.7	31.0	38.4	49.0	34.2	42.7	37.9	32.7	32.1
Cu	104.9	150.2	63.8	72.0	115.2	76.1	65.8	52.5	61.7	56.6
Zn	99.3	100.8	65.8	61.7	65.1	69.9	81.3	67.9	65.8	59.2
Ga	22.6	21.6	20.8	20.5	22.4	21.7	20.8	20.0	21.6	20.6
Rb	38.9	39.5	70.8	62.5	59.5	67.8	44.9	50.3	63.9	66.1
Sr	396.1	403.2	374.7	392.0	497.9	411.3	609.9	566.1	408.3	398.1
Y	26.4	28.0	21.4	18.9	18.4	19.4	22.5	18.0	20.6	19.8
Zr	103.4	105.6	201.8	138.6	121.0	149.0	152.4	127.9	142.5	151.2
Nb	5.2	6.3	17.6	11.9	9.5	12.6	17.4	9.4	12.5	13.4
Cs	0.9	2.0	2.4	2.2	2.2	2.5	1.4	1.8	2.3	1.2
Ba	30.6	338.4	497.8	451.8	468.2	540.8	430.4	137.7	459.0	489.6
La	15.82	16.92	30.69	24.47	20.17	24.99	29.11	22.37	25.77	26.20
Ce	32.95	35.38	59.73	44.91	36.98	45.47	55.56	42.72	46.52	48.51
Pr	4.12	4.35	6.18	5.02	4.13	5.13	6.47	4.98	5.13	5.36
Nd	17.35	18.62	22.46	18.38	16.01	18.82	25.01	19.21	19.21	20.24
Sm	3.94	4.11	4.64	3.61	3.51	3.85	4.70	3.63	3.84	3.89
Eu	1.14	1.12	1.12	0.91	1.03	1.12	1.31	1.05	1.04	1.01
Gd	4.15	4.17	4.42	3.36	3.35	3.48	4.47	3.17	3.42	3.89
Tb	0.71	0.71	0.69	0.52	0.52	0.53	0.67	0.49	0.54	0.52
Dy	4.39	4.25	3.75	3.10	3.02	3.20	3.59	2.89	3.16	3.26
Ho	0.92	0.93	0.76	0.63	0.64	0.67	0.74	0.61	0.69	0.72
Er	2.48	2.49	2.03	1.69	1.79	1.91	1.92	1.68	1.98	2.03
Tm	0.35	0.38	0.31	0.26	0.26	0.28	0.27	0.24	0.29	0.29
Yb	2.34	2.49	2.14	1.71	1.71	1.82	1.90	1.62	1.78	1.83
Lu	0.37	0.38	0.39	0.27	0.27	0.28	0.29	0.25	0.29	0.27
Hf	3.94	3.34	6.90	4.35	4.34	4.34	4.23	4.99	4.97	4.35
Ta	0.53	0.51	1.04	0.86	0.74	0.86	1.08	0.67	0.84	0.85
Pb	11.17	7.23	16.53	10.33	13.47	11.37	7.28	10.25	11.37	12.40
Th	6.94	5.34	9.90	9.38	7.34	9.34	7.23	7.99	9.97	9.35
U	2.43	1.83	3.30	2.74	2.43	2.93	1.95	2.66	3.04	2.93

Tablo 4.1: (Devam) Hasandağ ve Erciyes strato volkanlarına ait örneklerin kimyasal analiz sonuçları

Örnek No	H-2	H-72	H-70	H-43	H-49	H-62	H-64	E-158	E-235	E-146
Lokasyon	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Develi	Develi	Erciyes
Kayaç Adı	Andezit	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Andezit	Bazalt	Bazalt
Wt %										
SiO_2	60.30	47.96	52.34	48.36	48.66	48.26	49.05	59.80	51.44	47.96
TiO_2	0.69	1.26	0.88	1.20	1.16	1.19	1.36	0.67	0.95	1.77
Al_2O_3	16.15	17.40	17.25	16.55	15.95	16.55	16.10	16.20	16.70	17.05
Fe_2O_3	6.30	10.55	7.38	9.85	10.05	9.94	10.25	6.00	9.38	12.45
MnO	0.11	0.16	0.13	0.15	0.16	0.15	0.16	0.09	0.14	0.19
MgO	2.79	6.19	4.73	7.56	8.20	7.88	6.58	2.69	5.98	6.28
CaO	5.36	11.00	7.40	9.97	9.43	11.30	9.21	5.55	8.83	8.56
Na_2O	3.82	3.57	4.17	3.47	3.54	3.34	3.86	3.78	3.40	3.93
K_2O	2.01	0.96	1.27	1.18	1.18	0.95	1.48	2.18	0.71	0.77
P_2O_5	0.22	0.36	0.32	0.57	0.42	0.35	0.48	0.14	0.18	0.40
L.O.I	1.37	0.36	0.71	0.32	0.31	0.27	0.85	1.64	0.71	0.43
Toplam	99.12	99.77	96.58	99.18	99.06	100.18	99.38	98.74	98.42	99.79
Ppm										
Cr	2061.1	2194.1	1202.8	2173.4	2932.5	1604.2	3890.9	1941.2	1205.3	2513.6
V	56.6	234.5	156.3	201.6	139.9	238.6	52.5	66.9	299.3	171.8
Ni	1193.1	1347.4	675.8	1229.1	1728.0	920.6	2365.7	1141.7	648.0	1470.9
Co	30.7	54.4	33.1	52.6	60.4	52.3	63.4	30.7	43.7	61.1
Cu	49.4	99.8	60.7	85.4	100.8	85.4	114.2	57.6	68.9	96.7
Zn	55.5	92.6	75.1	89.5	85.4	90.5	83.3	60.7	79.2	101.8
Ga	20.6	21.8	19.9	21.0	19.9	20.8	20.2	21.9	21.5	20.7
Rb	64.2	19.6	23.5	25.9	23.3	19.0	30.4	71.4	38.6	17.8
Sr	397.1	671.0	619.1	676.1	665.9	656.7	705.6	404.2	500.9	491.8
Y	17.6	25.3	18.0	25.6	24.9	24.8	24.9	17.5	17.3	29.5
Zr	137.1	130.5	116.5	147.3	147.5	136.9	164.5	178.5	110.0	204.1
Nb	11.5	14.2	11.3	18.3	18.4	15.8	20.4	11.5	7.2	14.2
Cs	1.2	0.5	0.9	0.6	0.5	0.5	0.5	0.9	0.7	0.4
Ba	460.0	356.8	240.2	387.4	384.4	361.9	387.2	528.5	398.7	193.4
La	22.76	27.74	20.99	30.82	31.12	28.45	29.38	21.63	26.56	19.73
Ce	44.21	52.94	41.55	60.95	59.76	58.97	56.41	41.95	38.91	42.87
Pr	4.71	6.14	4.65	7.21	7.03	6.37	6.59	4.82	3.74	5.11
Nd	16.86	24.53	17.73	27.17	27.32	25.16	26.73	17.85	12.98	21.16
Sm	3.51	4.83	3.72	5.34	5.23	5.15	5.17	3.62	2.72	5.12
Eu	0.95	1.45	1.16	1.49	1.45	1.45	1.47	1.12	0.82	1.72
Gd	3.53	4.34	3.73	4.82	4.96	4.35	4.71	3.46	2.81	5.34
Tb	0.52	0.73	0.61	0.73	0.78	0.69	0.72	0.56	0.45	0.89
Dy	3.11	4.34	3.53	4.12	4.42	4.02	4.22	3.21	2.69	5.56
Ho	0.65	0.90	0.71	0.84	0.94	0.83	0.85	0.65	0.58	1.19
Er	1.79	2.32	1.92	2.25	2.56	2.16	2.15	1.77	1.48	3.21
Tm	0.27	0.32	0.27	0.31	0.37	0.30	0.31	0.26	0.21	0.47
Yb	1.79	2.11	1.78	2.07	2.51	2.01	2.01	1.70	1.32	3.18
Lu	0.28	0.29	0.27	0.31	0.36	0.30	0.30	0.27	0.20	0.49
Hf	4.88	4.12	4.92	4.56	4.41	4.12	4.78	6.94	3.82	5.25
Ta	0.83	0.92	0.76	1.02	1.14	1.09	1.24	0.87	0.59	0.93
Pb	27.90	10.63	10.33	10.33	7.48	7.21	7.23	11.37	6.20	5.17
Th	9.88	5.12	3.92	5.56	5.41	5.12	5.78	13.94	3.82	2.25
U	3.18	1.18	1.71	1.47	1.48	1.08	1.72	4.12	1.45	0.67

Tablo 4.1: (Devam) Hasandağ ve Erciyes strato volkanlarına ait örneklerin kimyasal analiz sonuçları

Örnek No	E-148	E-149	E-150	E-152	E-233	E-141	E-102-b	E-108	E-103
Lokasyon	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes
Kayaç Adı	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit
Wt %									
SiO_2	47.76	47.96	47.76	47.26	47.56	61.39	58.61	58.71	62.19
TiO_2	1.67	1.73	1.74	1.75	1.70	0.68	0.98	0.76	0.75
Al_2O_3	17.15	16.75	16.85	16.85	16.85	16.35	15.75	16.05	15.60
Fe_2O_3	11.65	11.90	12.25	12.15	11.75	5.35	7.17	6.31	5.31
MnO	0.17	0.18	0.19	0.18	0.18	0.08	0.10	0.15	0.09
MgO	6.79	6.78	6.52	6.59	6.75	2.71	3.12	3.46	2.04
CaO	8.90	8.75	8.55	8.49	8.74	4.85	5.19	5.72	4.04
Na_2O	3.80	3.79	3.92	3.86	3.81	4.06	4.01	3.43	3.77
K_2O	0.67	0.73	0.77	0.73	0.73	2.07	2.16	1.96	2.94
P_2O_5	0.36	0.39	0.42	0.39	0.35	0.21	0.24	0.19	0.20
L.O.I	0.07	0.40	0.36	1.45	1.47	1.32	2.65	2.67	2.79
Toplam	98.99	99.36	99.33	99.70	99.89	99.07	99.98	99.41	99.72
Ppm									
Cr	1354.2	1224.8	2373.1	2363.7	1624.0	1082.0	2281.1	1901.2	1440.8
V	237.6	271.5	174.9	210.9	228.3	115.2	60.7	65.8	45.3
Ni	816.7	683.0	1378.3	1362.9	929.8	596.6	1332.0	110.9	835.2
Co	54.5	51.2	58.2	57.6	54.3	22.4	35.6	34.6	24.1
Cu	72.0	66.9	93.6	90.5	71.1	39.1	85.4	67.9	48.3
Zn	101.8	109.0	99.8	100.8	97.7	56.6	68.9	59.7	60.7
Ga	21.0	21.7	20.6	21.1	21.1	2.81	22.5	21.4	22.9
Rb	26.2	17.1	15.2	27.3	26.5	70.5	87.4	60.7	97.9
Sr	515.2	556.9	487.7	451.1	471.4	317.7	329.9	375.7	300.4
Y	27.6	31.2	29.0	28.5	28.0	19.2	28.3	20.7	32.2
Zr	185.5	199.2	199.7	194.7	194.5	202.8	229.6	179.0	260.6
Nb	11.2	12.4	13.1	12.2	12.2	11.5	14.2	12.5	14.7
Cs	1.1	0.5	0.3	0.5	0.6	2.5	2.9	0.9	3.3
Ba	222.8	148.7	299.5	271.9	303.6	400.7	380.3	378.2	432.4
La	17.63	20.92	19.64	18.63	19.12	20.97	33.99	22.93	29.41
Ce	37.72	45.58	42.64	40.88	40.12	41.19	55.92	45.55	57.24
Pr	4.65	5.49	5.24	5.04	4.79	4.59	6.13	5.03	6.75
Nd	20.11	22.67	21.88	20.59	19.16	16.97	23.37	18.97	25.81
Sm	4.83	5.61	5.31	4.91	4.89	3.61	5.52	3.94	5.03
Eu	1.52	1.80	1.68	1.57	1.47	0.99	1.13	1.12	1.24
Gd	4.91	5.43	5.15	5.12	4.71	3.44	5.49	3.89	5.31
Tb	0.80	0.91	0.84	0.87	0.78	0.57	0.92	0.62	0.86
Dy	4.83	5.37	5.03	5.24	4.71	3.42	4.95	3.64	4.77
Ho	1.04	1.15	1.06	1.08	1.02	0.74	1.04	0.75	1.02
Er	2.83	3.11	2.92	2.87	2.81	2.01	2.79	2.02	2.74
Tm	0.43	0.45	0.43	0.41	0.41	0.29	0.39	0.29	0.39
Yb	2.76	2.98	2.87	2.68	2.65	1.93	2.51	1.91	2.70
Lu	0.43	0.44	0.44	0.41	0.39	0.29	0.39	0.29	0.46
Hf	5.32	5.49	5.33	5.85	5.94	6.18	7.76	6.64	7.89
Ta	0.75	0.83	0.82	0.82	0.84	0.86	0.95	0.88	0.93
Pb	5.11	5.17	7.23	5.17	10.33	11.37	13.45	9.63	13.43
Th	2.88	2.49	2.33	2.85	2.94	11.18	15.76	9.64	14.89
U	0.71	0.82	0.82	1.07	1.12	3.32	5.00	3.13	4.89

Tablo 4.1: (Devam) Hasandağ ve Erciyes strato volkanlarına ait örneklerin kimyasal analiz sonuçları

Örnek No	E-133	E-194	E-169	E-196	E-185	E-88	E-86	E-175	E-188
Lokasyon	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes
Kayaç Adı	Andezit	B.Andezit	Dasit	Bazalt	Andezit	Andezit	Dasit	B.Andezit	Andezit
Wt %									
SiO_2	57.31	53.83	64.08	51.24	60.00	62.19	64.08	53.03	60.40
TiO_2	0.72	1.23	0.52	1.42	0.65	0.49	0.49	0.96	0.70
Al_2O_3	17.15	17.00	15.05	17.40	16.35	15.50	15.90	17.10	16.65
Fe_2O_3	6.79	7.92	4.73	8.78	5.93	4.40	4.73	7.67	5.96
MnO	0.10	0.12	0.08	0.13	0.10	0.07	0.08	0.12	0.09
MgO	4.34	4.29	2.17	5.59	3.15	2.01	1.91	6.14	3.08
CaO	7.33	6.49	4.32	7.41	5.81	4.70	4.63	8.17	5.84
Na_2O	3.36	3.96	3.76	3.92	3.61	3.74	3.85	3.52	3.95
K_2O	1.41	1.62	2.47	1.34	1.69	1.98	2.03	1.14	1.83
P_2O_5	0.18	0.39	0.22	0.39	0.18	0.14	0.14	0.36	0.16
L.O.I	0.50	2.78	2.29	2.28	1.75	2.90	1.29	1.13	1.07
Toplam	99.19	99.63	99.69	99.90	99.22	98.12	99.13	99.34	99.73
Ppm									
Cr	1821.7	1582.2	1940.4	1442.3	1980.8	1021.4	1740.2	1462.6	2121.2
V	93.6	126.5	23.7	129.6	46.3	80.2	13.4	148.1	66.9
Ni	1090.3	914.4	1085.1	870.2	1121.1	569.8	999.8	841.4	1229.1
Co	37.3	35.5	25.6	39.3	29.7	18.4	22.9	39.6	31.8
Cu	74.1	54.5	51.4	50.4	66.9	35.0	44.2	57.6	60.7
Zn	64.8	84.3	46.3	82.3	62.7	55.5	44.3	72.0	55.5
Ga	20.8	21.7	21.8	21.0	20.8	20.8	20.6	19.1	21.5
Rb	43.8	42.9	95.8	24.9	45.5	69.4	65.1	26.3	62.7
Sr	396.1	500.9	279.0	558.0	352.3	295.3	315.6	530.5	377.7
Y	18.6	22.9	21.3	22.5	18.2	20.2	19.6	18.2	18.4
Zr	131.0	167.5	148.2	188.5	152.0	165.5	153.0	133.5	153.5
Nb	10.4	18.4	12.6	18.3	11.4	10.5	10.1	16.3	9.4
Cs	1.4	1.3	3.4	0.6	1.7	2.5	1.0	1.0	2.3
Ba	321.0	376.2	518.3	333.2	303.6	353.7	373.1	323.0	342.4
La	19.86	24.85	26.72	22.57	20.64	22.63	23.36	25.54	19.46
Ce	39.14	49.31	48.65	47.89	41.55	45.28	46.82	48.65	39.43
Pr	4.51	5.43	5.15	5.56	4.59	5.03	5.14	5.13	4.35
Nd	16.48	20.26	18.28	21.37	16.87	18.88	18.93	17.98	16.49
Sm	3.59	4.26	3.81	4.71	3.61	4.07	3.81	3.68	3.54
Eu	1.02	1.24	0.96	1.45	0.99	0.91	0.89	1.08	0.98
Gd	3.24	4.26	3.83	4.58	3.64	3.62	3.72	3.38	3.35
Tb	0.53	0.67	0.59	0.72	0.59	0.62	0.61	0.56	0.53
Dy	3.20	3.78	3.51	4.31	3.41	3.58	3.34	3.29	3.22
Ho	0.68	0.84	0.75	0.89	0.72	0.76	0.72	0.72	0.69
Er	1.93	2.21	2.04	2.36	1.95	2.01	2.02	2.01	1.87
Tm	0.28	0.31	0.31	0.34	0.28	0.29	0.29	0.29	0.28
Yb	1.79	2.31	2.01	2.32	1.88	1.99	1.98	1.87	1.80
Lu	0.28	0.30	0.30	0.38	0.29	0.31	0.30	0.29	0.28
Hf	4.98	5.83	5.81	5.71	5.60	5.82	5.71	4.62	5.20
Ta	0.73	1.02	0.82	1.12	0.83	0.73	0.72	1.01	0.75
Pb	9.30	9.32	12.40	11.37	10.33	13.57	13.43	7.23	9.30
Th	7.98	4.83	14.81	4.71	6.60	10.82	10.71	6.62	10.20
U	2.45	2.05	5.04	1.47	2.40	3.25	3.37	2.01	3.23

4.1.2. Ateşte kaybın bulunması

Toz örneklerden her birinden 3-4 gr 10 ml'lik cam tüpe yerleştirip etiketlenmiştir. Bu tozlar yüzey suyunu kaldırmak için 1 saat 100^{o}C' de kurutulmuştur. Ateşte kayıp değerleri yaklaşık 3 gr toz örneklerin 900^{o}C sıcaklıktaki porselen kapsülde iki saatten fazla ısıtılarak belirlenmiştir.

4.1.3. Cam tabletlerin hazırlanması

Öncelikle ateşte kaybı bulunan kayaç tozu, agat havan ve havan tokmağı kullanılarak 1:5 oranında kurutulmuş, susuz lityum tetraborat 'flux' la tamamen karıştırılmıştır (1 örnek, 5 lityum tetraborat). Karışım platin kapsüle yerleştirildikten sonra 20 dakika 1050^{o}C'de ısıtılmıştır. Ergimiş malzeme sıcak bir ocak üzerinde bekleyen grafit kalıp içine dökülmüş ve hemen paslanmaz çelik silindirle düzeltilmiştir. Soğuma sonrası analitik yüzeye dokunmamaya özen gösterilerek disk etiketlenip paketlenmiştir. Platin kapsül her örnek sonrası 10 dakika, sıcak % 5'lik HCl'de kaynatılarak temizlenmiştir.

4.1.4. ICP-MS ve ICP-OES analizleri

Hazırlanan disklerin agat havanda öğütülmesiyle elde edilen küçük miktarda toz numuneler kurutulmak için cam kapta 100^{o}C bir fırın içerisine yerleştirilmiştir. Savillex teflon tüpler saf suyla çalkalanarak temizlenmiştir.

Her bir numunede 0,1 + 0,001 gr. toz tartılıp ayrılmış ve teflon tüp içerisine taşınmıştır. Buna ek olarak 6 uluslararası standart ve 2 boş numune hazırlanmıştır. Teflon tüp içerisine 4 ml HF, 1 ml HNO_3 eklenmiş ve kapakları sıkıca kapatılmıştır. Tam çözündürme için numuneler 2 gün yaklaşık 140^{o}C'de bekletilmiştir. Numuneler daha sonra nitrat tuzları oluşumuna izin vermeleri ve sistemden HF asidini atmaları için buharlaştırılmıştır. Tüplere 1 ml Aristar HNO_3 ilave edilmiş ve tekrar buharlaştırılmıştır. Bu işlem 2 kez tekrarlanmıştır. Daha sonra tüpler içerisine 2,5 ml Aristar HNO_3 ve yaklaşık 20 ml. saf su konulmuş, kapakları kapatılmış ve tuzları çözmek için 1 saat kaynatılmıştır. Çözelti soğumaya bırakılmış, katı kalıntı kalmaması için kontrol edilmiştir. Daha sonra çözelti içine standartlar dahilinde 1,25

ml 2 ppm Rh, Re ve Bi eklenmiştir. Çözelti daha sonra 50 ml polyproplen volumetrik flask içine transfer edilmiş ve 50 ml saf su ilavesi yapılmıştır. Sonunda çözelti polyproplen kaplar içerisine transfer edilmiş ve analiz öncesi soğuk bir yerde tutulmuştur.

4.2. Jeokimyasal Karakteristikler

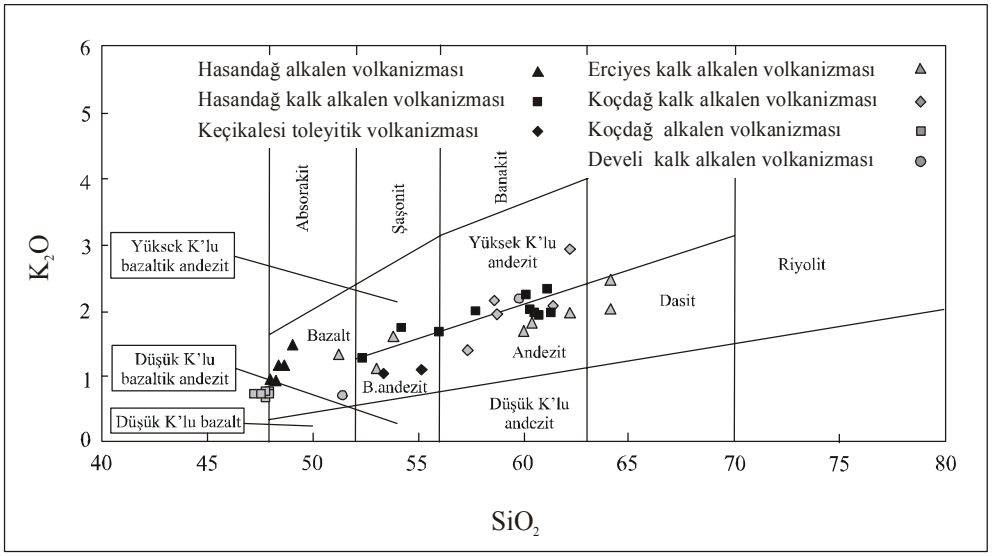
Kimyasal analizler sonucu örnekler alkali içerikleri ve stratigrafik konumları göz önünde bulundurularak gruplandırılmıştır. Bu gruplar Hasandağ strato volkanında, bazalt ve bazaltik andezit bileşimli kayaçlardan oluşan Keçikalesi toleyitik volkanizması, asidik ve nötr bileşimli kayaçlardan oluşan Hasandağ kalk-alkalen volkanizması ve volkanizmanın son ürününü oluşturan alkali bazaltlardan oluşan Hasandağ alkalen volkanizmasıdır. Erciyes strato volkanı ise, Develi kalk-alkalen volkanizması, Koçdağ alkalen volkanizması, bazalt ve bazaltik andezit bileşimli lavlardan oluşan Koçdağ kalk-alkalen volkanizması, dasit ağırlıklı olarak andezit ve bazaltik andezitlerle az miktarda riyodasitlerden oluşan Erciyes kalk-alkalen volkanizmasından oluşmaktadır. Bu kayaç gruplarının ana ve iz element içerikleri çeşitli diyagramlarda değerlendirilmiş ve bunları oluşturan magmatik işlemlerin yorumlanmasında kullanılmıştır.

4.2.1. Ana element karakteristikleri

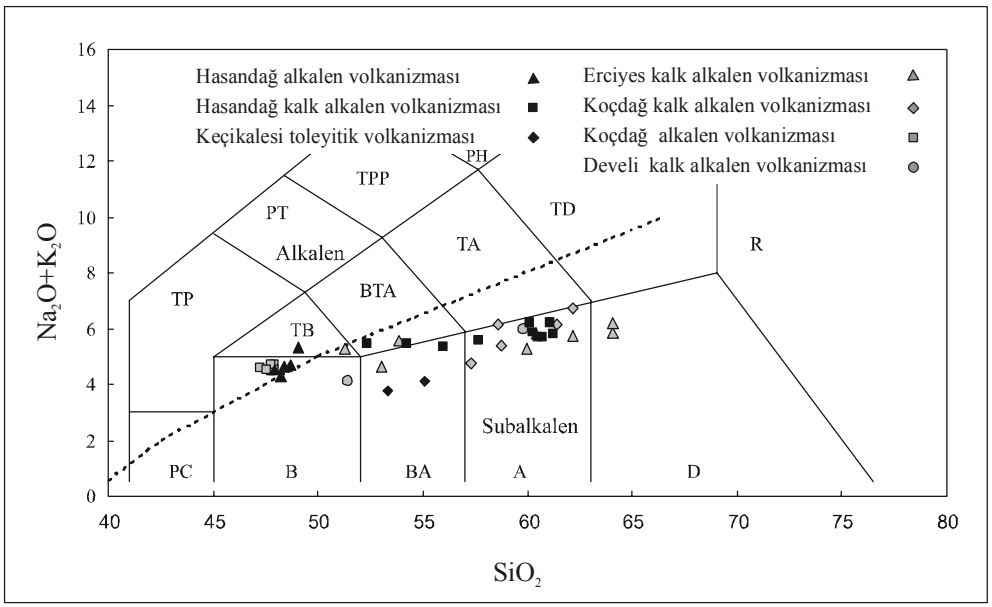
Hasandağ ve Erciyes volkanizmasına ait kayaçların ana oksit özellikleri kullanılarak, öncelikle volkanik kayaçların sınıflaması yapılmıştır. Bu sınıflamalarda hem kayaç adlaması ve hem de alkali silis ilgileri belirlenmiştir. Ayrıca değişim diyagramlarına da bu bölüm içerisinde değinilmiştir.

4.2.1.1. Volkanik kayaçların sınıflaması

Bölgede bulunan volkanik kayaçlar Le Bas et al. (1986) toplam alkali ($Na_2O + K_2O$)' ye karşı SiO_2 (TAS) diyagramı kullanılarak sınıflandırılmıştır. Aynı diyagramda alkali ve subalkali magma serilerinin ayrım çizgisi Irvine and Baragar (1971) tarafından kesikli çizgi ile belirtilmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: Volkanik kayaçların toplam alkali, SiO_2 içeriklerine göre adlaması (Le Bas et al., 1986'a göre) ve alkali-subalkali ayırımı (kesikli çizgi, Irvine and Baragar (1971)'e göre). (Pc: Pikrobazalt, B: Bazalt, Ba: Bazaltik andezit, A: Andezit, D: Dasit, R. Riyolit, Tb: Trakibazalt, Bta: bazaltik trakiandezit, Ta: Trakiandezit, Td: Trakidasit, Tp: Tefrit, Pt: Fonotefrit, Tpp: Tefrifonolit, Ph: Fonolit).

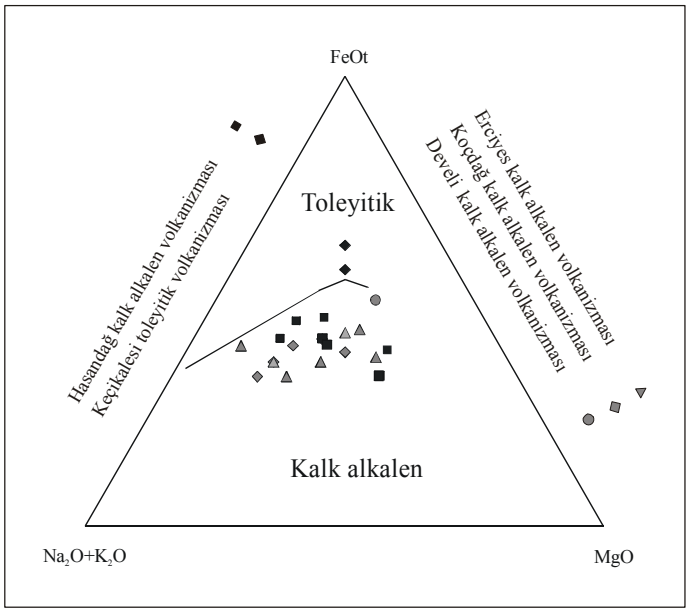


Şekil 4.2: Kayaçların K_2O-SiO_2 içeriklerine göre sınıflandırılması (Peccerillo and Taylor, 1976).

Le Bas et al. (1986) diyagramına göre Hasandağ alkalen kayaçları bazalt ve trakibazalt olarak görülürken, Koçdağ alkalen kayaçları bazalt alanına düşmüştür. Bu iki grup hariç, diğer tüm kayaçlar subalkalen çizgisi altında kalmaktadır. Hasandağ kalk-alkalen kayaçları bazaltik trakiandezit ve andezit bölümünde, Keçikalesi toleyitik kayaçları ise bazaltik andezit bölümündedir. Erciyes kalk-alkalen kayaçları

tarkibazalttan dasite kadar geniş bir aralıkta, Koçdağ kalk-alkalen kayaçları ise çoğunlukla andezit alanında görülmektedir. Develi kalk-alkalen kayaçları bazalttan andezite kadar geçiş göstermektedir.

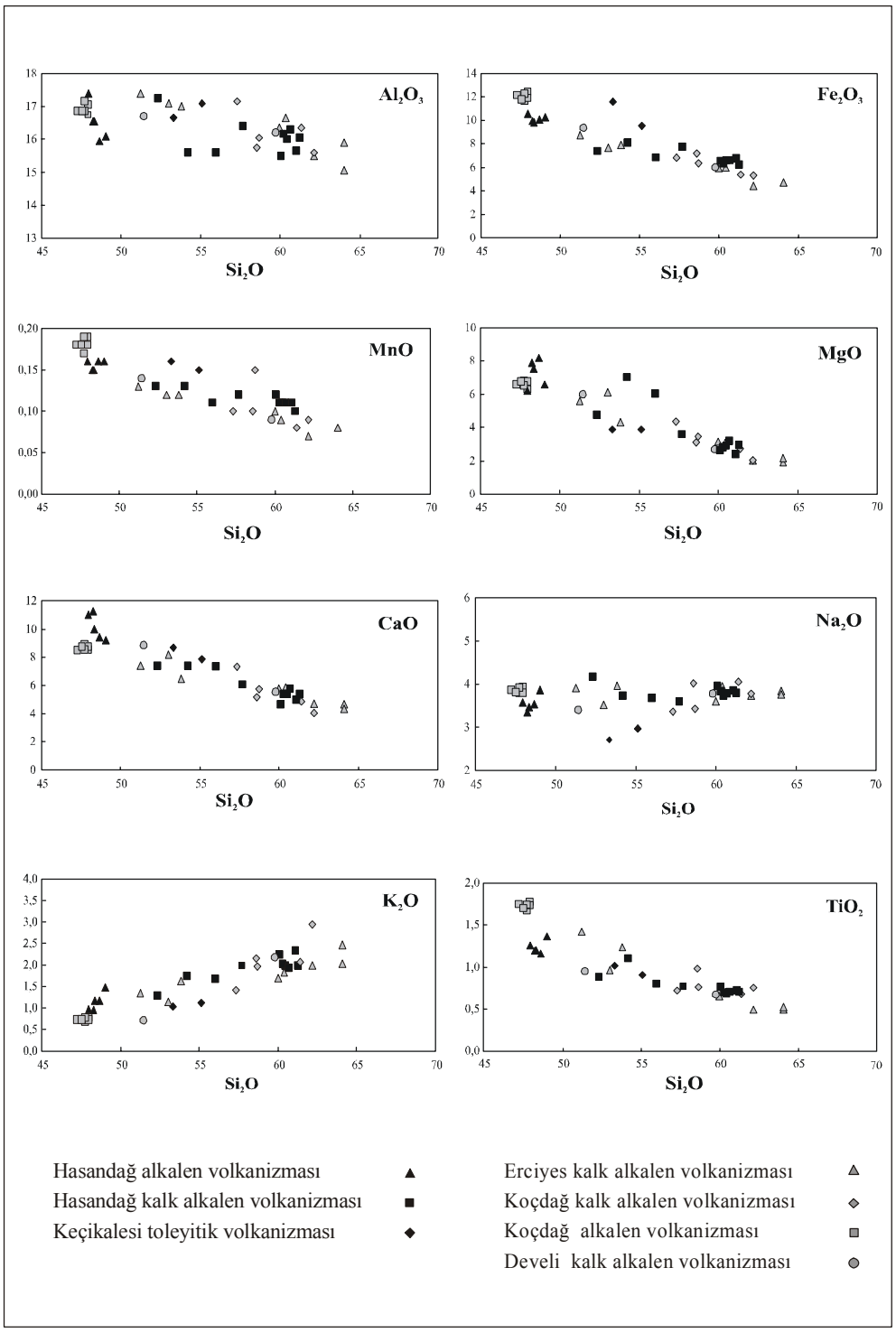
Subalkali seriler, kendi içerisinde K_2O ve SiO_2 içeriklerine göre farklı alt gruplara ayrılırlar. Bu ayırım Peccerillo and Taylor (1976) diyagramında görülmektedir (Şekil 4.2). Diyagramda örneklerin yüksek K'lu kalk-alkali seriler ve kalk-alkali seriler alanına düştükleri görülmektedir. Ayrıca subalkali seriler kalk-alkalen ve toleyitik olarak Irvine ve Baragar (1971)'ın önerdiği toplam alkali (Na_2O+K_2O), toplam FeO ve MgO üçgen diyagramlarında ayrılabilirler. Subalkali örneklerin diyagramda kullanıldığı Şekil 4.3'te Keçikalesi volkanik kayaçlarının, toleyitik alana düştükleri görülmektedir.



Şekil 4.3: Sub-alkali kayaçların Na_2O+K_2O- FeOt - MgO (AFM) içeriklerine göre sınıflandırılması (Irvine and Baragar, 1971).

4.2.1.2. Ana elementlerin değişim diyagramları

SiO_2'e karşı ana elementlerin değişiminin gösterildiği diyagramlarda görülen yönelimler, magmatik kayaçların gelişimi sırasında etkili olan süreçleri yansıtmaktadır (Şekil 4.4, 4.5). Genel olarak bu elementlerin değişimi kayaçlar içerisinde bulunan fenokristal fazlarının fraksiyonlaşmasıyla açıklanabilir.



Şekil 4.4: Volkanik kayaçların ana element (Al_2O_3, Fe_2O_3, MnO, MgO, CaO, Na_2O, K_2O TiO_2) - SiO_2 ikili değişim diyagramları.

Ana oksit diyagramlarında tüm örnekler için SiO_2 artışıyla birlikte Fe_2O_3, MnO, CaO' da azalma, K_2O'da ise artma gözlenmektedir. Düzensiz bir yönelim gösteren Al_2O_3 değerlerinde, SiO_2 artışıyla, belirgin olmamakla birlikte, azalma gözlenmektedir.

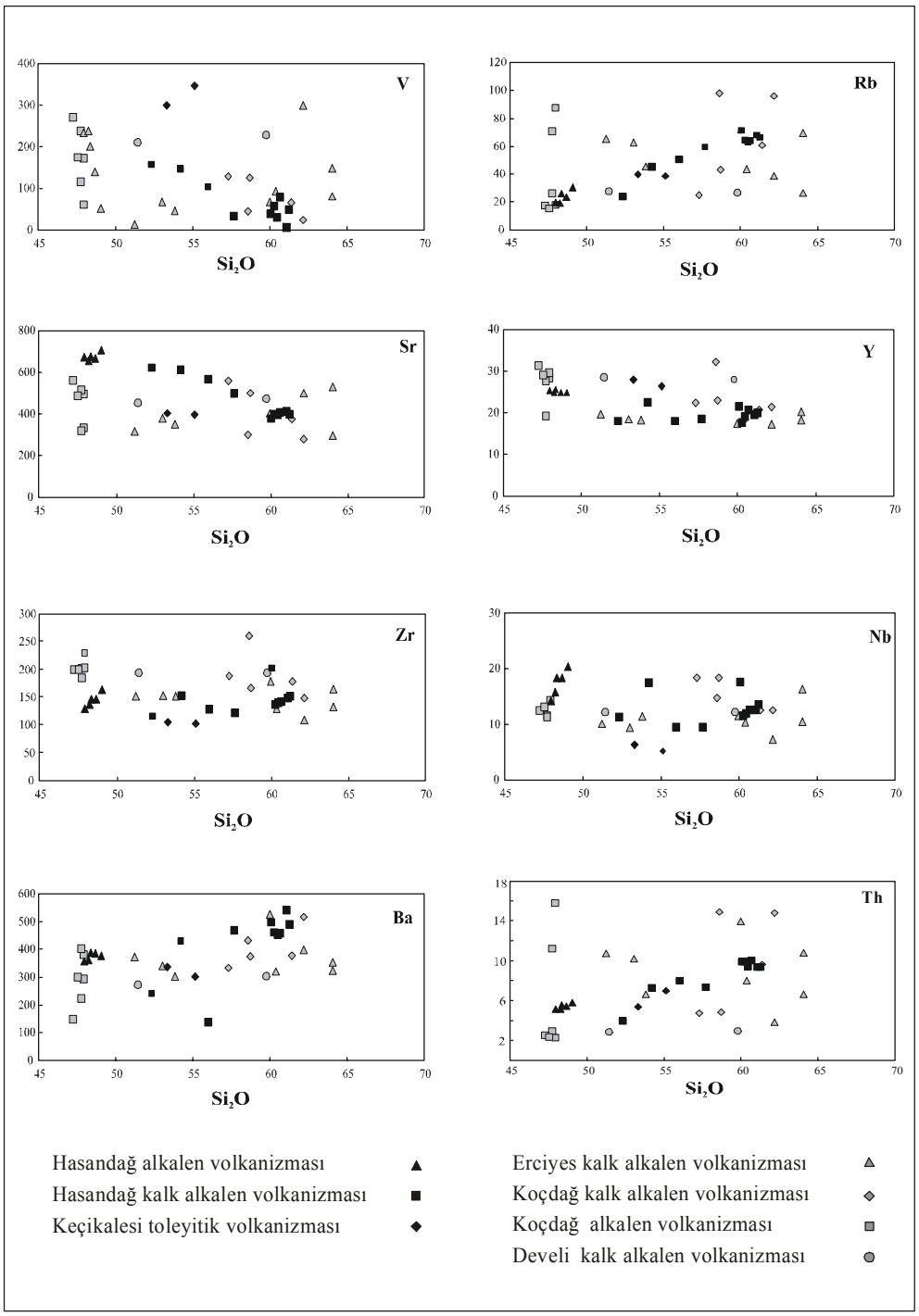
Özellikle kalk-alkalen karakterli porfiritik kayaçlardaki bu azalma muhtemelen çoğu uzun ömürlü ve sığ seviyelerdeki magma odalarında plajiyoklasca baskın mineral topluluklarının fraksiyonlanmasının sonucu olabilir. CaO'daki tüketilme ise önemli ölçüde plajiyoklas ve klinopiroksen kristalizasyonu ile açıklanabilir.

Hasandağ ve Erciyes alkali volkanik kayaçlarındaki yüksek Fe_2O_3 ve TiO_2 değerleri bu kayaçların demirce zengin olduklarını göstermektedir. Özellikle TiO_2 içerikleri Hasandağ ve Erciyes alkalen kayaçlarında SiO_2 artışı ile birlikte artmaktadır. Diğer kayaç gruplarında ise negatif bir trend gözlenmektedir. Yine alkalen karakterli Hasandağ ve Erciyes örneklerindeki MnO, MgO ve CaO konsantrasyonları yüksek değerlerde görülmektedir. Hasandağ alkalen volkanizmasında artan SiO_2 içerikleriyle birlikte MgO içeriklerinde artış vardır. Bu durum olivin fenokristallerince zengin olan kayaçlarda forsteritik olivin birikimi nedeniyle açıklanabilir.

Erciyes alkalen volkanik kayaçlarında da MgO içerikleri yüksektir. Ayrıca Hasandağ kalk-alkalen volkanik kayaçlarında Fe_2O_3, MnO ve TiO_2 gibi oksitlerin gösterdiği trendler yaklaşık %60 SiO_2 içeriğinden daha yüksek değerlerde yatay olarak devam etmektedir. Benzer şekilde, diğer oksitlerde de aynı SiO_2 değerlerinden daha yüksek değerlerde belirgin olmasa da bu trendler değişmektedir (Şekil 4.4).

4.2.2. İz element karakteristikleri

Volkanik kayaçların iz element karakteristiklerini değerlendirmek için Rb, Sr, Nb, Ba, Zr, Y ve V gibi çeşitli elementler SiO_2'ye göre değişimleri diyagramlarda değerlendirilmiştir (Şekil 4.5). Ayrıca K, Rb, Sr, Ba gibi geniş iyonlu litofiller (LIL), La, Ce, Nd gibi hafif nadir toprak elementler (LREE), Ti, Zr, Nb, Y gibi kalıcılığı yüksek olan (HFS), uyumsuz elementler çalışmanın amacı doğrultusunda çeşitli diyagramlarda kullanılmıştır.

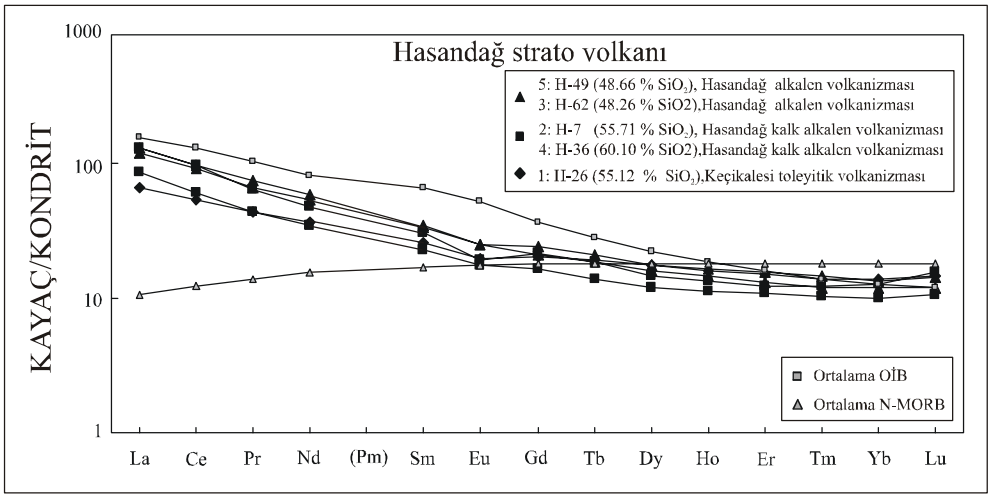


Şekil 4.5: Volkanik kayaçların iz element (V, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, Th) - SiO_2 ikili değişim diyagramları.

4.2.2.1. İz element değişimleri

İz elementlerde tüm örnekler için SiO_2 artışına karşılık Rb ve Ba değerlerinde artma gözlenirken diğer elementler için belirgin bir eğilim saptanamamıştır. Fakat kayaç gruplarına ayrı ayrı bakıldığında Hasandağ ve Erciyes alkalen kayaçlarında Rb, Zr ve

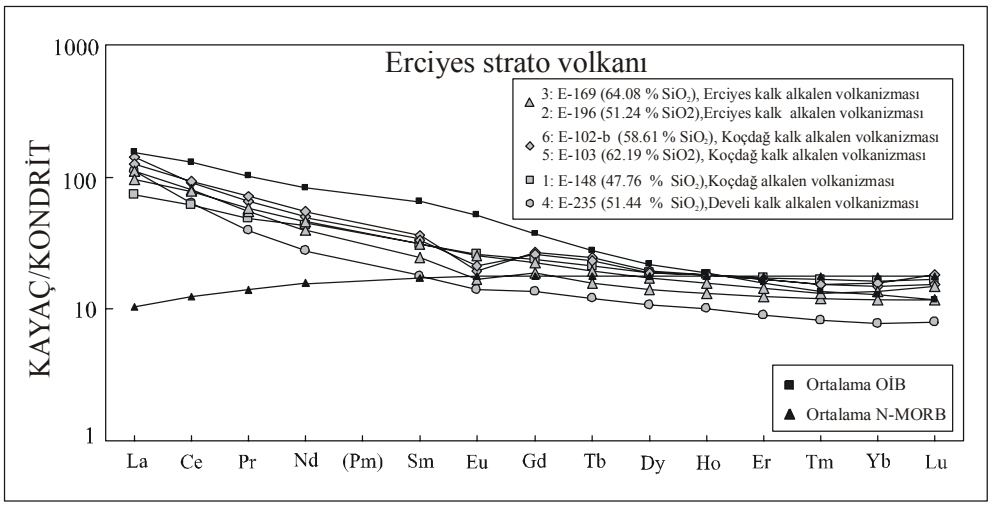
Nb konsantrasyonları SiO_2 ile pozitif bir korelasyon göstermektedir. Ayrıca Hasandağ kalk-alkalen kayaçlarında yaklaşık % 60 SiO_2 miktarlarından itibaren artan SiO_2 içerikleriyle birlikte Nb, Sr, Zr, Y elementlerinde artış eğilimi görülmektedir. Rb, Ba, Th elementlerinde de benzer şekilde pozitif korelasyon göstermeye başladıkları görülmektedir (Şekil 4.5). Bu durum bazı kristalizasyon fazlarının ilavesi ile açıklanabilir.



Şekil 4.6: Kondrite göre normalize edilmiş Hasandağ strato volkanına ait REE değerleri. Kondrit değerleri Boynton (1984)' den alınmıştır. Ortalama N-MORB ve OIB değerleri Sun and McDonough (1989)'dan alınmıştır.

4.2.2.2. Nadir toprak element karakteristikleri

Kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element diyagramları Hasandağ ve Erciyes volkanizma ürünleri için ayrı ayrı hazırlanmıştır (Şekil 4.6, 4.7). Diyagramlarda Sun and McDonough (1989)'a ait ortalama OIB ve MORB bileşimleri kayaç örnekleri ile karşılaştırmak için gösterilmektedir. Kayaç örnekleri ile birlikte OIB ve MORB bileşimleri Boynton (1984)'e ait kondrit değerlerine normalize edilmiştir. Bu diyagramlarda her kayaç grubunu temsil eden desenlerden bir veya ikişer örnek kullanılmıştır. Bu desenlerin simgeleri ve SiO_2 içerikleri aynı şekiller içinde gösterilmektedir. Hasandağ strato volkanına ait örneklerde hafif nadir toprak elementlerin desenleri, düzenli ve yarı paralel olmakla birlikte ağır nadir toprak elementlere göre, göreceli olarak zenginleştikleri görülmektedir (Şekil 4.6). Hasandağ kalk-alkalen volkanizmasında %60,10 SiO_2 içeriğine sahip desende negatif Eu anomalisi gözlenmektedir.



Şekil 4.7: Kondrite göre normalize edilmiş Erciyes strato volkanına ait REE değerleri. Kondrit değerleri Boynton (1984)' den alınmıştır. Ortalama N-MORB ve OİB değerleri Sun and McDonough (1989)'dan alınmıştır.

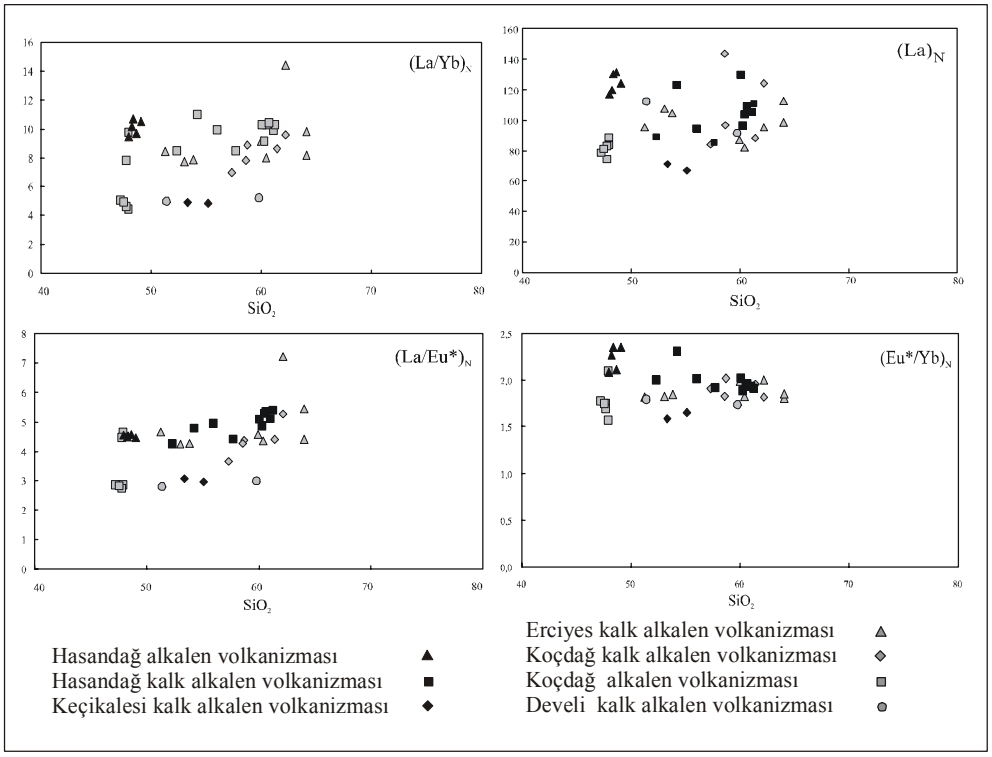
Erciyes strato volkanına ait nadir toprak element diyagramındaki desenler az çok Hasandağ örneklerine benzemektedir (Şekil 4.7). Bu diyagramda Koçdağ kalk-alkalen volkanizması ürünlerinde negatif Eu anomalileri belirgindir.

Hasandağ ve Erciyes strato volkanlarına ait örneklerin REE desenlerinde LREE bakımından zenginleşme kaynak bölgesinde düşük dereceli bir kısmi ergime sonucu ortaya çıkabileceği gibi; kaynağa yitim sonucu dalan dilimin katkısı veya kabuksal bileşenlerin etkisiyle de gerçekleşebilir.

Kondrite göre normalize edilmiş $(La/Eu^*)_N$ ve $(Eu^*/Yb)_N$ oranları sırasıyla LREE/MREE ve MREE/HREE oranlarını vermektedir. Eu* konsantrasyonları Sm, Eu ve Gd normalize değerleri kullanılarak hesaplanmaktadır (Geometrik anlamı; Taylor and Mclennan, 1985). Hasandağ ve Erciyes strato volkanına ait kayaçların bazı REE konsantrasyonlarının SiO_2'ye göre değişimleri Şekil 4.8'de verilmektedir.

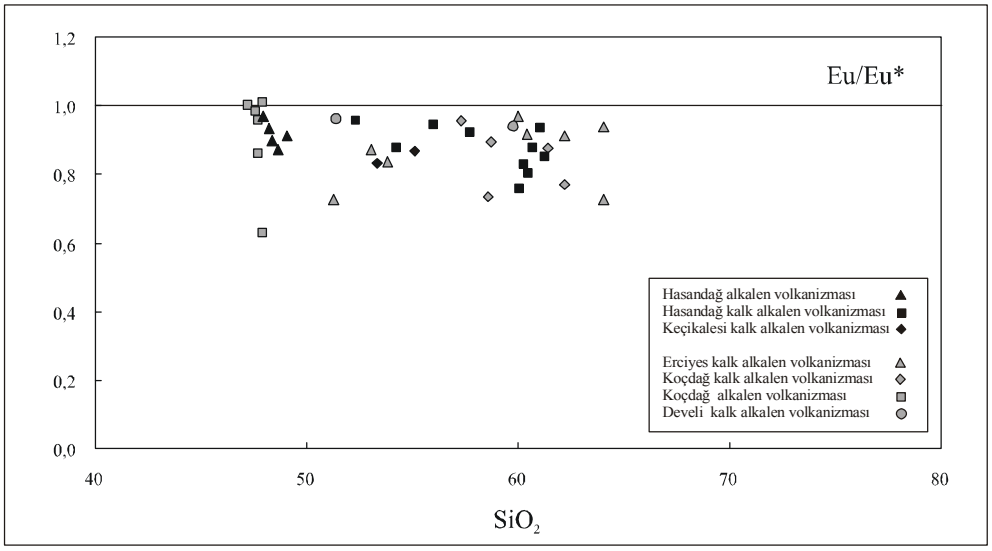
Hasandağ volkanizmasına ait kayaçlardaki LREE/MREE $(La/Eu^*)_N$ oranları Keçikalesi toleyitik volkanizmasında 2.9-3.0 arasında iken, Hasandağ kalk-alkalen kayaçlarında 4.2-5.3 arasında ve Hasandağ alkalen ürünlerinde ise 4.4-4.5 arasında yüksek miktarlardadır. MREE/HREE $(Eu^*/Yb)_N$ oranları ise sırasıyla Keçikalesi toleyitik volkanizmasında 1.5-1.6 arasında, Hasandağ kalk-alkalen volkanizmasında 1.8-2.3 arasında, Hasandağ alkalen kayaçlarında 2.0-2.3 arasında değişmektedir.

Erciyes volkanizması kayaçlarındaki LREE/MREE $(La/Eu^*)_N$ oranları Develi kalk-alkalen volkanizmasında 2.7-2.9 arasında, Koçdağ alkalen volkanizmasında 2.8-4.6 arasında, Koçdağ kalk-alkalen volkanizmasında 3.6-5.2 arasında ve Erciyes kalk-alkalen volkanizmasında 4.2-4.6 arasında değişmektedir. MREE/HREE $(Eu^*/Yb)_N$ oranları ise sırasıyla Develi kalk-alkalen volkanizmasında 1.7 civarlarında, Koçdağ alkalen volkanizmasında 1.7-2.0 arasında, Koçdağ kalk-alkalen volkanizmasında 1.8-2.0 arasında ve Erciyes kalk-alkalen volkanizmasında 1.8-2.0 arasında değişmektedir.



Şekil 4.8: Hasandağ ve Erciyes strato volkanına ait kayaçların REE – SiO_2 ikili değişimleri.

Eu/Eu* değerleri 1'den büyük ise pozitif, 1'den küçük ise negatif Eu anomalisinden söz edilir. Bu anomalilerin SiO_2'ye göre dağılımları Şekil 4.9'da gösterilmektedir. Keçikalesi volkanizmasında gözlenen Eu/Eu* oranları 0,8 civarında iken, Hasandağ kalk-alkalen kayaçlarında 0,7 ile 0,9 arasında gözlenmektedir. Ayrıca bazı örneklerde bu oran 1'e oldukça yakın görülmektedir. Hasandağ alkalen volkanizması örneklerindeki oranlar ise 0,9 civarlarında ve 1'e yakın görülmekte ve önemli bir Eu anomalisi göstermemektedirler (Şekil 4.9).



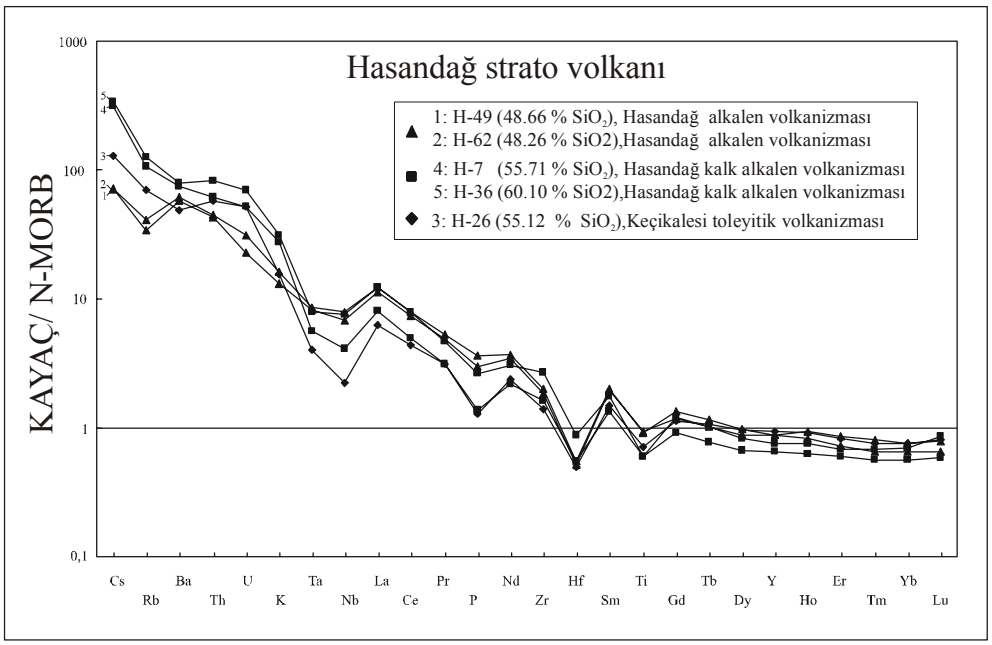
Şekil 4.9: Hasandağ ve Erciyes strato volkanına ait kayaçların değişken Eu (Eu/Eu*) anomalileri.

Develi kalkalkalen volkanizması ürünü olan kayaçlarda Eu/Eu* oranları 0,9 civarında iken, Koçdağ alkalen kayaçlarında 0.6-1.1 arasında bulunmaktadır. Aynı oran Koçdağ kalk-alkalen volkanizmasında 0,7-0,9 arasında, Erciyes kalk-alkalen kayaçlarında ise 0,7- 0,9 arasında bulunmaktadır. Sadece Erciyes alkalen volkanizmasına ait kayaçlarda 1 civarında konsantrasyonlara sahiptir (Şekil 4.9).

Alkalen seriler dışındaki örneklerde hafif ve orta derecelerde gözlenen negatif Eu anomalileri, bu magma serilerinin oluşumu esnasında gelişen plajiyoklas kristalizasyonu veya plajiyoklas mineralince fraksiyonlanmaya uğramış kıta kabuğu materyali ile kirlenmeyle açıklanabilir.

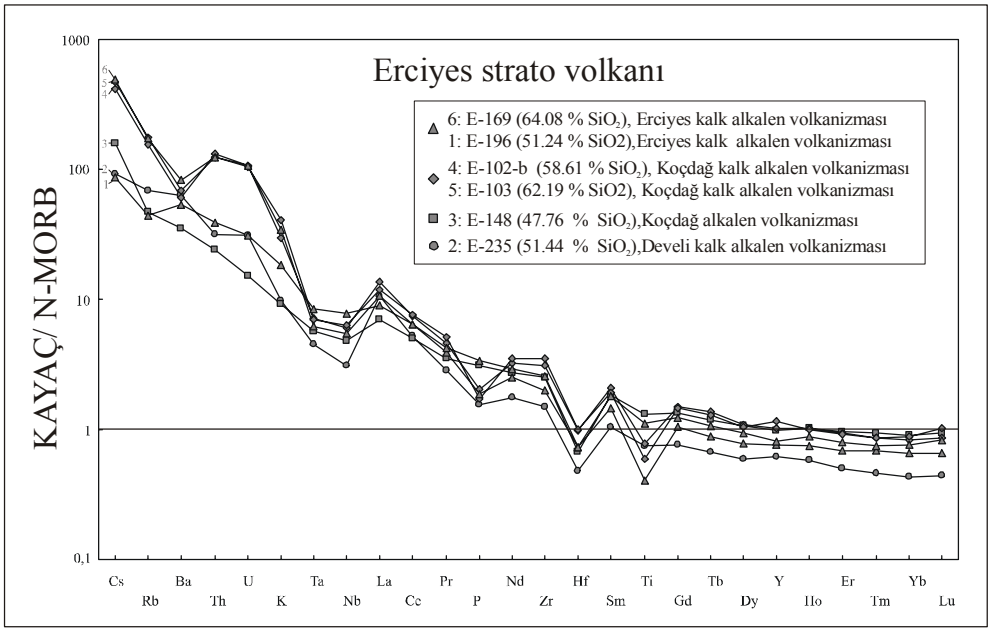
4.2.2.3. Çoklu element karakteristikleri

N-tipi MORB'a göre normalize edilmiş çoklu element diyagramı Hasandağ için şekil 4.9'da Erciyes volkanizması için 4.10'da verilmektedir. Bu diyagramlarda kullanılan kayaçlar nadir toprak element diyagramları için kullanılan kayaçlar olup diyagram içerisinde kayaç grubu ve örnek numarası belirtilmiştir. Hasandağ strato volkanına ait çoklu element diyagramında Rb, Ba, Th, U, K gibi geniş iyonlu litofil (LIL) elementlerde ve hafif nadir toprak elementlerde belirgin zenginleşme, Ta, Nb, Ti, Hf gibi kalıcılığı yüksek olan elementlerde (HFS) ve ağır nadir toprak elementlerde (HREE) göreceli bir tüketilme görülmektedir.



Şekil 4.10: N-tipi MORB'a göre normalize edilmiş Hasandağ strato volkanına ait çoklu element diyagramı. Normalize değerleri Sun and McDonough (1989)' dan alınmıştır.

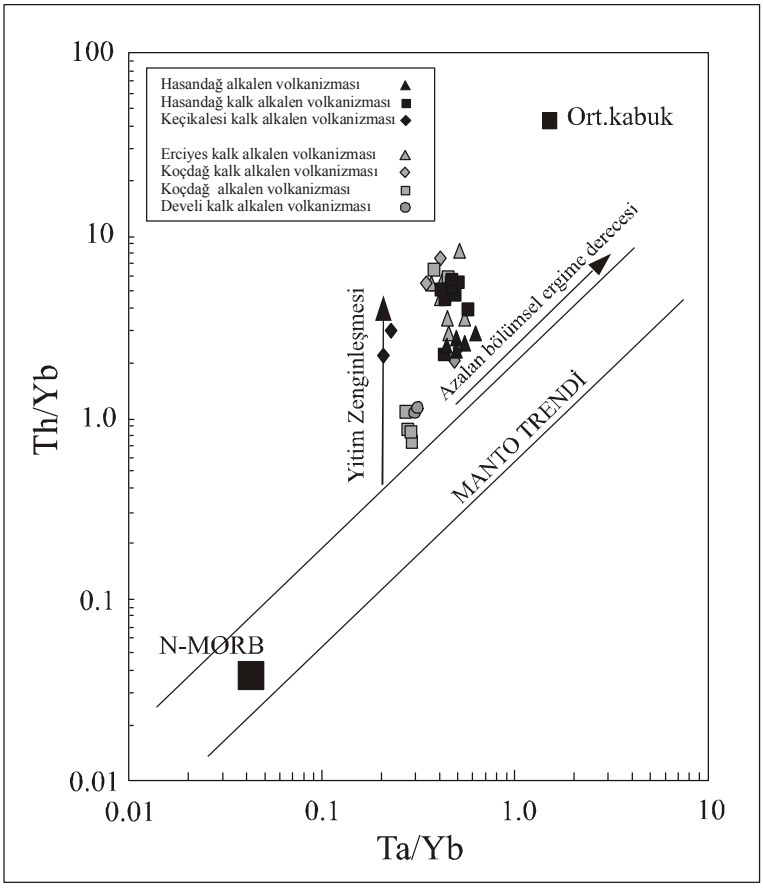
Hasandağ alkalen volkanizmasına ait kayaçlarda Rb, Ba, Th, U, K gibi geniş iyonlu litofil (LIL) element konsantrasyonları diğer kayaç grubu örneklerinden farklı olarak tüketilme göstermektedir. Bununla birlikte aynı kayaç gruplarında gözlenen negatif Ta ve Nb konsantrasyonlarına sahip değildir. Bu özellikle Hasandağ alkalen volkanizmasının diğer kayaç gruplarından farklı bir kaynaktan türediğine işaret eder. Hasandağ alkalen kayaçlarında yitim bileşenlerinin varlığı yoğun olarak gözlenmemektedir. Ayrıca kabuksal kirlenmeden az oranda etkilenmiştir. Bu kayaçların geniş iyonlu litofil (LIL) ve kalıcılığı yüksek (HFS) elementlerce okyanus sırtı bazaltı (N-MORB)'a göre oldukça yüksek konsantrasyonlarda olması farklı mekanizmalarla açıklanabilir: 1) Litosferik manto kaynağının astenosferden türeyen küçük miktarda ergiyiklerle zenginleşmesi; 2) Daha önceden toleyitik ve kalk-alkalen magmaların çıkışıyla geniş iyonlu litofil (LIL) ve hafif nadir toprak elementlerce (LREE) tüketilmiş litosferik kaynağın ergimesi; 3) Astenosferik manto kaynağının düşük derecelerde bölümsel ergimesi. Keçikalesi toleyitik volkanizması ve Hasandağ kalk-alkalen volkanizmasına ait bazı kayaçlarda Ta, Nb, P' deki tüketilme diğer kayaç gruplarına göre daha fazladır. Bu negatif Ta ve Nb anomalileri dalma-batma ile ilgili aktif kıtasal kenarlara benzemektedir ve geniş iyonlu litofil (LIL) elementlerdeki zenginleşme, yitim bileşeni etkisi nedeniyle manto kaynağındaki metasomatizmayla açıklanabilir (Pearce, 1983).



Şekil 4.11: N-tipi MORB'a göre normalize edilmiş Erciyes strato volkanına ait çoklu element diyagramı. Normalize değerleri Sun and McDonough (1989)' dan alınmıştır.

Erciyes strato volkanına ait çoklu element diyagramındaki desenler genel olarak Hasandağ strato volkanına ait desenlere benzemektedir. Bu diyagramda Develi, Koçdağ ve Erciyes kalk-alkalen volkanizması örneklerindeki Th, U, K gibi geniş iyonlu litofil (LIL) element konsantrasyonları diğer örneklere göre belirgin bir şekilde zenginleşmiştir. Hf ve Ti'nin diğer kalıcılığı yüksek olan (HFS) elementlere göre olan tüketimi, kıta içi işlemlerde manto zenginleşmesinden veya küçük derecelerde bölümsel ergime içeren bir kökenden türeme ile açıklanabilir. Daha önceki çalışmalarda çarpışma sonrası gözlenen levha içi kökenden bahsedilmektedir (Kürkçüoğlu et al., 1998).

Koçdağ alkalen volkanizmasına ait kayaçlarda Rb, Ba, Th, U, K gibi geniş iyonlu litofil (LIL) element konsantrasyonlarının diğer örneklere göre daha çok tüketilmiş olduğu görülmektedir. Ta ve Nb gibi elementlerde ise negatif anomali görülmemektedir. Bu desenler Hasandağ alkalen volkanizması örneklerindeki desenlere benzemektedir ve aynı şekilde yorumlanabilir. Bu kayaç grubunun kaynağına ilişkin olasılıklar ileriki bölümlerde değerlendirilecektir.

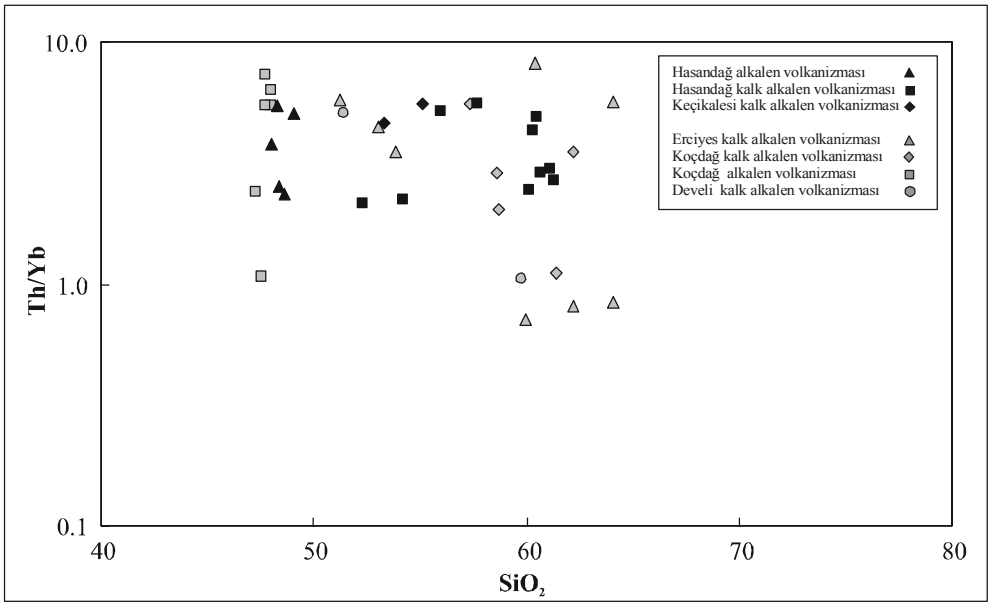


Şekil 4.12: Hasandağ ve Erciyes strato volkanına ait bazik ve ortaç kayaçların Th/Yb karşı Ta/Yb diyagramı (Pearce, 1983). Ortalama kabuk bileşimi Aldanmaz et al. (2000)'den alınmıştır.

4.2.2.4. İz element oranları

Th/Yb'ye karşı Ta/Yb gibi iz elementlerin oranlandığı diyagramlar fraksiyonel kristallenme ve/veya bölümsel ergimeyi belirleyebilir. Böylece kaynak değişimleri ve kabuksal asimilasyonu açıklayabilir. Pearce (1983) tarafından önerilen bu diyagram, esas olarak okyanus ada bazaltı (OIB) veya okyanus ortası sırtı bazaltı (MORB) gibi olağan mantodan türemiş ve genel olarak diyagramda manto eğilimi olarak belirlenmiş diyagonal hat üzerinde bulunan kayaçları, yitim etkisiyle zenginleşmiş mantodan türemiş veya yükselimi sırasında kabuk tarafından kirlenmiş magmalardan oluşan kayaçlardan ayırır. Bu ayırım, gerek yitim metasomatizmasının gerekse kabuksal kirlenmenin Th konsantrasyonunu ve dolayısı ile Th/Yb oranını, Ta/Yb oranına göre arttırması temeline dayanmaktadır (Th içeriği düşük olan granülit fasiyesinden oluşmuş kabuk hariç; Pearce, 1983).

Hasandağ ve Erciyes strato volkanlarına ait kayaçlar farklı simgelerle aynı diyagramda gösterilmiştir (Şekil 4.12). Tüm örnekler için diyagonal manto eğilimi çizgisinde gözlenen sapma, kaynak bölgesinde yitimle ilgili bir metasomatizma ile açıklanabileceği gibi, manto türevli ergiyiklere önemli ölçüde kabuksal ergiyik katılımına da işaret edebilir. Hasandağ kalkalkalen volkanizmasına ait kayaçlardaki eğilim diyagonal manto eğilimine neredeyse paralel görülmektedir. Bir dereceye kadar kabuk kirlenmesini dışlamamasına rağmen, bu grup kayaçların magmanın yitim etkisiyle metasomatize olmuş bir magmadan türediğine işaret eder. Her iki bölgedeki alkalen serilerde manto eğilimine yakın trendler gözlenmesi, yukarıda bahsedilen etkilerin fazla olmayışına işaret eder. Ayrıca Erciyes alkalen volkanizmasında bu etki Hasandağ alkalen volkanizmasına göre daha azdır.



Şekil 4.13: Hasandağ ve Erciyes strato volkanına ait kayaçların Th/Yb – SiO_2 ikili değişim diyagramı.

Şekil 4.13'teki Th/Yb-SiO_2 diyagramında aynı kayaç gruplarının düşük silis değerlerinde yüksek Th/Yb konsantrasyonlarına sahip olması, kabuk kirlenmesinin katkısını göstermektedir. Koçdağ kalk alkelen ve Erciyes kalk-alkalen volkanizmasına ait kayaçlardaki eğilimlerde Th/Yb oranlarının artmasına karşılık Ta/Yb oranlarının pek değişmediği görülmektedir. Bu grup kayaçların oluşumu, kaynak bölgesinde yitimle ilgili bir metasomatizma etkisinde, düşük derecelerde bir ergime ve yüksek Th/Yb oranları nedeniyle kabuk kirlenmesinin katkısı olduğunu düşündürmektedir.

BÖLÜM 5. MİNERAL KİMYASI

Minerallerin oluşum koşulları hakkında bilgi edinebilmek amacı ile ince kesitlerin ayrıntılı petrografik determinasyonu ve kimyasal analiz verilerinin ışığı altında bazı örneklerden mikroprob çalışmaları yapılmıştır. Çalışma için Hasandağ ve Erciyes kayaçlarında volkano-stratigrafik istife uygun şekilde 5'er adet örnek seçilmiş ve örneklerden öncelikle alterasyon kaldırılıp 20x40x2 mm ölçülerinde kayaç tabletleri hazırlanmıştır. Tabletlerin yüzeylerindeki pürüzlülüğün giderilmesi ve parlaklık kazandırılması işlemleri aşındırıcı tozlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Örnekler Fransa'da Université Blaise-Pascal, Centre des Recherche Volcanologiques bölümünde analiz edilmiştir. Analiz sonuçları ve hesaplamalarla bulunan katyonlar Ek 4'te verilmiştir. Mineral kimyası çalışmalarındaki değerlendirmeler başlıca iki ana başlık altında toplanmıştır. İlk olarak minerallerin bileşimleri ve kristalizasyon koşulları, daha sonra ise kristalizasyon sıcaklıkları, basınçları ve oksijen fugasiteleri belirlenmiştir.

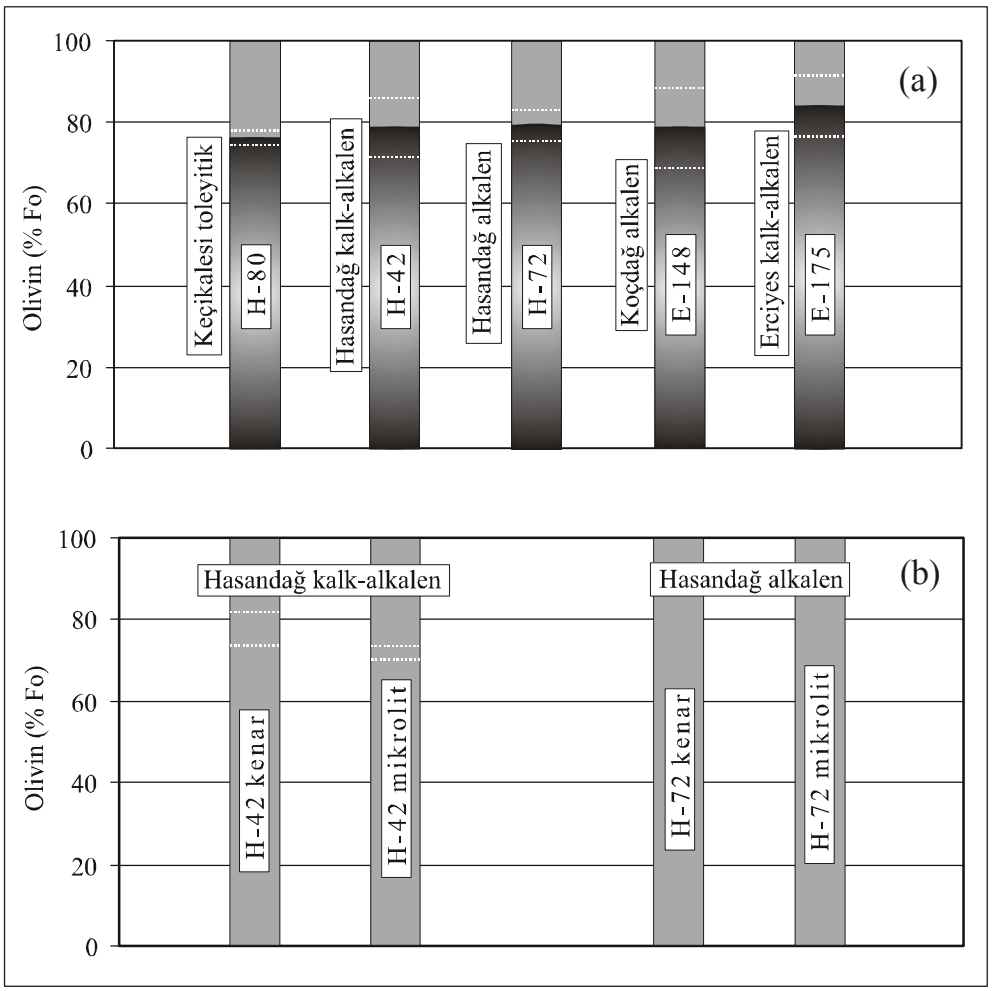
5.1. Minerallerin Sınıflaması

Mineral sınıflamaları için fenokristallerin çekirdek ve kenar kısımları ile bazı minerallerde mikrokristaller değerlendirilmiştir. Bu fenokristallerden aşağıda ayrıntılı olarak bahsedilmektedir.

5.1.1. Olivin

Olivin mineralleri Hasandağ strato volkanında alkalen karakterli kayaçlarda bol miktarda bulunmakla birlikte, toleyitik ve kalk-alkalen kayaçlarda da fenokristal ve mikrokrsitaller şeklinde az oranda bulunmaktadır. Kalk-alkalen karakterli bazı örneklerde olivin mikrokristalleri yaygındır. Ayrıca Erciyes strato volkanı alkalen kayaçlarında olivin fenokristalleri bol, kalk-alkalen kayaçlarda ise az miktarlarda bulunmaktadır.

Olivin kristalleri Hasandağ ve Erciyes strato volkanındaki Forsterit içerikleri Şekil 5.1'de gösterilmektedir. Bu şekilde volkanizmanın tüm bölümlerine ait kayaçların maksimum ve minumum forsterit içerikleri beyaz çizgilerle gösterilmekle birlikte, her birinin ortalaması da belirtilmiştir.

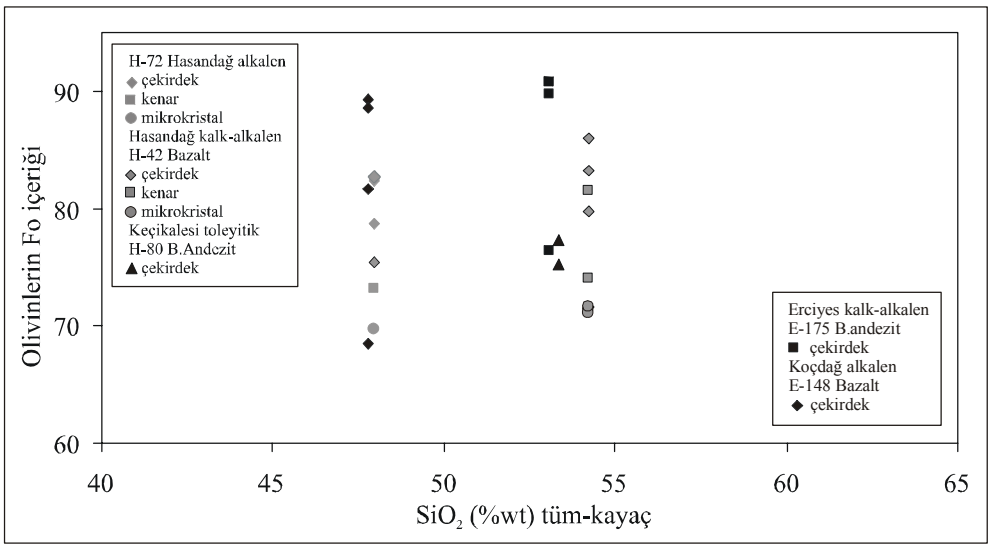


Şekil 5.1: Olivin kristallerinin ortalama bileşimlerinin kayaçlardaki dağılımı, a) fenokristal; b) kenar ve mikrokristaller.

Hasandağ strato volkanı, Keçikalesi volkanizmasında Fo_{77}-Fo_{75}, kenarlarda Fo_{81}-Fo_{73} arasında, mikrokristallerde Fo_{71} civarında; Hasandağ kalk-alkalen volkanizmasında Fo_{86}-Fo_{71}, Hasandağ alkalen volkanizmasında Fo_{82}-Fo_{75} arasında, kenarlarda Fo_{73}, mikrolitlerde ise Fo_{69} civarında değişmektedir. Erciyes strato volkanı, kalk-alkalen kayaçlarında Fo_{90}-Fo_{76}, alkalen kayaçlarda ise Fo_{81}-Fo_{68} arasında değişmektedir.

Olivinlerin değişen SiO_2 değerlerine göre forsterit içerikleri Şekil 5.2'de gösterilmektedir. Buradaki SiO_2 değerleri tüm kayaç değerleridir.

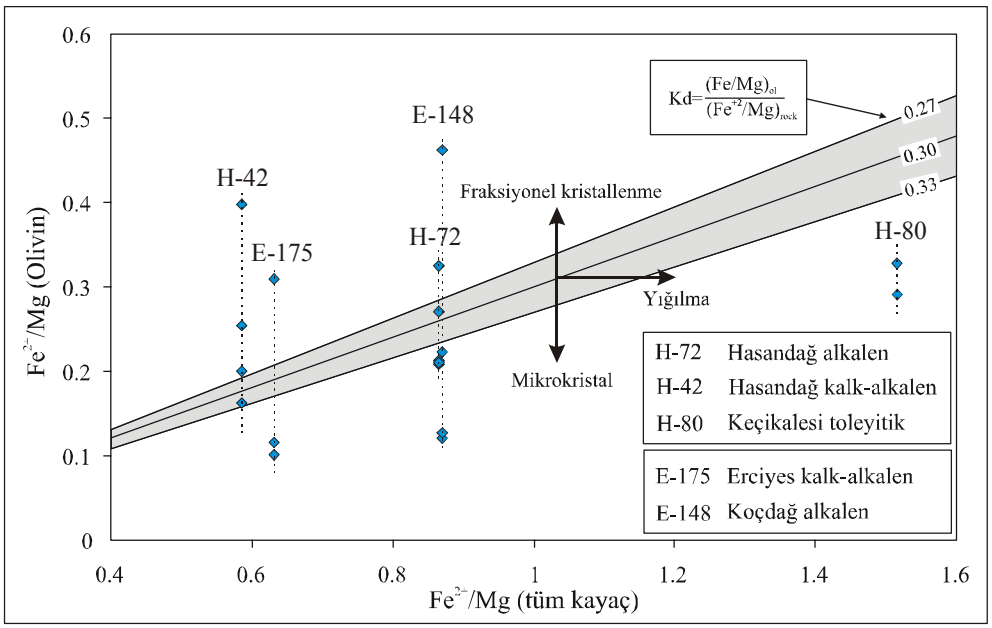
Hasandağ strato volkanına ait kayaçlardaki forsterit içerikleri (Fo) Keçikalesi'nden Hasandağ kalk-alkalen kayaçlarına doğru SiO_2 miktarındaki artışla birlikte artmaktadır. Erciyes strato volkanına ait Koçdağ alkalen kayaçlarından Erciyes kalk-alkalen kayaçlarına doğru SiO_2 artışı ile forsterit içeriğinde artış gözlenmektedir.



Şekil 5.2: Olivinlerin forsterit içeriklerinin SiO_2 (tüm kayaç)'ye göre dağılımları.

Roeder and Emslie (1970) yaptıkları deneysel çalışmalar ile bazaltik sistemlerde olivin-sıvı denge ilişkisine değinmişlerdir. Bu çalışmalarında olivin ve sıvı arasında Mg ve Fe'nin dağılımıyla ilgili değişim katsayısı ($K_{D=}[Fe/Mg]_{ol}/[Fe/Mg]_{kayaç}$) 0.3 ±0.03 olması halinde denge durumundan söz edilebileceğini belirtmişlerdir. Bu yöntem 10 kbar'dan yüksek basınçlarda (Ulmer, 1989) ve Fe zenginleşmesi ile birlikte <0.25 Mg numarası (Toplis and Corroll, 1995) hariç, geniş aralıklara sahip şartlarda kararlıdır. Olivinlerin mineral/eriyik denge ilişkisini anlamak için, olivin kristalleri ve tüm kayaç örneklerinde Fe^{+2}/Mg oranları kullanılarak diyagram oluşturulmuştur (Şekil 5.3).

Bu diyagramda tüm kayaç Fe_2O_3/FeO oranları 1000°C sıcaklık ve nikel-nikel oksit oksijen fugasitesinde (NNO: Heubner and Sato, 1970) Fe ifadesi Kilinc et al. (1983)'e göre 0.24 alınmıştır. Erciyes alkalen ve kalk-alkalen kayaçlarının bazılarındaki olivinler bu denge alanı içinde bulunurken diğer tüm örnekler bu alan dışındadır (Şekil 5.3).

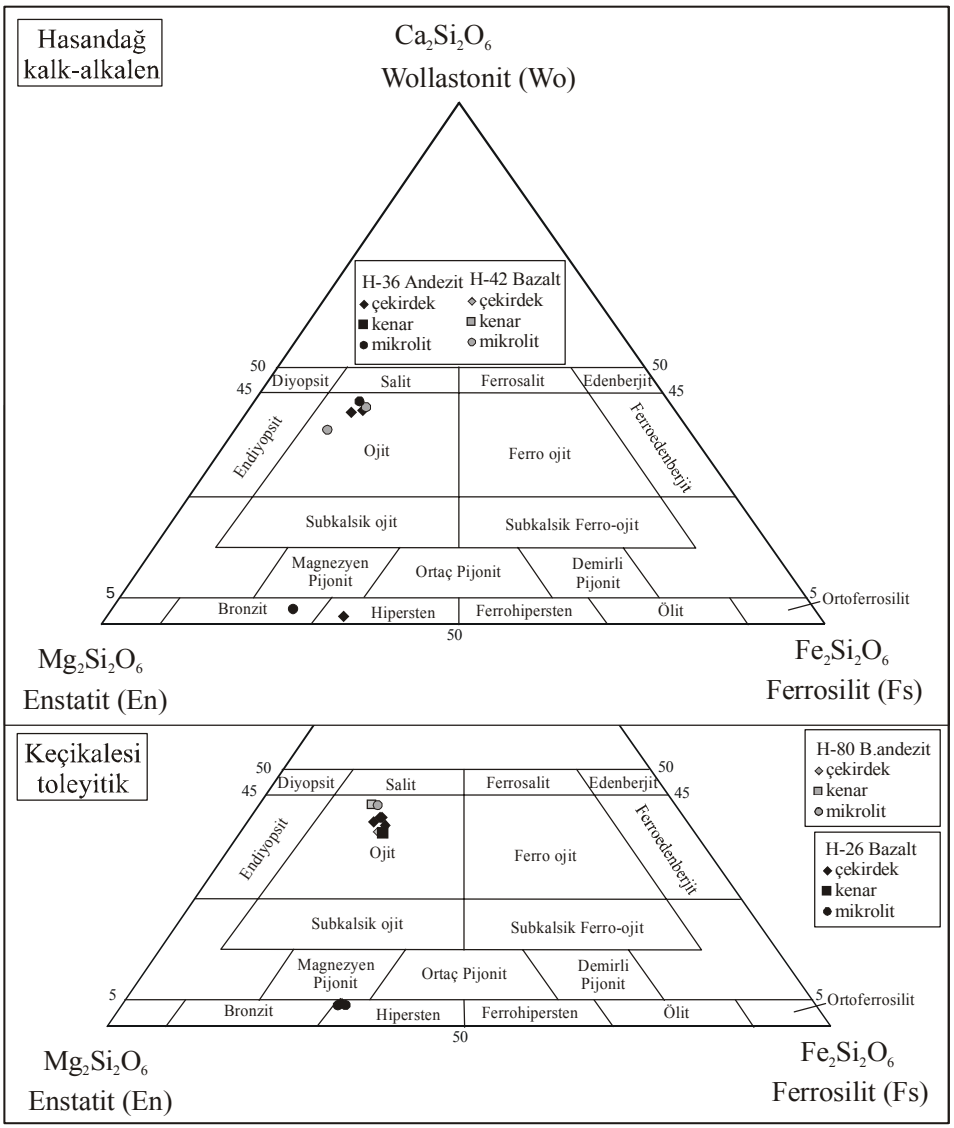


Şekil 5.3: Olivin kristallerindeki Fe^{+2}/Mg oranının tüm kayaç Fe^{+2}/Mg oranına göre diyagramı. Tüm kayaç Fe_2O_3/FeO oranı Kılınç et al. (1983)'e göre 0.24 alınmıştır. Koyu renkli alan bazaltik eriyik ve olivin arasındaki Fe/Mg değişim için (Roeder and Emslie (1970) 0.30±0.03) denge durumunu göstermektedir.

5.1.2. Piroksen

Piroksenler Hasandağ ve Erciyes strato volkanlarının tüm kayaç gruplarında bulunan mineraldir. Hasandağ'da Keçikalesi ve Hasandağ kalk-alkalen kayaçlarında ve Erciyes'te Koçdağ kalk-alkalen kayaçlarında piroksen çiftleri görülmektedir. Erciyes kalk-alkalen kayaçlarında ve Koçdağ alkalen kayaçlarında ise klinopiroksenler yaygıdır.

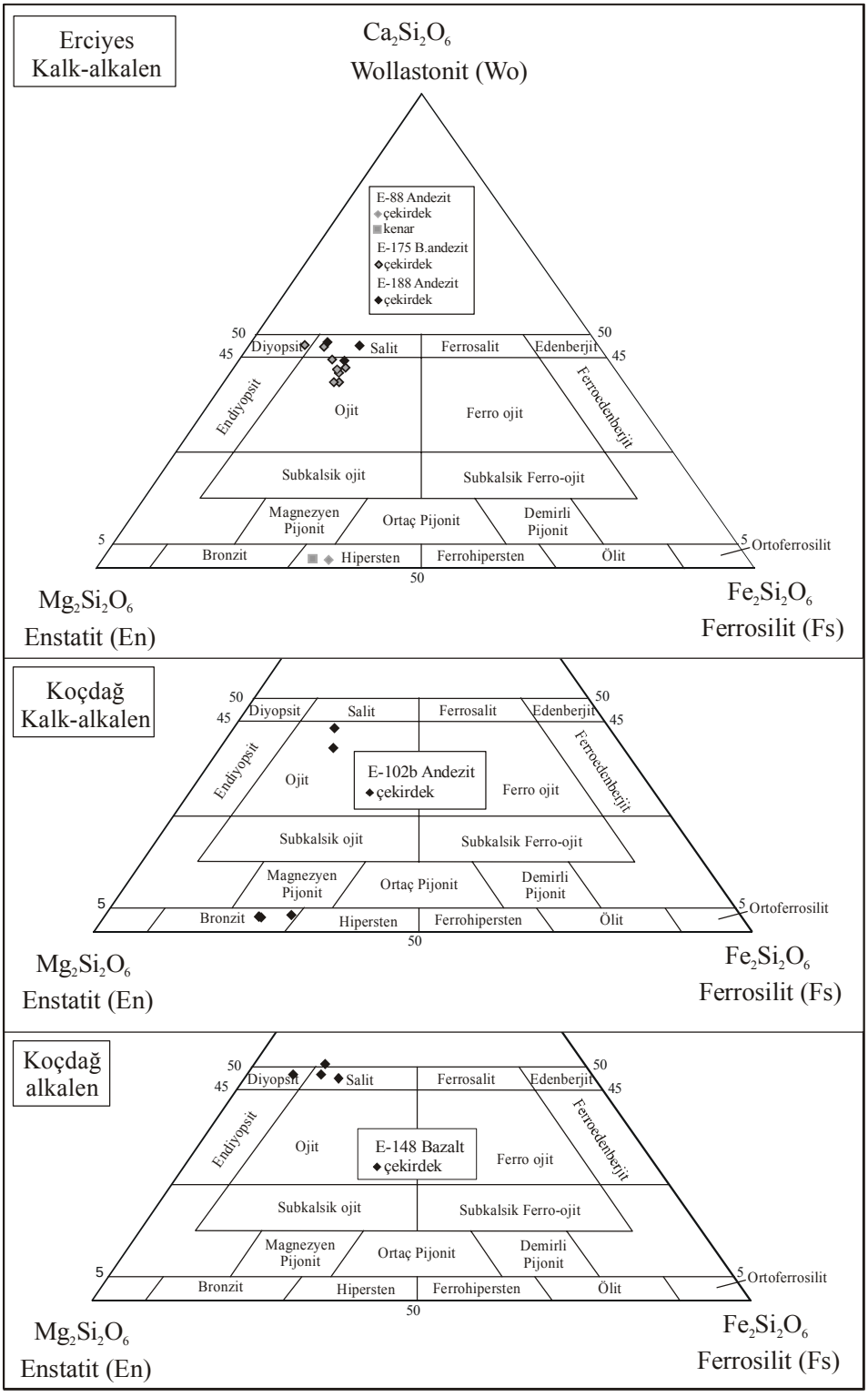
Piroksenlerin uç üyeleri PX (Gomez, 1990) bilgisayar programı kullanılarak hesaplanmıştır ve diyopsit (Di: $CaMgSi_2O_6$) – hedenberjit (Hd: $CaMgSi_2O_6$) – enstatit (En: $Mg_2Si_2O_6$) – ferrosilit (Fs: $Fe_2Si_2O_6$) sınıflama dörtgeni diyagramında gösterilmiştir. Karışımı önlemek için Hasandağ (Şekil 5.4) ve Erciyes (Şekil 5.5) örnekleri için ayrı diyagramlar kullanılmıştır. Ayrıca bu diyagramlarda fenokristaller ve mikrokristaller de ayrı ayrı gösterilmiştir.



Şekil 5.4: Hasandağ strato volkanına ait kayaçlardaki piroksenlerin bileşimleri.

Keçikalesi volkanizmasına ait kayaçlardaki piroksenler ojit ve hipersten, Hasandağ kalk-alkelen kayaçlarında ise ojit, bronzit ve hipersten olarak bulunmaktadır.

Erciyes strato volkanı kayaçlarındaki piroksenler ise Koçdağ alkalen kayaçlarında diyopsit, salit; Koçdağ kalk-alkalen kayaçlarında ojit, bronzit; Erciyes kalk-alkalen kayaçlarında ise ojit, diyopsit, salit ve hipersten olarak bulunmaktadır (Şekil 5.5).

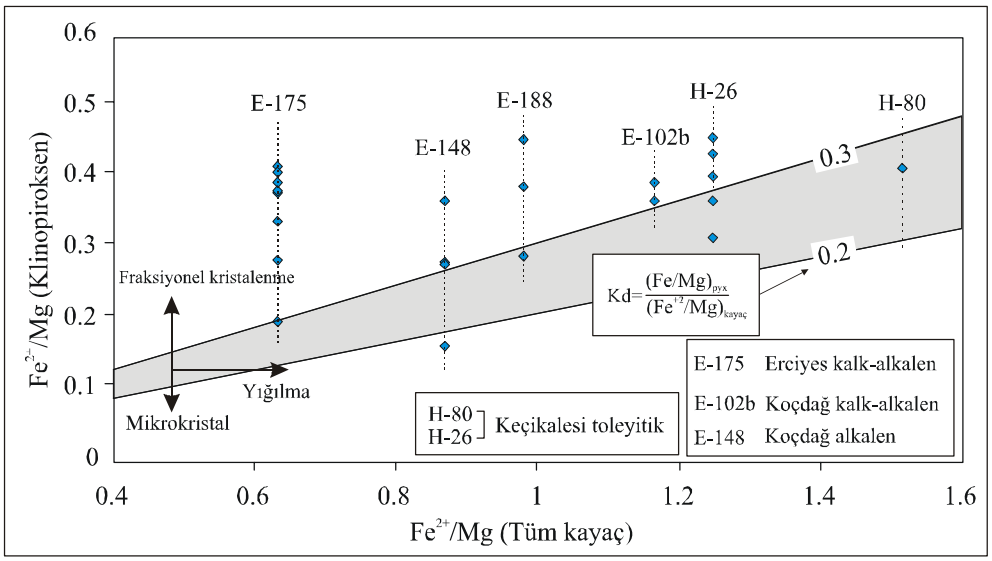


Şekil 5.5: Erciyes strato volkanına ait kayaçlardaki piroksenlerin bileşimleri.

Piroksenlerin zonlanması çekirdek ve kenarların Mg numaraları hesaplanarak bulunabilir. Buna göre Hasandağ ve Erciyes strato volkanındaki bazı kayaçlarda ters zonlanma bulunmaktadır (Ek. 7).

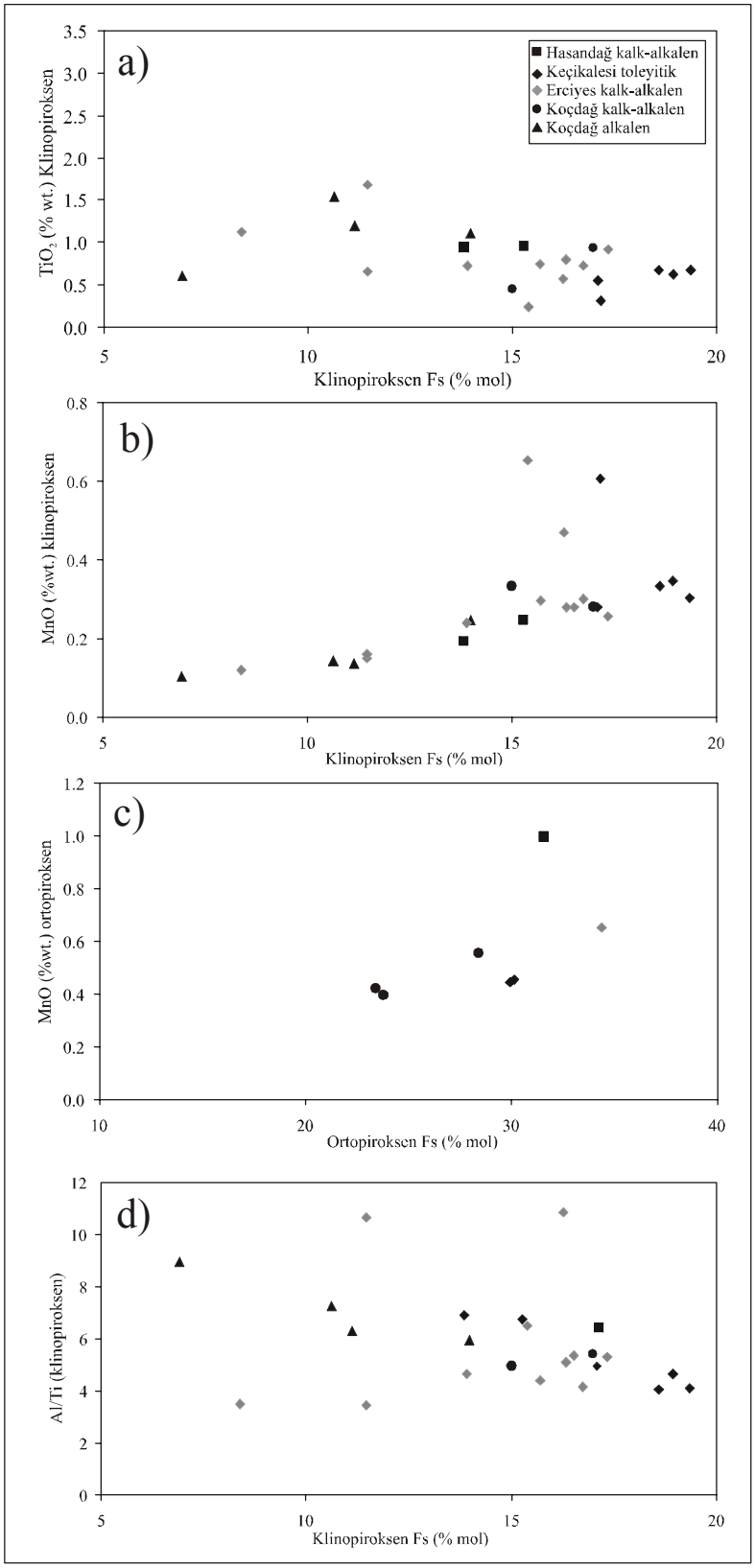
Piroksen fenokristallerinin ters zonlanmasının nedenleri; Magmanın yükselmesi sırasında basınç azalması (Ewart et al., 1975; Kontak et al., 1984); kristalizasyonun geç evrelerindeki oksidasyon koşulları (Luhr and Carmicheal, 1980, Grunder and Mahood, 1988); veya magma karışımı (Nixon, 1988) olabilir.

Klinopiroksen ve bazaltik sıvı arasındaki denge ilişkisi için Fe/Mg değişim katsayısı, eriyik ve klinopiroksendeki üç değerli demirin (Fe^{+3}) varlığı nedeniyle olivin-sıvı arasındaki denge ilişkisini sınırlamadan çok daha zordur. Hoover and Irvine (1977)'e göre bileşimin hafif etkisi olabilmesine rağmen, Kd=0.23±0.05 denge aralığının deneysel sonuçlara uygun olduğu görülür (Grove and Brayn, 1983, Toplis and Carrol, 1995). Bu çalışmada klinopiroksen ile sıvı arasındaki Mg ve Fe'nin dağılımıyla ilgili değişim katsayısı Grove and Baker (1984), Kennedy et al. (1990) tarafından, 1 atm basınçta silikaya doyumlu ve doyumsuz yay volkanizmasına ait lavlarda, deneysel olarak bulunan 0.20-0.25 değerine benzer bir şekilde $K_D=[Fe/Mg]_{ol}/[Fe/Mg]_{kayaç}$=0.2 ve 0.3 aralığındaki denge durumu kullanılmıştır (Şekil 5.6).



Şekil 5.6: Klinopiroksen kristallerindeki Fe^{+2}/Mg oranının tüm kayaç Fe^{+2}/Mg oranına göre diyagramı. Tüm kayaç Fe_2O_3/FeO oranı Kılınç et al. (1983)'e göre 0.24 alınmıştır.

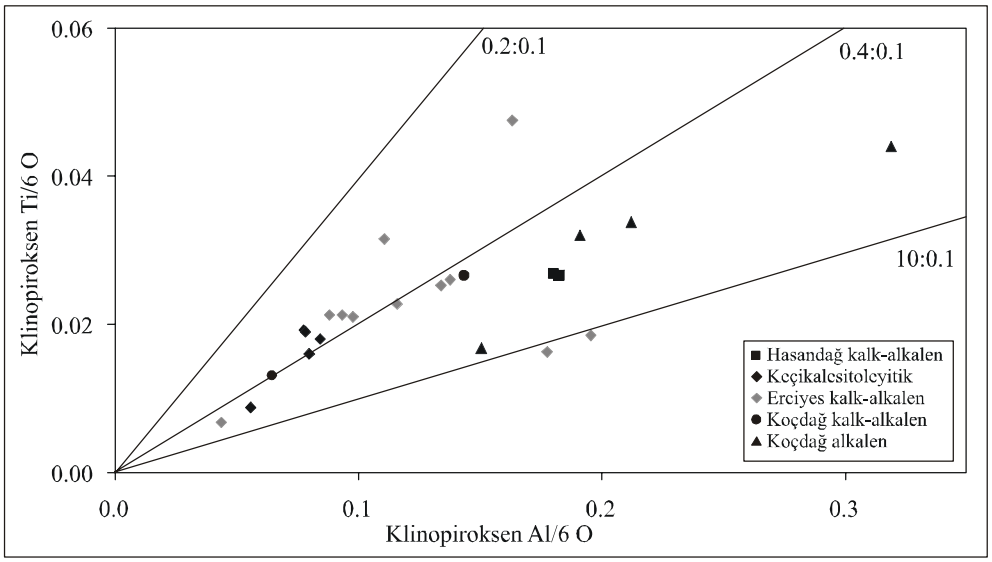
Diyagramda Keçikalesi volkanizmasına ait örneklerin (H-26, H-80) denge alanı içinde oldukları görülmektedir. Ayrıca Erciyes kalk-alkalen volkanizmasına ait bazı örneklerde de denge durumu söz konusudur.



Şekil 5.7: Piroksenlerdeki Fs(ferrosilit) içeriklerine karşı bazı oksit ve element değişimleri a) TiO_2-Fs (klinopiroksen); b) MnO-Fs (klinopiroksen); c) MnO-Fs (ortopiroksen); d) Al/Ti-Fs (klinopiroksen).

Şekil 5.7'de bazı oksitlere karşı piroksenlerin ferrosilit içerikleri görülmektedir. TiO_2 ye karşı Fs (ferrosilit) içeriklerinde Erciyes kalk-alkalen kayaçları ve Koçdağ alkalen kayaçlarında pozitif bir korelasyon görülmektedir. Erciyes ve Hasandağ kalk-alkalen volkanik kayaçlarında Fs içeriklerine göre MnO'da zenginleşme gözlenmektedir. Ortopiroksenlerdeki MnO içeriği benzer şekilde (Şekil 5.7c) pozitif korelasyon göstermektedir. Magmatik sistemlerde Mn^{+2} sadece piroksenle değil, olivin ve/veya Fe-Ti oksitlerle Fe^{+2} ile de yer değiştirebildiğinden, bu kayaçlardan daha sonra oluşan kayaçlar için piroksen kristalizasyonu öncesinde olivin kristalizasyonu ile açıklanabilir.

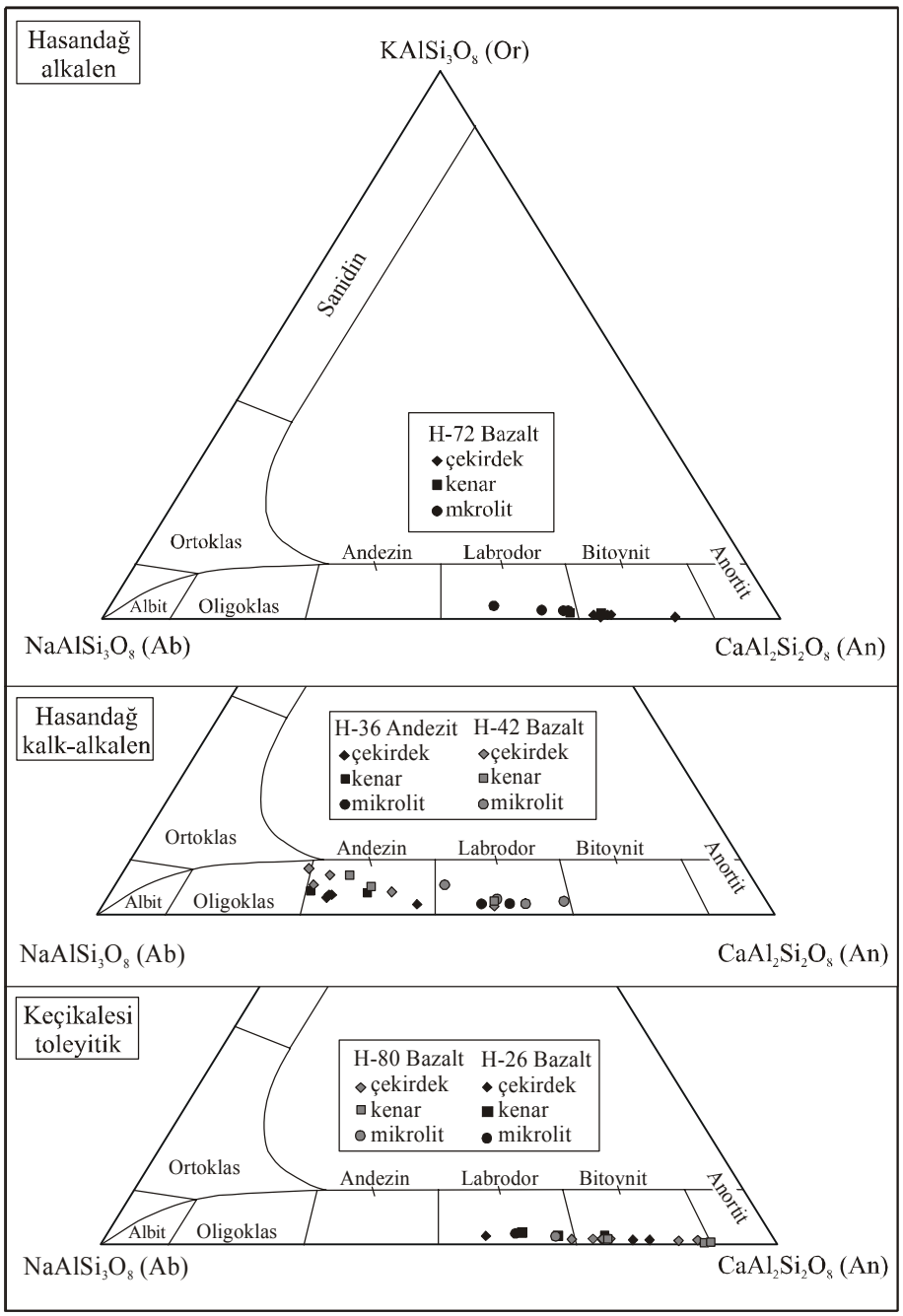
Klinopiroksenlerdeki Al/Ti oranları hemen hemen tüm kayaçlarda azalan ferrosilit ile birlikte artmaktadır (Şekil 5.7d). Ayrıca Hasandağ starto volkanında Keçikalesi volkanizmasından Hasandağ alkalen kayaçlarına doğru, Erciyes strato volkanında Koçdağ alkalen kayaçlarından Koçdağ kalk-alkalen kayaçlarına doğru azalan forsterit içerikleriyle birlikte Al/Ti oranları artmaktadır. Bu plajiyoklasca baskın fraksiyonlanmada titano-magnetit veya ilmenitteki Ti'ye göre plajiyoklasta Al'ye bağlı olan tüketimi göstermektedir.



Şekil 5.8: Klinopiroksenlerdeki Al-Ti değişimleri.

Deneysel ve petrolojik çalışmalar Ca, Mg ve Fe'nin dengeli ayrımlanmasında soğuma hızlarının ciddi bir etkisinin olmamasına rağmen, piroksen içindeki Ti ve Al gibi elementlerin ayrımlanmasının güçlü bir şekilde soğuma hızına bağlı olduğunu göstermiştir (Grove and Bence, 1977, Gamble and Taylor, 1980). Şekil 5.8'de Al

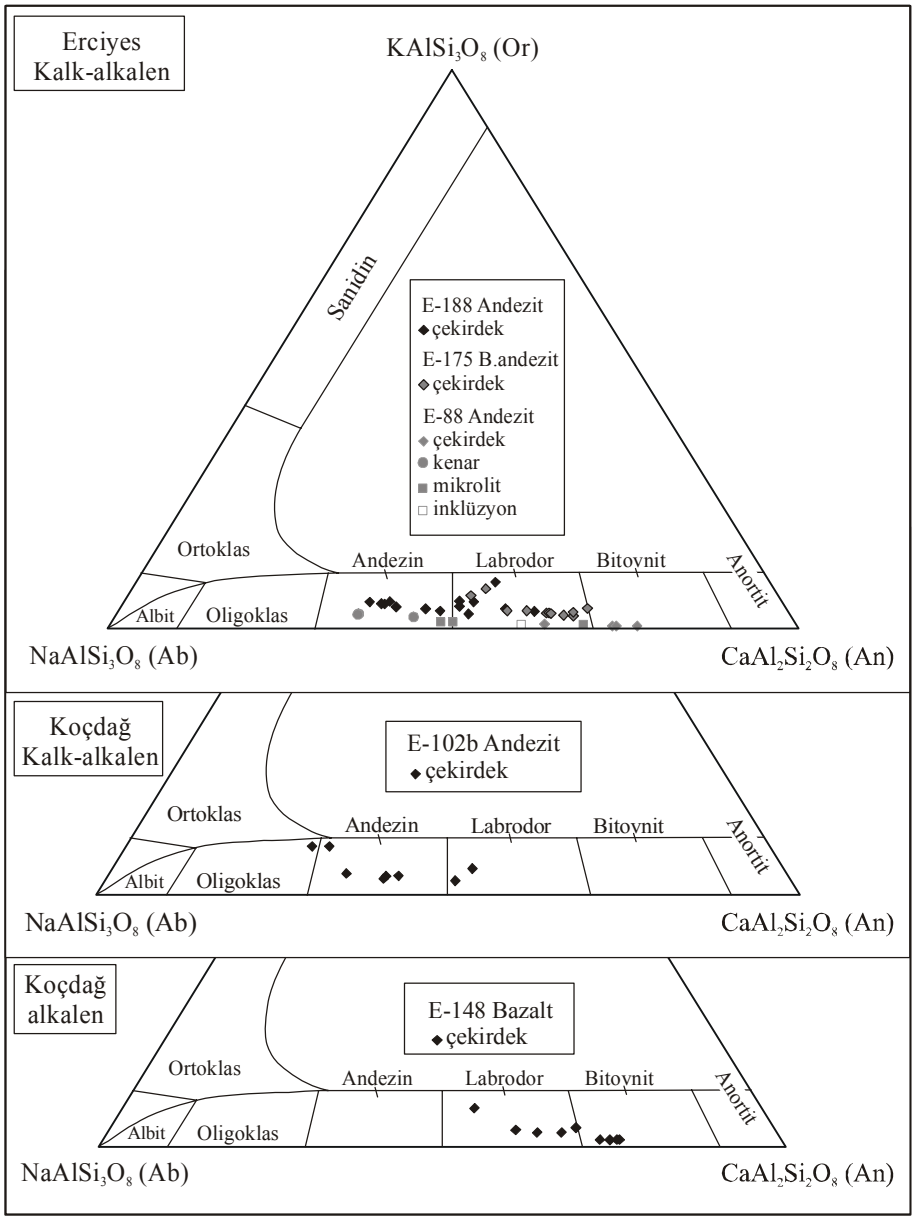
oranları ile birlikte Ti oranlarında azalma Hasandağ strato volkanında Keçikalesi kayaçlarından Hasandağ kalk-alkalen kayaçlarına, Erciyes starato volkanında ise Koçdağ alkalenden Koçdağ kalk-alkalen ve Erciyes kalk-alkalen kayaçlarına doğru bir azalma gözlenmektedir. Özellikle Hasandağ lavlarına göre Erciyes lavlarındaki Al ve Ti'ce zengin mikro-fenokristallerin varlığı, daha yüksek soğuma hızlarını yansıtır (Şekil 5.8).



Şekil 5.9: Hasandağ strato volkanına ait kayaçlardaki plajiyoklasların bileşimleri.

5.1.3. Plajiyoklas

Plajiyoklas kristalleri Hasandağ ve Erciyes strato volkanlarının tüm evrelerinde görülmektedir. Bu kayaç gruplarında plajiyoklaslar feno ve mikro kristaller şeklinde görülebilir. Zonlu yapıda da görülebilen kristaller %An içeriklerine göre normal ve/veya ters gelişmiştir (Ek. 7).

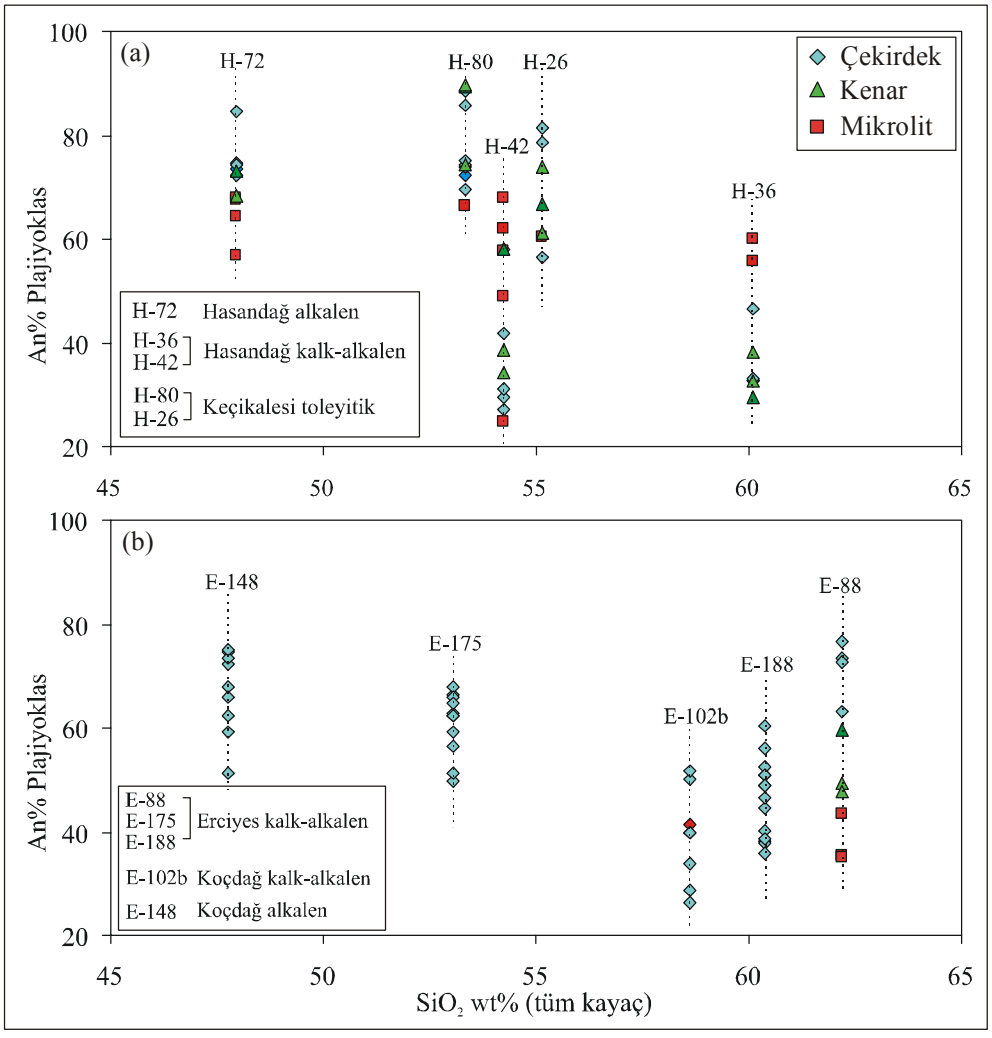


Şekil 5.10: Erciyes strato volkanına ait kayaçlardaki plajiyoklasların bileşimleri.

Hasandağ strato volkanına ait plajiyoklaslar Keçikalesi volkanitlerinde çekirdekte labrador, bitovnit olarak; kenarlarda ise labrador ve bitovnit olarak gözlenmektedir. Bu kayaç grubundaki mikrolitler ise labrador bileşimimdedir. Buna karşılık

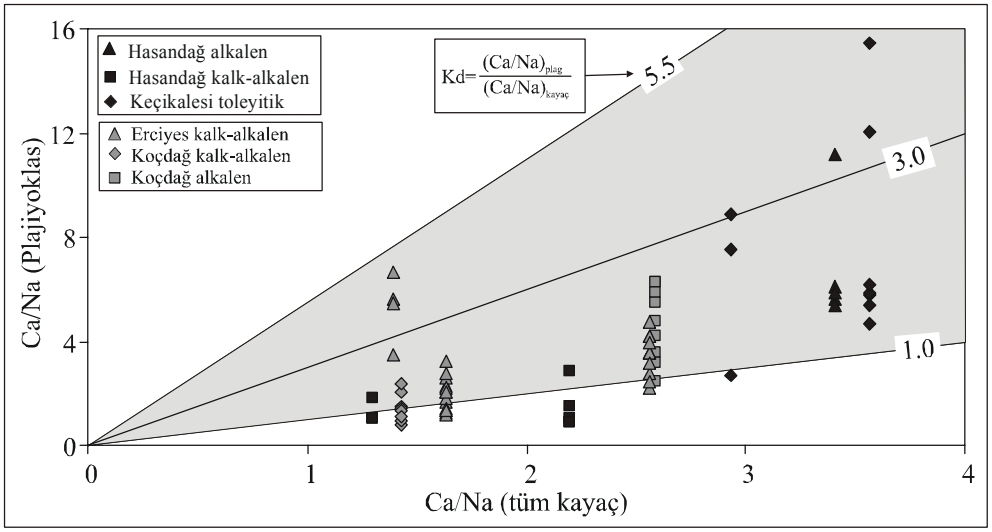
Hasandağ kalk-alkalen kayaçlarındaki plajyoklasların çekirdeğinde andezin ve labrador bulunurken, kenarlarda andezin bileşimi baskındır. Mikrolitler genellikle labradordur. Hasandağ alkalen kayaçlarındaki plajyoklaslar ise çekirdek ve kenarda bitovnit olarak bulunurken, mikrolitler genelde labradordur (Şekil 5.9).

Erciyes strato volkanına ait plajiyoklaslar Koçdağ alkalen kayaçlarında çekirdekte labrodor ve bitovnit, Koçdağ kalk-alkalen kayaçlarında labrodor, andezin ve oligoklas olarak bulunmaktadır. Erciyes kalk-alkalen kayaçlarındaki plajyoklaslar çekirdekte andezin ve labrador, kenarlarda ise andezin bileşimlidir. Mikrolitler ise labradordan oluşur (Şekil 5.10).



Şekil 5.11: Plajiyoklasların çekirdek, kenar ve mikrokristallerdeki anortit içeriklerinin SiO_2 (tüm kayaç) ye göre değişimleri a) Hasandağ strato volkanı; b) Erciyes strato volkanı.

Plajiyoklasların %An içerikleri tüm kayaç grupları için ayrı ayrı Şekil 5.11'de verilmiştir.



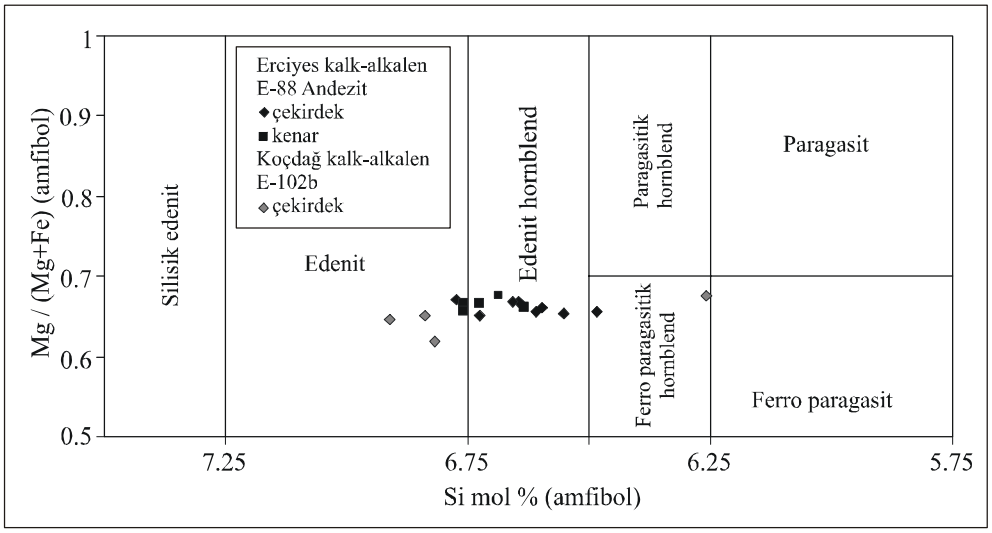
Şekil 5.12: Plajiyoklas fenokristallerinin çekirdeklerindeki Ca/Na oranına karşı tüm kayaç Ca/Na oranları. Düz çizgiler deneysel çalışmalarla belirlenmiş farklı Kd değerlerini göstermektedir.

Plajiyoklas fenokristallerinin çekirdeklerindeki ve tüm kayaçtaki Ca/Na oranları şekil 5. 12'de gösterilmektedir. Bu şekilde [$^{Ca\text{-}Na}K_D = (Ca/Na)_{plag}/(Ca/Na_{rock})$] denklemi ile oluşturulan Kd denge alanında, susuz koşullarda Kd=1'den, 2 kbar basınç ve %6 su içeriğindeki koşullarda Kd=5.5 aralığına kadar eriyiğin su içeriği ile dengede ayrımlanma değerleri verilir. Şekilde görüldüğü gibi Hasandağ ve Erciyes kalk-alkalen kayaçlarının bazıları hariç diğer tüm plajiyoklas çekirdekleri Kd denge alanı içinde bulunmaktadır. Sıvı plajiyoklasın bileşimi H_2O içeriği ve Ca numarası tarafından kontrol edilir (Sisson and Grove, 1993, Panjasawatwong et al., 1995). Aynı yazarlar, anortitçe zengin fenokristallerin, yüksek CaO/Na_2O oranı veya yüksek H_2O içeriğine sahip yada ikisinin birlikte olduğu eriyikten kaynaklandığını belirtmektedir.

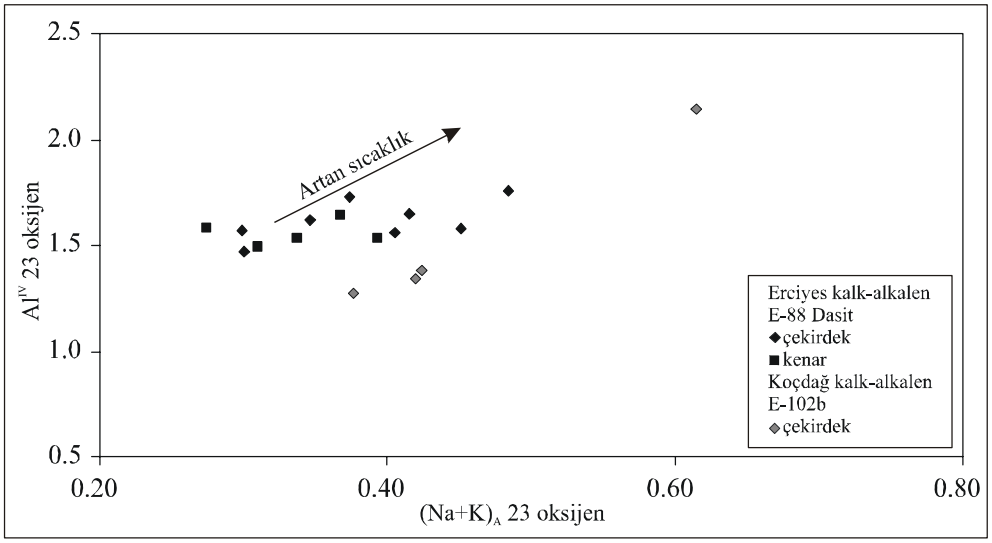
5.1.4. Amfibol

Amfiboller Hasandağ kalk-alkalen kayaçlarında ve Koçdağ kalk-alkalen ile Erciyes kalk-alkalen kayaçlarında görülmektedir. Fakat Hasandağ kalk-alkalen kayaçlarındaki amfiboller analiz edilememesine rağmen bu mineraller için literatürdeki bilgilerden faydalanılmıştır.

Analiz edilen amfibollerin tümü $(Ca+Na)_{MA}>1.34$ ve $(Na)_{MA}<0.67$ olduğu için Leake et al. (1997) sınıflamasına göre kalsik amfibollerdir. Şekil 5.13'de görüldüğü gibi amfibol örnekleri Hawthorne (1981) sınıflama diyagramına yerleştirildiğinde Koçdağ kalk-alkalen kayaçlarının edenit, Erciyes kalk-alkalen kayaçlarının ise edenit ve edenit hornblend alanına düştükleri görülmektedir. Ayrıca Erciyes kalk-alkalen örneklerindeki amfibollerin kenarları edenit bileşimlidir.



Şekil 5.13: Amfibol fenokristallerinin Hawthorne (1981) sınıflama diyagramı.



Şekil 5.14: Amfibol fenokristallerinin $(Na+K)_A$ katyonları karşı Al^{IV} diyagramı.

Deneysel çalışmalar amfibol bileşimlerinde (Na+K) katyonları ve Al^{IV} artışı ile sıcaklık artışları arasında bir uyum olduğunu göstermektedir (Helz, 1973). Diyagramdaki amfibol örneklerine bakıldığında iki farklı trend görülmektedir (Şekil

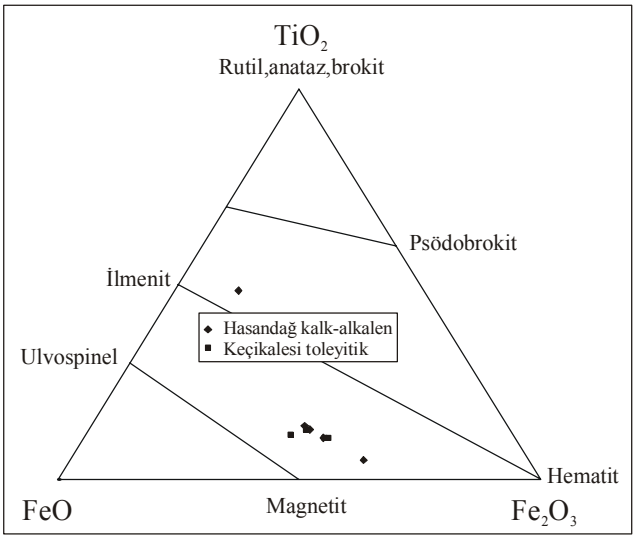
5.14). Bu bileşimsel değişim, farklı krsitalizasyon sıcaklıklarını göstermektedir. Şekil 5.14 Koçdağ ve Erciyes kalk-alkalen kayaçlarındaki amfibollerin farklı sıcaklık ve basınç değerlerinde kristallendiklerini göstermektedir.

5.1.5.Biyotit

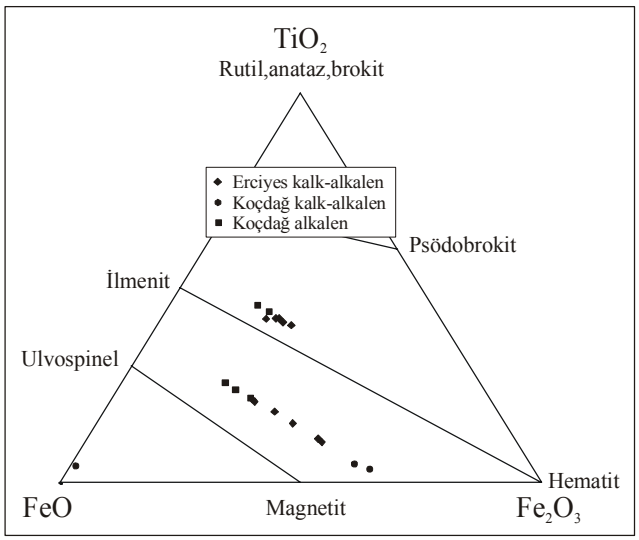
Biyotit, volkanik kayaçlarda nadir görülen minerallerden olup analiz edilen örnekler arasında sadece Hasandağ kalk-alkalen volkanik kayaçlarında rastlanmıştır. Biyotit minerallerinin Ti, Al ve Mg/Fe içerikleri Ek. 7'de verilmiştir ve Mg/Fe oranları <2 ile Al içerikleri 2.5'ten küçüktür.

5.1.6. Fe-Ti oksitler

Fe-Ti oksitler Hasandağ strato volkanizmasında, Keçikalesi volkanitleri ve Hasandağ kalk-alkalen volkanik kayaçlarında genellikle mikrokristaller halinde bulunmaktadır. Bu mineraller Bacon and Hirschmann (1988) üçgen diyagramına yerleştirildiğinde Hasandağ kalk-alkalen kayaçlarında daha çok magnetit, az da olsa ilmenit bileşimi, Keçikalesi kayaçlarında ise magnetit bileşimleri görülmektedir (Şekil 5.15).

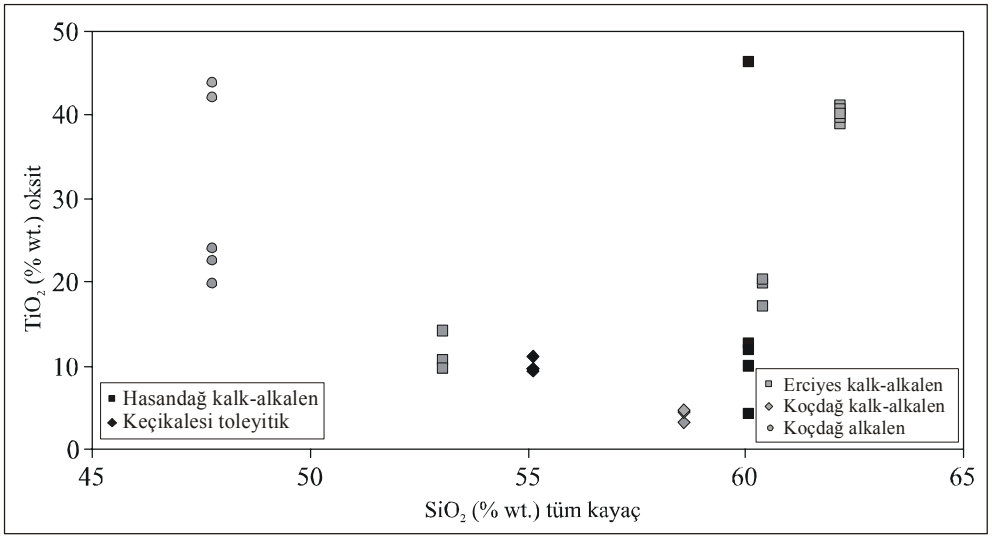


Şekil 5.15: Fe-Ti-O sistemlerinde (Bacon and Hirschmann, 1988) Hasandağ strato volkanına ait Fe-Ti oksitlerin üçgen diyagramları.



Şekil 5.16: Fe-Ti-O sistemlerinde (Bacon and Hirschmann, 1988) Erciyes strato volkanına ait Fe-Ti oksitlerin üçgen diyagramları.

Erciyes strato volkanizması kayaç gruplarının tümünde Fe-Ti oksitler gözlenmektedir. Bacon and Hirschmann (1988) üçgen diyagramına göre Koçdağ alkalen ve Erciyes kalk-alkalen örneklerinin bazıları ilmenit alanına yakınken, Koçdağ alkalen, kalk-alkalen ve Erciyes kalk-alkalen kayaçlarındaki bazı örnekler magnetit-ulvospinel katı çözelti çizgisine yakın bulunmaktadır (Şekil 5.16).



Şekil 5.17: Fe-Ti oksitlerin TiO_2'ye karşı SiO_2 (tüm kayaç) diyagramı. İçi dolu simgeler titanomagnetitleri, içi boş simgeler ilmenit minerallerini göstermektedir.

Fe-Ti oksitlerin SiO_2 (tüm kayaç) içeriklerine göre TiO_2 değişimleri Şekil 5.17'de verilmektedir. Koçdağ alkalen ve Erciyes kalk-alkalen kayaçlarındaki TiO_2 içerikleri

diğer kayaç gruplarına göre yüksek görülmektedir. Benzer şekilde yüksek TiO_2 içerikleri tüm kayaç değerlerinde de görülmektedir.

5.2. Magmatik İşlemleri Etkileyen Parametreler

Mineral kimyası çalışmaları ile magma odalarındaki sıcaklık ve basınç arasındaki ilişki ve bunu denetleyen parametreler belirlenebilir. Bu çalışmalarda sadece bir mineralden yararlanılabildiği gibi, eş oluşumlu mineral çiftleri de değerlendirilmektedir. Mineral sıcaklıkları ile basınçları ayrı başlıklar halinde sunulmaktadır.

5.2.1. Sıcaklık ve oksijen fugasitesi

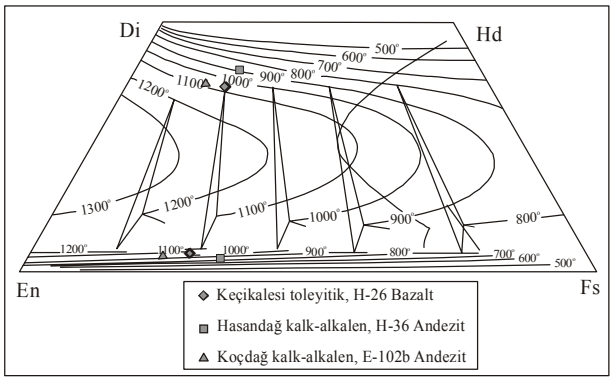
Hasandağ ve Erciyes strato volkanlarını oluşturan kayaç gruplarında piroksen, amfibol, plajiyoklas, Fe-Ti oksit gibi kristallerden faydalanılarak kristalizasyon sıcaklıkları hakkında bilgi edinilmiştir.

5.2.1.1. Piroksen jeotermometresi

Piroksen kristallerinin kimyasal bileşimi ile kristal oluşum sıcaklığı arasındaki ilişki bir çok araştırmacı tarafından tanımlanmıştır (Boyd, 1973; Saxena and Nehru, 1975; Wells, 1977; Mercier, 1976; Kretz, 1982; Lindsley and Andersen, 1983; Lindsley, 1983). Piroksen termometre çalışmalarının çoğunda Ca'ca zengin piroksenin (ojit-diyopsit) Ca içeriği düştükçe sıcaklık artarken, Ca'ca fakir piroksende azaldığı (ortopiroksen) teorisi oluşturulmuştur. Kretz (1982) metamorfik ve magmatik piroksen minerallerine uygun ampirik sıcaklık göstergeleri oluşturmak için Ca içerikleri ve Mg/Fe^{2+} oranlarına bağlı sıcaklık kullanılmıştır. Piroksen jeotermometreleri arasında en çok kullanılan Ca'ca zengin (ojit-diyopsit) ve Ca'ca fakir ortopiroksen ile birlikte oluşan Ca bölümlenmesi prensibine dayalı olan Lindsey and Andersen (1983) ve Lindsley (1983) tarafından oluşturulan jeotermometredir. Buradaki kristalizasyon sıcaklıklarında düşük Ca'lu ortopiroksen ve yüksek Ca'lu klinopiroksen arasındaki Ca'un difüzyonu söz konusudur. Bu yöntemde hedenberjit – ferrosilit ile diyopsit – enstatit piroksen dörtgeninde deneysel olarak bulunan sıcaklık eğrileri çizilir ve oluşturulan diyagrama piroksen uç üyelerinin aktarılması ile kullanılır. 1-15 kbar arası basınçta kullanılabilen yöntemde,

hesaplama ve sıcaklık eğrilerinin konumu dolayısıyla ±20-30^{o}C hata payı aynı yazarlar tarafından belirtilmektedir.

Daha önceden elektron mikroprob verileri ile uç bileşenleri hesaplanmış ve dörtgen diyagramlara yerleştirilmiş olan örneklerden eş oluşumlu olan ortapiroksen ve klinopiroksen örnekleri sıcaklık tahminleri için kullanılmıştır. Lindsley (1983) tarafından 100 ^{o}C aralıklarla eş sıcaklık eğrileri çizilen ve 1 atm basınç için kalibrasyonu yapılan Di-En-Hd-Fs dörtgenine aktırılmış örnekler Şekil 5.18'de görülmektedir.



Şekil 5.18: Piroksenlerin sıcaklık eğrilerini gösteren diyagram. Di-En-Hd-Fs uç üyelerinden oluşan dörtgen Lindsley (1983) tarafından 1 kbar basınçta kalibre edilmiş ve 100^{o}C aralıklarla eş sıcaklık eğrileri çizilmiştir.

Tablo 5.1: Piroksen çiftlerinden elde edilmiş tahmini sıcaklıklar.

	Keçikalesi toleyitik		Hasandağ kalk-alkalen	Koçdağ kalk-alkalen	
Örnek No	H-26	H-26	H-36	E-102b	E-102b
Sıcaklık ^{o}C	1111	1090	835	1003	1082

Piroksen çiftlerinin bulunduğu kayaç grupları Tablo 5.1'de görüldüğü gibi, Hasandağ strato volkanına ait Keçikalesi toleyitik kayaçlarında tahmin edilen sıcaklıklar 1090-1111^{o}C arasında değişirken, Hasandağ kalk-alkalen kayaçlarında sadece bir örnek için 835^{o}C bulunmuştur. Erciyes strato volkanına ait Koçdağ kalk-alkalen kayaçlarında ise 1003-1082^{o}C arasında tahmini sıcaklık değişimleri bulunmuştur. Bu hesaplamalar için ayrıca QUILF programından yararlanılarak eş oluşumlu piroksenlerden tek bir sıcaklık değeri elde edilmiştir.

5.2.1.2. Amfibol - plajiyoklas jeotermometresi

Birçok metamorfik ve magmatik kayaç için sıcaklık-basınç göstergesi olarak amfiboller mineral kimyası çalışmalarında yaygın olarak kullanılır. Holland and Richardson (1979) ve Graham and Powell (1984) metamorfik kayaçlardaki kristalizasyon sıcaklıklarını amfibol mineralleri kullanarak hesaplamışlardır. Daha sonraki yıllarda Blundy and Holland (1990), yayınlanmış verilerle deneysel verileri kullanarak oluşturdukları termometre, silikaya doygun sistemlerde albit içerikli plajiyoklas ile eş oluşumlu olan Al^{IV} içerikli amfibol minerallerinden ibarettir. Holland and Blundy (1994) amfiboldeki belirli kenarlar ve plajiyoklaslar arasındaki Na ve Ca dağılımına dayalı iki yeni plajiyoklas-amfibol jeotermometresi geliştirmiş ve bunu ampirik formülle ifade etmiştir. Bu formül;

a) edenit + 4kuvars = tremolit + albit (edenit-tremolit termometresi)
b) edenit + albit = rihterit + anortit (edenit-rihterit termometresi)

Aynı araştırmacılara göre bu termometreler ±20-30 ^{o}C olarak 400-1000 ^{o}C sıcaklık ve 1-15 kbar basınç gibi farklı doğal sistemlerde kullanılabilir. Pratikte silikaya doygun edenit-tremolit termometresinden hesaplanan sıcaklıklar edenit-rihterit sıcaklıklarındaki hataya göre biraz daha düşüktür.

Tablo 5.2: Amfibol-plajiyoklas jeotermometresi (Holland and Blundy 1994) kullanılarak bulunan tahmini sıcaklıklar.

Koçdağ kalk-alkalen				Erciyes kalk-alkalen							
E-102b	E-102b	E-102b	E-102b	E-88	E-88	E-88	E-88	E-88	E-88	E-88	E-88
#1	#2	#3	#4	#3	#5	#10	#12	#18	#22	#23	#26
808.9	792.7	886.0	803.6	898.3	989.8	988.8	929.80	944.54	901.67	1020.9	929.50

Tablo 5.3: Amfibol-plajiyoklas jeotermometresi (Holland and Blundy 1994) kullanılarak bulunan tahmini kenar sıcaklıkları.

Erciyes kalk-alkalen				
E-88	E-88	E-88	E-88	E-88
#4	#6	#11	#13	#19
890.18	855.45	838.62	811.34	860.53

Çalışmadaki mikroprob verilerine göre sadece Erciyes strato volkanına ait kayaçlarda amfibol verileri bulunmaktadır. Bu nedenle plajiyoklas-amfibol jeotermometresi sadece bu kayaçlarda hesaplanmıştır. Hesaplanan tahmini sıcaklıklar Tablo 5.2'de verilmiştir. Bu tabloda bulunan tahmini sıcaklıklar edenit-tremolit eşitliğine göre

hesaplanmıştır. Hesaplamalara göre Koçdağ kalk-alkalen kayaçlarında 792-808^{o}C, Erciyes kalk-alkalen kayaçlarında ise 898-1020^{o}C arasında değişmektedir. Amfibollerin kenarlarındaki sıcaklıklar ise Tablo 5.3'de verilmiştir.

5.2.1.3. Fe-Ti oksit termometresi ve oksijen fugasiteleri

Fe-Ti oksit jeotermometreleri mağmatik ve metamorfik kayaçlarda yaygın olarak kullanılan ve çok dikkat çeken bir yöntemdir. Eş oluşumlu Fe-Ti oksitlerin bileşim değişimleri termodinamik hesaplamalarda ilk olarak Buddington (1956) tarafından kullanılmıştır. Daha sonraları Buddington and Lindsley (1964) FeO-Fe_2O_3-TiO_2 sistemindeki dengeyi aşağıdaki gibi deneysel olarak kalibre etmiş ve grafiksel bir Fe-Ti oksit jeotermometresi ile oksijen barometresi geliştirmiştir.

$Fe_2O_3+Fe_2TiO_4=FeTiO_3+Fe_3O_4$
$6\ FeTiO_3+2\ Fe_2O_3=6\ Fe_2TiO_4+O_2$

Bu eşitlikte sıcaklık için 1. reaksiyon, fO_2 için ise ikinci reaksiyon yazarlar tarafından kullanılmıştır. Daha sonraki yıllardaki çalışmalarla Fe-Ti oksit jeotermometre ve oksijen barometresi kullanımı yaygınlaştırılıp, kullanımı kolaylaştırılmıştır (Powell and Powell, 1977; Andersen and Lindsley, 1979, 1981, 1988; Ghiorsa and Carmichael, 1981; Ghiorsa and Sack, 1991; Lindsey and Spencer, 1982; Lindsley et al., 1990; Stormer, 1983; Stormer and Whitney, 1985). Bunların arasında en yaygın ve en başarılı yöntemler Lindsley et al. (1990), Lindsley and Spencer (1982) tarafından geliştirilen ikili projeksiyon algoritması ile Anderson (1988) tarafından kalibre edilen Fe-Mg-Ti oksitlerin termodinamik analizleridir.

Bu hesaplamalar için Lepage (2003) ILMAT bilgisayar programını oluşturmuştur. Aynı program ile Fe-Ti oksitlerden elde edilen verilerle jeotermometre ve oksijen fugasitesi hesaplamaları için çeşitli ampirik formüller oluşturulmuştur (Andersen and Lindsley, 1985).

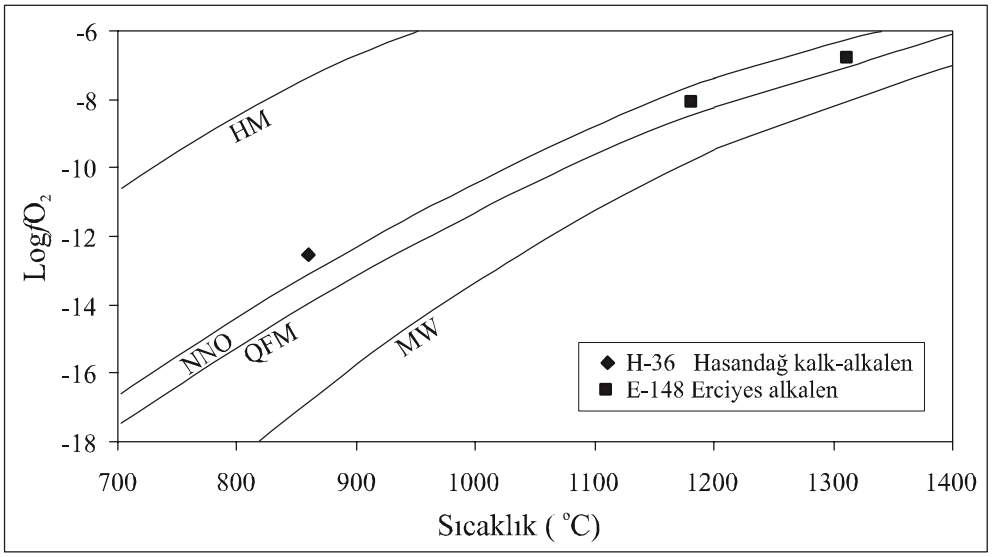
Hasandağ ve Erciyes strato volkanlarına ait kayaçlarda analiz edilen örnekler içerisinde eş oluşumlu magnetit ve ilmenit kristallerinin az olması nedeni ile bu yöntem kullanılarak bulunan sıcaklık ve fO_2 sonuçları oldukça kısıtlıdır. Bulunan sonuçlar ise Tablo 5.4'te verilmiştir. Ayrıca tabloda a ve b satırları sırasıyla

Anderson (1968) ve Lindsley and Spencer (1982) tarafından hesaplanan mineral mol fraksiyonlarına göre sıcaklıkları göstermektedir.

Tablo 5.4: Eş oluşumlu Fe-Ti oksitlere göre tahmini sıcaklık ve fO_2 değişimleri.

	Hasandağ kalk-alkelen		Erciyes alkalen			
	H-36		148 a		148b	
	Sıcaklık (°C)	log10 fO_2	Sıcaklık (°C)	log10 fO_2	Sıcaklık (°C)	log10 fO_2
a)	856.06	-12.41	1147.59	-8.37	1269.74	-7.02
b)	859.21	-12.54	1181.57	-8.08	1311.13	-6.70

Şekil 5.20'de Andersen (1988) modelini esas alarak Andersen et al (1993) tarafından geliştirilen QUİLF programı yardımıyla tahmini sıcaklık ve fO_2 değerleri gösterilmektedir. Hesaplamalarda kristalizasyon sırasındaki oksijen fugasitesi için Fe-Ti oksitler ve Fe-Mg silikatlar arasındaki denge durumundan faydalanılmaktadır. Şekil 5.19'da tüm örnekler ortaç oksidasyon koşullarını belirten QFM tamponu eğrisi üzerinde görülmektedir.



Şekil 5.19: Eş oluşumlu Fe-Ti oksitlerin bileşiminden hesaplanan sıcaklık ve oksijen fugasitesi değişimleri. Eğriler hematit-magnetit (HM, Myers and Eugster 1983), kuvars-fayalit-magnetit (QFM, Berman, 1988), magnetit-wüsit (MW, Myers and Eugster, 1983) and nikel-nikel oksit (NNO, Heubner and Sato, 1970) katı oksijen tamponlarıdır.

5.2.2. Basınç hesaplamaları

Basınç hesaplamalarında jeobarometrelerin güvenirliği jeotermometrelerden daha az olduğu için sıcaklık hesaplarına göre daha zordur. İyi bir jeobarometre, sıcaklık değişimlerine kısmen duyarlı fakat basınç değişimlerine hassas olmalıdır.

Minerallerin kristallendiği sırada basınç hakkında bilgi sağlanarak minerallerin kristallenme derinliği ve dolayısıyla magma rezervuarlarının konumu belirlenebilir. Bu çalışmada basınç hesaplamaları için kayaçlardaki mineral parajenezlerine uygun olarak klinopiroksen ve hornblend jeobarometreleri kullanılmıştır.

5.2.2.1. Klinopiroksen jeobarometresi

Bir çok araştırmacı belirli sıcaklık basınç koşullarında sentezlenmiş mineralleri doğal mineral bileşimleriyle karşılaştırıp, bazaltik sistemlerde klinopiroksenlerin kimyasal bileşimlerinden termodinamik bilgi çıkartmaya çalıştılar (Gren and Hibberson, 1970; Knutson and Gren, 1975). Ancak magmatik sistemlerin büyük uyuşmazlığı nedeniyle piroksenlerin kimyasal bileşimi ve kristalizasyon basıncı arasında bir ilişki kurmak genellikle zor olmuştur. Son yıllardaki bazı çalışmalarla kimyasal bileşimleri kullanmanın yerine, kristalizasyon basınçları hesaplamalarında hassas hücre ve kenar hacimleri kullanılarak, doğal klinopiroksenlerin yapısal parametrelerindeki basınç etkileri ilişkilendirmeye çalışılmıştır (Dal Negro et al., 1989 a,b; Bertolo et al., 1994; Salviula et al., 1997). Bu metotların çoğunda tek kristalli X-Ray difraksiyon'a (XRD) dayalı piroksenlerin, kristal kimyası çalışmalarından elde edilebilen kristal yapısı verisi gerekmektedir.

Nimis (1995) doğrudan X-Ray difraksiyon (XRD) analizlerine gerek duymadan klinopiroksenlerin kimyasal bileşimlerinden yapısal parametrelerini hesaplamaya imkan sağlayan kristal-yapı similasyonu oluşturmak için deneysel ve yapısal verileri birleştirmiştir. Nimis (1995) tarafından oluşturulan klinopiroksen jeobarometresi hücre hacmi (Vc) ve M1-kenar hacmi (VM1) arasındaki ilişkiye dayanır. Aynı yazara göre bu barometre, yüksek alüminyumlu bazaltlar (Al_2O_3>18) hariç ($[Mg//Mg+Fe^{2+})]_{cpx}$=0.7-0.9) bazaltik bileşimli eriyiklerde sadece doğal mega veya fenokristalli klinopiroksenlerde uygulanabilir ve hesaplamalardaki hata 0-24 kbar aralığında ±2 kbar içinde olabileceği belirtilir. Bu modelleme için M1 ve M2 köşeleri arasındaki Fe^{+2} ve Mg'nin dağılımının hesaplanması kritik öneme sahiptir. Çünkü doğrudan kimyasal verilerle basınç parametrelerinin hesaplanması köşe işgalinde çok önemlidir. Bu nedenle bu metodun katyonla kullanılması gerekir.

Daha sonraki yıllarda Nimis and Ulmer (1998) sulu ve susuz [Ca+Na>0.5 ve Mg/(Mg+Fe+2)>0.7] bazik ve ultrabazik eriyiklerde deneysel çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Aynı yazarlar üst manto ve kabuk basınç koşullarında (0-24 kbar) ve klinopiroksen ± ortopiroksen ± pijonit ± olivin plajioklas ± lösit ± nefelin ± spinel ± amfibol ± ilmenit mineral topluluğunda jeobarometreyi kalibre etmişlerdir.

Nimis (1999) toleyitik ve zayıf alkali kayaçlarda yaptığı deneysel çalışmada üst manto – kabuk (0-24kbar) basınç koşullarında granat bulunmayan klinopiroksen ± ortopiroksen ± pijonit ± olivin plajioklas ± spinel ± magnetit ± amfibol ± ilmenit mineral topluluğu ile jeobarometreyi kalibre etmiştir. Her iki jeobarometre için basınç hesaplamalarında sıcaklık değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. Tahmini sıcaklıklara bağlı basınç hesaplamalarında her 20^{o}C sıcaklık artışlarında 1 kbar'lık basınç artışları gözlenmektedir. Hesaplamalar Nimis (1999) tarafından oluşturulan CpxBar bilgisayar programı kullanılarak yapılmaktadır. Hesaplamaların sonuçları Tablo 5.5, 5.6, 5.7'de verilmektedir.

Tablo 5.5: Hasandağ strato volkanına ait klinopiroksenlerdeki Nimis 1999'a göre tahmini basınç değerleri. c: çekirdek; b: kenar; m: mikrokristal.

Keçikalesi toleyitik							Hasandağ kalk-alkalen				
H-26	H-26	H-26	H-26	H-26	H-80	H-80	H-36	H-36	H-36	H-42	H-42
c-22	c-24	b-25	c-29	c-35	c-66	b-67	m-40	c-45	c-56	m-14	m-26
3.25	2.68	2.76	3.19	3.33	2.50	3.41	7.90	8.66	7.65	4.39	9.60

Tablo 5.6: Koçdağ volkanizmasına ait klinopiroksenlerdeki Nimis 1999'a göre tahmini basınç değerleri. c: çekirdek.

Koçdağ alkalen			Koçdağ kalk-alkalen	
E-148	E-148	E-148	102b	102b
c-1	c-2	c-3	c-1	c-2
6.75	7.01	5.33	2.17	6.64

Tablo 5.7: Erciyes volkanizmasına ait klinopiroksenlerdeki Nimis 1999'a göre tahmini basınç değerleri. c: çekirdek.

Erciyes kalk-alkalen volkanizması									
E-175	E-175	E-175	E-175	E-175	E-175	E-175	E-175	E-188	E-188
c-1	c-2	c-3	c-4	c-5	c-6	c-7	c-8	c-1	c-2
3.27	3.77	3.89	4.37	4.15	3.25	6.08	6.67	4.19	6.41

Klinopiroksenlere ait tahmini basınç değerlerine göre Hasandağ strato volkanında Keçikalesi toleyitik kayaçları 2.50-3.41 kbar arasında iken Hasandağ kalk-alkalen

kayaçlarında 4.3-9.6 arasında görülmektedir (Tablo 5.5.). Erciyes strato volkanı Koçdağ alkalen kayaçları 5.33-9.00 arasında, Koçdağ kalk-alkalen kayaçları 2.17-6.64 arasındadır (Tablo 5.6.). Erciyes kalk-alkalen kayaçlarında 3.25-6.67 kbar arasındadır (Tablo 5.7).

5.2.2.2. Al-hornblend jeobarometresi

Kalk-alkalen intrüziflerde hornblenddeki toplam Al miktarının artışının basıncın bir fonksiyonu olduğu ilk kez Hammarstrom and Zen (1986) tarafından gözlemlenmiştir. Kuvars + alkali feldispat + plajiyoklas$_{(An25-35)}$ + hornblend + biyotit + Fe-Ti oksitler + titanit + eriyik + sıvı topluluğunu içeren granitoid intrüziflerinde Al-hornblend barometresi aynı araştırmacılar tarafından oluşturulmuştur. Kalk-alkalen plütonların (1.5-3 ve 7-10 kbar) tahmini kristalizasyon basınçları ve hornblenddeki toplam Al içerikleri arasında ampirik bir kolerasyon önermişlerdir. Sonradan Hollister et al. (1987) metodu ilerletmek için bir takım plüton (4-6 kbar) içeren daha geniş veri setiyle Al- hornblend barometresini kalibre etmişlerdir.

Johnson and Rutherford (1989) 2-8 kbar'a karşı yüksek sıcaklıkla (780-740 ^{o}C) solidus ilişkisini dengede tutmak için CO_2-H_2O sıvı karışımı kullanarak barometreyi deneysel olarak kalibre etmişlerdir. Daha sonradan Schmidt (1992) P=2.5-13 kbar ve T=665-700 ^{o}C de suya doygun koşullar altındaki doğal tonalitte barometreyi deneysel olarak kalibre etmiştir. Anderson and Schmidt (1995) 600-800 ^{o}C sıcaklık aralığında barometreyi kalibre etmişlerdir. Tüm bu barometrelerin ampirik formülleri aşağıda belirtilmektedir:

$P(\pm 3kbar)=-3.92+5.03Al^{top}$ $r^2=0.80$ (Hammarstrome and Zen, 1986)

$P(\pm 1kbar)=-4.76+5.64Al^{top}$ $r^2=0.97$ (Hollister et al. 1987)

$P(\pm 0.5kbar)=-3.46+4.23Al^{top}$ $r^2=0.99$ (Johnson and Rutherford, 1989)

$P(\pm 0.6kbar)=-3.01+4.76Al^{top}$ $r^2=0.99$ (Schmidt, 1992)

$P(kbar)=4.76Al^{top}-3.01-\{[T-675]/85\}*\{0.53Al+0.005294[T-675]\}$ Anderson and Smith (1995).

Amfibol fenokristalleri için elektron mikroprob analizleri sadece Erciyes strato volkanında Koçdağ kalk-alkalen ve Erciyes kalk-alkalen kayaçlarında yapılmıştır. Bu kayaçların kristalizasyon basınçları Schmidt (1992) barometresi kullanılarak

hesaplanmıştır (Tablo 5.8.). Koçdağ kalk-alkalen kayaçlarındaki porfirik kayaçlardaki amfibol fenokristallerinde iki farklı basınç değerleri görülmektedir. Bu değerlerden ilk aralık 3.0-3.5 kbar ve diğeri ise yaklaşık 7.9 kbar civarındadır. Bu fark amfibol kristalizasyon fazlarının farklı derinliklerdeki magma odalarında gerçekleştirmesi ile açıklanabilir.

Tablo 5.8: Amfibol fenokristallerindeki basınç tahminleri (kbar).

Koçdağ kalk-alkalen				Erciyes kalk-alkalen							
E-102b	E-102b	E-102b	E-102b	E-88	E-88	E-88	E-88	E-88	E-88	E-88	E-88
#1	#2	#3	#4	#3	#5	#10	#12	#18	#22	#23	#26
3.55	3.06	7.18	3.37	4.44	4.83	4.50	4.41	5.33	4.01	4.71	5.21

Tablo 5.9: Amfibol fenokristallerin kenarlarındaki basınç tahminleri (kbar).

Erciyes kalk-alkalen				
E-88	E-88	E-88	E-88	E-88
#4	#6	#11	#13	#19
4.09	4.80	4.26	4.50	4.29

Erciyes kalk-alkalen kayaçlarına ait amfibol fenokristalleri 4.0-5.3 kbar kenarlarda ise 4.0-4.8 kbar arasında basınç değerleri vermektedir.

Analiz edilen kayaçlardaki mineral kimyası verilerine göre kalk-alkalen kayaç gruplarındaki piroksen ve plajiyoklas gibi fenokristal fazlarının bazılarında magma karışımı ve kabuk asimilasyonunu işaret eden normal ve ters zonlama verileri elde edilmiştir.

Bu bölümde kullanılan jeotermometre ve jeobarometre yöntemleri ile birlikte tahmini sıcaklık ve basınç değerleri Hasandağ ve Erciyes strato volkanı için Tablo 5.10'da sunulmaktadır. Hasandağ strato volkanı Keçikalesi kayaçlarındaki klinopiroksenler düşük basınçlarda kristallenmiştir. Ayrıca piroksen kristallerinden yaklaşık 1100^{o}C sıcaklık hesaplanmıştır. Hasandağ kalk-alkalen ortaç bileşimli kayaçlarında klinopiroksen fenokristalleri ortalama 8.15 kbar basınçta ve 859 ^{o}C sıcaklığında bulunmuştur. Daha bazik bileşimli kayaçlarda ise 4.39-9.60 kbar basınç aralığı belirlenmiştir. Aydar (1993)'e göre aynı kayaç grupları için amfibolerde yapılan basınç çalışmaları 1.00-5.98 kbar basınç aralıklarını, aynı grubun piroklastik ürünlerinde ise 1.85-7.60 kbar basınç aralıklarını vermektedir.

Hasandağ alkalen kayaçlarında gerek piroksen çifti, gerekse amfibol minerallerinin bulunmayışı nedeniyle tahmini sıcaklık ve basınç değerleri hesaplanamamıştır. Olivin, klinopiroksen ve plajiyoklas fenokristallerinin analiz edildiği bu kayaç grubunda granat kristallerinin varlığı ilk defa Aydar et al. (1995) tarafından belirtilmiştir. Özşekilli ve optik zonlanması bulunmayan granatlar pirop-almandince zengin olup, kristal dengesizlik yapıları görülmemektedir (Aydar and Gourgaud, 2002).

Erciyes strato volkanı alkalen kayaçlarında (Koçdağ alkalen volkanizması) çift piroksen termometresi ile ortalama 1249^{o}C sıcaklık değerleri bulunmuştur. Aynı kayaçlarda klinopiroksen jeobarometresi ile 5.33-7.01 kbar basınç değerleri belirlenmiştir. Koçdağ kalk-alkalen volkanizması andezitik kayaçlarında ikili piroksen termometresi ile 1042 ^{o}C ve amfibol-plajiyoklas termometresi ile ortalama 844^{o}C sıcaklıklara karşılık klinopiroksen jeobarometresi yardımıyla 2.17-6.64 kbar, Al-hornblend jeobarometresi yoluyla 3.06-7.18 kbar basınç aralığı bulunmuştur.

Erciyes kalk-alkalen volkanizması kayaçlarında andezitik ve bazaltik andezitik kayaçlarda mikroprob çalışmaları yapılmıştır. Sulu fazlar içeren andezitik kayaçlarda amfibol – plajiyoklas jeotermometresi ile ortalama 956^{o}C sıcaklık belirlenmiştir. Susuz mineral fazlarını barındıran bazaltik andezit ve andezitik kayaçlarda klinopiroksen jeobarometresi kullanılarak 3.25-6.67 kbar basınç aralıkları belirlenmiştir.

Tablo 5.10: Hasandağ ve Erciyes strato volkanına ait magmatik yoğunluk parametreleri.

	HASANDAĞ STRATO VOLKANI				ERCİYES STRATO VOLKANI				
Stratigrafik Konum	Keçikalesi toleyitik		Hasandağ kalk-alkalen		Koçdağ alkalen	Koçdağ kalk-alkalen	Erciyes kalk-alkalen		
Örnek No	H-26	H-80	H-36	H-42	E-148	E-102-b	E-88	E-175	E-188
Kayaç Adı	Bazalt	B.Andezit	Andezit	Bazalt	Bazalt	Andezit	Andezit	B.Andezit	Andezit
Sıcaklık Aralığı (^oC) (İkili prioksen termometresi) (Lindsley, 1983)	1090 – 1111 [1100]		[835]			1003 – 1082 [1042.5]			
Sıcaklık Aralığı (^oC) (Amfibol-Plajiyoklas term.) (Holland and Blundy, 1994)						803.6 - 886.0 [844.8]	898.3 – 1020.9 [956.9]		
Sıcaklık Aralığı (^oC) (Fe-Ti oksit termometresi) (Anderson, 1988)			[859.21]		1187.5-1311.1 [1249.3]				
Basınç Aralığı (kbar) (Klinopiroksen jeotermometresi) (Nimis, 1999)	2.68 – 3.33 [3.00]	2.50-3.41 [2.95]	7.65 -8.66 [8.15]	4.39-9.60 [6.99]	5.33 – 7.01 [6.17]	2.17 – 6.64 [4.40]		3.25 – 6.67 [4.96]	4.19 – 6.41 [5.30]
Basınç Aralığı (kbar) Al-hornblend-barometresi) (Schmidt, 1992)						3.06-3.55;7.18 [3.30] [7.18]	4.01-5.33 [4.67]		
Oksijen fugasitesi (-Log fO_2)			12.54		8.00 – 6.70				

BÖLÜM 6. PETROJENEZ

Bu bölümde volkanik kayaçların iz element verilerinden faydalanarak, petrojenetik modelleme çalışması yapılması amaçlanmıştır. Petrojenetik modelleme çalışmalarında kayaçların kristalizasyon geçmişini belirlemek için fraksiyonel kristalleşme ve asimilasyon etkileri incelenmiştir. Daha sonra ise volkanların olası kaynak bileşenleri belirlenip, magma oluşum süreçlerinde etkin olan, kısmi ergime tipleri ve kısmi ergime yüzdelerinin hesaplanması amacıyla ergime modeli çalışmaları yapılmıştır. Bu bilgilerin ışığı altında bölgede geniş bir alanda yayılım gösteren ve çarpışma tektoniği ile gelişen volkanik kayaçların jenezi ile ilgili sorulara yanıt aranmıştır.

6.1. Volkanik Kayaçlarda Kristalizasyon Süreçleri

İz element konsantrasyonundaki değişiklikler, belirli bir sürecin sonucu olarak meydana gelecek değişimin yönünü ve miktarını gösteren ikili vektör diyagramları kullanılarak modellenebilir. Modellemelerde kullanılan mineral vektörleri herhangi bir mineral fazın veya topluluğun fraksiyonlanmaya uğramasıyla oluşan bileşimleri gösterir ve vektörlerin başlangıç noktaları çok önemli değildir. Belirli bir minerali veya magmayla ilgili mineral topluluklarının kristalizasyonu için teorik olarak hazırlanan fraksiyonlanma trendleri öngörülen trendlerle karşılaştırılarak kayaçların gelişimindeki fraksiyonlanma gözlenebilir. Teorik fraksiyonlanma trendleri 'Rayleigh' eşitliği kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu eşitlik;

$C_L/C_0 = F^{(D-1)}$ burada,

C_L : İz elementin sıvıdaki konsantrasyonu
C_0 : İz elementin orijinal ergimemiş katıdaki konsantrasyonu
F : Artık ergiyik fraksiyonu
D : Tüm kayaç ayrımlanma katsayısı (kristal fraksiyonlaşması)'dır.

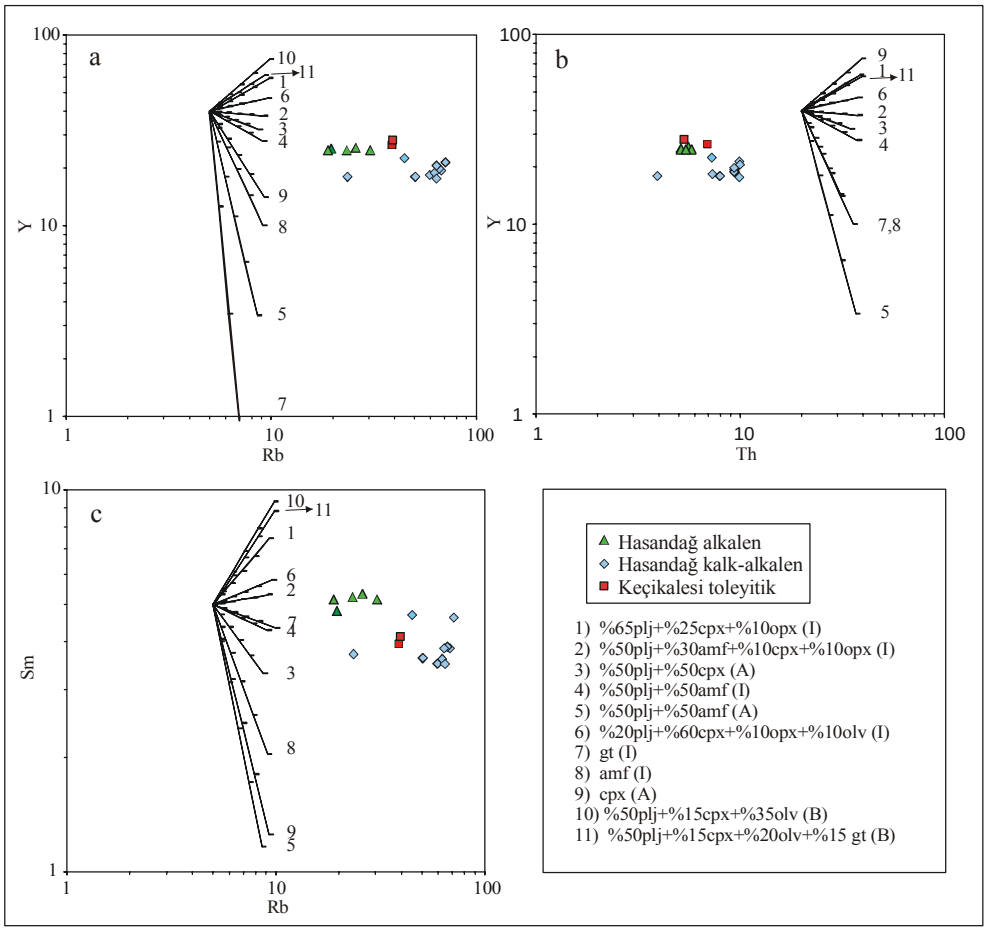
Modellemelerde kullanılan mineral vektörleri Keskin (2002) bilgisayar programı kullanılarak oluşturulmuştur. Fraksiyonel krsitalizasyon modellemelerinde Rb ve Th uyumsuz elementler olduğundan fraksiyonlanma indeksi olarak kullanılmıştır. Diyagramlarda kullanılan diğer elementler ise sırasıyla Y, Sr, Sm, Ba ve V'dir. Bu elementlerden Y amfibol ve granat içerisinde güçlü bir şekilde tutulması, Sr plajiyoklastaki ayrımlanma katsayısı yüksek olmasından dolayı, kayaçların gelişimi sırasında bu minerallerin fraksiyonlanmasında herhangi bir etkisinin olup olmadığının araştırılmasına olanak verdiği için kullanılmıştır. Sm ise susuz kristalizasyon topluluklarını sulu kristalizasyon topluluklarından ayırmak amacıyla değerlendirilmiştir. Ayrıca Ba, alkali feldispat tarafından güçlü bir şekilde tutulduğu için ve V ise piroksenlerin etkisini araştırmak amacıyla kullanılmıştır. Hasandağ ve Erciyes strato volkanı için fraksiyonel kristalizasyon modellemeleri ayrı ayrı bölümler halinde sunulmuştur.

6.1.1. Hasandağ strato volkanında fraksiyonel kristalizasyon etkileri

Hasandağ strato volkanında petrografik çalışmalar sonucunda saptanan mineral toplulukları, Keçikalesi volkanizması için, plajiyoklas + klinopiroksen + ortopiroksen ± olivin; Hasandağ kalk-alkalen volkanizması için, plajiyoklas + amfibol + klinopiroksen + ortopiroksen ± biyotit ± olivin; Hasandağ alkalen volkanizması için plajiyoklas + klinopiroksen + olivin ± granat şeklindedir. Fraksiyonel kristalizasyonun etkilerini araştırmak için oluşturulan diyagramlarda bu mineral topluluklarına dikkat edilmiştir. Oluşturulan teorik vektörlerin mineral bileşimleri şekillerde ayrıca gösterilmektedir.

Hasandağ strato volkanına ait farklı kayaç serilerinin tümünün gösterildiği teorik fraksiyonlanma vektör diyagramında farklı mineral fazları Şekil 6.1'de numaralarla gösterilmektedir. Şekil 6.2'de ise tek fazlı mineraller için vektörler gösterilmektedir. Hasandağ strato volkanizmasına ait kayaç gruplarında genel olarak iki ayrı trend gözlenmektedir (Şekil 6.1;6.2). Keçikalesi toleyitik ve Hasandağ kalk-alkalen kayaçlarında amfibol ve plajiyoklas minerallerin fraksiyonlanmasının etkileri gözlenmektedir (Şekil 6.2-a,b,c). Hasandağ kalk-alkalen kayaçlarında bir noktadan itibaren Th ve Rb artışıyla birlikte Y, Sr, Sm'ninde artmaya başladığı görülmektedir (Şekil 6.1-a,c; 6.2-b). Benzer şekilde bölüm 4.2.2'deki SiO_2'ye göre değişim

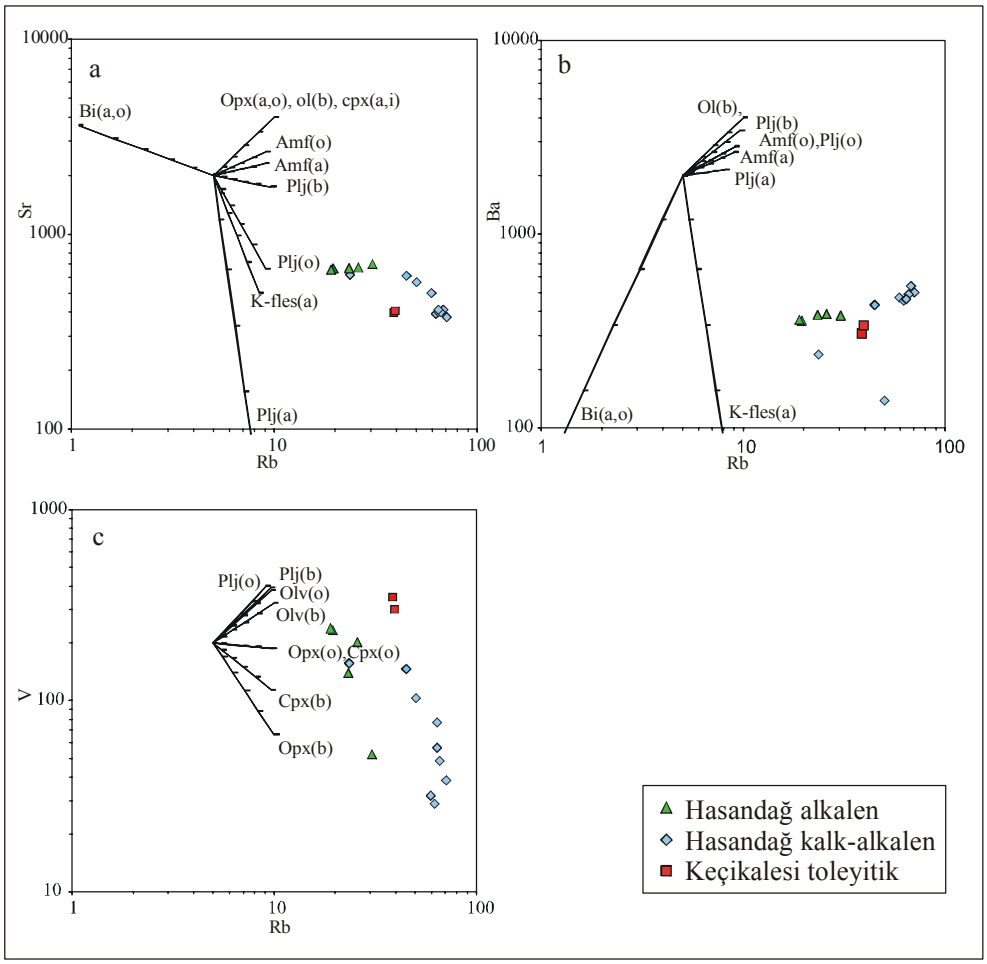
diyagramlarında da belli bir SiO_2 miktarından sonraki artışlarda Y ve Sr'nin arttığı gözlenmektedir. Bu trendler petrografik anlamda porfirik dokulu kayaçlardaki bazı mineral fazların birikimi ile açıklanabilir.



Şekil 6.1: Hasandağ strato volkanına ait teorik fraksiyonlanma vektörleri. Vektörler üzerinde %5'lik kristalizasyon araları gösterilmektedir ve mineral fazları numaralandırılmıştır; a) logRb-LogY; b) logTh-logY; c) logRb-logSm; diyagramı.

Volkanizmanın en genç üyesi olan Hasandağ alkalen kayaçları, teorik olarak oluşturulan mineral topluluğu ile ($plj_{[\%50]}$+$amf_{[\%30]}$+$cpx_{[\%10]}$+$opx_{[\%10]}$) uyum göstermektedir (Şekil 6.1-a,b,c). Bölüm 3'te değinildiği gibi, bu kayaçlardaki fenokristal topluluğu olivin, plajiyoklas, klinopiroksenden oluşmakta ve amfibol içermemektedir. Bu durum alkalen kayaçların gelişiminden önce gerçekleşmiş amfibol fraksiyonlanması ile Y($^{amf\text{-}sıvı}Kd_Y \approx 1.1$) ve Sm($^{amf\text{-}sıvı}Kd_{Sm} \approx 2.3$) gibi elementlerce kaynak bölgesindeki bir tüketilme ile açıklanabilir. Daha önceki çalışmalarda ve tarafımızdan yapılan çalışmalarda kayaçlar içerisinde azda olsa granat bulunmaktadır. Ancak iz element modellemelerinde iz element

konsantrasyonunu etkileyecek miktarda granat oluşumuna rastlanılmamıştır. Piroksen ve plajiyoklas minerallerinin varlığı Th'ye karşı Y ($^{cpx\text{-}sivi}Kd_Y \approx 1.2$, $^{plj\text{-}sivi}Kd_Y \approx 0.15$) içeriklerinde azalma ile desteklenmektedir. Tek fazlı mineral vektörlerinde plajiyoklas ve piroksen minerallerinin etkileri açıkça gözlenmektedir. Piroksen fraksiyonlanmasının etkisi ise logRb-logV diyagramında ($V^{cpx\text{-}sivi}Kd_V \approx 1.3$) belirgin bir şekilde gözlenmektedir (Şekil 6.2-c).



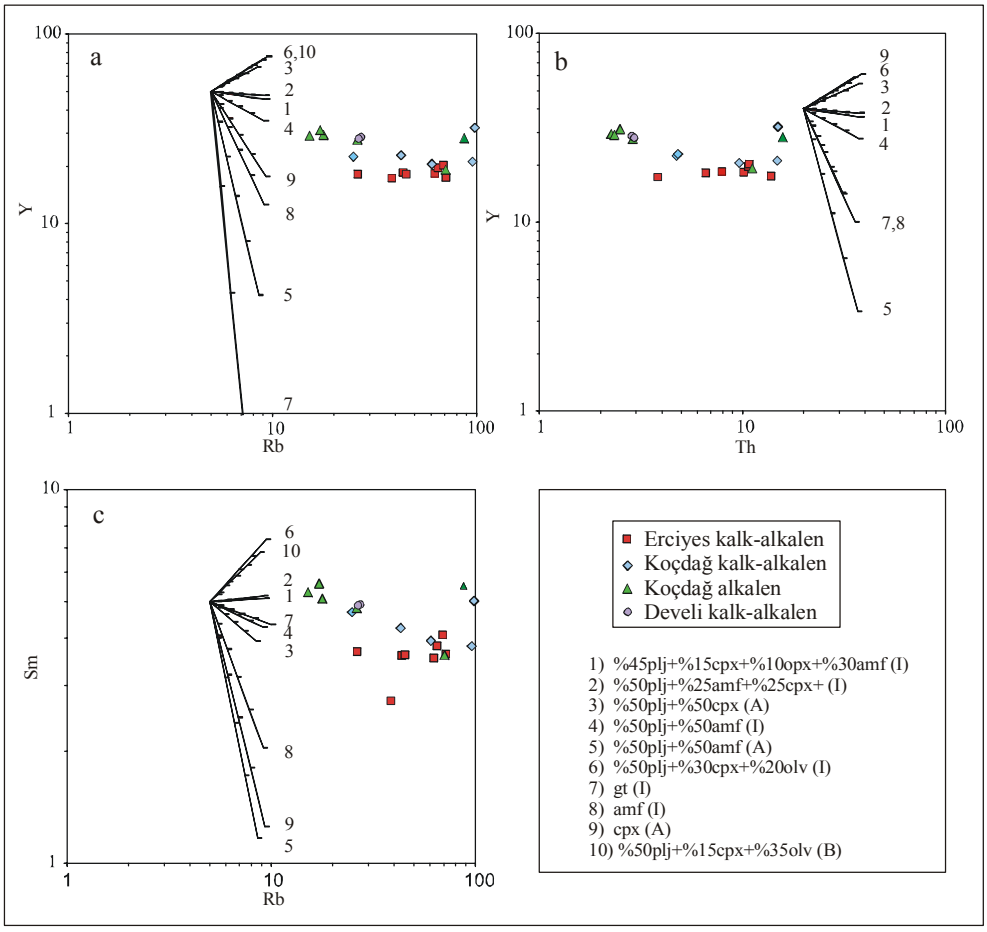
Şekil 6.2: Hasandağ strato volkanına ait teorik fraksiyonlanma vektörleri. Vektörler üzerinde %5'lik kristalizasyon araları ve mineral fazları gösterilmektedir; a) logRb-logSr; b) logRb-logBa; c) logRb-logV diyagramı.

6.1.2. Erciyes strato volkanında fraksiyonel kristalizasyon etkileri

Erciyes strato volkanında petrografik çalışmalar sonucunda öngörülen mineral toplulukları, Develi kalk-alkalen volkanizması için, plajiyoklas + amfibol + klinopiroksen + ortopiroksen ± olivin; Koçdağ alkalen volkanizması için, plajiyoklas + klinopiroksen + olivin; Koçdağ ve Erciyes kalk-alkalen volkanizması için,

plajiyoklas + amfibol + klinopiroksen + ortopiroksen şeklindedir. Oluşturulan teorik vektörlerin mineral bileşimleri şekil 6.3'te açıklanmaktadır.

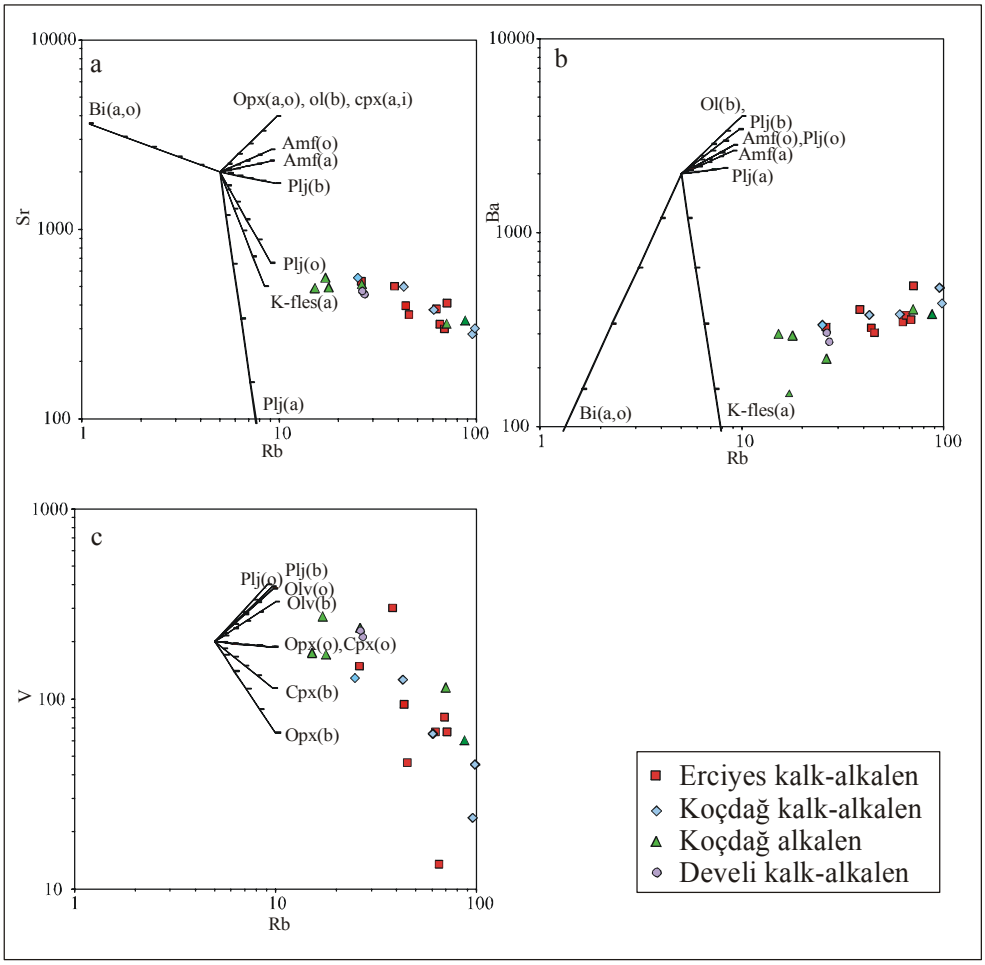
Erciyes strato volkanına ait kayaç gruplarındaki fraksiyonlanma trendleri birbirine oldukça benzerlik sunmaktadır ve yaklaşık olarak tümü petrografik olarak öngörülen ($plj_{[\%45]}$+$amf_{[\%30]}$+$cpx_{[\%15]}$+$opx_{[\%10]}$) fraksiyonlanma trendlerine uygun görülmektedir (Şekil 6.3-a,b,c). Bu minerallerin etkileri tek fazlı mineral vektörlerinde de belirgindir. Bu vektörlerden logBa-logRb diyagramında amfibol etkisi, logRb-logSr diyagramında plajiyoklas etkisi, logRb-logV diyagramında ise klinopiroksen etkisi belirgindir(Şekil 6.4-a,b,c).



Şekil 6.3: Erciyes strato volkanına ait teorik fraksiyonlanma vektörleri. Vektörler üzerinde %5'lik kristalizasyon araları gösterilmektedir ve mineral fazları numaralandırılmıştır; a) logRb-LogY; b) logRb-logSm; c) logTh-logY; d) diyagramı.

Benzer şekilde bölüm 4.2.2'deki SiO_2'ye göre değişim diyagramlarında da SiO_2 miktarındaki artışlarla Y, Sr, V ve kısmen Nb'de negatif trendler gözlenmektedir. Bu trendler yukarıda bahsedilen kristal fraksiyonlanmalarıyla uyumludur. Y($^{amf-}$

$^{SIVI}Kd_Y \approx 1.1$)'nin SiO_2 ile negatif korelasyonu hornblend veya granat kristalizasyonu ile açıklanabilir. Ancak kayaçlarda amfibol fenokristallerinin varlığı ve granatın bulunmayışı amfibol fraksiyonlanmasını desteklemektedir. Ayrıca Nb'unda negatif korelasyon göstermesi Nb($^{amf\text{-}SIVI}Kd_{Nb} \approx 1$)'nin piroksene göre güçlü bir şekilde hornblendle ayrımlanmasıyla uygundur. V($^{cpx\text{-}SIVI}Kd_V \approx 1.3$)'nin SiO_2 ile negatif korelasyonu klinopiroksen fraksiyonlamasını desteklemektedir.



Şekil 6.4: Erciyes strato volkanına ait teorik fraksiyonlanma vektörleri. Vektörler üzerinde %5'lik kristalizasyon araları ve mineral fazları gösterilmektedir; a) logRb-logBa; b) logRb-logSr; c) logRb-logV diyagramı.

6.2. Asimilasyon-Fraksiyonel Kristalizasyon Etkisi

Soğuk kabuğa sıcak magmadan ısı transferi sonucu olarak kabuk çevresinde eş zamanlı olarak asimile olabilen fraksiyonel kristalizasyona uğramış magmalar yaygın olarak bilinir (Kuritani et al., 2005). Büyük hacimli kıtasal silisik magmaların çoğunluğu, kıtasal kayaçlar ve mantodan türemiş bazaltik ergiyiklerin hibritleşmesi

ile oluşur (De Paolo et al., 1992). Hibritleşmeyle oluşan fiziksel karışım, çoğu zaman ksenolit ve kseno kristallerde korunmasına rağmen, kabuk manto karışımı için çoğu araştırmacı, kimyasal kanıtların (özellikle radyojenik izotop) önemli olduğunu belirtmiştir. 1970'lerin başlarında tamamıyla manto kaynağı ve kabuk karışımına gereksinimi olan bir örnek olarak Sierra Nevada batolitindeki izotopik değişimler tanımlanmıştır (Kistler, 1974). Son zamanlarda yapılan jeokimyasal çalışmalar asimilasyon ile fraksiyonel kristallenmenin volkanik kayaçların farklılaşmalarındaki en önemli işlemlerin başında geldiğini göstermiştir (De Paolo, 1981; Spera and Bohrson, 2001). Mantodan türeyen magmalar kalın kabuk bölümünü geçerken asimilasyon ve bu nedenle kontaminasyondan belli derecede etkilenir.

Hasandağ ve Erciyes strato volkanlarına ait kayaçlardaki petrografik ve mineral kimyası verilerine göre özellikle bazı kayaç gruplarının gelişiminde magma karışımı ve asimilasyon süreçlerinin etkili olduğu gözlenmektedir. Bu etkiyi araştırmak için iz elementler kullanılarak teorik AFC (Asimilasyon - fraksiyonel kristallenme) modellemeleri (De Paolo, 1981) oluşturulmuştur. Bu modelde AFC sayısal indeksi olarak bir 'r' değeri kullanılır. De Paolo (1981) AFC süreci sırasındaki iz element konsantrasyonun hesaplaması için,

$C_m/C_{m0} = F^2 + [r/(r-1)]\,[C_a/zC_{m0}][1-F^2]$ (r=1 için uygulanamaz)

$C_m/C_{m0} = 1 + [r/(r-1)][C_a/C_{m0}]\ln F^2$ (r+D = 1 ve z = 0 durumunda)

formüllerini belirlemiştir. Bu formüllerde kullanılan parametreler

$F = M_m/M_{m0}$ (magma kütlesinin orijinal magma kütlesine oranı)

$r = M_a/M_c$ (asimilasyon derecesinin kristalleşme derecesine oranı

$z = [r + D-1]/[r-1]$

M_m = Magmanın kütlesi

M_{m0} = Magmanın ilk kütlesi

M_c = Kristalizasyon derecesi (kütle / birim zaman)

M_a = Asimilasyon derecesi (kütle / birim zaman)

C_a = Herhangi bir elementin tüm kayaçtaki konsantrasyonu

C_m = Herhangi bir elementin magmadaki konsantrasyonu

C_0 = Herhangi bir elementin magmadaki orijinal konsantrasyonu

D = Herhangi bir elementin katı/sıvı ayrımlanma katsayısı şeklindedir.

6.2.1. Tam ayrımlanma katsayıları ve uç bileşenlerin tahmini

Orta Anadolu volkanik kayaçlarında kaynak bileşenleri ve olası kabuk kirlenmelerinin bileşimlerinin tahmini kabuk ve manto kayaçlarındaki jeokimyasal veri eksikliği nedeniyle oldukça zordur. Bölgedeki kabuk kayaçlarının iz element bileşimlerine ilişkin veriler oldukça sınırlıdır.

Orta Anadolu'daki magmatik, metamorfik ve ofiyolitik kayaç toplulukları Orta Anadolu Kristalen Kompleksi olarak adlandırılır. Bu kompleks Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı orta-yüksek dereceli metamorfik kayaçları üzerleyen ofiyolitik birimlerle birlikte bu kayaçlara sokulum yapmış intrüzif kayaçlardan oluşmaktadır (Göncüoğlu et al., 1991a, 1991b). Bu kompleksin büyük bir bölümünü oluşturan magmatik kayaçlar, üst kabuğa ait kayaçlarda kabuksal kalınlaşmanın yol açtığı kısmi ergime ile oluşanlarla, hornblend ± K'lu feldispat megakristalleri ± mafik mikrogranüler anklavlar içeren, çarpışma sonrası magmatizmanın sırasıyla ilerlemiş ve son evrelerini temsil eden granitoidler olmak üzere başlıca 2 grupta toplanırlar (Aydın et al 1998). Bu sokulumlardan Üçkapılı granodiyoritinde yapılan tüm kaya Rb/Sr analizleri, bu kayaların Alt Senomaniyen'de (95 ± 11 my) kristallendiklerini, tüm kaya izokronu ile sağlanan başlangıç Sr değeri (Sr = 0.7104) granodiyorit magmasının kıta kabuğunun ergimesi ile yada büyük çapta kıta kabuğunun kontaminasyonu ile ortaya çıktığına işaret eder (Göncüoğlu, 1986). Olası kaynak karakteristikleri ve kirlenme ile ilgili sayısal bilgi olmayışı nedeniyle Orta Anadolu granitoyitik sokulumlarının iz element verisi kullanılarak uç üye bileşimi tahmini yapmak güçtür.

Bölgedeki metamorfik kayaçlar ise, Orta Anadolu Kristalen Kompleksine ait metamorfik kayaçlar olarak coğrafik bölgelerine göre Kırşehir, Akdağ ve Niğde Masifi şeklinde kompleksin farklı bölgelerinde görülür (Whitney and Dilek, 2001). Masiflerin metamorfik stratigrafisi çeşitli çalışmalarla üç bölümde toplanır (Göncüoğlu, 1981; 1982; 1986). Bu çalışmalara göre masiflerde altta bulunan formasyonlar amfibolit fasiyesindeki amfibolit, kuvarsit, mermer, kalkşist arakatkılı metapelitik, yarı pelitik gnayslardan oluşur. Bu kayaçları amfibolit ve şist arakatkılı karbonatlı kayaçlardan oluşan düşük dereceli amfibolit fasiyesi kayaları üzerler. Yapısal olarak en üstte düşük derecede oluşan (yeşilşist ve düşük derecede amfibolit

fasiyesi) kalsit mermerlerce baskın, az miktarlarda da kalk silikat, amfibolit ve ince taneli şistler bulunmaktadır. Bu genel stratigrafi Türkiye'nin batısındaki Menderes masifinin örtü serileri olarak tanımlanan stratigrafiyle benzerlik sunmaktadır (Dürr et al., 1978; Akkök 1983; Şengör et al., 1984; Bozkurt and Park, 1994). Niğde grubu kayalarının en alt bölümünü oluşturan Gümüşler gnaysları, Rb/Sr tüm kaya ve zirkon Pb^{207}/Pb^{206} model yaşı olarak çok kuşkulu da olsa bir Pan-Afrikan orojenezi ile ilgisini düşündürmektedir (Göncüoğlu, 1986). Bu verilerin ışığı altında, bölgede bulunan metamorfik kayaçlardan da net olarak ortalama kabuk değerleri elde edilemediğinden, hesaplamalarda Orta Anadolu kabuk bileşimi için Taylor and McLennan (1985) tarafından verilen ortalama kabuk değerleri kullanılmıştır.

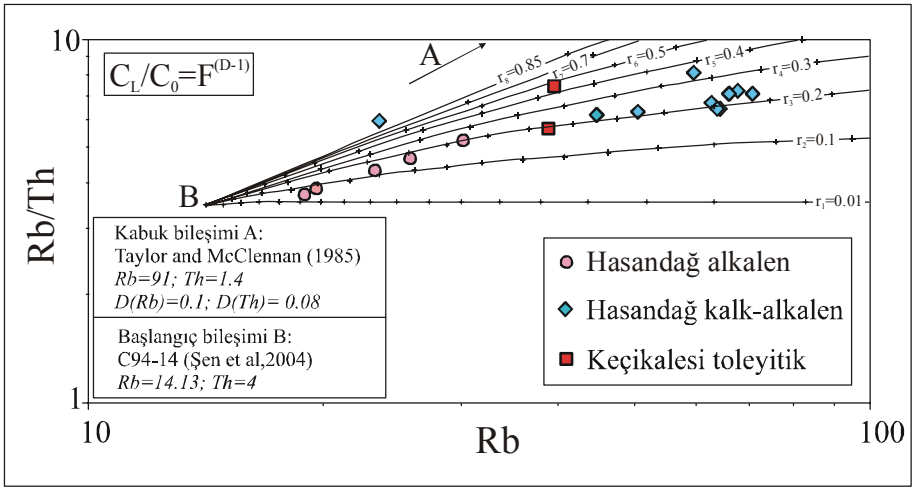
Manto kaynağı uç bileşenleri ile ilgili çalışmalarda ise Hasandağ ve Erciyes strato volkanına ait kayaçlarda manto ksenolitlerinin bulunamayışı nedeniyle bu bölgelerdeki en primitif kayaçlar olan alkalen kayaçların değerlendirilmesi düşünülmüştür.

AFC modellemeleri için kullanılan tam ayrımlanma katsayıları (D), daha önceden fraksiyonel kristallenme modellemesinde kullanılan mineral/ergiyik ayrımlanma katsayıları (Kd) (Keskin, 1994) ile hesaplanmıştır. AFC vektörleri Hasandağ ve Erciyes strato volkanları için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hasandağ strato volkanı için ($plj_{[\%50]}$+$amf_{[\%50]}$) ve Erciyes strato volkanı için ($plj_{[\%45]}$+$amf_{[\%30]}$+$cpx_{[\%15]}$+$opx_{[\%10]}$) gibi fraksiyonlanma toplulukları dikkate alınarak tam ayrımlanma katsayıları hesaplanmıştır.

6.2.2. AFC diyagramları

Hasandağ ve Erciyes strato volkanlarına ait kayaçların tümü Rb'ye karşı Rb/Th diyagramlarında değerlendirilerek asimilasyon ve fraksiyonel kristalizasyon etkisi incelenmiştir. AFC modellemesinde Rb/Th oranı, kayaçların kristalizasyonundan önemli bir şekilde etkilenmemiş olmaları nedeniyle seçilmiştir. Rb/Th oranı kabukta bazik lavlara göre daha yüksek olduğu için bu orandaki artışlar muhtemelen kabuksal asimilasyonun özelliğini yansıtabilir. Rb ise fraksiyonlanma indeksi olarak bu orana karşı kullanılmıştır. Rb biyotit içerisinde güçlü bir şekilde tutulmasına rağmen, bu mineral asidik kayaçların bir bölümünde gözlenmiş, diğer volkanik kayaç

gruplarında ise önemli krisatalizasyon fazında bulunmamaktadır. Oluşturulan Rb'ye karşı Rb/Th diyagramlarına hesaplanmış teorik eğriler ilave edilmiştir. Eğriler üzerinde asimilasyon derecesinin kristalleşme derecesine oranı (r) ve magma kütlesinin orijinal magma kütlesine oranı (F) gösterilmiş ve F değerleri her eğri üzerinde %5 aralıklarla işaretlenmiştir. Ayrıca diyagramlarda başlangıç bileşenleri ve kabuk bileşenleri ile iz element tam ayrımlanma katsayılarının yanı sıra kayaç gurupları da farklı simgelerle gösterilmiştir. Bu modellemede fraksiyonel kristalizasyonun seyrinde tam ayrımlanma katsayısındaki ve uç üye bileşimlerindeki potansiyel değişimler nedeniyle 'r' değerleri kesin olmayabilir. Ancak 'r' değerleri kayaçların ilksel bileşime ve birbirlerine göre aralarındaki AFC etkilerini belirgin bir şekilde yansıtır.

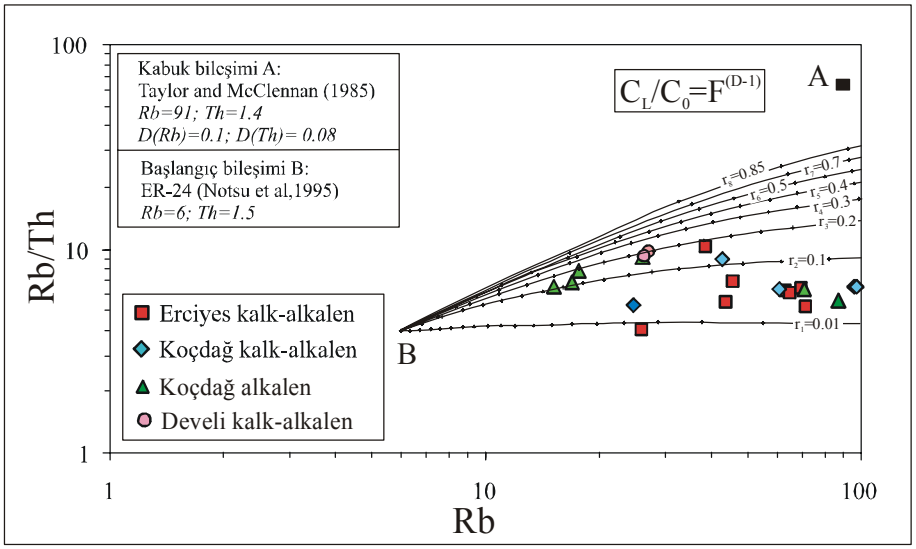


Şekil 6.5: Hasandağ starato volkanına ait kayaçların De Paolo (1981) eşitlikleri kullanılarak oluşturulan AFC modelleme diyagramı.

Diyagramda görüldüğü gibi Hasandağ alkalen kayaçları en az kabuk kirlenmesine uğramış kayaç grubudur. Bu kayaç grubunda r=0.01- r=0.2 teorik eğrileri arasında bulunmaktadır. Keçikalesi toleyitik ve Hasandağ kalk-alkalen kayaçları örneklerinin büyük kısmı r=2-3 arasında görülürken, birkaç örnek r>4 bölümünde bulunmaktadır (Şekil 6.5).

Erciyes strato volkanına ait kayaçların AFC etkileri şekil 6.6'da incelenmiştir. Bu diyagramda volkanizmanın en primitif kayaçları olan Koçdağ alkalen kayaçları r=0.01-r=0.1 teorik vektörleri arasında bulunmaktadır. Volkanizmaya ait kalk-alkalen kayaçların genelde benzer vektörler arasında bulunmaktadır. Bu diyagramda

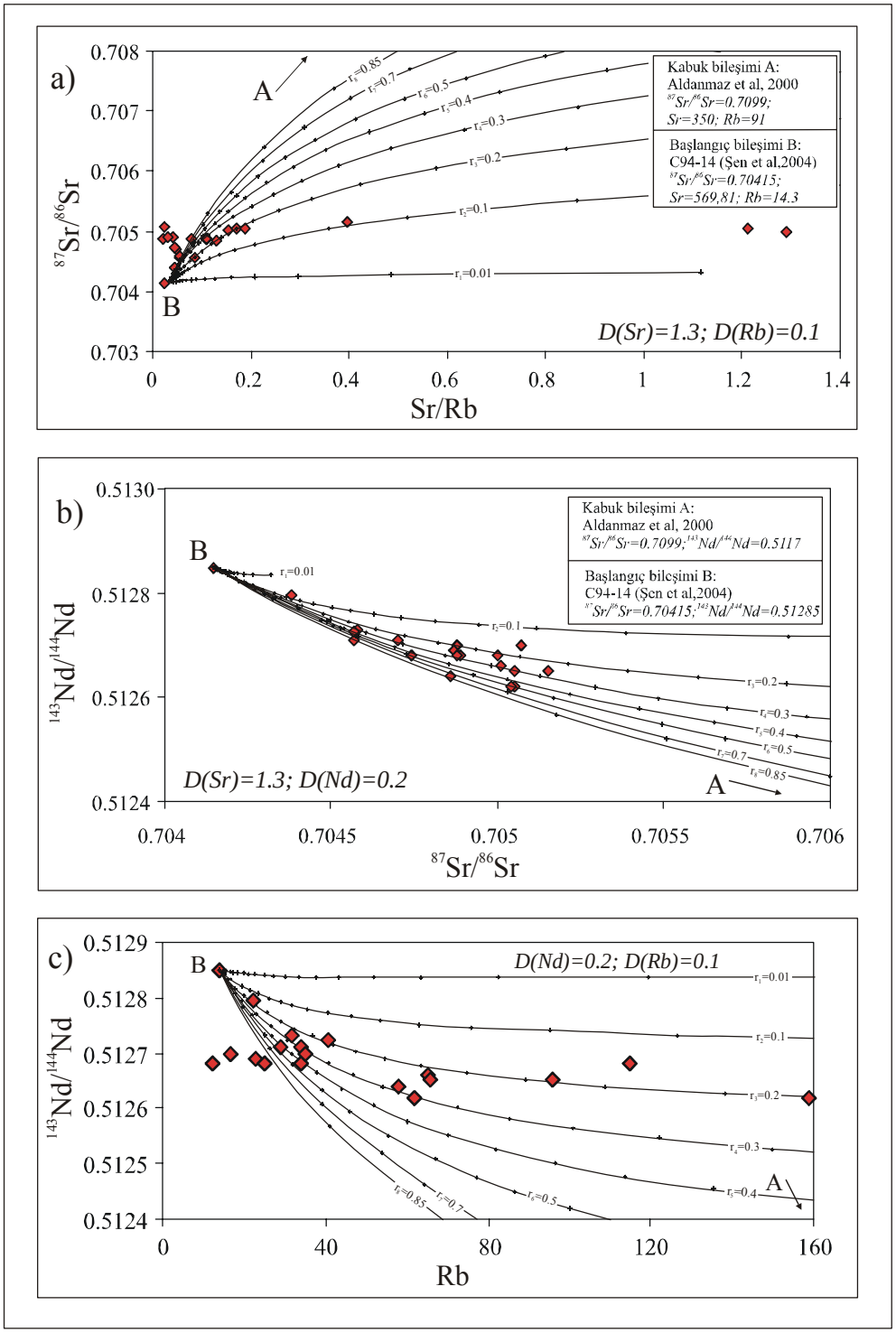
özellikle Koçdağ kalk-alkalen ve Erciyes kalk-alkalen kayaçlarında Rb/Th değerlerinin sabit kalıp Rb değerlerinde artış belirgin bir şekilde gözlenmektedir ve bu olay kayaçların gelişiminde fraksiyonel kristallenmenin etkin olduğunun kanıtı olarak algılanabilir.



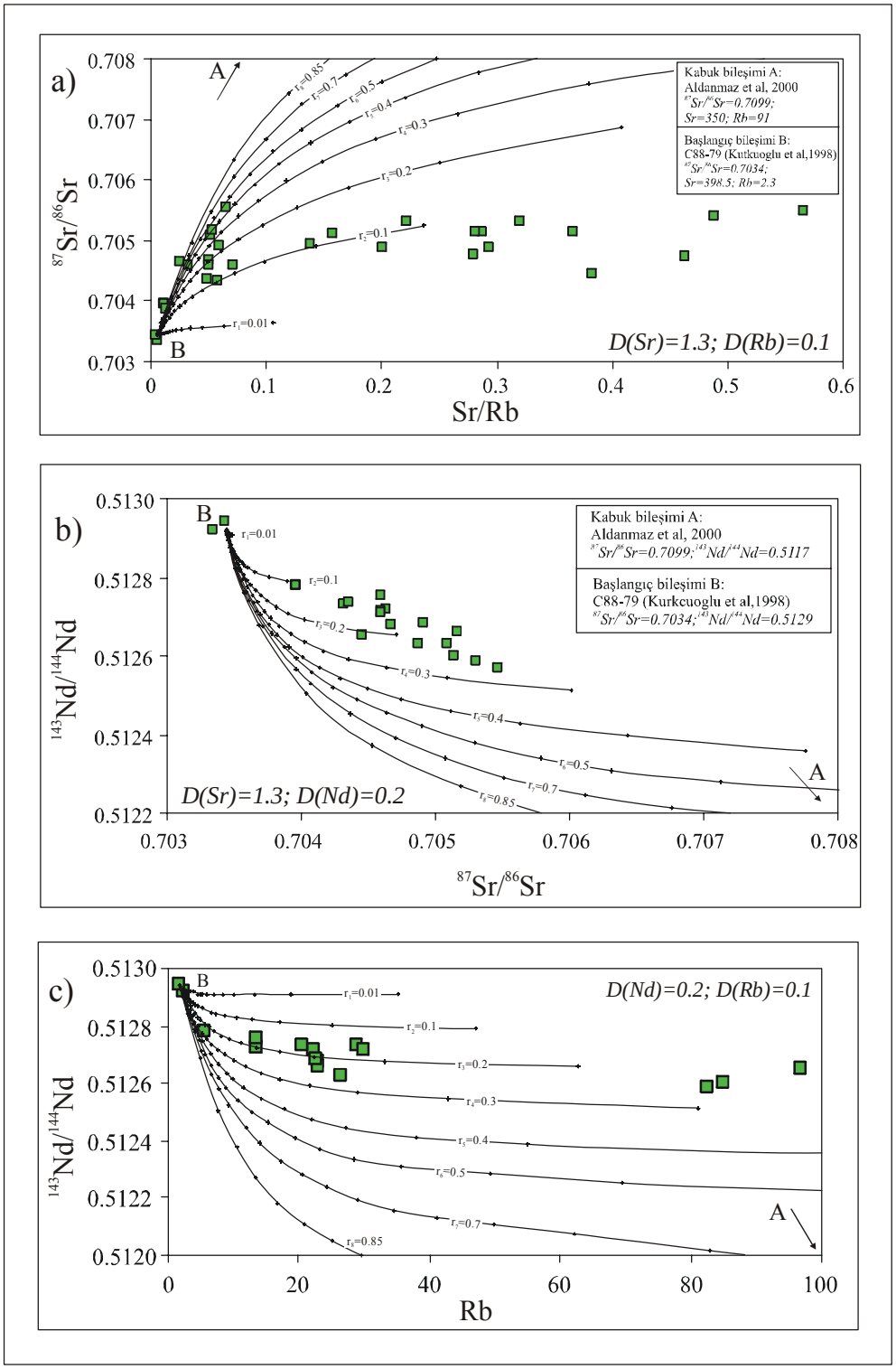
Şekil 6.6: Erciyes starato volkanına ait kayaçların De Paolo (1981) eşitlikleri kullanılarak oluşturulan AFC modelleme diyagramı.

Hasandağ ve Erciyes strato volkanına ait kayaçlardaki AFC etkilerini daha net inceleyebilmek için bu bölgelerde yapılmış önceki çalışmacılara ait izotop değerleri kullanılmıştır. Bu değerler kullanılarak oluşturulan diyagramlarda iki ayrı volkanizmanın başlangıç bileşimleri için aynı araştırmacıların izotop değerleri kullanılmıştır. Kabuk bileşimi için Aldanmaz et al. (2000) tarafından kullanılan Ege Bölgesi metamorfiklerine ait kabuk değerleri kullanılarak oluşturulan diyagramlar Hasandağ strato volkanı için Şekil 6.7; Erciyes strato volkanı için şekil 6.8'de gösterilmektedir. Bu diyagramlarda kullanılan izotop bileşimleri Şekil açıklamalarında belirtilmektedir.

İki strato volkan arasındaki asimilasyon-fraksiyonel kristalizasyon etkisini karşılaştırmak için oluşturulan diyagramlarda Hasandağ strato volkanına ait örneklerin Erciyes strato volkanına ait örneklere göre asimilasyon sürecinden daha çok etkilendiği net bir şekilde gözlenmektedir (Şekil 6.7;6.8). Buna bağlı olarak Erciyes strato volkanına ait kayaçların gelişiminde fraksiyonel kristalizasyonun etkisinin daha fazla olduğu gözlenmektedir (Şekil 6.8).



Şekil 6.7: Hasandağ strato volkanını kayaçlarında Sr-Nd izotopları kullanılarak oluşturulan AFC modellemesi. İzotop verileri Deniel et el., 1998; Şen et al., 2004; Notsu et al., 1995'ten alınmıştır. a) $^{87}Sr/^{86}Sr$-Sr/Rb, b) $^{143}Nd/^{144}Nd$-$^{87}Sr/^{86}Sr$ c) $^{43}Nd/^{144}Nd$-Rb diyagramı.



Şekil 6.8: Erciyes strato volkanını kayaçlarında Sr-Nd izotopları kullanılarak oluşturulan AFC modellemesi. İzotop verileri Kürkçüoğlu et al., 1998; Şen et al., 2004; Notsu et al., 1995'ten alınmıştır. a) $^{87}Sr/^{86}Sr$-Sr/Rb, b) $^{143}Nd/^{144}Nd$-$^{87}Sr/^{86}Sr$ c) $^{43}Nd/^{144}Nd$-Rb diyagramı.

6.3. Magma Evrimi

Hasandağ ve Erciyes strato volkanizmasında kalk-alkalen karakterli kayaçlar yaygın olmakla birlikte her iki bölgede de bu kayaçlara alkalen kayaçlar eşlik etmektedir. Volkanizmalara ait tüm üyelerin magma odası işlemleri, mineral kimyası verileri ışığı altında bu bölümde incelenmiştir. Hasandağ strato volkanı Bölüm 4'te değinildiği gibi, toleyitik karakterli volkanizma ile başlayıp, yaygın bir kalk-alkalen lav çıkışı sonrası alkalen ürünlerle faaliyetini tamamlamıştır. Erciyes'te ise Koçdağ alkalen volkanizması sonrası Koçdağ ve Erciyes kalk-alkalen volkanizmaları ile faaliyeti sürmüştür.

Her iki bölgede kalk-alkelen aktivite volkanizmanın büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Kalk-alkalen andezitlerin, jeokimyasal özellikleriyle yay volkanizmasının tipik ürünlerine benzer olduğu birçok araştırmacı tarafından belirtilmiştir (Gill, 1981; Pearce, 1982). Kalk-alkalen andezit oluşumunda başlıca petrojenetik işlemin fraksiyonel kristalizasyonla bazaltların ayrımlanması olduğu, fakat bunun yanı sıra kabuğun bölümsel ergimesi, bazaltik ve felsik magmaların karışımı veya fraksiyonel kristalizasyonla birlikte kabuksal malzemenin asimilasyonu gibi diğer mekanizmaların da önemli olduğu belirtilmiştir (Gill, 1981). Kalk-alkalen andezitler dalan dilimin olmadığı tektonik bölgelerde de oluşabilmektedir.

Hasandağ ve Erciyes starato volkanlarında özellikle kalk-alkalen serilerinin volkanolojik ve petrolojik karakteristikleri bu kayaçların gelişimde suyun önemli bir rol oynadığını gösterir. Bu kayaçlar sulu mineral fazları barındıran, fenokristalce zengin püskürmeler ve vesiküler dokulu başlıca patlamalı ürünler içerir. Fraksiyonel kristalizasyon modellemeleri bu kayaçların oluşumunda amfibol kristalizasyonun önemli bir etkisinin olduğunu göstermektedir.

Ada yayı ve kıtasal ortamlardaki magma oluşumunda amfibol kristalizasyonunun olası rolü bazaltik ve andezitik sistemlerdeki birçok deneysel çalışma ile tanımlanmıştır. Gill (1981) ve Gren (1982) tarafından yapılan deneyesel çalışmalarda 8-25 kbar basınç altında (25-80 km derinlik arası) suya doygunluğa yakın koşullar altındaki (>10 H_2O) bazaltik ve bazaltik andezit magmalarında amfibolün sıvı fazda

olduğunu göstermiştir. Daha sonra Foden and Green (1992) amfibolle birlikte olan sıvıların bileşimini ve amfibol duyarlılık alanını tanımlamak için 1 atm ve 10 kbar arası basınçlardaki ergimelerdeki yüksek Al'lu bazalt sistemlerinde deneyler gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak farklı evrelerde kristalizasyon ürünlerini ve olası soğuma hattını gösteren %5 H_2O'lu yüksek Al bazalt sistemlerinde bir faz diyagramı önermiştir (Foden and Gren, 1992). Bu faz diyagramından yaralanarak Hasandağ ve Erciyes strato volkanlarındaki magma odalarının gelişimi sistematik olarak açıklanmaya çalışılmıştır (Şekil 6.9).

Foden and Green (1992) deneylerinde başlıca pargasitik hornblend bileşimli amfibolleri sentezlemiştir. Aynı araştırmacılar plajiyoklasların 1 atm ve 10 kbar basınç aralığında susuz kristal fazda olduğunu fakat sulu ortamlarda plajiyoklasların rolünü 7 kbar'dan düşük basınçta olivin ve daha yüksek basınçlarda klinopiroksenin aldığını belirtmiştir.

Hasandağ strato volkanının ilk ürünleri olan, Keçikalesi toleyitik volkanizmasına ait bazalt ve bazaltik andezitlerden klinopiroksen jeobarometresi ile sırasıyla 1100^oC sıcaklık değerinde, 2.6-3.3 ve 2.5-3.4 kbar basınç değerlerine karşılık 10-12 km derinlik aralığı bulunmuştur. Aynı kayaçlarda plajiyoklas ve piroksen fenokristalleri yaygın gözlenirken, bazaltik andezitlerde az da olsa olivin mineralleri bulunmaktadır. Bu verilerin ışığı altında, Foden and Green (1992) tarafından önerilen diyagramda yaklaşık E noktasındaki magma, yükselimi ve soğuması sırasında F3 ile gösterilen yolu izlemektedir (Şekil 6.9). Petrojenetik göstergeler amfibolün bu P-T koşullarında dengede olmadığı için bu odalardaki magmalarda piroksen, plajiyoklas ve az miktarda olivin gibi susuz mineral fazların kristallendiğini gösterir. Bölüm 3'te değinildiği gibi, plajiyoklaslarda görülen elek dokuları, normal ve ters zonlanmalar ile bazı fenokristallerde mantolanmalar magmanın kendi içerisinde karışımından kaynaklanan termal değişimlerle oluşabilir. Ayrıca porfirik olmayan, yada zayıf porfirik kayaç dokuları bu dönemde magmanın hızlı yükselimini işaret eder.

Hasandağ kalk-alkalen volkanizması ağırlıklı olarak andezitik lav domları, dasitik, riyolitik lavlar ve oldukça yaygın piroklastik ürünlerden oluşmaktadır. Andezitlerden yapılan mikroprob analizleri sonucunda 835-859^oC sıcaklık değerlerinde 7.6-8.6 kbar basınç aralığına karşılık 28-32 km arasında derinlikler hesaplanmıştır. Bununla

birlikte Hasandağ kalk-alkalen volkanizmasında amfibol kristalizasyonu yaygın olmasına rağmen, mikroprob analiz sonucu bulunmaktadır. Aydar and Gourgaud (1993) tarafından benzer andezitik kayaçlardaki amfibollerde 1.3-2.2 kbar basınca karşılık 4.0-6.5 km derinlikler verilmektedir. Tüm bu basınç ile derinlik hesaplamaları bu magmaların polibarik gelişimi ve ayrıca çok farklı ürünlerin olması birden fazla petrojenetik işlemi göstermektedir.

Magma depolanması veya yükselimi sırasında magma karışımı veya fraksiyonel kristalizasyon nedeniyle ergiyik bileşiminde değişiklikler oluşur. Bunun sonucunda magma karışımı veya basınç azalması ve soğuma nedeniyle kristalizasyonun fiziksel şartlarında değişimler meydana gelir (Aldanmaz, 2006). Karışım işlemleri konvektif olarak, aynı magma odasının farklı zonları arasında veya farklı magma grupları arasında meydana gelebilir (Couch et al., 2001). Tüm bu işlemlerin belirtileri fenokristallerin bileşimsel veya dokusal zonlanmalarıyla belirlenebilir (Hibbard, 1981; Davidson et al., 1998; Ginibre et al., 2002; Troll and Schmincke, 2002). Fenokristallerin böyle kimyasal ve dokusal zonlanmalar göstermesi magma gruplarının püskürmesi sırasında veya öncesinde mineral topluluklarının birbiriyle dengede olmadığının bir kanıtıdır.

Bölüm 3'de değinildiği gibi bu kayaçlardaki fenokristallerde dengesizlik parametrelerine işaret eden bir çok petrografik belirtiler bulunmaktadır. Plajiyoklas ve piroksen fenokristallerinde bulunan zonlu yapılar ve amfibol fenokristallerinde reaksiyon çeperleri gözlenmesi dengesizlik belirtileridir. Plajiyoklaslarda birlikte büyümeyi işaret eden sinosis dokusu ve cam kapanımlarının neden olduğu elek dokusu yaygın gözlenirken, bir grup plajiyoklasta sinosis dokusu, magmatik korozyona uğradığının belirtileri, bazı plajiyoklaslarda bu dokuların görülmemesi, plajiyoklasların değişik dönemlerde kristallendiğine işaret eder. Mikrolitik dokulu elipsoidal ksenolitler de bu kayaç gruplarında rastlanan diğer dengesiz kristallenme göstergesidir.

Foden and Green (1992) magmatik sistemlerde amfibolün, magma kütlesi tümüyle uzun süre hareketsiz kalır ve geniş konveksiyonla karışıma uğraması (kapalı sistemler) veya üst mantodaki gibi piroksen, olivin bileşimli bazaltik ergiyiklerin alt kabuk yada soğuk yan kayaçla kontakta olması durumunda (açık sistemler)

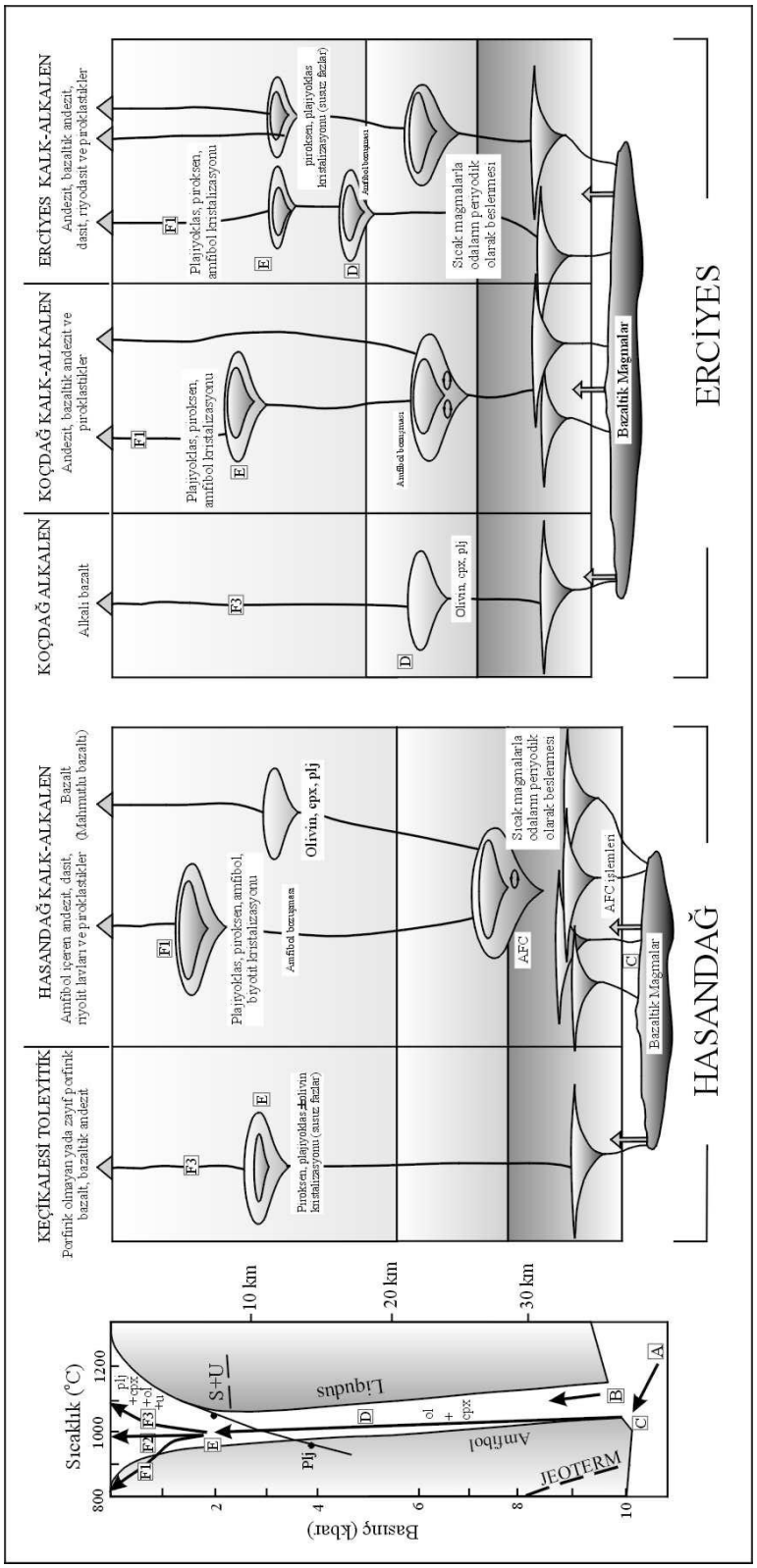
kristallenebileceğini belirtmiştir. Kayaçlarda ksenokristal bulunması birincil magmanın ilk olarak kabuksal ergiyiklerle karışıtığı veya kabuk asimilasyonu ile fraksiyonel kristalizasyona birlikte uğradığı, derin kabuk rezervuarlarında (~35 km) biriktiği anlamına gelir. Derin kabuk rezervuarlarında ilksel magma bileşimini etkileyen işlemler Hildreth and Moorbarth (1988) tarafından önerilen MASH (ergime, asimilasyon, depolama ve homejenizasyon) hipotezine benzer olabilir. Ancak MASH'ın etkilerini daha sonraki kabuksal kirlenme olaylarıyla büyük çapta değişen magmaların karakteristikleri olan AFC'nin etkilerinden ayırt etmek zordur. Bu nedenle derin magma odalarının jeokimyasal karakteristiklerini belirlemek oldukça güçtür. Bu magma odalarından erken fraksiyonlanmayla yükselen magma, farklı derinlik, miktar ve fraksiyonlanma topluluğuna sahip daha yüksek seviyeli magma odalarını oluşturabilir. Bu tür magma odalarında eğer sıvı, kristalen matriksten çıkarsa magmanın adiyabatik sıcaklık eğimi, amfibolün duraylılık alanını sınırlayan eğiminden oldukça az olacağından, kristalizasyon fazları olivin ve klinopiroksen alanına geri dönecektir (Şekil 6.9, D noktası). Hasandağ kalk-alkalen volkanizmasındaki asit ve nötr kayaçların bazılarında görülen amfibollerdeki korona dokusu, bu kayaçların gelişiminde böyle bir magmanın yükselimine ve oluşumuna işaret etmektedir. Sığ derinliklerde amfibol duraylı değildir ve basınç düşmesi ile düzensiz ergiyerek bozulabilir. Bunun sonucunda oluşan kristalen topluluklar piroksen veya olivince zengindir ve plajiyoklas içerir.

Hasandağ kalk-alkalen volkanizmasına ait asit ve ortaç bileşimli kayaçlarda Bölüm 3'te değinildiği gibi plajiyoklas, klinopiroksen, ortopiroksen ve amfibol türü mineraller yaygındır. Bu kayaçlar benzer magma odası işlemleriyle oluşmuştur. Foden and Green (1992) tarafından önerilen deneysel çalışmalara göre daha sığ seviyelere yükselen magma odası soğuma yolu olarak E noktasında bulunan amfibol duraylılık eğrisinden daha düşük bir P/T eğimi oluşturarak bu alana geçer. Bu durumda diyagramda F1 ile gösterilen yolu kullanarak yükselen magmada çoğunlukla amfibol kristallenmesi görülür. Piroklastik kayaçlardan riyodasitik pliniyen tipi geri düşmelere ait pomzalarda Aydar and Gourgaud (1993) tarafından amfibolerde yapılan basınç hesaplamaları ile 1.0-7.6 kbar arasında basınç değerleri bulunmuştur. Bu değerlere karşılık gelen derinlikler genellikle sığ derinlikler olmakla beraber uç değerler 3-27 km'dir.

Aynı volkanizmanın bazaltik ürünlerinde (Mahmutlu bazaltı) olivin, klinopiroksen ve plajiyoklas yaygın bulunan fenokristallerdir. Bu volkanik toplulukta klinopiroksen jeobarometresi ile bulunan 4.39-9.60 kbar basınç aralıkları 16-36 km derinliklere karşılık gelerek polibarik bir oluşumu göstermektedir. Bölüm 3'te değinildiği gibi plajiyoklaslarda zonlanma, sinosis ve elek dokusu kayaçlardaki dengesizlik unsurlarıdır. Amfibolsüz kristalizasyon toplulukları için soğuma yolu F2 yada F3'te beklenir ve kayaçları oluşturan magmanın yükseliminde bu soğuma yolları önerilebilir (Şekil 6.9). Bu oluşum derinde amfibolle dengedeki magmanın yükselimi ve adiyabatik olarak basınç azalması ile soğumasını işaret eder ve daha sonradan olası geç evre ısınmayı gösteren amfibol eğrisi dışındaki bölümde yükseldikçe susuz piroksen-feldispat toplulukları kristallendirebilir. Plajiyoklas fenokristallerinin bozulması, soğuk feslik magmalara daha sıcak magmaların girişi veya basınç azalmasını zorlayan plajiyoklas çökelimi sırasında kristalleşme gizli ısısının açığa çıkmasıyla sonuçlanabilen geç evre ısınmasını gösterir. Her iki durumda geç evre ısınma amfibol duraysızlığına neden olur (veya kısmen bozulma) ve amfibolsüz kristalizasyon fazları piroksence baskın olup, plajiyoklasın da bu toplulukta görülmesine neden olur.

Hasandağ strato volkanının son ürünü olan alkalen bazaltlarda Aydar and Gourgaud (2002) tarafından granat-klinopiroksen çiftinden yapılan sıcaklık hesaplamalarıyla 1172-1233^{o}C sıcaklık aralığı bulunmuştur. Olivin, klinopiroksen ve plajiyoklas yaygın mineral fazları olup granat kristalizasyonu da nadiren gözlenmektedir. AFC modellemelerinde görüldüğü gibi kayaçların gelişiminde azda olsa kabuk asimilasyonun etkisi gözlenmektedir.

Koçdağ alkalen volkanizması ile faaliyetine başlayan Erciyes strato volkanında, alkalen bazaltlarda Fe-Ti oksit termometresi ile yaklaşık 1250^{o}C sıcaklık değerlerine göre klinopiroksen jeobarometresi ile 5.3-7.0 kbar basınç aralığı ve 20-26 km arasında değişen derinlikler bulunmuştur. Plajiyoklas, piroksen ve olivin gibi susuz mineraller toplulukları petrografik çalışmalarla da belirlenmiştir. Orta kabuktaki magma odalarındaki derinliklerde kristallenen bu susuz topluluklar şekilde D noktası ile gösterilmektedir ve magmanın yükselimi sırasında yaklaşık F3 ile gösterilen soğuma yolunu izlediği düşünülebilir (Şekil 6.9).



Şekil 6.9: Orta Anadolu volkanik kayaçlarını oluşturan magma odalarının gelişiminin şematik gösterimi. Faz diyagramı Foden and Gren (1992)'ye aittir.

Koçdağ kalk-alkalen volkanizması genellikle bazaltik andezit ve andezit türü lavlar ve ignimbritlerden oluşmaktadır. Andezitik kayaçlarda yapılan mikroprob çalışmaları sonucu ikili piroksen termometresi ile yaklaşık 1050^{o}C, amfibol-plajiyoklas termometresi ile yaklaşık 850^{o}C sıcaklık değerlerine karşın, klinopiroksen jeobarometresi ile 2.1-6.6 kbar basınç aralığı ve 8-25 km derinlik, Al-hornblend jeobarometresi ile 3.0-7.1 kbar basınç aralığı ve 9-25 km derinlik hesaplanmıştır. Andezitik kayaçlarda plajiyoklas, amfibol ve piroksen mineral toplulukları gözlenirken, bazaltik andezit türü kayaçlarda piroksen ve plajiyoklas kristalizasyonu yaygındır. Bu kayaçlarda plajiyoklas minerallerinde zonlanma, elek doku, tozlu doku ve mantolanma piroksen minerallerinde zonlanmalar ile birlikte ksenolitler kayaçların oluşumu ile ilgili dengesizlik parametreleridir. Andezitik kayaçlardaki amfibollerde gözlenen krono dokusu, magmanın yükselimi sırasında amfibol duraylılık alanını kesecek şekilde sıcaklığının artması ile ilgilidir. Geç evre ısınmayı işaret eden petrografik bulgular ayrıca plajiyoklas fenokristallerindeki dengesizlik parametreleridir. Kayaçlarda sığ seviyeli magma odalarının ürünü olan edenitik amfibolün bulunması Foden and Green (1992) tarafından önerilen diyagramda E noktasından daha sığ seviyelere yükselen magmanın amfibol duraylılık alanı içinde olan (F1) soğuma yolunu kullandığını göstermektedir (şekil 6.9).

Andezitik kayaçlardan daha sonra püsküren bazaltik andezitik lavlarda plajiyoklas ve piroksenler yaygın gözlenirken, amfibol bu kayaçlarda bulunmamaktadır. Plajiyoklaslarda elek ve zonlu doku ile birlikte bazılarında mantolanma gibi dengesiz kristallenme belirtileri bulunmaktadır. Amfibolsüz kristalizasyon toplulukları için soğuma yolu F2 yada F3'te beklenir ve kayaçları oluşturan magmanın yükseliminde bu soğuma yolları önerilebilir (Şekil 6.9). Bu kristalizasyon fazları piroksence zengin olup, plajiyoklasın da bu toplulukta görülmesine neden olur. Aynı örnekte mantolanmış ve mantolanmamış plajiyoklasların bulunması magmanın kendi içerisinde karışması sonucu oluşan termal değişimlerden kaynaklanır (Couch et al., 2001).

Daha asidik karakterli ürünü yaygın olan Erciyes strato volkanı, bazaltik andezit, dasit riyodasit türü lavlardan ve piroklastik kayaçlardan oluşmaktadır. Amfibol-plajiyoklas termometresi ile yaklaşık 950^{o}C sıcaklık değerlerine ve Al-hornblend

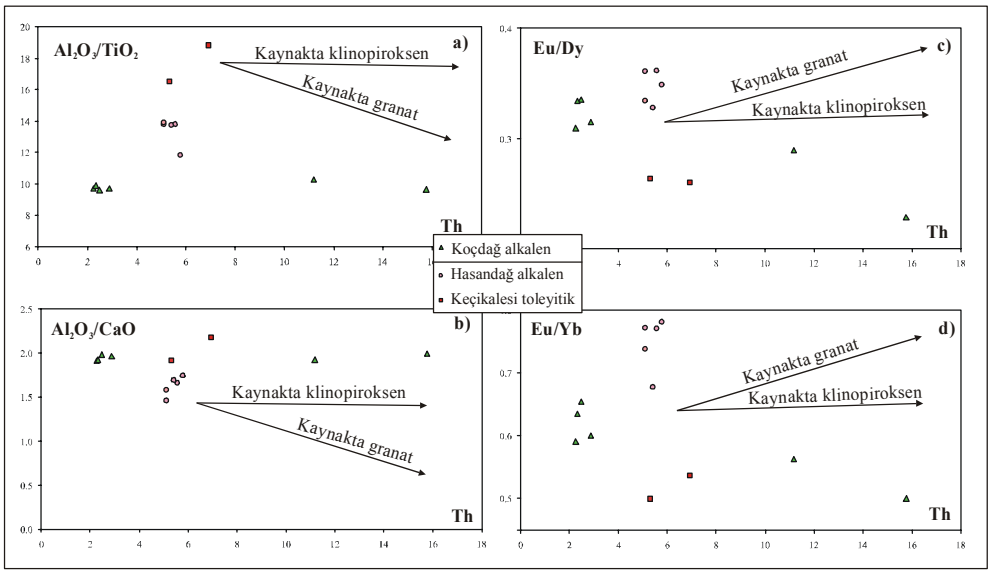
jeobarometresi ile 4.1-5.3 kbar basınç aralığı ile 13-18 km derinliklikler hesaplanmıştır. Ayrıca klinopiroksen jeobarometresi ile 3.2-6.6 kbar basınç aralığı ve 12-25 km derinlik hesaplamıştır. Bazaltik andezit türü lavlarla arakatkılı dasitik lavlar ve dasitik dom akıntılarını son olarak riyodasitik domlar ile birlikte piroklastik ürünler takip etmektedir. Magma odasının üst çatı bölümlerindeki gaz azalması sonucu patlamalı püskürmeler oluşabilir. Piroklastik patlamalar sonrası yerleşen riyodasitik domların magma odasındaki gaz içeriğinin azalması ve meteorik su katkısı sonucu oluştuğu ve Al-hornblend jeobarometresi ile amfibollerin 3.1 kbar basınçta kristallendiği Şen et al. (2002) tarafından belirtilmektedir.

Özellikle andezitik ve dasitik kayaçlarda dengesiz kristal dokulu fenokristaller yaygın bulunmaktadır. Bölüm 3'te değinildiği gibi bu kayaçlarda piroksen ve plajiyoklaslarda zonlu dokular, plajiyoklas fenokristallerinin çoğunda reaksiyon dokuları, amfibol kristallerinde krono dokuları dengesiz kristallenme kanıtı olarak gösterilebilir. Kayaçlardan elde edilen derinlik hesaplamaları ile kristalizasyonun farklı derinliklerde olduğu söylenebilir ve bununla birlikte kayaçlar farklı mineral topluluklarına sahiptir. Dasit, riyodasit ve andezit türü kayaçlardaki amfibol içeren topluluklar polibarik olarak 13-18 km derinliklerde kristallenmiştir. Aynı kayaçlardaki amfibollerde gözlenen krono dokusu ise magmanın yükselimi sırasında amfibol duraylılık alanı eğrisini kesecek şekilde sıcaklığının artması, plajiyoklas fenokristallerindeki tozlu ve elek dokular geç evre ısınmaya işaret etmektedir. Kayaçlarda sığ seviyeli magma odalarının ürünü olan edenitik amfibolün bulunması Foden and Green (1992) tarafından önerilen diyagramda E noktasından daha sığ seviyelere yükselen magmanın amfibol duraylılık alanı içinde olan (F1) soğuma yolunu kullandığını göstermektedir.

Bu volkanizmada görülen susuz mineral topluluklarını oluşturan bazaltik andezit ve bazı andezitik kayaçlardan elde edilen derinlikler 12-25 km arasında değişmektedir. Bu kayaçlarda plajiyoklaslarda elek ve zonlu doku ile birlikte bazılarında mantolanma gibi dengesizlik dokuları bulunmaktadır. Amfibolsüz kristalizasyon toplulukları için soğuma yolu F2 yada F3'te beklenir (Şekil 6.9). Kayaçların genelinde gözlenen afirik veya zayıf porfirik doku bu kayaçları oluşturan magmanın hızlı yükselimini işaret etmektedir.

6.4. Kaynak Mineralojisi

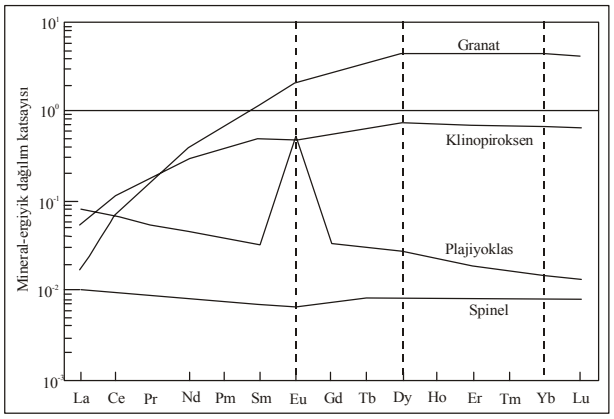
Hasandağ ve Erciyes strato volkanlarının kaynak mineralojilerini araştırmak için Hasandağ strato volkanına ait Keçikalesi toleyitik, Hasandağ alkalen ve Erciyes strato volkanına ait Koçdağ alkalen kayaçları Th'ye karşı Al_2O_3/CaO ve Al_2O_3/TiO_2 oranları ayrı diyagramlarda değerlendirilmiştir (Şekil 6.10). Th oldukça uyumsuz element olması ve azalan bölümsel ergime dereceleriyle sistematik olarak artması nedeniyle bu diyagramlarda kullanılmıştır. Seçilen ana oksit oranları ise manto kaynağındaki klinopiroksenle granatın etkisini ayırmak için kullanılmıştır. Granat sadece manto fazındaki derinlikte Al_2O_3'ü bileşiminde tutarken, sıvının CaO ve TiO_2 içerikleri çoğunlukla klinopiroksen tarafından kontrol edilir. Azalan bölümsel ergime dereceleriyle Al_2O_3/CaO ve Al_2O_3/TiO_2 oranlarındaki sistematik azalma kalıntı kaynaktaki granat/klinopiroksen oranının zamanla artışını işaret eder (Aldanmaz, 1998).



Şekil 6.10: Granat veya klinopiroksen içeren lerzolit kaynağından bölümsel ergime trendlerini gösteren Th'ye karşı ana (a-b) ve iz (c-d) element oranları.

Kayaçların oluşumunda granatın rolünü araştırmak için yukarıdaki oranlara ek olarak Th'ye karşı Eu/Dy ve Eu/Yb oranları aynı şekilde değerlendirilmiştir (Şekil 6.10). Bu oranlar kalıntı fazda baskın olan klinopiroksene karşı granatın daha hassas bir göstergesidir. Eu'ya karşı granatta Yb ve Dy'nin yüksek dağılım katsayıları nedeniyle (Şekil 6.11) Eu/Dy ve Eu/Yb oranlarının artması granat içeren lerzolit kaynağının azalan bölümsel ergime derecesini yansıtır. Bu diyagramdaki trendlere

göre Hasandağ alkalen kayaçlarının oluşumundaki bölümsel ergime işlemlerinde granat önemli bir rol oynamaktadır. Erciyes alkalen kayaçlarında ise bu etki net gözlenmemektedir (Şekil 6.10).



Şekil 6.11: Granat, klinopiroksen, plajiyoklas ve spinel için mineral-ergiyik dağılım katsayıları (Dağılım katsayıları Gren (1994), Irving (1978), Jones (1995) tarafından derlenmiştir).

6.5. Bölümsel Ergime İşlemleri

Jeoloji literatüründe tanımlanan ergime ve ergiyik çıkarma işlemleri iki şekilde oluşabilir: (1) Dengede veya yığın ergime, (2) Fraksiyonel veya Ryleigh ergime (Wilson, 1989; Rollinson, 1993). Birincisi oluşan eriyiğin sürekli olarak katı ile reaksiyonu ve bunun sonucu olarak da denge durumunun sürekli olarak yenilenmesi şeklinde tanımlanır. İkincisi ise kısmi ergime sonucu az miktarda türeyen eriyiğin kaynak bölgesinden ayrılması şeklinde gerçekleşmektedir. Yığın ergimenin esası ilk kez Schilling and Winchester (1967) tarafından ileri sürülmüştür. Daha sonradan çeşitli değişiklikler Gast (1968), Shaw (1970) ve Albaréde (1983) tarafından önerilmiştir. Shaw (1970) yığın ergime eşitliği için aşağıdaki gibi ampirik bir eşitlik öne sürmüştür.

$C=C_o/[D_o+F(1-P)]$ burada;

C ve C_o sırasıyla ergiyik ve kaynaktaki iz element konsantrasyonları, F ise ergiyik fraksiyonudur. D_o katı kaynağın başlangıç tam ayrımlanma katsayısı ve P ergiyikteki modal tüketim için ağırlıklı toplam mineral/ergiyik dağılım katsayılarıdır. Bu eşitlikte bölümsel ergime sırasında dağılım katsayılarının sabit kaldığı farz edilmektedir. Kaynaktaki mineral oranlarını belirlemede geçerli olan yaklaşık D_o

sabiti kararlıdır ve bölümsel ergime derecesi önemsizdir. Bu nedenle mineral fazlarının hiçbiri ergimeyle tümüyle tüketilmez. P sadece değişmeyen (ötektik) ergime koşulları altında oluşan ergime için yaklaşık olarak sabit kalması beklenebilir. Değişen koşullar altındaki bölümsel ergime için P'nin F ile doğrusal olarak değişmesi beklenir (Albaréde, 1995).

Fraksiyonel ergime işlemlerinde, kaynakta mevcut olan uyumsuzluğu yüksek elementlerin neredeyse tümünü içine alan (oldukça düşük derecelerde ergimeyle üretilen) ilk sıvı, farklı magma serilerini üretir ve birbirini izleyen sıvılar (artıktan oluşan) önceki ergiyiklere göre bu elementlerce güçlü bir şekilde tüketilirler. Eğer birbirini izleyen sıvılar daha sonra karışmazsa bu işlem küçük derecelerde ergimede bile normalize edilmiş REE diyagramlarında karakteristik olarak aşağı doğru iç bükey desenler gösterir. Tam tersine birbirini izleyen sıvılar karıştığı zaman oluşan magma tek bir yığın ergimeyle üretilen magma ile neredeyse aynı olur (Williams and Gill, 1989; Plank and Langmuir, 1992). Fraksiyonel ergime sonucu oluşan birikinti bu nedenle eşdeğer miktarda yığın ergimeninkine oldukça benzeyecektir.

6.5.1. Manto ergime modellemesi

Manto ergime modellemelerinde Shaw (1970) tarafından oluşturulan modal olmayan yığın ergime denklemleri kullanılmıştır. Modellemelerde magmaların kaynak karakteristiklerini sınırlama işlemlerinde REE bollukları ve oranlarını kullanılmıştır. Bunun sonucunda kaynak mineralojisi ile bölümsel ergime dereceleri hesaplanmaya çalışılmıştır. REE'ler için dağılım katsayılarında McKenzie and O'Nions (1991, 1995) tarafından önerilen değerler kullanılmıştır. Ayrıca modal mineralojiler ve ergime oranları için Kostopoulos and James (1992) tarafından önerilen değerler kullanılmıştır. Modellemede ilk olarak tüketilmiş MORB mantonun (DMM) Orta Anadolu volkanik kayaçlarının iz element bileşimine kaynak teşkil edip etmediğine bakılmıştır. DMM'nin McKenzie and O'Nions (1991, 1995) tarafından önerilen varsayıma dayalı tüketilmiş MORB bileşimine sahip astenosferik manto konveksiyonunu temsil ettiği farz edilir. Manto kaynağı mineralojisi kesin bilinmediği için, modelleme üç farklı kaynak bileşimi kullanılarak denenmiştir. (1) Granat lerzolit (2) Spinel lerzolit ve (3) Granat ve spinel lerzolit karışımı (%50:%50).

Tablo 6.1: Orta Anadolu volkanik kayaçlarına ait tahmini kaynak bileşimi ile bölümsel ergime dereceleri ve ergime modellemesinde kullanılan parametreler.

Modal oranları

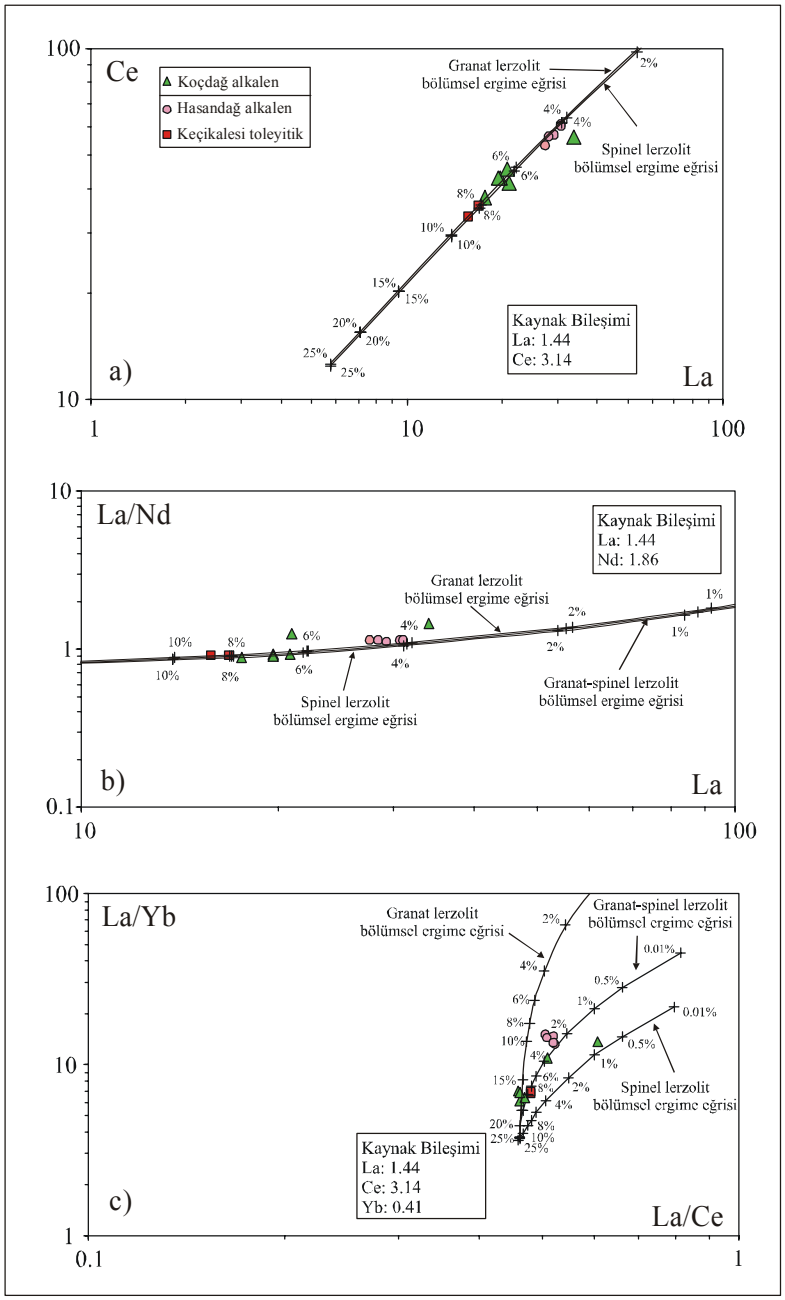
	Kaynak ergime modu		Katı kaynak	
	gt-lerzolit	sp-lerzolit	gt-lerzolit	sp-lerzolit
oliv	0.05	0.10	0.598	0.578
opx	0.20	0.27	0.211	0.270
cpx	0.30	0.50	0.076	0.119
gt	0.45		0.115	
sp		0.13		0.033

Element	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
D (Üst mantoda bazaltik magmayla dengedeki manto fazları için kristal/matriks tam ayrımlanma katsayısı)														
$D_{oliv/sıvı}$	0.0004	0.0005	0.0008	0.001	0.0013	0.0016	0.0015	0.0015	0.0017	0.0016	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015
$D_{opx/sıvı}$	0.002	0.003	0.0048	0.0068	0.01	0.013	0.016	0.019	0.022	0.026	0.03	0.04	0.049	0.06
$D_{cpx/sıvı}$	0.054	0.098	0.15	0.21	0.26	0.31	0.3	0.31	0.33	0.31	0.3	0.29	0.28	0.28
$D_{sp/sıvı}$	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
$D_{gt/sıvı}$	0.01	0.021	0.054	0.087	0.217	0.32	0.498	0.75	1.06	1.53	2	3	4.03	5.5
D_i (Orjinal katının tam ayrımlanma katsayısı)														
D_i (gt-lerzolit)	0.005915	0.010795	0.019101	0.027998	0.047602	0.06406	0.084343	0.114716	0.152639	0.205953	0.260027	0.376377	0.495966	0.667337
D_i (sp-lerzolit)	0.007527	0.013091	0.019938	0.027734	0.034721	0.041655	0.041217	0.043217	0.046523	0.045165	0.044997	0.046507	0.047747	0.050717
P_i(Ergiyiği oluşturan minerallerin tam ayrımlanma katsayısı)														
P_i (gt-lerzolit)	0.02112	0.039475	0.0703	0.10356	0.177715	0.23968	0.317375	0.434375	0.580485	0.78678	0.996075	1.445075	1.907375	2.571075
P_i (sp-lerzolit)	0.02888	0.05116	0.077676	0.108236	0.13413	0.15997	0.15577	0.16158	0.17241	0.16348	0.15955	0.15725	0.15468	0.15765

Tablo 6.1: (Devam) Orta Anadolu volkanik kayaçlarına ait tahmini kaynak bileşimi ile bölümsel ergime dereceleri ve ergime modellemesinde kullanılan parametreler.

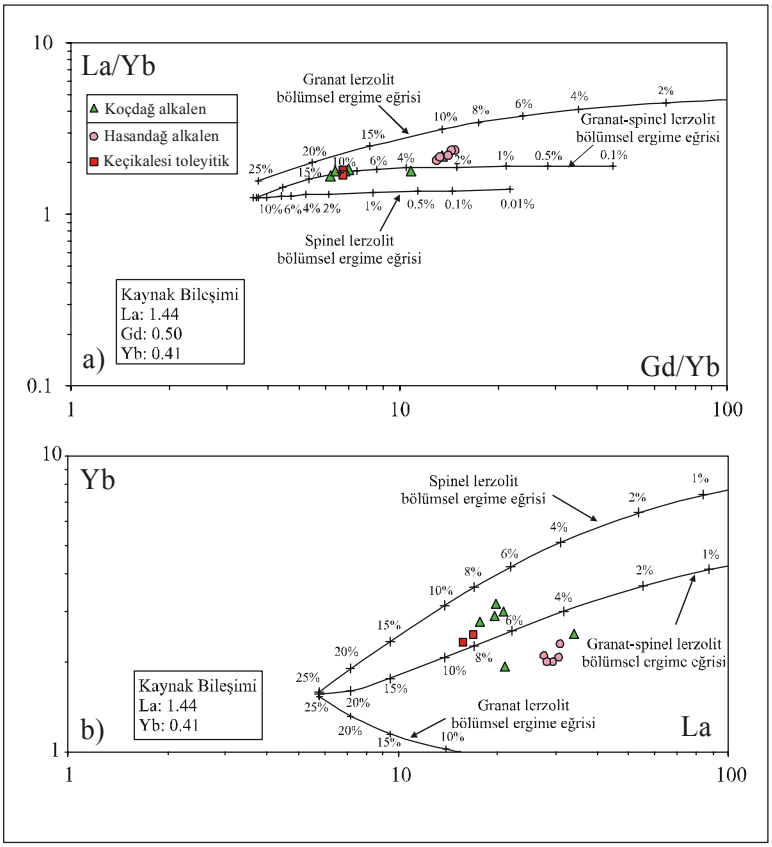
		CL (granat lerzolit)													
F (Ergiyik fraksiyonu)	0.25	5.76	12.52	1.59	7.41	1.68	0.58	1.96	0.35	2.40	0.53	1.54	0.23	1.54	0.23
	0.20	7.15	15.48	1.95	9.01	2.01	0.68	2.27	0.40	2.62	0.55	1.55	0.22	1.32	0.18
	0.15	9.45	20.29	2.52	11.50	2.49	0.82	2.68	0.45	2.87	0.58	1.55	0.20	1.15	0.14
	0.10	13.90	29.40	3.57	15.88	3.28	1.04	3.28	0.53	3.18	0.61	1.55	0.19	1.02	0.12
	0.08	17.13	35.85	4.28	18.74	3.76	1.17	3.60	0.57	3.32	0.62	1.55	0.18	0.98	0.11
	0.06	22.32	45.91	5.34	22.85	4.40	1.33	4.00	0.61	3.48	0.63	1.55	0.18	0.94	0.11
	0.04	32.01	63.84	7.11	29.26	5.30	1.55	4.48	0.66	3.65	0.64	1.55	0.17	0.90	0.10
	0.02	56.59	104.71	10.62	40.68	6.65	1.84	5.11	0.72	3.84	0.66	1.55	0.17	0.87	0.10
	0.01	91.87	154.01	14.09	50.55	7.64	2.04	5.49	0.75	3.95	0.66	1.55	0.17	0.85	0.10
	0.005	133.46	201.42	16.85	57.53	8.24	2.15	5.70	0.77	4.00	0.67	1.55	0.17	0.84	0.09
	0.0001	239.93	288.47	20.85	66.53	8.94	2.28	5.93	0.79	4.05	0.67	1.55	0.17	0.84	0.09
		CL (spinel lerzolit)													
F (Ergiyik fraksiyonu)	0.25	5.76	12.55	1.60	7.45	1.70	0.58	1.98	0.36	2.44	0.54	1.58	0.24	1.60	0.24
	0.2	7.15	15.49	1.96	9.07	2.05	0.70	2.38	0.43	2.92	0.65	1.89	0.29	1.91	0.28
	0.15	9.42	20.21	2.53	11.57	2.59	0.87	2.98	0.54	3.63	0.81	2.36	0.36	2.37	0.35
	0.1	13.79	29.10	3.57	15.98	3.51	1.16	3.98	0.71	4.79	1.07	3.12	0.48	3.13	0.46
	0.08	16.93	35.30	4.27	18.86	4.10	1.34	4.60	0.82	5.49	1.23	3.59	0.55	3.59	0.53
	0.06	21.93	44.87	5.32	23.00	4.92	1.59	5.45	0.97	6.44	1.44	4.23	0.64	4.21	0.61
	0.04	31.11	61.55	7.04	29.47	6.15	1.94	6.68	1.18	7.77	1.75	5.13	0.77	5.08	0.74
	0.02	53.53	97.97	10.43	41.00	8.19	2.50	8.62	1.51	9.82	2.23	6.52	0.98	6.41	0.92
	0.01	83.69	139.14	13.72	50.98	9.83	2.92	10.08	1.76	11.30	2.57	7.55	1.13	7.37	1.05
	0.005	116.51	176.15	16.30	58.04	10.92	3.19	11.02	1.91	12.22	2.79	8.20	1.23	7.97	1.13
	0.0001	189.22	238.27	19.98	67.16	12.25	3.50	12.12	2.10	13.28	3.04	8.94	1.33	8.66	1.22
		CL (spinel-granat lerzolit)													
F (Ergiyik fraksiyonu)	0.25	5.76	12.54	1.59	7.43	1.69	0.58	1.97	0.36	2.42	0.54	1.56	0.24	1.57	0.23
	0.2	7.15	15.49	1.95	9.04	2.03	0.69	2.32	0.41	2.77	0.60	1.72	0.25	1.61	0.23
	0.15	9.43	20.25	2.53	11.54	2.54	0.85	2.83	0.50	3.25	0.69	1.95	0.28	1.76	0.25
	0.1	13.84	29.25	3.57	15.93	3.40	1.10	3.63	0.62	3.99	0.84	2.34	0.33	2.08	0.29
	0.08	17.03	35.58	4.28	18.80	3.93	1.26	4.10	0.69	4.41	0.92	2.57	0.36	2.28	0.32
	0.06	22.12	45.39	5.33	22.92	4.66	1.46	4.72	0.79	4.96	1.04	2.89	0.41	2.57	0.36
	0.04	31.56	62.69	7.08	29.37	5.72	1.74	5.58	0.92	5.71	1.20	3.34	0.47	2.99	0.42
	0.02	55.06	101.34	10.52	40.84	7.42	2.17	6.86	1.12	6.83	1.44	4.04	0.58	3.64	0.51
	0.01	87.78	146.57	13.91	50.77	8.73	2.48	7.79	1.26	7.62	1.62	4.55	0.65	4.11	0.57
	0.005	124.99	188.79	16.58	57.78	9.58	2.67	8.36	1.34	8.11	1.73	4.87	0.70	4.41	0.61
	0.0001	214.58	263.37	20.41	66.84	10.59	2.89	9.03	1.44	8.67	1.86	5.25	0.75	4.75	0.66

Modellemelerde öncelikli olarak Aldanmaz (1998) tarafından önerilen, kaynak mineralojisindeki değişimlerden önemli derecede etkilenmeyen ve oldukça uyumsuz olan elementlerin (LRE) konsantrasyonları incelenmiştir. Bu hesaplamalarda kullanılan tüm parametreler Tablo 6.1'de gösterilmektedir.



Şekil 6.12: Orta Anadolu volkaniklerine ait Shaw (1970) tarafından önerilen, modal olmayan yığın ergime denklemi ile oluşturulmuş ergime eğrilerini gösteren diyagram (Aldanmaz, 1998). a) La-Ce; b) La-La/Nd; c) La/Ce-La/Yb. Hesaplamalarda kullanılan modal mineral oranları ve ayrımlanma katsayıları Tablo 6.1'de verilmektedir.

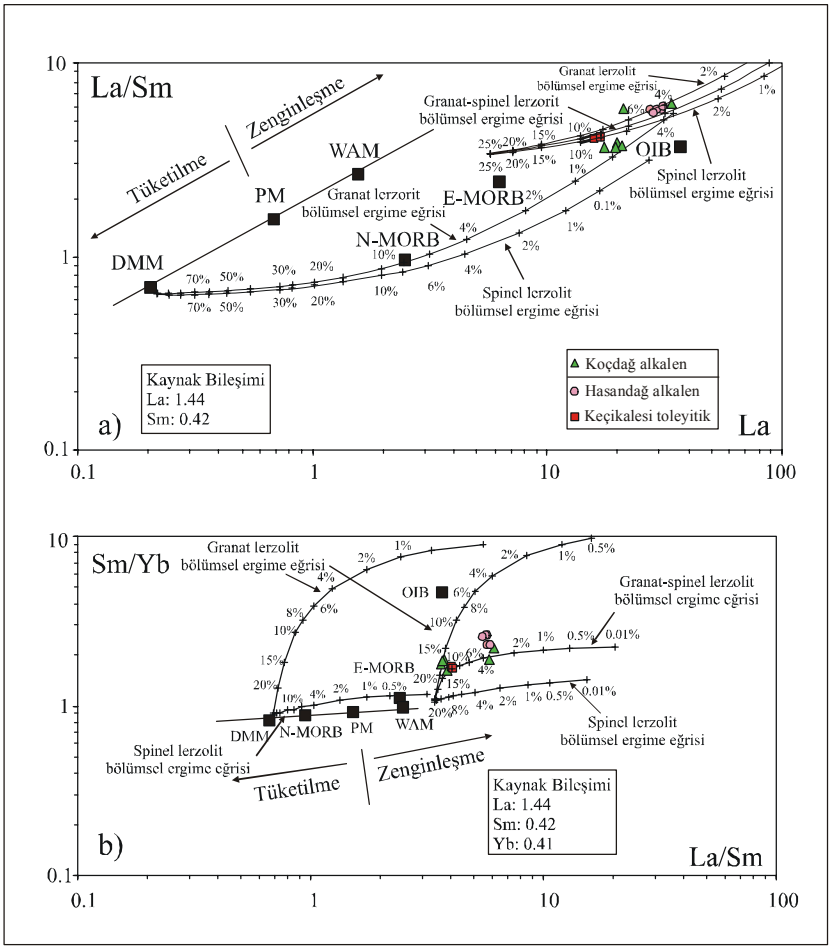
Bu elementlerden La ve Ce gibi uyumsuz elementlerin konsantrasyonlarıyla kayaçları oluşturan kaynağın ergime dereceleri hakkında fikir sahibi olunmuştur. Yığın ergime modeline göre hesaplanarak oluşturulan teorik ergime eğrilerinin kullanıldığı La-Ce, La-La/Nd ve La/Ce-La/Yb diyagramları Şekil 6.12'de gösterilmektedir. Bu şekilde diyagramlardaki ergime eğrileri üzerinde ergime dereceleri ile hesaplamalarda kullanılan kaynak bileşimleri gösterilmektedir. Bununla birlikte Hasandağ ve Erciyes strato volkanlarına ait kayaç grupları farklı simgelerle gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi bu diyagramların tümünde Keçikalesi toleyitik kayaçları yaklaşık %8-9, Hasandağ alkalen kayaçlarında %4-5, Koçdağ alkalen kayaçlarında ise %3-8 arasında gözlenmektedir.



Şekil 6.13: Orta Anadolu volkaniklerine ait birincil bazaltların a) Gd/Yb-La/Yb; b) La/Yb diyagramlarında dağılımı. Modellemede kullanılan parametreler Şekil 6.12'deki gibidir. Teorik olarak hesaplanmış eğrilerle ilgili açıklamalar metin içerisinde yer almaktadır.

Kaynak mineralojini belirlemek için Gd/Yb-La/Yb gibi ortaç nadir toprak elementlerin (MREE) ağır nadir toprak elementlere (HREE) oranları, hafif nadir toprak elementlere (LREE) veya LREE/HREE oranlarına karşı diyagramlarda kullanılmıştır (Şekil 6.13). Bu diyagramlar granat-lerzolit ve spinel-lerzolit

kaynaklarının ergimesini ayırt etmek için kullanılmıştır. Spinel-lerzolit kaynağı ergimesiyle manto kaynağına kıyasla ergiyikte Gd/Yb oranında küçük değişim oluşur ve ayrıca La/Yb oranı tarafından denetlenen ergiyik fraksiyonuyla Gd/Yb oranında küçük bir değişim oluşturur. Bu nedenle spinel-lerzolit ergimesine ait trend yatay gözlenmektedir. Granat-lerzolit kaynağının ergimesinde ise ergiyik fraksiyonuyla birlikte Gd/Yb oranında büyük değişme olur ve daha sonra ergiyik fraksiyonu kaynaktan çok farklı olarak Gd/Yb-La/Yb diyagramında artan eğri şeklinde bir trend izler (Şekil 6.13-a).

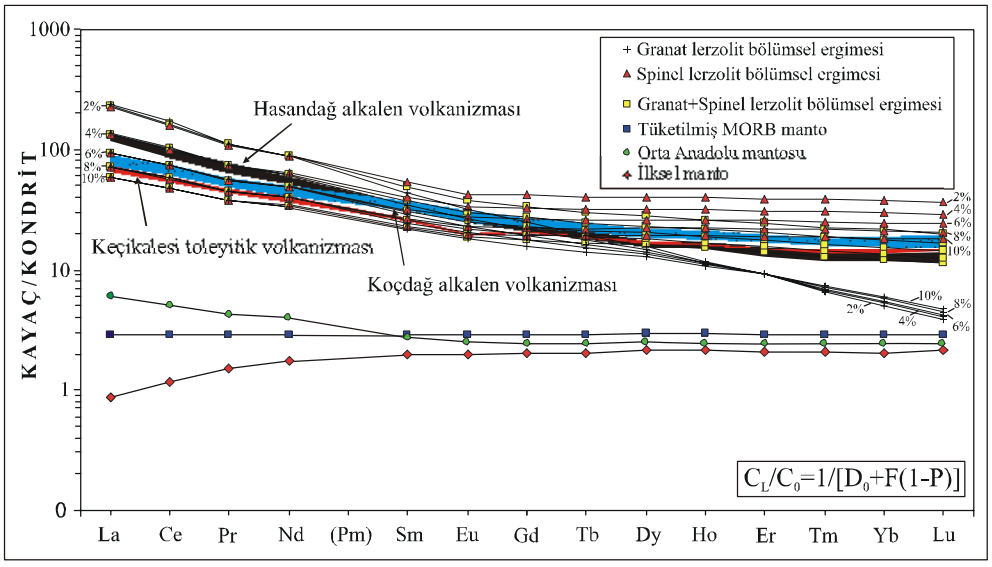


Şekil 6.14: Shaw (1970) tarafından önerilen, modal olmayan yığın ergime denklemi ile oluşturulmuş ergime eğrilerini gösteren a) La-La/Sm ve b) La/Sm-Sm/Yb diyagramı (Aldanmaz et al 2000). Modellemede kullanılan parametreler Şekil 6.12'deki gibidir.

La-Yb diyagramında ise spinel-lerzolit ergimesiyle birlikte artan eğri şeklinde bir trend görülürken, granat-lerzolit ergimesiyle yataya yakın bir trend görülmesi gerekmektedir (Şekil 6.13-b). Şekil 6.13'teki diyagramlarda Orta Anadolu volkanik kayaçları için kaynak granat+spinel manto olarak görülürken, Hasandağ alkalen

kayaçlarının diğer kayaç gruplarına göre granatı daha fazla olan bir manto kaynağından türedikleri belirgindir.

Benzer işlemler oldukça uyumsuz element La ve daha az uyumsuz element olan Sm arasında La-La/Sm diyagramında ve MREE/HREE oranı ile LREE/MREE oranları arasında La/Sm-Sm/Yb diyagramında uygulanmıştır (Şekil 6.14). Bu diyagramlarda farklı manto kaynakları çeşitli simgelerle gösterilmektedir. La ve Sm kaynak mineralojisindeki değişimlerden fazla etkilenmeyen mineraller oldukları için kaynağın tüm kimyasal bileşimini belirleme imkanı sağlayabilir (Aldanmaz et al., 2000). Orta Anadolu volkanik kayaçlarının neredeyse tümü DMM'nin ergimesiyle oluşabilenden daha fazla La konsantrasyonu ve La/Sm oranlarına sahiptir (Şekil 6.14-a). Böylece DMM'nin tek evrede ergimesiyle Orta Anadolu volkanik kayaçlarınınkine benzer uyumsuz element konsantrasyonlarına sahip magma üretilemez. Bu magmaları üretebilmek için DMM'ye göre LREE'lerde zenginleşmiş bir kaynak gereklidir.



Şekil 6.15: Granat lerzolit, spinel lerzolit, granat (%50) + spinel (%50) lerzolit bileşimli mineral oranlarına sahip Orta Anadolu manto kaynağının farklı derecelerde ergitilmesiyle oluşturulmuş REE diyagramı. Hesaplamalarda modal olmayan yığın denge ergimesi kullanılmıştır ve REE desenleri kondrit'e göre normalize edilmiştir. Hesaplamalarda kullanılan modal mineral oranları ve ayrımlanma katsayıları Tablo 6.1'de verilmektedir.

Bu etkiyi görebilmek için REE diyagramında tüketilmiş MORB manto (DMM) ilksel manto (PM) ve tahmini Orta Anadolu mantosunun da içinde bulunduğu (C1) kondrite göre normalize edilmiş REE diyagramı Şekil 6.15'te gösterilmektedir.

Diyagramda ayrıca Orta Anadolu birincil bazaltlarını oluşturan kayaç gruplarıda ayrı ayrı desenlerle gösterilmektedir. Diyagramdaki hesaplamalarda tüm parametreler ve hesaplama sonuçları Tablo 6.1'de verilmektedir. Şekil 6.15'de görüldüğü gibi tahmini Orta Anadolu mantosu LREE'lerce DMM ve PM'ye göre zenginleşme göstermektedir. Ayrıca şekilde görüldüğü gibi LREE konsantrasyonları granat veya spinel lerzolit kaynağından etkilenmezken M-HREE konsantrasyonları kaynak mineralojisinden önemli derecede etkilenmektedir. Şekilde Orta Anadolu volkanik kayaçlarını oluşturan mantonun granat + spinel lerzolit bileşimli bir kaynağı işaret ettiği görülürken, Hasandağ alkalen kayaçlarında granat bileşiminin fazlalaştığı belirgin olarak gözlenmektedir.

6.6. Kaynak Karakteristikleri

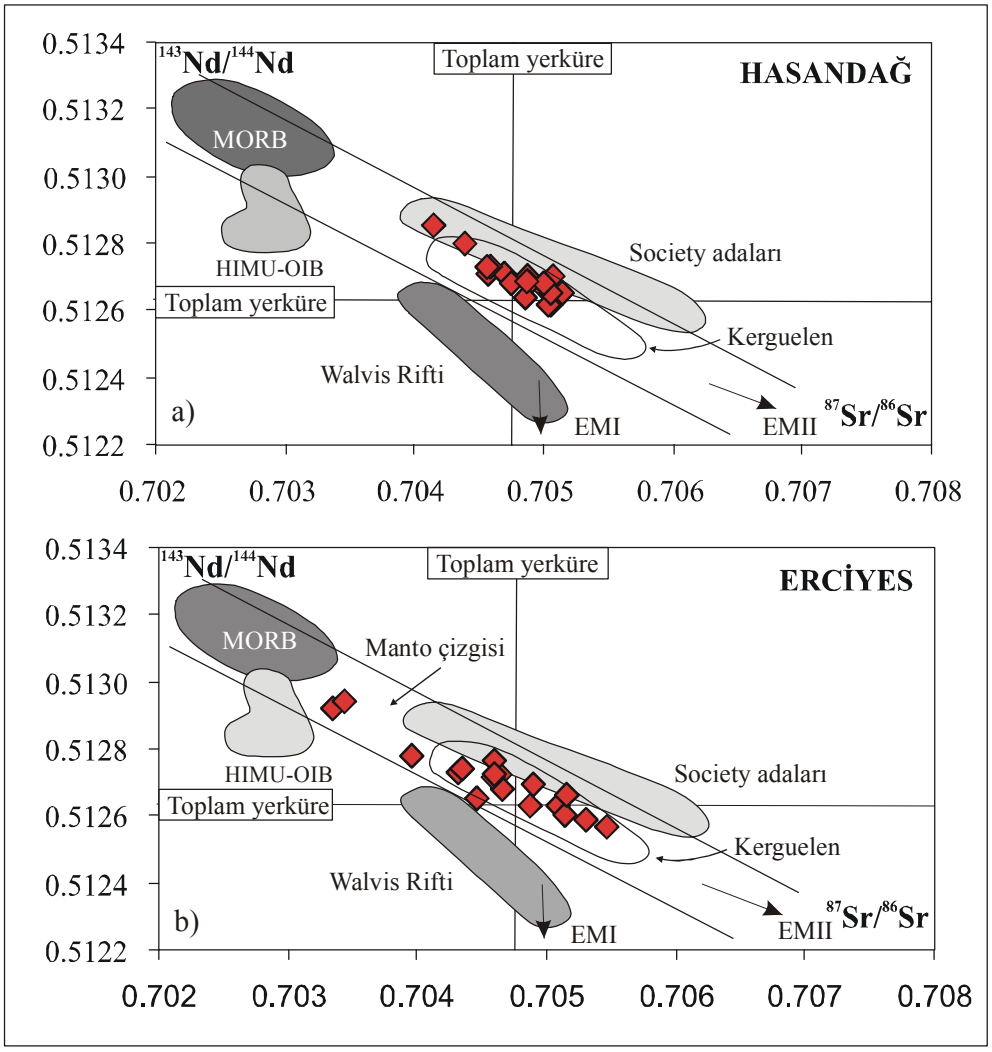
Orta Anadolu'daki iki önemli strato volkan olan Hasandağ ve Erciyes strato volkanlarında çarpışma tektoniği ile ilişkili kalk-alkalen ve alkalen volkanizmalar görülmekle birlikte kalk-alkalen aktivite daha yaygındır. Hasandağ volkanizmasının ilk ürünlerini ise küçük hacimli toleyitik kayaçlar oluşturmaktadır.

Alp-Himalaya kuşağının batı bölümünü oluşturan Afrika, Arabistan ve Avrasya Plakaları (Jackson and McKenzie, 1984) arasındaki sınırlar Akdeniz bölgesinde düzensizdir. Güney İtalya ve Ege Bölgesinde Afrika plakasının Avrasya Plakası altına dalmasıyla Aeolian ve Ege Volkanik Yayları oluşur (Keller, 1982). Bunun yanı sıra Akdeniz'deki plaka sınırlarında bulunan diğer bölgelerin jeoloji ve jeomorfolojisi çarpışma tektoniği tarafından kontrol edilen (Notsu et al., 1995) Anadolu Ege yayı doğusundaki çarpışma bölgesinde yer almaktadır. Çoğu çarpışma zonlarında (Himalaya ve Anadolu'da) zaman ve mekan olarak birbiriyle yakın ilişkili alkalen ve kalk-alkalen topluluklar görülmektedir (Pearce et al., 1990; Turner et al., 1996). Bonin (1990) Alp'lerdeki magmatik kayaçlarda yaptığı çalışma ile magmanın azalan su içeriği nedeniyle magmatizmanın kalk-alkalenden alkalene doğru değiştiğini ve aşağı yukarı aynı kaynaktan türediklerini belirtmiştir. Çarpışma kuşağı volkanizmasına ilişkin yapılan diğer bir çalışmada Pearce et al. (1990) tarafından Doğu Anadolu'daki volkanik kayaçlarda Kars platosu (7-1.5 my) ve Ararat (1.5-<0.5 my) volkanik kayaları mineralojik ve jeokimyasal karakteristikleriyle kalk-alkalen olarak tanımlanır. Aynı araştırmacıya göre benzer özelliklerle kalınlaşan zonun

güneyinde Muş bölgesi (>6-<4 my) ve Nemrut (1-0 my) hafif alkalen, Bingöl (<4->3 my) ile Süphan (1.5-0.2 my) ise alkalen ile kalk-alkalen arasında geçiş karakteri göstermektedir.

Benzer şekilde, Orta Anadolu volkanizması da volkanik aktivitenin değişik evrelerinde gelişmiş ve zaman ve mekan olarak belirgin bir sistematik dağılım göstermeyen kalk-alkali, alkali ve toleyitik karakterli jeokimyasal özellikler segileyen ürünleri içerir. Orta Anadolu kalk-alkalen ve toleyitik volkanizması jeokimyasal karakteristikleriyle genellikle yitim bileşenleriyle zenginleşen litosferik mantodan türeyen Andean bazaltları (Hickey et al., 1986), DAB bazaltik kayaçları (Aldanmaz et al., 2000), ve Big Pine (Ormerod et al., 1991) volkanik kayaçlarıyla benzerlik göstermektedir (Alıcı et al., 2004). Alkalen kayaçlar ise levha içi okyanus ada bazaltı (OIB) bileşimlere benzerlik göstermekle birlikte belirli derecelerde yitim bileşeni etkisi taşıyan manto kökenine işaret ederler.

Orta Anadolu'da Kuvaterner volkanizması aktif yitim olmaksızın gelişmiş ve büyük ölçüde gerilme tektoniği ile ilişkilidir (Deniel et al., 1998; Alıcı et al., 2004). Bölüm 4'te değinildiği gibi volkanik kayaçların iz element içeriklerine bakıldığında, MORB'a göre normalize edilmiş çoklu element diyagramlarında LIL element konsantrasyonlarının HFS elementlere göre belirgin bir şekilde zenginleşmesi kaynak bölgesinde yitim bileşeninin etkisine yada kabuk kirlenmesine bağlı olabilir. Hf ve Ti'nin diğer HFS elementlere göre olan tüketimi kıta içi işlemlerle manto zenginleşmesiyle veya küçük derecelerde bölümsel ergime içeren bir kökenden türeme ile açıklanabilir. Aynı bölümde Th/Yb - Ta/Yb diyagramında da görüldüğü gibi kayaçların büyük çoğunluğunda yitim bileşenlerince zenginleşmiş bir kaynağın yanı sıra kabuksal kirlenmeye de maruz kaldıklarını göstermektedir. Alkalen kayaçlarda bu etkiler çok daha zayıf görülmektedir. Ayrıca Hasandağ ve Erciyes strato volkanlarında görülen alkalen kayaçların düşük Zr/Nb (Hasandağ alkalen kayaçları: 8-10, Erciyes alkalen kayaçları: 14-17) ve yüksek La/Yb (Hasandağ alkalen kayaçları: 13-15, Erciyes alkalen kayaçları: 6-14) içerikleri bu alkalen magmaların gelişiminde OIB benzeri bir manto kaynağına işaret etmektedir. Kalk-alkalen serilerin gelişiminde, Bölüm 6.2.2'de değinildiği gibi asimilasyon ve fraksiyonel krsitalizasyon süreçlerinin kombinasyonu gözlenmektedir.



Şekil 6.16: Orta Anadolu örneklerinin $^{143}Nd/^{144}Nd$ – $^{87}Sr/^{86}Sr$ izotop diyagramında gösterimi. a) Hasandağ strato volkanı, b) Erciyes strato volkanı. Diyagramda dünyanın çeşitli bölümlerinden seçilmiş volkanik kayaçlar görülmektedir. Veri kaynakları: Richardson et al. (1982); Ito, White and Göbel (1987); Chaffey, Cliff and Wilson (1989); Gautier et al. (1990); Devey et al. (1990). Manto çizgisi ve Bulk Earth Wassenburg et al. (1981) ve Faure (1986). EMI ve EMII, Zindler and Hart (1986)'ya aittir. Hasandağ ve Erciyes izotopik verileri Şekil 6.7 ve 6.8' deki ile aynıdır.

Orta Anadolu volkanik kayaçlarına ait Sr-Nd izotopik bileşimleri dünyanın değişik noktalarından seçilmiş farklı bileşimli volkanik kayaçlarla karşılaştırmak amacı ile aynı diyagramda değerlendirilmiştir (Şekil 6.16). Orta Anadolu volkanik kayaçlarının izotopik bileşimleri, kaynaklarında izotopik olarak sırasıyla EMI (alt kabuk) ve EMII (üst kabuk) bileşenleri bulunan (Zindler and Hart, 1986) 'Kerguelen (Gautier et al., 1990) ve Society adası (Devey et al., 1990)' lavlarına benzemektedir. Diyagrama göre bu lavlarda tüketilmiş manto (DM) ile zenginleşmiş manto bileşimleri görülmektedir. Hasandağ strato volkanı alkalen kayaçlarında düşük Sr

izotopik oranları görülmekte ve zamanla kabuk katkısının azaldığı belirtilmektedir (Deniel et al., 1998). Erciyes strato volkanı alkalen kayaçlarındaki düşük $^{87}Sr/^{86}Sr$ oranları bu magmanın gelişiminde OIB kaynağını göstermektedir (Kürkçüoğlu et al., 1998).

Kerguelen adaları bazı OIB ve toplam yerküre (BE) bileşiminden daha yüksek $^{87}Sr/^{86}Sr$ ve daha düşük $^{143}Nd/^{144}Nd$ değerlerine sahiptir. Bu volkaniklerin okyanusal ortamlarda oluşmaları nedeniyle, kıta kabuğundan kirlenmiş olmaları söz konusu değildir. Bundan dolayı mantonun bazı bölümlerinin zenginleşmiş olması, manto metasomatizmasından kaynaklanmaktadır. Üst mantodaki iz element zenginleşmesini işaret eden manto metasomatizması, mantonun göreli olarak daha alt düzeylerinden gelen H_2O ve CO_2 gibi uçucu bileşenler ve LIL elementleri açısından zengin akışkanların ve/veya ergiyiklerin, katı manto kayaçları ile etkileşime girmesi sonucu ortaya çıkmaktadır (Menzies, 1983; Galer and O'Nions, 1986). Hofmann and White (1982) Okyanus adası bazaltlarının zengin izotop bileşimlerini, yitim zonlarında mantoya geri taşınan yaşlı kabuk malzemesine bağlamaktadır. McKenzie and O'Nions (1983) ise, orojenik kuşaklarda kalınlaşan litosferin alt kısımlarının zamanla koparak litosferden ayrıldığını ve astenosfer içindeki konveksiyonel akımlara katılarak kimi yerlerde sorguçlar şeklinde yükselerek okyanus adası bazaltlarının kaynağını oluşturduğunu ileri sürmektedir.

McKenzie (1989) metasomatize olmuş muhtemelen kıtasal litosferik mantodan (SCLM) oluşan kıtasal bazaltik magmaları tanımlamıştır. Bununla birlikte uyumsuz elementler ve uçucularla güçlü bir şekilde zenginleşen ergiyiklerle SCLM'nin tabanında metasomatizmaya yol açabilen böylesi ergiyiklerin yukarı göçü ve kıtalar altında astenosferik manto malzemesinin küçük dereceli bölümsel eriyiğinin kombinasyonunu açıklamıştır. Anderson (1994) başlangıçta sığ ve zenginleşen mantoyla etkileşen, yükselim öncesi tüketilmiş iz element ve izotop karakteristiklerine sahip (DMM gibi) konvektif mantoyu önermiştir. Önerdiği bu bölümün termal sınır düzeyinin (TSD) altında veya astenosferde olabileceğine değinmiştir. Buna ek olarak sığ mantonun zenginleşen bölümünü kıtasal bazaltik veya OIB (okyanus adası bazaltı) magmatizmasına benzer kaynak bölgesi kimyasal karakteristiklerinin karşılayabileceğini belirtmiştir. McKenzie and O'Nions (1995) zenginleşen bir kaynağı gerektiren tüm okyanusal ve kıtasal levha içi bazik

volkaniklerin bileşimi açıklayabilmek için SCLM'nin zenginleşmesi ve sonradan tekrar ergiyebileceğini ispatlamıştır.

Orta Anadolu volkanizmasının alkalen ve kalk-alkalen ürünleri arasında magmatizmayı oluşturan işlemler ile köken bileşiminin, zaman ve mekan içinde sistematik değişimine işaret edebilecek bulgulara rastlanmamıştır. Buna bağlı olarak alkalen ve kalk-alkalen magmatik ürünlerin heterojen bir manto kaynağından değişken derecelerde ergime ile oluşmuş ve yine değişken derecelerde kıta kabuğu kirlenmesinden etkilenmiş magmaları temsil ettiği düşünülmektedir.

Orta Anadolu çarpışma sonrası volkanizmasına neden olan olası ergime mekanizmalarını incelemek için Pearce et al. (1990) tarafından Doğu Anadolu çarpışma zonu için oluşturulan P-T diyagramı dikkate alınmıştır. Pearce et al (1990) kratonik olmayan tipik kıtasal litosferin rijid, mekanik sınır düzeyinin (MSD) değişen kalınlıkta olduğu ve konvektif astenosferden termal sınır düzeyi (TSD) ile ayrıldığını belirtmiştir. MSD'nin 1280^{o}C potansiyel sıcaklığıyla 0.6^{o}C km^{-1} adiyabatik gradyanlı astenosfer ve 9^{o}C km^{-1} ortalama gradyanı olan doğrusal bir jeoterme sahip olduğu kabul edilir. MSD'nin jeotermal gradyanı, astenosferden litosfere yükselen küçük derece ergiyiklerce metasomatize edilmiş litosfer solidusunu kestiği bölgenin alt kesimlerinde metasomatize edildiği düşünülür (Bailey, 1987). Mineral stabilitesi göz önünde tutulduğunda metasomatize olmuş MSD litosferik mantosu sığ derinlerde hornblend lerzolitten (granat veya spinel) hornblend, dolamit (granat, flogopit) lerzolite doğru ve temelde karbonat granat, flogopit lerzolite doğru zonlu mineraloji verir (Wyllie, 1987; Bailey, 1987). Burada potansiyel magma kaynağı uç bileşenleri normal konvektif (astenosferik) manto(Tp=1280^{o}C); manto sorgucu (Tp>> 1280^{o}C) veya metasomatize kıta altı litosferik mantodur.

Orta Anadolu volkanizmasında heterojen olarak zenginleşmiş ve yer yer yitim bileşenlerinin etkilerini içeren manto kaynağında magma oluşumu için olası mekanizmalar şöyle sıralanabilir:

a) Manto sorgucu veya astenosferik manto yükselimine bağlı olarak ısınan jeotermin termal düzensizliği ile manto litosferinin ergimesi Orta Anadolu'da geniş çaplı

volkanizmaya neden olabilir. McKenzie and Bickle (1988) tarafından normal koşullarda, 1280^{o}C potansiyel sıcaklıkta ve gerilme faktörünün yaklaşık 2.5 olduğunda astenosferin gerilme sonucu eriyeceğini ve ergimenin yaklaşık 50 km derinlikten itibaren başladığı önerilmiştir. Sıcak manto koşullarına sahip ortamlarda manto sorgucu daha fazla derinlerde de gerilme olmaksızın ergimeyi başlatabilir (100 km'de potansiyel sıcaklık 1480^{o}C) ve bölgesel topoğrafyayı etkiler. Tipik manto sorgucu White and McKenzie (1989) tarafından 1000-2000 km çapında alanı dinamik olarak yükselten ve 1000-2000 km çapında mantar şekilli sıcak bölge oluşturan sorguç yayılma merkezi ile (150-200 km ile) sınırlı olarak tanımlanır. Orta Anadolu çarpışma sonrası volkanizması için manto sorgucuyla ilişkili olabilecek bir bölgesel gerilme kanıtı yoktur ve manto sorgucu için gerekli olan topoğrafik belirtiler de bulunmamaktadır.

b) Dalan dilimin dikleşmesi ve kırılması (slab breakoff) sonucu astenosferik mantonun yükselimi ile oluşan termal düzensizlikle manto litosferinin ergimesi Orta Anadolu volkanizmasının kökeni için alternatif bir mekanizma olarak düşünülebilir. Davies and Von Blanckenburg (1995) tarafından dilim kırılmasının (slab breakoff), genellikle yitim bölgesine aktarılan kıtasal litosferin pozitif yüzebilirliğinden dolayı olan yitimdeki yavaşlamanın sonucu olarak gerçekleşen kıtasal çarpışma ile birlikte geliştiği belirtmektedir. Aynı araştırmacılara göre dalan dilimin kırılması birçok orojenik kuşakta yaygın görülür ve ultra-yüksek basınç metamorfikleri ile manto kökenli magmatizmanın birlikte var olmasını açıklamaktadır. Dilim ayrılması kıtasal çarpışmanın erken evreleriyle birlikte olması gerekir (Davies and Von Blanckenburg 1995; Ton and Wong, 1997). Bu yitim bölgesi içine sokulan kıtasal litosferin pozitif kaldırma kuvvetiyle yavaşlayan dalma oranındaki azalma nedeniyledir (Gerya et al., 2004).

Keskin (2003, 2007) Doğu Anadolu'da daha önceden önerilen birçok modele karşı önerdiği geniş yitim yığışım kompleksi altında, dilimin dikleşmesi ve kırılması modelini önermiştir. Aynı araştırmacı modelde kırılan dilimin astenosfer içine dalması ve zamanla kaybolması gerektiğini, derin odaklı depremlerin yokluğunun bu görüşü desteklediğini belirterek, jeofiziksel veriler doğrultusunda 45-50 km gibi sığ derinliklerde kırılmanın oluşabileceğini önermiştir. Davies and Von Blanckenburg (1995) tarafından önerilen modele göre dalım hızı 1cm/yıl ise kırılmanın 50-120 km

arasındaki derinliklerde gerçekleşebileceği belirtilmiştir. Bununla birlikte bu çok büyük yükün kalkması ve daha az yoğun astenosferik mantonun yükselmesi sonucunda volkanizmanın başladığını belirtmiştir. Davies and Von Blanckenburg (1995) tarafından önerilen orijinal dilimin kırılması modelinden farklı olarak, Keskin (2003) tarafından sonunda ayrılana kadar dereceli olarak dikleşen dilimin üzerindeki yaklaşan iki kıtanın karşılaşmasını engelleyen genç bir yığışım prizmasını içerdiği önerilmiştir. Aynı araştırmacıya göre bu modelde ergime astenosferik mantoda oluşur ve sonunda volkanik aktivite sütur zonundan uzağa geniş bir alana yayılır (Keskin, 2003). İfade edilen dilim kırılmasının güneye yerleşen Bitlis-Pötürge Masifinin rejyonal metamorfizması için sorumlu olabileceği Keskin (2007) tarafından önerilmiştir.

Yukarıdaki bilgiler ışığında Orta Anadolu volkanizması için, Doğu Anadolu'ya yakınlığı ve jeokimyasal olarak benzerlikler göstermesi nedeni ile benzer bir oluşum tartışılabilir. Ancak yitim kırılması için gerekli olan bölgesel metamorfiklerin Bitlis-Pötürge metamorfikleri olduğu düşünülürse, bu metamorfiklerin dalan kabuk tarafında olması gerekirdi, buna karşın Bitlis-Pötürge metamorfikleri üzerleyen plaka konumunda bulunmaktadır. Ayrıca önerilen bu model Şengör et al. (2003) tarafından belirtildiği gibi üzerleyen plakada litosferik mantonun olmayışı ve litosferin tümüyle geniş yayılımlı yığışım prizmasından oluştuğu temeline dayanır. Buna karşın Orta Anadolu volkaniklerinin oluştuğu bölgede, temel kayaların yaşlı bulunuşu da magmatizmanın levha kopmasına bağlı olarak açıklanabilmesini güçleştirmektedir.

Orta Anadolu'da çalışılan volkanik merkezlerin gerek Doğu Anadolu'da çarpışmaya neden olan yitime mesafesi nedeniyle ve gerekse yukarıda bahsedilen nedenlerle Doğu Anadolu çarpışma sistemini oluşturan yitimden doğrudan etkilenmediği sonucuna varılmıştır. Ancak olası bir yitim olarak İç-Torid okyanusunun kapanması düşünülebilir. Ercan (1985) tarafından Orta Anadolu volkanizmasının zaman ve mekan dağılımı için, Paleosen'de Ulukışla-Pozantı çevresinde ve Kaman dolaylarında, Eosen'de Yozgat çevresinde ve Ankara güneydoğusunda, Oligosen'de ise Eskişehir (Beylikahır) ve Nevşehir dolaylarında olduğu belirtilmiştir. Şengör and Yılmaz (1981)'a göre Geç Eosen'de Doğu-Orta ve Güneydoğu Anadolu'da İç-Torid okyanusu ile maden havzası kapanmış ve bununla birlikte Yozgat'tan Kars'a geniş bir kuşak boyunca andezitik volkanizma oluşmuştur. Aynı araştırmacılara göre

Anadolu'nun güneyinde, Paleosen yitim zonu güneyine genişleyen Çüngüş havzası boyunca oldukça genç okyanus litosferi tükenip, Orta-Batı Anadolu güneyine doğru (Orta Mesozoyik) daha yaşlı litosfer dalmış ve Erken - Orta Miyosen'de Çüngüş havzasının kapanmasıyla Arabistan-Avrasya çarpışması başlamıştır.

Hasandağ strato volkanı Keçikalesi toleyitik volkanizması 13.7±0,3 ve 12.4± 0.6 my yaşlı (Besang et al., 1977) olup, alkali karakterli son ürünler 34000±7000 yıl yaş aralığındadır (Aydar, 1992). Erciyes strato volkanında ise ilk ürünler olan alkali kayaçlar 4.39±0.28 my (Ayrancı, 1969) yaşlıdır. Her iki bölgede görülen volkanizmanın, İç-Torid okyanusu kapanmasıyla oluşabilecek yitim volkanizması ve bunu takip edecek dilim kırılması olayları ile zaman ve mekan olarak herhangi bir sistematikte olmayışı nedeniyle bu model uygun düşmemektedir. Bununla birlikte farklı zamanlarda çıkan alkali karakterli lavlar dikkate alındığında heterojen bir manto kaynağının varlığından söz edilebilir.

Ayrıca bölgede İç-Torid okyanusunun varlığı da tartışmalıdır. Bölgede Paleosen-Eosen zamanlarında görülen volkanik ürünlerin jeokimyasal karakteristikleri ve radyometrik yaşları, bu volkanitlerin intrüzif kütlelerin oluşumuyla birlikte şekillendiğini akla getirmektedir (Gürer and Aldanmaz, 2002). Eski çalışmaların çoğu bu aktiviteleri İç-Torid okyanusunsun kapanması ile ilgili yay magmatizması kavramı içinde yorumlamıştır (Şengör and Yılmaz, 1981; Görür et al., 1984; Gökten and Floyd, 1987; Erdoğan et al., 1996). Örneğin Görür et al. (1984) tarafından Kırşehir masifinin kuzeybatı kenarına paralel uzanan granit plutonlarının İç-Torid okyanusunun kuzeye dalan yitimin ürünü olarak yorumlanmasına rağmen Gürer and Aldanmaz (2002) bu plutonlar için yay tipi oluşumu destekleyen kanıtın yokluğundan bahsetmektedir.

Bölgede son yıllarda yapılan çalışmalar, bölgesel magmatik aktivitenin yay ortamının aksine çarpışma ortamında başladığını ve plaka içi karakterli olduğunu göstermektedir. Bu aktivitelerdeki, çarpışma ile eş zamanlı dönemden (S-tipi, peralüminus granitler) çarpışma sonrası kalk-alkalen döneme (I-tipi, yüksek-K, metalüminus granitler) ve çarpışma sonrası plaka içi alkalen döneme kadar olan (A-tipi, peralkalen granitler) değişiklikler aktivitenin zamanla geliştiğini gösteren kanıtlardır (Göncüoğlu and Türelli, 1993; İlbeyli and Pearce, 1997; Boztuğ, 2000).

Bu nedenlerden dolayı volkanizmanın aktif yitim veya dilim kırılması ile açıklanamayacağı söylenebilir.

c) Diğer bir alternatif mekanizma ise doğrultu atımlı faylanmalara bağlı olarak gelişen bölgesel gerilme ve bununla birlikte manto litosferinin termal düzensizliği sonucu ergimesinin, Orta Anadolu'daki tektonik rejimle ilişkili olabileceği şeklindedir. Kıtasal gerilmeli ortamlarda litosferik ergime oluşumu birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir (Latin et al., 1990; Hawkesworth and Norry, 1982; Menzies and Hawkesworth, 1987). Litosferik manto materyalinin ergimesi için gerekli olan litosferin gerilmesi (Dixon et al., 1981) veya solidusun metasomatize olmuş seviye üzerine çıkmasının nedeni, sıcak astenosfer yükseliminin neden olduğu litosferik jeotermdeki termal düzensizliktir. Metasomatize olmuş manto koşullarında, bu tip kayalarda ergime sıcaklığı daha düşük olacağından küçük termal düzensizlikler ergimenin başlaması için yeterli olabilir. Böylece küçük derece gerilmeler bile volkanizmayı başlatabilir.

Dewey et al. (1986) Doğu Anadolu'daki K-G gerilmeli çatlaklar ve doğrultu atımlı rejimlere bağlı çek-ayır havzalarındaki magma oluşumunu, hızlı litosferik gerilme ve çek-ayır havzaları altındaki küçük ölçekli delaminasyonla açıklamışlardır. Pearce et al. (1990) aynı bölgede büyük çaplı magma oluşumuna neden olan baskın işlemin delaminasyon olduğunu düşünmesine rağmen, çek-ayır havzaların oluşumu gibi diğer gerilme mekanizmalarının da bu işlemlere eşlik edebileceğini belirtmiştir. Cooper et al. (2002) Kuzeybatı Tibet'te mafik magmaların kökeni için doğrultu atımlı fay sistemlerinin açığa çıktığı kuşaklar altında oluşabilecek manto yükselimi ve ergimesini olası bir mekanizma olarak belirtmiştir. Benzer şekilde Aldanmaz et al. (2005; 2006) KB Türkiye alkalen volkanizmasında doğrultu atımlı faylanmaların kısmi etkisine vurgu yapmışlardır.

Bölüm 2'de değinildiği gibi Orta Anadolu volkanizmasını kat eden iki aktif ve büyük fay sistemi bulunmaktadır (Toprak and Göncüoğlu, 1993). Bunlardan birinci grup sol yanal Ecemiş fay zonu ile sağ yanal Tuz gölü fay zonu, ikinci grup ise K60-70D gidişli, volkanik eksenlere paralel ve asıl püskürme merkezlerine uygun, normal tip faylardır (Toprak and Göncüoğlu, 1993). Erciyes havzası merkezinden geçen önemli bileşenini doğrultu atımın oluşturduğu bir çek-ayır havzasıdır (Koçyiğit and Beyhan,

1998). Orta Anadolu'da transtansiyonal tektonik rejimle birlikte açığa çıkan yanal stres nedeniyle bölgesel gerilme ile manto litosferinde termal düzensizlik oluşması olası bir mekanizma olarak düşünülebilir. Ayrıca Bölüm 6.2'de değinildiği gibi Erciyes strato volkanında AFC etkisinin Hasandağ strato volkanına göre daha az olması bölgede çek-ayır havzasına bağlı gerilmeli tektonizma sonucu kabuksal incelme ile açıklanabilir.

d) Bir diğer alternatif mekanizma çarpışma sonrası litosferik kalınlaşmayı takip eden, litosferik delaminasyonun ve ilişkili orojenik çökmenin neden olduğu termal düzensizlik ile ergime olarak belirtilebilir. Litosferik delaminasyonun sonucu oluşan termal düzensizlik ile ergime Orta Anadolu'da volkanizmaya neden olabilir. Her ne kadar litosferdeki doğrultu atımlı faylanmalara bağlı, termal düzensizlik ergimeyi başlatabilecek mekanizma olarak düşünülebilir olsa da, daha etkin mekanizma olarak termal sınır düzeyinin delaminasyonu önerilebilir (Pearce et al., 1990). Genel olarak litosferik delaminasyonun en temel sonuçlarından birisi olarak ani yükselim ve gerilmeli sisteme bağlı çökme (kollaps) düşünülebilir ki, bu durum göreceli olarak yoğun (soğuk) litosferik mantonun yerinin daha az yoğun (sıcak) astenosferik manto tarafından alınmasının izostatik bir sonucu olarak ortaya çıkar (Dewey, 1988; England and Houseman, 1998; Nelson, 1992; Platt and England, 1993). Kalınlaşan TSD çevresinden daha yoğun ve daha soğuk olup, metasomatize olan litosferin kalınlaşan seviyelerinin astenosferle yakın kontak haline gelmesi nedeniyle astenosfer tarafından konvektif olarak yer değiştirebileceği belirtilir. (Houseman et al., 1981; England and Houseman., 1998). TSD'nin delaminasyonu metasomatize olmuş manto litosferinin sıcak astenosfer ile direkt kontağı sonucu oluşan termal düzensizlik ile ergimesine neden olabilir. Böyle bir işleme özellikle doğrultu atımlı faylarla oluşan kıtasal kaçışla birlikte, kıtasal litosferi karakterize eden çek-ayır havzalarını oluşturan diğer gerilme mekanizmalar eşlik edebilir (Pearce et al., 1990).

Pearce et al. (1990) astenosferin kalınlaşmış metasomatize litosferik mantoyla yakın temasta olmasının Doğu Anadolu'da bölge boyunca gelişen çarpışma ilişkili magmanın oluşumu için etkili bir mekanizma oluğunu belirtmiştir. Delaminasyon oluştuğu zaman manto litosferi bazı bölümlerde ergime koşulları üzerine çıkarak manto litosferinin delamine olduğu yerde termal düzensizliğe neden olur. Manto litosferinin delamine olan bloğu astenosfer içine batarken artan ergime su açığa

çıkarabilir (Elkins-Tanton, 2004). Bu iki mekanizma mantoda yaygın bölümsel ergimenin oluşumunda önemli rol oynar ve bölgede geniş çaplı volkanizma üretebilir.

Sonuç olarak Orta Anadolu volkanizmasına neden olan kıtasal litosferin ergimesine yol açabilecek alternatif modeller arasında TSD'nin delaminasyonu ve yol açtığı geniş çaplı termal düzensizlik düşünülebilir. Bununla birlikte bölgedeki volkanizmanın doğrultu atımlı tektonizmanın bulunduğu kuşaklar boyunca görülmesi bu sistemin magma yükselimine olası katkı sağladığını göstermektedir.

SONUÇLAR

Yaygın kalk-alkalen aktivitenin bulunduğu Hasandağ ve Erciyes strato volkanları Orta Anadolu'daki çarpışma volkanizmasının önemli iki üyesidir. Kalk-alkalen ürünlere Hasandağ strato volkanında toleyitik ve alkalen, Erciyes strato volkanında ise alkalen kayaçlar eşlik etmektedir. Her iki volkanizmayı oluşturan kayaçlar bazalttan riyolite kadar geniş bir aralıkta görülür. Mineral kimyası çalışmaları ile magnetit-ilmenit, hornblend-plajiyoklas ve çift piroksen jeotermometreleri ile tahmini sıcaklık, tek piroksen ve hornblend-Al jeobarometreleri ile de tahmini basınç verileri elde edilmiştir. Hasandağ strato volkanındaki sıcaklık ve basınçlar Keçikalesi toleyitik volkanizması için 1100^{o}C sıcaklık ile 2.6-3.3. kbar basınç aralığı, Hasandağ kalk-alkalen volkanizması için ortalama 850^{o}C sıcaklıklar ile 4.3-8.6 kbar basınç aralıkları belirlenmiştir. Erciyes strato volkanındaki sıcaklık ve basınç değerleri Koçdağ alkalen volkanizmasında yaklaşık 1250^{o}C sıcaklık 5.3-7.0 kbar basınç, Koçdağ kalk-alkalen volkanizmasında 850-1050^{o}C sıcaklık 2.1-7.8 kbar basınç aralığı ve Erciyes kalk-alkalen volkanizmasında ise yaklaşık 950^{o}C sıcaklık, 3.2-6.6 kbar basınç aralıkları hesaplanmıştır.

Özellikle kalk-alkalen kayaçlardaki plajiyoklas ve piroksen fenokristallerinde bulunan zonlu yapılar, plajiyoklaslarda elek dokusu amfibol fenokristallerinde reaksiyon çeperleri fenokristallerdeki dengesizlik parametrelerine işaret eden petrografik belirtilerdir. Aynı kayaçlarda bulunan ksenokristaller birincil magmanın ilk olarak kabuksal ergiyiklerle karıştığı veya kabuk asimilasyonu ile fraksiyonel kristalizasyona birlikte uğradığı, derin kabuk rezervuarlarında (~35 km) biriktiği anlamına gelir. Derin magma odalarından erken fraksiyonlanmayla yükselen magma, değişebilir derinlik, miktar ve fraksiyonlanma topluluğuna sahip daha yüksek seviyeli magma odalarını oluşturabilir. Kalk-alkalen kayaçlardaki değişen kristallenme basınçları, magma odalarının polibarik oluşumu ve fenokristallerde gözlenen dengesizlik parametreleri, birden fazla petrojenetik safhadan etkilendiğini gösterir.

Amfibollerde gözlenen korona dokusu magmanın yükselimi sırasında amfibol duraylılık alanı eğrisini kesecek şekilde sıcaklığın artması ile ilgilidir. Plajiyoklas fenokristallerinin bozulması soğuk felsik magmalara daha sıcak magmaların girişi veya basınç azalmasını zorlayan plajiyoklas çökelimi sırasında kristalleşme gizli ısının açığa çıkmasıyla sonuçlanabilen geç evre ısınmasını gösterir. Bu kayaçları oluşturan odaların mafik magma odalarıyla beslendiğini ve magmaların püskürme öncesi denge haline geçtiğini göstermektedir.

Hasandağ ve Erciyes kalk-alkalen serilerinin volkanolojik ve petrolojik karakteristikleri bu kayaçların gelişimde suyun önemli bir rol oynadığını gösterir. Bu kayaçlar sulu mineral fazları barındıran, fenokristalce zengin püskürmeler ve vesiküler dokulu başlıca patlamalı ürünler içerir.

Hasandağ ve Erciyes strato volkanına ait REE içeriklerinde volkanizmaların tüm kayaç grupları, hafif nadir toprak elementlerde düzenli ve yarı paralel olmakla birlikte ağır nadir toprak elementlere göre, göreceli bir zenginleşme göstermektedir. N-MORB'a göre normalize edilmiş çoklu element diyagramında Hasandağ strato volkanına ait toleyitik ve kalk-alkalen kayaçlarda Rb, Ba, Th, U, K gibi LIL elementlerde ve LREE'de belirgin zenginleşme, Ta, Nb, Ti, Hf gibi HFS göreceli bir tüketilme görülmektedir. Benzer desenler sunan Erciyes strato volkanı kalk-alkalen kayaçlarda ise farklı olarak Th, U, K gibi LIL elementlerde ve LREE'de belirgin zenginleşme görülmektedir. Her iki strato volkandaki alkalen kayaçlarda Rb, Ba, Th, U, K gibi LIL element konsantrasyonları diğer kayaç gruplarına göre daha düşük konsantrasyonlarda görülmektedir ve negatif Ta, Nb anomalilerine sahip değildirler. Bu alkalen kayaçların farklı bir kaynaktan türediğine işaret etmektedir. Aynı kayaçlardaki MORB normalize çoklu element diyagramlarında LIL element konsantrasyonlarının HFS elementlere göre belirgin bir şekilde zenginleştiği gözlenmiştir. Bu zenginleşme, kaynak bölgesinde yitim bileşeninin etkisine yada kabuk kirlenmesine bağlı olabilir. Hf ve Ti'nin diğer HFS elementlere göre olan tüketimi kıta içi işlemlerde manto zenginleşmesinden veya küçük derecelerde bölümsel ergime içeren bir kökenden türeme ile açıklanabilir.

İz element konsantrasyonlarındaki değişimlere bağlı oluşturulan fraksiyonlama vektörlerine göre Hasandağ volkanizmasına ait kayaçlarda genel olarak iki ayrı trend

gözlenmektedir. Toleyitik ve kalk-alkalen kayaçlarda amfibol ve plajiyoklas, buna karşın alkalen kayaçlarda plajiyoklas, piroksen, amfibol fraksiyonlanmasının etkileri gözükmektedir. Erciyes volkanına ait alkalen ve kalk-alkalen kayaçlarda ise fraksiyonlanma trendleri birbirine benzer ve plajiyoklas, amfibol fraksiyonlanma trendleriyle uyumludur.

Hasandağ ve Erciyes volkanizmalarına ait kayaçlardaki petrografik ve kimyasal verilere göre özellikle kalk-alkalen kayaçların gelişiminde magma karışımı ve asimilasyon süreçlerinin etkili olduğu gözlenmektedir. Teorik olarak oluşturulmuş AFC modellemeleri Hasandağ alkalen kayaçlarının aynı volkana ait toleyitik ve kalk-alkalen kayaçlara göre daha az kabuk kontaminasyonundan etkilendiklerini göstermektedir. Buna karşın benzer AFC trendleri sunan Erciyes volkanizmasına ait alkalen ve kalk-alkalen kayaçlarda kabuk kirlenmesinin etkisi Hasandağ'a göre daha düşüktür.

Modal olmayan yığın ergime modeliyle hesaplanan teorik ergime eğrilerine göre Hasandağ ve Erciyes strato volkanlarına ait kayaçlarda ergime dereceleri; Keçikalesi toleyitik kayaçlarında yaklaşık %8-9, Hasandağ alkalen kayaçlarında %4-5, Koçdağ alkalen kayaçlarında ise %3-8 arasındadır . Orta Anadolu volkanik kayaçlarını granat + spinel lerzolit bileşimli bir manto kaynağı oluştururken, Hasandağ alkalen kayaçlarında granat bileşimi daha fazladır. Hesaplamalarla bulunmuş Orta Anadolu mantosu LREE'lerce DMM ve PM'ye göre zenginleşme göstermektedir.

Orta Anadolu volkanizmasının alkalen ve kalk-alkalen ürünleri arasında magmatizmayı oluşturan işlemler ve köken bileşiminin zaman ve mekan içinde sistematik değişimine işaret edebilecek bulgulara rastlanmamıştır. Buna bağlı olarak alkalen ve kalk-alkalen magmatik ürünlerin heterojen bir manto kaynağından değişken derecelerde ergime ile oluşmuş ve yine değişken derecelerde kıta kabuğu kirlenmesinden etkilenmiş magmaları temsil ettiği düşünülmektedir.

Orta Anadolu volkanizması jeokimyasal karakteristikleri yitim bileşenleriyle zenginleşen litosferik mantodan türemiştir. Uyumsuz elementler ve uçucularla güçlü bir şekilde zenginleşen ergiyikler kıtasal litosfer tabanında metasomatizmaya yol açar. Çarpışma tektoniğine bağlı olarak gelişen litosferik kalınlaşma ile kalınlaşan

TSD çevresinden daha yoğun ve daha soğuktur. Metasomatize olan litosferin kalınlaşan seviyeleri, astenosferle yakın kontak haline gelmesi nedeniyle astenosfer ile konvektif olarak yer değiştirebilir. TSD'nin delaminasyonu metasomatize olmuş manto litosferinin sıcak astenosfer ile direkt kontağı sonucu oluşan termal düzensizlik ile ergimesine neden olabilir. Bu nedenle Orta Anadolu volkanizması, TSD'nin delaminasyonu ile oluşan geniş çaplı termal düzensizlik sonucu kıtasal litosferin ergimesiyle açıklanabilir. Ayrıca bölgedeki volkanizmanın doğrultu atımlı tektonizmanın bulunduğu kuşaklar boyunca görülmesi bu sistemin magma yükselimine olası katkı sağladığını göstermektedir.

KAYNAKLAR

Akkök. R., 'Structural and Metamorphic Evolution of the Northern Part of the Menderes Massif: New Data f rom the Derbent Area and their Implications for the Tectonics of the Massif', ***Jour. of Geol., 91***. 342-350, (1983).

Albaréde, F., 'Inversion of batch melting equations and the trace element pattern of the mantle', ***Journal of Geophysical reaserch, 88***, 10573-10583, (1983).

Albaréde, F., 'Introduction to Geochemical Modelling', ***Cambridge: Cambridge Univ. Press,*** (1995).

Aldanmaz, E., 'Petrogenesis of Late cenozoic Volcanism in Western Anatolia, Turkey', Unpublished PhD thesis, ***Univ. Durham, U.K***. 306 pp. (1998).

Aldanmaz, E., Pearce, J.A., Thirwall, M.F. and Mitchell, J.G., 'Petrogenetic evolution of Late Cenozoic post-collision volcanism in Western Anatolia, Turkey', ***Journal of Volcanology and Geothermal Research, 102,*** 67-95, (2000).

Aldanmaz, E., Gourgaud, A. and Kaymakçı, N., 'Constraints on the composition and thermal structure of the upper mantle beneath NW Turkey: evidence from mantle xenoliths and alkali primary melts', ***Journal of Geodynamics, 39,*** 277-316, (2005).

Aldanmaz, E., 'Mineral-chemical constraints on the Miocene calc-alkaline and shoshonitic volcanic rocks of Western Turkey: Disequilibrium phenocryst assemblages as indicators of magma storage and mixing conditions', ***Turkish Journal of Earth Sciences. 15,*** 47-73. (2006).

Aldanmaz, E, Köprübaşı, N., Gürer, Ö. F., Kaymakçı, N. and Gourgaud, A., 'Geochemical constraints on the Cenozoic, OIB-type alkaline volcanic rocks of NW Turkey: implications for mantle sources and melting processes', ***Lithos, 86,*** 50-76. (2006).

Andersen, D.J. and Lindsley, D.H., 'The olivine - ilmenite thermometer', ***Proceedings of the 10th Lunar and Planetary Science conference,*** 493-508, (1979).

Andersen, D.J. and Lindsley, D.H., 'A valid Margules formulation for an asymmetric ternary solution: Revision of the olivine-ilmenite thermometer, with applications', ***Geochimica et Cosmochimica Acta, 45,*** 847-853, (1981).

Andersen, D.J. and Lindsley, D.H., 'New (and final) models for the Ti-magnetite/ilmenite geothermometer and oxygen barometer', Abstract AGU 1985 Spring Meeting Eos Transactions. ***American Geophysical Union 66 (18),*** 416, (1985).

Andersen, D.J. and Lindsley, D.H., 'Internally consistent solution models for Fe-Mg-Mn-Ti oxides: Fe-Ti oxides', ***American Mineralogist, 73,*** 714-726, (1988).

Andersen, D.J., Lindsley, D.H. and Davıdson, P.M., 'QUILF: a Pascal program to assess equilibria among Fe-Mg-Mn-Ti oxides, pyroxenes, olivine and quartz', ***Computers and Geosciences 19,*** 1333–1350, (1993).

Anderson, A.T., 'Oxidation of the La Blanche Lake titaniferous magnetite deposit, Qulebec', ***Journal of Geology 76 (4),*** 528-547, (1968).

Anderson, D.J., 'Internally consistent solution models for Fe-Mg-Mn-T: Oxides', Ph.D. Dissertation, ***State University of New York at Stony Brook, New York,*** (1988).

Anderson, D.L., 'The sublithospheric mantle as the source of continental flood basalts; the case against the continental lithosphere and plume had reservoirs'. ***Earth and Planetary Science Letters, 123,*** 269-280, (1994).

Anderson, J. L. and Smith, D. R., 'The effect of temperature and oxygen fugacity on Al-in-hornblende barometry', ***Am. Min. 80,*** 549-59, (1995).

Aydar, E., 'Etude volcano-structurale et magmatologique du stratovolcan Hasan Dagi, Anatolie Centrale, Turquie', PhD Thesis, Univ. ***Clermont-Fd, France,*** 213 pp., (1992).

Aydar, E. ve Gourgaud, A., 'Hasan dağı strato-volkanında magma odalarının gelişimi ve hakim petrojenetik süreçler', ***Yerbilimleri 16,*** 101-103, (1993).

Aydar, E., Gündoğdu, M. N., Bayhan, H., Gourgaud, A., 'Kapadokya bölgesinin Kuvaterner yaşlı volkanizmasının volkanik-yapısal ve petrolojik incelenmesi', ***Doğa Türk Yerbilimleri Dergisi, 3,*** 25-42, (1993).

Aydar, E., Gündoğdu, M. N., Bayhan, H. ve Gougard, A., 'Kapadokya bölgesinin Kuvaterner yaşlı volkanizmasının yapısal ve petrolojik incelemesi', ***TÜBİTAK Yerbilimleri Dergisi, 3,*** 25-42, (1994).

Aydar, E., Gourgaud, A., Deniel, C., Lyberis, N., Gündoğdu, M.N., 'Le volcanisme quaternaire d'Anatolie central Turquie : association de magmatisme calco-alcalin et alcalin en domaine de convergence', ***Can. J. Earth Sci. 32 7 ,*** 1058– 1069, (1995).

Aydar, E., 'Karataş volkanitlerinin (Orta Anadolu) volkanolojik ve petrolojik özellikleri', ***Yerbilimleri, 19,*** 41-45, (1997).

Aydar, E. and Gourgaud, A., 'The geology of Mount Hasan stratovolcano, Central Anatolia, Turkey', ***Journal of Volcanology and Geothermal Research 85,*** 129-152, (1998).

Aydar, E. and Gourgaud, A., 'Garnet-bearing basalts: an example from Mt. Hasan, Central Anatolia, Turkey', ***Mineralogy and Petrology, 75,*** 185-201, (2002).

Aydın, N.S., Göncüoğlu, M.C. and Erler, 'A. Latest Cretaceous magmatism in the Central Anatolian Crystalline Complex: brief review of field, petrographic and geochemical features', ***Turkish. Journal of Earth Sciences 7,*** 258-268, (1998).

Ayhan, A. ve Papak, İ., Aksaray-Taşpınar-Çiftlik-Delihebil (Niğde) civarının jeolojisi, ***MTA Rapor No:300,*** (1998).

Ayrancı, B., 'Zur Petrologie und Geologie des Erciyes Vulkangebietes bei Kayseri - Zentral Anatolien/Turkei', Inaugural-Dr. Diss., ***Universität Würzburg*** (1969).

Ayrancı, B., 'The magnificent volcano of central Anatolia: Mt. Erciyes near Kayseri', ***Bull. Technical Univ. of İstanbul, 44,*** 375-417, (1991).

Bacon, C.R. and Metz, J., 'Magmatic İnclusions in rhyolites, contaminated basalts, and compozitional zonation beneath the Cosa volcanic field, California', ***Contrib. Mineral. Petrol., 85,*** 346-365, (1984).

Bacon, C.R., and Hirschmann, M.M., 'Mg/Mn partitioning as a test for equilibrium betwen coexisting Fe-Ti oxides', ***American Mineralogist, 73,*** 75-61, (1988).

Bailey, D.K., 'Mantle metasomatism - perspective and prospect', ***Geol. Soc. London, Spec. Publ., 30,*** 1-13, (1987).

Baş, H., Güner, Y., and Emre, Ö., 'Erciyes dağı Volkanitlerinin Özellikleri', ***Sivas Üniversitesi Müh.-Mim. Fak. Dergisi, 1,*** 29-44, (1986).

Bayer, H.J., Hotzl, H., Jado, A.R., Rocher, B., Voggenreiler, W., 'Sedimentery and structural evolution of the northwest Arabian Red Sea Margin', ***Tectonophysics 204,*** 1-15, (1988).

Beekman, P. H., 'Hasandağı, Melendiz Dağı bölgesinde Pliyosen ve Kuvaterner volkanizma faaliyetleri', ***MTA Dergisi, 66,*** 88-103, (1966).

Berman, R.G., 'Internally-consistent themodynamic data for minerals in the system Na_2O-K_2O-CaO-MgO-FeO-Fe_2O_3-Al_2O_3-SiO_2-TiO_2-H_2O-CO_2', ***Journal of Petrology 29,*** 445-522, (1988).

Bertolo S, Nimis P, Dal Negro A., 'Low-Ca augite from experimental alkali basalt at 18 kbar: structural variation near the miscibility gap', ***Am Mineral, 79***, 668-674, (1994).

Besang, C., Eckhardt, F.J., Harre, W., Kreuzer, H., und Muller, P., 'Radiometrische Altersbestimmungen an Neogenen Eruptivegesteinen der Turkei' ***Geol. Jb. B 25,*** 3-36. (1977).

Beyhan, A., 'Stratigraphic outline and neotectonics of the Sulucaova-Kovalı segment of the Ecemis¸ fault zone', MS Thesis, ***Middle East Tech. University, Ankara,*** 109 pp. (1994).

Blake, S. and Fink, J.H., 'On the deformation and freezing of enclaves during magma mixing', ***Journ. Volcan. Geotherm. Res., 95,*** 1-8, (2000).

Blundy, J.D. and Holland, T.J.B., 'Calcic amphibole equilibria and a new amphibole - plagioclase geothermometer', ***Contrib. Mineral. Petrol., 104,*** 208-224, (1990).

Bonin, B., 'From orogenic to anorogenic settings: evolution of granitoid suites after a major orogenesis', ***Geol. J. 25,*** 261–270, (1990).

Boyd, F.R., 'A pyroxene geotherm' ***Geochimica et Cosmochimica Acta, 37,*** 2533-2546, (1973).

Boynton, W.V., 'Geochemistry of the rare earth elements: meteorite studies', In: Henderson, P. (Ed.). Rare Earth Element Geochemistry, ***Elsevier, Amsterdam,*** pp. 63-114, (1984).

Bozkurt, E. and Park, R.G., 'Southern Menderes Massif. an incipient metamorphic core complex in western Anatolia, Turkey', ***Journal of Geological Society, London, 151,*** 213-216. (1994).

Boztuğ, D., 'S-I-A-type intrusive associations: geodynamic significance of synchronism between metamorphism and magmatism in central Anatolia, Turkey', In Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area (eds E. Bozkurt, J. A. Winchester and J. D. A. Piper), pp. 441–85. ***Geological Society of London, Special Publication no. 173,*** (2000).

Brown, M., Candela, P.E., Peck, D.L., Stephens, W.E., Walker, R.J. and Zen, E-an, (Eds.), 'Third Hutton symposium on the origin of granites and related rocks', ***Geol. Soc. America, special Paper, 315,*** 359 p. (1996).

Buddington, A.F., 'Thermometric and petrogenetic signifiance of titaniferous magnetite', ***American Journal of Science, 254,*** 511-515, (1956).

Buddington, A.F. and Lindsley, D.H.., 'Iron-titanium oxide minerals and synthetic equivalents', ***Journal of Petrology, 5,*** 310-357, (1964).

Buket, E. And Temel, A., 'Major-element, trace element and Sr-Nd isotopic geochemistry, and genesis of Varto (Muş) volcanic rocks, eastern Turkey', ***Journal of Volcanology and Geothermal Research 85 (1-4),*** 405-422, (1998).

Cawthorn, R.G., and O'Hara, M.J., 'Amphibole fractionation in calcalkaline magma genesis', ***American Journal of Science., 276,*** 309-329, (1976).

Chaffey, D J., Cliff, R.A. and Wilson, B.M., 'Characterization of the St. Helena magma source. In Magmatism in the Ocean Basins', (eds A. D. Sounders and M.J. Norry), pp. 257-276. ***Geological Society of London, Special Publication no. 42,*** (1989).

Chorowicz, J., Luxey, P., Lyberis, N., Carvalho, J., Parrot, J.F.,Yurur, T., Gündoğdu, N., 'The Maras Triple Junction . Southern Turkey based on digital Elevation Model and satellite imagery interpretation', ***J. Geophys. Res. 99 B10 ,*** 20225-20242, (1994a).

Chorowicz, J., Collet, B., Bonavia, F., Korme, T., 'Northwest to north-northwest extension direction in the Ethiopian Rift deduced from the orientation of structures and fault-slip analysis', ***Geol. Soc. Am. Bull. 105,*** 1560-1570, (1994b).

Cochran, C.R., 'The Gulf of Aden: structure and evolution of a young ocean basin and continental margin', ***J. Geophys. Res. 86 B1,*** 263-287, (1981).

Cooper, K.M., Reid, M.R., 'Dunbar, N.W. and McIntosh, W.C., Origin of mafic magmas beneath nortwestern Tibet: Constraints from ^{230}Th-^{238}U Disequilibria', ***Geochem. Geophys., 3/1, art.no.1065,*** (2002).

Couch, S., Sparks, R.S.J. and Carroll, M.R., 'Mineral disequilibrium in lavas explained by convective self-mixing in open magma chambers', ***Nature 411,*** 1037-1039, (2001).

Crandell, D.R., Miller, C.D., Glicken, H.X., Christiansen, R.L., Newhall, C.G., 'Catastrophic debris avalanche from ancestral Mount Shasta volcano, California', ***Geology 12,*** 143-146, (1984).

Dal Negro, A., Molin, G.M., Salviula, G., Secco, L., Cundari, A. and Piccirillo, E.M., 'Crystal chemistry of clinopyroxene and its perrogenetic signifiance: a new approach. In: A. Boriani, M.Bonafede, M. Piccardo and G.B. vali (Editors). The Lithosphere in Italy', Acc. Naz Lincei, ***Atti Convegni Lincei. 80,*** 271-295, (1989a).

Dal Negro, A., Manoli, S., Secco, L. and Piccirillo, E.M., 'Megacrystic clinopyroxenes from Victoria (Australia): crystal chemical comparisons of pyroxenes from high and low - pressure regimes' ***European Journal Mineralogy, 1,*** 105-121. (1989b).

Davidson, J.P., Tepley, F.J.and Knesel, K.M. 'Crystal isotope stratigraphy: a method for constraining magma differentiation pathways', ***EOS79,*** 185–189, (1998).

Davies, J. H., and Von Blanckenburg, F., 'Slab breakoff: A model of lithosphere detachment and its test in the magmatism and deformation of collisional orogens', ***Earth Planet. Sci. Lett., 129,*** 85-102, (1995).

Deniel, C., Aydar, A., Gourgaud, A., 'The Hasan Dağı stratovolcano Central Anatolia, Turkey : evolution from calc-alkaline to alkaline magmatism in a collision zone', ***Journal of Volcanology and Geothermal Research 87,*** 275-302, (1998).

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

DePaolo, D.J., Perry, F.V., and Baldridge, W.S., 'Crustal vs. mantle sources of granitic magmas: A two parameter model based on Nd isotopic studies: Royal Society of Edinburgh Transactions', ***Earth Sciences, 83,*** 439-446, (1992).

Devey, C.W., Albarede, F., Chemineé, J.L., Michard, A., Mühe, R. and Stoffers, P., 'Active submarine volcanismon the Society Hotspot Swell (West Pasific): a geochemical study', ***Journal of Geochysical resarch 95 (B4),*** 5049-5066, (1990).

Dewey, J.F., 'Extensional collapse of orogens' ***Tectonics, 7,*** 1123-1139, (1988).

Dhont, D., Chorowicz, J., Yürür, T., Froger, J. L., Köse, O., Gündoğdu, N., 'Emplacement of volcanic vents and geodynamics of Central Anatolia, Turkey', ***Journal of Volcanology and Geothermal Research, 85,*** 33-54, (1988).

Dirik, K., 'Neotectonic evolution of the northwestward arched segment of the Central Anatolian Fault Zone, Central Anatolia, Turkey', ***Geodinamica Acta, 14,*** 147-158, (2001).

Dixon, J.E., Fitton, J.G. and Frost, R.T.C., 'The tectonic significance of post-Carboniferous igneous activity in the North Sea basin', In: L.V. Illing and G.D. Hobson (Editors), Petroleum Geology of the Continental Shelf of North West Europe. ***Blackwell, London,*** pp. 29-52, (1981).

Dürr, S., Altherr, R., Keller, J., Okrusch, M. and Seidel, E., 'The median Aegean crystalline belt: Stratigraphy, structure, metamorphism, magmatism', In: H. Colos, Roeder, D. And K. Schmidth (Editors), Alps, Appenines, Hellenides. ***Schweizerbarth'sche Varlagsbuchhandlung, Stuttgart,*** pp. 445-477, (1978).

Eichelberger, J.C., 'Vesiculation of mafic magma during replenishement of silisic magma reservoirs' ***Nature, 288,*** 446-450, (1980).

Eichelberger, J.C. and Gooley, R., 'Evolution of silisic magma chamber and their relationship to basaltic volcanism', In: Heacock, J.G. (ed) **The Earth's crust Geophsy Monogr Ser 20 AGU Washington DC,** 57-77. (1977).

Elkins-Tanton, L.T. 'Continental magmatism coused by lithospheric delamination', ***http://www.mantleplume.org/LithDelam.html.*** (2004).

England, P.C. and Houseman, G.A., 'The mechanics of the Tibetan Plateau', ***Philos. Trans. R. Soc. London, A326,*** 301-320, (1988).

Ercan T., 'Orta, Anadolu'daki Senozoyik volkanizması', ***Bull. Min. Res. Expl. Inst. Turkey 107,*** 119–140, (1986).

Ercan, T., 'Orta Anadolu'daki Senozoyik volkanizması', ***Maden Tetkik ve Arama Dergisi,*** 119–140, (1985).

Ercan, T., Tokel, S., Can, B., Fişekçi, A., Fujitani, T., Notsu, K., Selvi, Y., Olmez, M., Matsuda, J.I., Ui, T., Yıldırım, T., Akbaşlı, A., 'Hasandağı-Karacadağ Orta Anadolu dolaylarındaki Senozoyik yaşlı volkanizmanin kökeni ve evrimi', ***Jeomorfoloji Dergisi 18,*** 39-54, (1990).

Ercan, T., Tokel, S., and Matsuda, J.I., 'Hasandağı-Karacadağ (Orta Anadolu) Kuvaterner Volkanizmasına ilişkin yeni jeokimyasal, izotropik ve radyometrik veriler', ***Türkiye jeoloji Kurumu bülteni, 7,*** 8-21, (1992).

Ercan, T., Tokel, S., Matsuda, J.I., Ui, T., Notsu, K., Fujitani, T., 'Erciyes Dagi Orta Anadolu Pliyo-Kuvaterner volkanizmasina ilşkin yeni jeokimyasal, izotopik, radyometrik veriler ve jeotermal enerji açısından önemi', ***Turkiye 6. Enerji Kongresi, Teknik oturum tebliğleri,*** 17-22 Ekim, (1994).

Erdoğan, B., Akay, E. and Uğur, S.M., 'Geology of the Yozgat region and evolution of the collisional Çankırı basin', **International Geology Review 38,** 788-806, (1996).

Ewart, A., Hildreth, W. and Carmichael, I. S. E., 'Quaternary acid magma in New Zealand', ***Contributions to Mineralogy and Petrology, 51,*** 1-27, (1975).

Faure, G., 'Principles of isotope geology', ***2nd ed. New York: John Wiley,*** 589 pp. (1986).

Foden, J.D. and Green, D.H., 'Possible role of amphibole in the origin of andesite: some experimental and natural evidence', ***Contributions to Mineralogy and Petrology, 109,*** 479-493, (1992).

Fyitkas, M., Innocenti, F., Manetti, P., Peccerillo, A. and Villari, L., 'Tertiary to Quaternary evolution of volcanism in the Aegean region. In The Geological Evolution of

the Eastern Mediterranean', (eds J.E. Dixon and A.H.F. Robertson), pp. 687-699. ***Geological Society of London, Special Publication no, 17,*** (1984).

Galer, S.J.G. and O'Nions, R.K., 'Magmagenesis and mapping of chemical and isotopic variations in the mantle' ***Chemical geology, 56,*** 45-61, (1986).

Gamble, R. P., Taylor, L. A., 'Crystal/liquid partitioning in augite: effects of cooling rate', ***Earth and planetary science letters, 47,*** 21-33, (1980).

Gast, P. W., 'Trace element fractionation and the origin of tholeiitic and alkaline magma types', ***Geochimica et Cosmochimica Acta, 32,*** 1057-1086, (1968).

Gautier, I., Weis, D., Mennessier, J.-P., Vidal, P., Giret, A. And Loubet, M., 'Petrology and geochemistry of Kergulelen basalts (South Indian Ocean): evolution of the mantle sources from ridge to an intrplate position', ***Earth and Planetary Science Letters, 100,*** 59-76, (1990).

Gerya, T.V., Yuen, A.D. and Marecsh, W.V., 'Thermomechanical modelling of slab detachment', ***Earth and Planetary Science Letters, 226,*** 101-116, (2004).

Gill, J.B., 'Oragenic andesites and plate tectonics', ***Berlin Springer-Verlag, 390*** pp. (1981).

Ginibre, C., Worner, G. and Kronz, A., 'Minor- and trace-element zoning in plagioclase: implications for magma chamber processes at Parinacota volcano, northern Chile', ***Contributions to Mineralogy and Petrology, 143,*** 300-315, (2002).

Ghiorso, M.S., Carmichael, I.S.E., 'A Fortran-IV computer program for evaluating temperatures and oxygen fugacities from the compositions of coexisting iron - titanium oxides', ***Computers & Geosciences 7 (1),*** 123-129, (1981).

Ghiorso, M.S., Sack, R.O., 'Fe-Ti oxide geothermometry: thermodynamic formulation and the estimation of intensive variables in silicic magmas', ***Contributions to Mineralogy and Petrology, 108 (4),*** 485-510, (1991).

Gomez, J.M.C., 'A program for pyroxene classification and calculation of end-members', ***American Mineralogist, 75,*** 1426-1427, (1990).

Gourgaud, A., 'Comagmatic enclaves in lavas from the Mont-Dore composite volcano, Masif Central, France', In: Didier, J. and Barbarin, B. (eds) Enclaves and granite petrology, ***Elsevier,*** 221-233, (1991).

Gourgaud, A., Aydar, E., Lyberis, N., Gündoğdu, N., 'Petrology of the Quaternary volcanism in central Anatolia Turkey : association of calk-alkaline and alkaline suites in a collision zone', ***Abstract, 29th Int. Geol. Congr., Kyoto, Vol.*** pp. 549. (1992).

Gökten, E. and Floyd, P., 'Geochemistry and tectonic environment of the S¸arkıs¸la area volcanic rocks in Central Anatolia: Turkey', ***Mineralogical Magazine, 51,*** 553-9, (1987).

Göncüoğlu, M.C., 'Niğde Masifi'nde viridinli gnaysın kökeni', ***Türkiye Jeol. Kur. Bült., 24/1,*** 45-51, (1981),

Göncüoğlu, M.C., 'Niğde Masifi paragnayslarında zirkon U/Pb yaşları', ***TJK Bull., 25/1,*** 61-66, (1982).

Göncüoğlu, M.C., 'Orta Anadolu Masifi'nin güney ucundan jeokronolojik yaş bulguları', ***M.T.A. Büll., 105/106,*** 111-124 (in Turkish), (1986).

Göncüoğlu, M.C., 'Geochronological data from the southern part (Niğde area) of the Central Anatolian Massif', ***Mineral Research and Exploration Institute of Turkey (MTA) Bulletin, 105/106,*** 111-124, (1986).

Göncüoğlu, M.C., Toprak, V., Kuşçu, I., Erler, A., Olgun, E.,. 'Geochemical characteristics of granitoids along the western margin of the Central Anatolian Crystalline Complex and their implications', ***Geol. J. 28,*** 371-382, (1991a).

Göncüoğlu, M.C., Toprak, V., Kuscu, I., Erler, A., Olgun, E., 'Orta Anadolu Masifi Bati Kesiminin Jeolojisi, Bölüm: I. Güney Kesim', ***Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) Rapor No. 2909,*** p. 134, (1991b).

Göncüoğlu M.C., Toprak V., 'Neogene and Quaternary volcanism of Central Anatolia: a volcano-structural evaluation', ***Bull. Sect. Volcan. Soc. Geol. France, 26,*** 1-6, (1992).

Göncüoğlu M. C. and Türeli, T. K., 'Petrology and geodynamic interpretation of plagiogranites from central Anatolian ophiolites (Aksaray, Turkey)', ***Turkish Journal of Earth Sciences 2,*** 195-203, (1993).

Görür, N., Oktay, F. Y., Seymen, I. and Şengör, A. M. C., 'Paleotectonic evolution of the Tuzgölü basin complex; Sedimentary record of a Neotethyan closure. In The geological evolution of the Eastern Mediterranean (eds J. E. Dixon and A. H. F. Robertson)', pp. 467–82. ***Geological Society of London, Special Publication no. 17,*** (1984).

Graham, C. M., and Powell, R., 'A garnet-hornblende geothermometer: calibration, testing and application to the Pelona Schist, Southern California', ***J. Metamorphic Geol., v. 2, no. 1,*** p. 13-31, (1984).

Green, T.H. Anatexis of mafic crust and high pressure crystallisation of andesite. In: THORPE, R.S. (ed), Orogenic Andesites', ***Wiley, Chichester, U.K.,*** 465-487, (1982).

Green, T. H., 'Experimental studies of trace-element partitioning applicable to igneous petrogenesis', Sedona 16 years later. ***Chem. Geol. 117,*** 1-36, (1994).

Green, T. H., and Hibberson, W., 'The instability of plagioclase in peridotite at high pressure', ***Lithos, v. 3, no. 3,*** p. 209-221, (1970).

Grove, T.L. and Bence, A.E., 'Experimental study of pyroxene-liquid interaction in quartz-normative15997', ***Aighteenth lunar and Planetary Science Conference Proceedings,*** pp.1549-1580, (1977).

Grove, T.L. and Baker, M.B., 'Phase equiblibruim controls on the tholeiitic versus calc-alcaline differentiation tredns', ***Journal of Geophysical research, 89,*** 3253-3274, (1984).

Grove T.L. and Brayn, W.B., 'Fractionation of pyroxene-picric MORB at low pressure: an experimantel study', ***Contributions to Mineralogy and Petrology, 84,*** 293-309, (1983).

Grunder, A.l. and Mahood, G.A., 'Physical and chemical models of zoned silicic magmas: the Loma Seca Tuff and Calabozos caldera, South Andes', ***Journal of Petrology, 29,*** 831-867, (1988).

Güner Y., Emre Ö., Bas¸ H., 'Erciyes Yanardağının Jeolojisi ve Jeomorfolojisi', ***Min. Res. Expl. Inst.Turkey Raport No 7570,*** (1984).

Gürer, Ö.F. and Aldanmaz, E., 'Origin of the Upper Cretaceous–Tertiary sedimentary basins within the Tauride–Anatolide platform in Turkey', Geol. Mag. 139 (2), pp. 191–197, (2002).

Hammarstrom, J.M., and Zen, E-An., 'Aluminum in hornblende: an empirical igneous geobarometer', ***Am. Min., 71,*** 1297-1313, (1986).

Hawkesworth, C.J. and Norry, M.J., 'Continental Basalts and Mantle Xenoliths', ***Shiva, Cheshire, U.K.*** (1982).

Hawthorne, F.C., 'Crystal chemistry of amphiboles, In: D.R. Weblen (editor), Amphiboles and Other Hydrous Pyroboles-Mineralogy', ***Chelsea, Michigan, USA,*** pp.1-95, (1981).

Helz, R.T., 'Phase relations of basalts in their melting ranges at pH2O = 5 kb as a function of oxygen fugacity, Part I. Mafic phases', ***Journal of Petrology, 14,*** 249-302, (1973).

Heubner, J.S. and Sato, M., 'The oxygen fugacity - temperature relationships of manganese oxides and nickel oxide buffers', ***American Mineralogist, 55,*** 934-952, (1970).

Hickey, R.L., Frey, F.A., Gerlach, D.C. and Escobar, L.J., 'Multiple source basaltic arc rocks from the southern volcanic zone of the Andes (34^{o}-41^{o}S): trace element and isotopic evidence for contributions from subducted oceanic crust', ***Journal of Geophysical reaserch, 91(B6),*** 5963-5983. (1986).

Hildreth, W. And Moorbart, S., 'Crustal contributions to arc magmatism in the Andes of southern Chile', ***Contributions to Mineralogy and Petrology, 98,*** 455-489, (1988).

Hibbard, M.J., 'The magma mixing origin of mantled feldspars', ***Contributions to Mineralogy and Petrology, 76,*** 158-170, (1981).

Hofmann, A. W. and White, W.M., 'Mantle plums from acient oceanic crust', ***Earth and Planetary Science Letters, 58,*** 44-62, (1982).

Holland, T. J. B., and Richardson, S. W., 'Amphibole zonation in metabasites as a guide to the evolution of metamorphic conditions', ***Contrib. Mineral. Petrol., 70,*** 43-148. (1979).

Holland, T. and Blundy, J., 'Non-ideal interactions in calcic amphiboles and their bearing on amphiboleplagioclase thermometry', ***Contrib. Mineral. Petrol., 116,*** 433-447, (1994).

Hollister, L.S., Grissom, G.C., Peters, E.K., Stowell, H.W., and Sisson, V.B., 'Confirmation of the empirical correlation of Al in hornblende with pressure of solidification of calc-alkaline plutons', ***Am. Min., 72,*** 231- 239, (1987).

Hoover, J.D. and Irvine, T.N., 'Liquidus relations and Fe-Mg partioning on part of the system Mg_2SiO_4- Fe_2SiO_4-$CaMgSi_2O_6$-$CaFeSi_2O_6$-$KAlSi_3O_8$-SiO_2', ***Carnegie İnstitute of Washington Yearsbook, 77,*** 774-784, (1977).

Houseman, G.A., McKenzie, D.P. and Molnar, P., 'Convective instability of a thickened boundary layer and its relevance for the thermal evolution of continental convergent belts', ***J. Geophys. Res., 86,*** 6115-6132, (1981).

Huppert, H.E. and Sparks, R.S.J., 'The fluid dynamics of a basaltic magma chamber replenished by influx of hot, dense ultrabasic magma', ***Contrib. Mineral. Petrol., 75,*** 279-289, (1980).

Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquare, G., Radicati Di Brozolo, F., Villari, L., 'The Neogene calc-alcaline volcanic of Central Anatolia: Geochronological data on Kayseri-Nigde area', ***Geol. Mag., 112,*** 349-360, (1975).

Innocenti, F., Manetti, P., Mazzuoli, R., Pasquare G., Villari, L., 'Anatolia and North-Western Iran. In: Thorpe, R.S. (Ed) , Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks', ***The Open Univ., Dept. Earth Sci., Milton Keynes, UK,*** 327–349, (1982).

Ito, E., White, W.M. and Göbel, C., 'The O, Sr, Nd and Pb isotope geochemistry', ***Chemical Geology, 62,*** 157-176, (1987).

Irving, A. J., 'A review of experimental studies of crystal/liquid trace element partitioning', ***Geochim. Cosmochim. Acta, 42,*** 743-770, (1978).

Irvine, T.N. and Baragar, W.R.A., 'A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks', ***Can. J. Earth Sci., 8,*** 448-523, (1971).

İlbeyli, N. and Pearce, J. A., 'Petrogenesis of the collision-related Anatolian granitoids, Turkey', ***EuropeanUnion of Geosciences (EUG), Strasbourg, France 9,*** 502, (1997).

İzzeldin, A.Y., 'Seismic gravity and magnetic surveys in central part of the Red Sea: their interpretation and implications for the structure and evolution of the Red Sea', ***Tectonophysics, 143,*** 269-306, (1987).

Jackson, J.A., McKenzie, D.P., 'Active tectonics of the Alpine–Himalayan belt between western Turkey and Pakistan', ***Roy. Astron. Soc. Geophys. J., 77,*** 185-264, (1984).

Johnson, M.C. and Rutherford, M.J., 'Experimental calibration of the aluminium-in-hornblende geobarometer with application to Long Valley caldera (California) volcanic rocks', ***Geology, 17,*** 837-841, (1989).

Jones, J. H., 'Experimental trace element partitioning. in *Rock Physics and Phase Relations', **a Handbook of Physical Constants, AGU Reference Shelf 3, ed. T. J. Ahrens. 73-104. Washington, AGU.,*** (1995).

Keller, J., 'Mediterranean island arcs. In: R.S. Thorpe (Editor), Andesite: Orogenic Andesite and Related Rocks', ***Wiley, New York, NY,*** 307-325, (1982).

Kennedy, A.K., Grove, T.L. and Jhonson, R.W., 'Experimental and major element constrains on the evolution of lavas from Lihir Island, Papua New Guinea', ***Contributions to Mineralogy and Petrology, 104,*** 722-734, (1990).

Keskin, M., 'Genesis of collision-related volcanism on the Erzurum–Kars Plateau, Northeastern Turkey', PhD thesis, ***University of Durham, UK.*** (1994).

Keskin, M., 'FC-Modeler: A Microsoft Excel spreadsheet program for modeling Rayleigh fractionation vectors in closed magmatic systems', ***Computers & Geosciences, 28/8,*** 919-928. (2002).

Keskin, M., 'Magma generation by slab steepening and breakoff beneath a subduction-accretion complex: An alternative model for collision-related volcanism in Eastern Anatolia, Turkey', ***Geophys. Res. Lett., 30 (24),*** 8046, doi: 10.1029/2003 GL0180019, (2003).

Keskin, M., 'Eastern Anatolia: a hot spot in a collision zone withouth a mantle plume', Plates, Plumes and Planetary Processes (Editors G. R. Foulger and D.M. Jurdy) in press, (2007).

Kılınç, A., Carmicheal, I.S.E., River, M.L. and Sack, R.O., 'The ferric-ferrous ratio of natural silicate liquids equilibrated in air', ***Contributins to mineralogy and petrology, 83,*** 136-140, (1983).

Kistler, R.W., 'Phanerozoic batholiths in western North America; a summary of some recent work on variations in time, space, chemistry, and isotopic compositions', ***Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 2,*** 403-417, (1974).

Knutson, J., Green, T.H., 'Experimental duplication of a high - pressure megacryst/cumulate assemblage in a near - saturated hawaiite', ***Contrib Mineral Petrol, 52,*** 121-132, (1975).

Kontak D.J., Clark, A.H. and Pearce, T.H., 'Recognition of simple and complex zoning in olivine and orthopyroxene phenocrysts using laser interference microscopy', ***Mineralogical Magazine, 48,*** 547-550, (1994).

Koçyiğit, A., and Beyhan, A., 'A new intracontinental transcurrent structure: the Central Anatolian Fault Zone, Turkey', ***Tectonophysics, 284,*** 317-336, (1998).

Koçyiğit, A. and Erol, O., 'A tectonic escape structure: Erciyes pull-apart basin, Kayseri, Central Anatolia, Turkey', ***Geodinamica Acta, 14,*** 133-145, (2001).

Kostopoulos, D. K. and James, S. D., 'Parameterization of the melting regime of the shallow upper mantle and the effects of variable lithospheric stretching on mantle modal stratification and trace-element concentrations in magmas', ***Journal of Petrology, 33,*** 665-691, (1992).

Koyaguchi, T., 'Textural and compositional evidence for magma mixing and its mechanism, Abu volcano group, Southwestern Japan', ***Contrib. Mineral. Petrol., 93,*** 33-45, (1986).

Koyaguchi, T., 'Enclaves in volcanic rocks from Japan. In: Didier, J. and Barbarin, B. (eds) Enclave and granite petrology', ***Elsevier,*** 235-252. (1991).

Kürkçüoğllu, B., Şen, E., Aydar, E., Gourgaud, A., Gündoğdu, N., 'Geochemical approach to magmatic evolution of Mt. Erciyes stratovolcano, Central Anatolia, Turkey', ***J. Volcanol. Geotherm. Res., 85,*** 473-494. (1998).

Kürkçüoğlu, B., Şen, E., Aydar,E., Gourgaud, A., Gündoğdu, N., 'Geochemical approach to magmatic evolution of Mt. Erciyes stratovolcano Central Anatolia, Turkey', ***Journal of Volcanology and Geothermal Research, 85,*** 473-494, (2002).

Kretz R., 'Transfer and exchange equilibria in a portion of the pyroxene quadrilateral as deduced from natural and experimental data' ***Geochim Cosmochim Acta, 46,*** 411-421, (1982).

Kuritani, T., Kitagawa, H.and Nakamura. E., 'Assimilation and Fractional Crystallization Controlled by Transport Process of Crustal Melt: Implications from an Alkali Basalt Dacite Suite from Rishiri Volcano, Japan', ***Journal of Petrology, 46,*** 1421-1442, (2005).

Latin, D.M., Dixon, J.E. and Fitton, J.G., 'Rift related magmatism in the North Sea basin. In: D.J. Blundell and A. Gibbs (Editors), Tectonic Evolution of the North Sea Rifts', ***Oxford Univ. Press.*** (in press). (1990).

Leake, B.E., 'Nomenclature of amphiboles', ***Canadian Mineralogist, 16,*** 501-520, (1978).

Leake, B.E., Woolley, A.R., Arps, C.E.S., Bırch, W.D., Gılbert, M.C., Grıce, J.D., Hawthorne, F.C., Kato, A., Kısch, H.J., Krıvovıchev, V.G., Lınthout, K., Laird, J., Mandarıno, J.A., Maresch, W.V., Nickel, E.H., Rock, N.M.S., Schumacher, J.C., Smıth, D.C., Stephenson, N.C.N., Ungarettı, L., Whıttaker, E.J.W. and Guo, Y.Z. 'Nomenclature of amphiboles: report of the subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association, commission on new minerals and mineral names', ***American Mineralogist 82,*** 1019-1037, (1997).

Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A. and Zanettin, B., A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkalisilica diagram. ***Journal Of Petrology, 27,*** 445-450, (1986).

Lepage, L.D., 'ILMAT: an Excel worksheet for ilmenite-magnetite geothermometry and geobarometry', *Computers and Geosciences, 29,* 673-678, (2003).

Le Pennec, J.L., Bourdier, J.L., Froger, J.L., Temel, A., Camus, G., Gourgaud, A., 'Neogene ignimbrites of the Nevsehir plateau Central Turkey : stratigraphy, distribution and source constraints', ***J. Volcanol. Geotherm. Res., 63, 1-2 ,*** 59-87, (1994).

Le Pichon, X., Gaulier, J.M., 'The rotation of Arabia and the Levant fault system', ***Tectonophysics, 153,*** 271-294, (1988).

Lindsley, D.H., Spencer, K.J., 'Fe–Ti oxide geothermometry: Reducing analyses of coexisting Ti-magnetite (Mt) and ilmenite (Ilm)' abstract AGU 1982 Spring Meeting Eos Transactions. ***American Geophysical Union, 63 (18),*** 471, (1982).

Lindsley, D.H., 1983. Pyroxene thermometry. *American Mineralogist 68,* 477-493.

Lindsley D.H., Andersen D.J., 'A two-pyroxene thermometer', ***Proc 13th Lunar Planet Sci Conf. J Geophys Res Suppl, 88,*** A887-A906, (1983).

Lindsley, D.H., Frost, B.R., Andersen, D.J., 'Fe–Ti oxidesilicate equilbria: assemblages with orthopyroxene', In: Spencer, R.J., Chou, I.M. (Eds.), Fluid - Mineral Interactions: A tribute to H.P. Eugster, ***The Geochemical Society, Special Publication, 2,*** 103-119, (1990).

Lofgren, G.E., 'Experimental studies on the dynamic crystalization of silicate melts. In: Hargraves, R.B. (ed) physics of magmatic processes', ***Princeton University pres,*** 487-551, (1980).

Luhr, J.F. and Carmicheal, I.S.E., 'The Colima Volcanic Complex, Mexico, Part. 1 post caldera andesites from Volcan Colima', ***Contributions to Mineralogy and Petrology, 71,*** 343-372, (1980).

Lyberis, N., Yürür, T., Chorowicz, J., Kasapoğlu, E., Gündoğdu, N., 'The East Anatolian Fault: an oblique collisional belt', ***Tectonophysics, 204,*** 1-15, (1992).

Mackenzie, W.S., Donaldson, C.H., and Guilford, C., 'Atlas of igneous rocks and their textures', ***Longman Scientific and Technical, Londra,*** 148 s. (1998).

Menzies, M., 'Mantle ultramafic xenoliths in alkaline magmas: evidence for mantle heterogeneity modified by magmatic activity. In: hawkesworth, C.J. and Norry, M.J. (eds.), 1983. Continental Basalts and mantle Xenoliths', Shiva Publishing Limited, ***Cheshire,*** (1983).

Menzies, M.A. and Hawkesworth, C.J., 'Mantle Metasomatism', ***Academic Press, London,*** (1987).

McKenzie, D.P., 'Active tectonics of the Mediterranean region', ***Geophys. J. R. Astron. Soc., 30,*** 109-185, (1972).

McKenzie, D.P. and Bickle, M.J., 'The volume and composition of melt generated by extension of the lithosphere', ***J. Petrol., 29,*** 625- 679, (1988).

McKenzie, D.P. and O'Nions, R. K., 'Mantle reservoirs and ocean island basalts' ***Nature, 301,*** 229-231, (1983).

McKenzie, D.P. and O'Nions, R. K., 'Partial melt distributions from inversion of rare earth element concentrations', ***Journal of Petrology, 32,*** 1021-1091, (1991).

McKenzie, D.P. and O'Nions, R. K., 'The source regions of ocean island basalts', ***Journal of Petrology, 36,*** 133-159, (1995).

McKenzie, D.P. and Yilmaz, Y., 'Deformation and volcanism in western Turkey and Aegean', ***Bull. Tech. Univ., İstanbul, 44,*** 345-373, (1991).

Mercier, J.C., 'Single pyroxene geothermometry and geobarometry', ***American Mineralogist, 61,*** 603-615, (1976).

Myers, J. and Eugster, H.P., 'The system Fe-Si-O: oxygen buffer calibrations to 1500K', ***Contributions to Mineralogy and Petrology, 82,*** 75-90, (1983).

Nelson, K.D., 'Are crustal thickness variations in old mountain belts like the Appalachians a consequence of lithospheric delamination?', ***Geology, 20,*** 498-502, (1992).

Nimis, P., 'A clinopyroxene geobarometer for basaltic systems based on crystal-structure modeling', ***Contrib.Mineral. Petrol., 121,*** 115-125, (1995).

Nimis, P. and Ulmer, P., 'Clinopyroxene geobarometry of magmatic rocks Part 1: An expanded structural geobarometer for anhydrous and hydrous, basic and ultrabasic systems', ***Contrib. Mineral. Petrol., 133,*** 22-135, (1998).

Nimis, P., 'Clinopyroxene geobarometry of magmatic rocks. Part 2. Structural geobarometers for basic to acid, tholeiitic and mildly alkaline magmatic systems', ***Contrib. Mineral. Petrol., 135,*** 62-74, (1999).

Nixon, G.T., 'Petrology of the younger andesites and dacites at Iztaccihuat Volcano, Mexico: I. Disequilibrium phenocryt assembleges as indicators of magma chamber processes', ***Journal of Petrology, 29,*** 213-264, (1988).

Notsu, K., Fujitani, T.Ui., Matsuda, J., Ercan, T., 'Geochemical features of collision-related volcanic rocks in central and eastern Anatolia, Turkey', ***J. Volcanol. Geotherm. Res. 64,*** 171–192, (1995).

Ormerod, D.S., Rogers, N.W. and Hawkesworth, C.J. 'Melting of the lithosphere mantle: Inverse modeling of alkali olivine basalts from the Big Pine volcanic field, California', ***Contributions to Mineralogy and Petrology, 108,*** 305-317, (1991).

Orsini, J.B., Cocirta, C. And Zorpi, M.J., 'Genesis of mafic microgranular enclaves through differentiation of basic magmas, mingling and chemical exchanges with their

host granitoid magmas In: Didier, J. and Barbarin, B. (eds) Enclaves and granite petrology', ***Elsevier,*** 445-464, (1991).

Panjasawatwong, Y., Danyushevsky, L.V., Crawford, A.J. and Harris, K.L., 'An experimental study of the effects of melt composition on plagioclase–melt equilibria at 5 and 10 kbar: implications for the origin of magmatic high-An plagioclase', *Contributions to Mineralogy and Petrology, 118,* 420-432, (1995).

Parlak, O., Delaloye, M., Demirkol, C., Unlugenc, U. C., 'Geochemistry of Pliocene/Pleistocene basalts along the Central Anatolian Fault Zone (CAFZ), Turkey', ***Geodinamica Acta, 14,*** 159-167, (2001).

Pasquare, G., 'Geology of Cenozoic volcanic area of Central Anatolia', ***Atti. Accad. Naz. Lincei, 9,*** 53-294, (1968).

Pasquare, G., Poli, S., Vezzoli, L., Zanchi, A., 'Continental arc volcanism and tectonic setting in Central Anatolia, Turkey', ***Tectonophysics, 146,*** 217-230, (1988).

Patino Douce, A.E., 'Effect of pressure and H_2O content on the compositions of primary crustal melts', Transactions of the Royal Society of Edinburg: ***Earth Sciences, 87,*** 11-21, (1996).

Pearce, J.A., 'Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In: R.S. Thorpe (Editor), Andesite: Orogenic Andesite and Related Rocks', ***Wiley, New York, NY,*** 525-548, (1982).

Pearce, J.A., 'Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: Hawkesworth, C.J., Norry, N.J. Eds. , ***Continental Basalts and Mantle Xenoliths', Shiva, Cheshire, UK,*** 230-249, (1983).

Pearce, J.A., Bender, J.F., De Long, S.E., Kidd, W.S.F., Low, P.J., Güner, Y., Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., Moorbath, S., Mitchell, J.G., 'Genesis of collision volcanism in Eastern Anatolia, Turkey', ***J. Volcanol. Geotherm. Res., 44,*** 189–229, (1990).

Peccerillo, A., Taylor, S.R., 'Geochemistry of Eocene calcalkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey', ***Contrib. Mineral. Petrol., 58,*** 63-91, (1976).

Plank, T. and Langmuir, C. H., 'An evaluation of the global variations in the major element chemistry of arc basalts', ***Earth and Planetary Science Letters, 90,*** 349-370, (1988).

Platt, J.P., England, P.C., 'Convective removal of lithosphere beneath mountain belts: thermal and mechanical consequences', ***Am. J. Sci., 293,*** 307-336, (1993).

Platzman E.S., Tapirdamaz , C., Sanver M., 'Neogene anticlockwise rotation of central Anatolia (Turkey): preliminary palaeomagnetic and geochronological results', ***Tectonophysics, 299,*** 175-189, (1988).

Piper , J.D.A. Gürsoy, H., Tatar O., 'Palaeomagnetism and magnetic properties of the Cappadocian ignimbrite succession, central Turkey and Neogene tectonics of the Anatolian collage', ***Journal of Volcanology and Geothermal Research, 2457,*** 1-26, (2002).

Powell R., 'Inversion and assimilation and fractional crystallization (AFC) equations; characterisation of contaminants from isotope and trace element relationships in volcanic suites', ***J. Geol. Soc. Lond., 141,*** 447-452, (1984).

Powell, R., Powell, M., 'Geothermometry and oxygen barometry using coexisting iron-titanium oxides: a reappraisal', ***Mineralogical Magazine, 41 (318),*** 257-263, (1977).

Richardson, S. H., Erlank, A.J., Duncan, A, R. and Reid, D.L., 'Correlated Nd, Sr and Pb isorope variation in Walvis Ridge basalts and implications for the evolution of their mantle source', ***Earth and Planetary Science Letters, 59,*** 327-342, (1982).

Roeder, P. L. and Emslie, R. F., 'Olivine–liquid equilibrium', ***Contributions to Mineralogy and Petrology, 29,*** 275-289, (1970).

Rollinson, H.R., 'Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation', L***ongman Scientific and Technical, john Wiley and Sons, Inc., New York,*** 352p. (1993).

Salviula, G., Secco, L., Antonini, P.and Piccirillo, E.M., 'C2/c pyroxene from two alkaline sodic suites (Western ross Embayment-Antartica) crystal chemical characterisation and its petrologic significance', ***Mineralogical Magazine, 61,*** 423-439, (1997).

Saxena S.K. and Nehru C.E., 'Enstatite - Diopside solvus and geothermometry', ***Contributians to Mineralogy and Petrology, 49,*** 259-267, (1975).

Schilling, J.-G. and Winchester, J. W., 'Rare-earth fractionation and magmatic processes. In: Runcorn, S. K. (ed.) ***Mantles of the Earth and Terrestrial Planets', New York: Interscience,*** 267–283, (1967).

Schmidt, M.W., 'Amphibole composition in tonalite as a function of pressure: an experimental calibration of the Al-in-hornblende barometer', **Contrib. Mineral. Petrol., 110,** 304-310, (1992).

Selvi, Y., Ölmez, M., Matsuda, J.I., Ui, T., Yıldırım, T., Ercan, T., Tokel, S., Can, B., Fişekçi, A., Fujitani, T., Notsu, K., Akbaşlı, A., 'Hasandagi-Karacadag Orta Anadolu

dolaylrindaki Senozoyik yasli volkanizmanın kokeni ve evrimi', ***Jeomorfoloji Dergisi, 18,*** 39-54, (1990).

Shaw, D.M., 'Trace element fractionation during anatexis', ***Geochim. Cosmochim. Acta, 34,*** 237-243, (1970).

Shelley, D., 'Igneous and metamorphic rocks under the microscope', Chapman and Hall, ***Cambridge,*** 445, (1993).

Sisson, T.W. and Grove, T.L., 'Experimental investigations of the role of H2O in calc-alkaline differentiation and subduction zone magmatism' ***Contributions to Mineralogy and Petrology, 113,*** 143-166, (1993).

Soto, J.I., Soto, V.M., 'PT MAFIC: software package for thermometry, barometry, and activity calculations in mafic rocks using an IBM-compatible computer', ***Computers & Geosciences, 21 (5),*** 619-652, (1995).

Spera, F.J., and Bohrson, W.A., 'Energy-constrained open system magmatic processes I: General model and energy-constrained assimilation and fractional crystallization (EC-AFC) formulation', ***Journal of Petrology, 42,*** 999-1018, (2001),

Stoffel, D.B., Sto¡el, K.L., 'Mt. St. Helens close up on May 18', ***Geotimes, 25,*** 16-17, (1980).

Stormer Jr, J.C., 'The effects of recalculation on estimates of temperature and oxygen fugacity from analyses of multicomponent iron-titanium oxides', ***American Mineralogist, 68 (5-6),*** 586-594, (1983).

Stormer, J.C. and Whitney, J.A., 'Two feldspar and iron - titanıum oxide equilibria in silicic magmas and the depth of origin of large volume ash-flow tuffs', ***American Mineralogist, 70,*** 52-64, (1985).

Sturm R., 'An interactive spreadsheet program for the computation of pyroxene analyses derived from the electron microprobe Institute of Physics and Biophysics', Hellbrunnerstr 34, 5020 Salzburg, ***Austria Computers & Geosciences, 28,*** 473-483, (2002).

Sun, S.S., McDonough, W.F., 'Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes', In: Saunders, A.D., Norry, M.J. (Eds.). Magmatism in the Ocean Basins, ***Geol. Soc., London, Spec. Publ., 42,*** 313-345, (1989).

Şen, A.P., Temel, A., Gourgaud, A., 'Petrogenetic modelling of Quaternary post-collisonal volcanism: a case study of central and eastern Anatolia', ***Geol. Mag., 141,*** 81-98, (2004).

Şen, E., 'Erciyes Stratovolkanının (Orta Anadolu) volkanolojik ve petrolojik gelişiminin incelenmesi', ***H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Mühhendislik Tezi,*** 268 pp. (1997).

Şen, E., Aydar, E., Gourgaud, A., Kürkçüoğlu, B., 'La phase explosive précédant I'extrusion des domes volcaniques: exemple du dome rhyodacitique de Dikkartin Dag., Erciyes, Anatolie centrale, Turquie', ***C.R. Geosci., 334,*** 27-33, (2002).

Şen E., Kürkçüoğlu, B., Aydar, E., Gourgaud, A., Vincent, P.M., 'Volcanological evolution of Mount Erciyes stratovolcano and origin of the Valibaba Tepe ignimbrite (Central Anatolia, Turkey)', ***Journal of Volcanology and Geothermal Research, 2616,*** 1-22, (2003).

Şengör, A.M.C., 'Principles of the neotectonics of Turkey', ***Geological Society of Turkey, 40,*** (1980).

Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y., 'Tethyan evolution of Turkey; a plate tectonic approach', Tectonophysics, 75, 181–241, (1981).

Şengör, A.M.C., Görür, N., Şaroğlu, F., 'Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. In: Biddle, K.T., Christie-Blick, N. Eds. , Strike-Slip Deformation, Bassin Formation and Sedimentation', Soc. Econ. Palaeontol., ***Mineral. Spec. Publ., 37,*** 227-264, (1985).

Şengör, A.M.C., S. Özeren, E. Zor and T. Genç, 'East Anatolian high pleteau as a mantle-supported, N-S shortened domal structure', Geophys. Res. Lett., 30 (24), doi: 10.1029/2003GL017858, (2003).

Şengör, A.M.C., Satır, M. and Akkök, R., 'Timing of the tectonic events in the Menderes masif, western Turkey: Implication for tectonic evolution and evidence for pan African basement in Turkey', ***Tectonics, 3,*** 693-707, (1984).

Taylor, S.R., McLennan, S.M., 'The Continental Crust: Its Composition and Evolution', ***Blackwell, Oxfor,.*** (1985).

Temel, A., 'Kapadokya eksplozif volkanizmasının petrolojik ve jeokimyasal özellikleri', ***Hacettepe Üniversitesi,*** 208 pp.Türkiye, (1992).

Temel, A., Gündoğdu, N., Gourgaud, A., Le Pennec, J.-L., 'Ignimbrites of Cappadocia, Central Anatolia, Turkey: petrology, geochemistry and evolution through time', ***J. Volcanol. Geotherm. Res., 85,*** 447-441, (1998).

Thomas, W.M. and Ernst, W.G., 'The aluminium content of hornblende in calc-alkaline granitic rocks: A mineralogic barometer calibrated experimentally to 12 kbars. In: R.J.

Spancer and I-M. Chou (editors). Fluid- mineral Interactions', ***Geochemical Society Special Publications, 2,*** 59-63, (1990).

Tokel, S., Ercan, T., Akbasli, A., Yildirim, T., Fis¸ekci, A., Selvi Y., Olmez, M., Can, B., 'Neogene tholeiitic province of Central Anatolia: Implications for magma genesis and postcollision lithospheric dynamics', ***METU Journal of Pure and Applied Sciences, 21,*** 461-477, (1988).

Toplis, M.J. and Carroll, M.R., 'An experimental study of the influence of oxygen fugacity on Fe-Ti oxide stability, phase, relations, and mineral-melt equilibria in ferro-basaltic systems', ***Journal of Petrology, 36,*** 1137-1170, (1995).

Toprak, V., 'Central Kızılırmak fault zone: northern magrin of the Central Anatolian volcanics', ***TUBITAK Turkish J. Earth Sci., 3,*** 29-38, (1994).

Toprak, V., 'Vent distribution and its relation to regional tectonics, Cappadocian Volcanics, Turkey', ***Journal of Volcanology and Geothermal Research, 85,*** 55–67, (1998).

Toprak, V., 'Tuzgölü Fay Kuşağı Hasandağ kesiminin özellikleri', ***TPJD Bülteni, Özel Sayı: 5,*** 71-84, (2000).

Toprak, V., Göncüoğlu, M.C., 'Keçiboyduran–Melendiz fayı ve bölgesel anlamı (Orta Anadolu)', ***Yerbilimleri, 16,*** 55–65, (1993).

Toprak, V., Göncüoğlu, M.C., 'Tectonic control on the development of the Neogene-Quaternary Central Anatolian volcanic province Turkey' ***Geological J., 28,*** 357–369, (1993).

Toprak, V., Keller, J., R. Schumacher, R., 'Volcano-tectonic features of the Cappadocian volcanic province', ***International Volcanological Congress Excursion Guide, Ankara,*** 58 pp. (1994).

Troll, V.R. and Schmincke, H.U., 'Magma mixing and crustal recycling recorded in ternary feldspar from compositionally zoned peralkaline ignimbrite 'A', Gran Canaria, Canary Islands', ***Journal of Petrology, 43,*** 243–270, (2002).

Turner, S., Arnaud, N., Liu, J., Rogers, N., Hawkesworth, G., Harris, N., Kelley, S., Van Calsteren, P. and Deng, M., 'Post-collision, shoshonitic volcanism on the Tibetan Plateau: implications for convective thinning of the lithosphere and the source of ocean island basalts', ***Journal of Petrology, 37,*** 45-71, (1996).

Türkecan, A., Kuzucuoğlu, C., Mouralıs, D., Pastre, J.F., Atıcı, Y., Karabıyıkoğlu, M., ve Guıllou, H., 'Erciyes Yanardağı'nın freatomagmatik ürünlerine bir örnek (Çora Maarı)', 57. ***Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı,*** 296, (2003).

Ulmer, P., 'The depencense of the Fe^{+2}-Mg cation-partitioning between olivine and basaltic liquid on pressure, temperature and composition', ***Contributions to Mineralogy and Petrology, 101,*** 261-273, (1989).

Vidal, N., Merle O., 'Reactivation of basement faults beneath volcanoes: a new model of flank collapse', ***Journal of Volcanology and Geothermal Research, 99,*** 9-26, (2000).

Wasserburg, G. J., Jacobsen, S. B., De Paolo, D. J., Mc Culloch, M.T. and Wen, T. 'Precise determination of Sm and Nd isotopic abundances in Standard solutions', ***Geochiminica et Cosmochimica Acta, 45,*** 2311-2323, (1981).

Wells, P.RA., 'Pyroxene thermometry in simple and complex systems', ***Contributions to Mineralogy and Petrology, 62,*** 129-139, (1977).

White, R. and McKenzie, D.P., 'Magmatism at rift zones: the generation of volcanic continental margins and flood basalts', ***J. Geophys. Res., 94,*** 7685-7729, (1989).

Whitney, D.L and Dilek, Y., 'Metamorphism during Alpine crustal thickening and extension in Central Anatolia, Turkey: the Niğde metamorphic core complex', ***Journal of petrology, 39,*** 1385-1403, (1998).

Wilson, M., 'Igneous petrogenesis', ***Unwin Hyman, Londan,*** 446 pp. (1989).

Williams, R. W. and Gill, J. B., 'Effects of partial melting on the uranium decay series', **Geochem. Cosmochem. Acta, 53,** 1607-1619, (1989).

Wong, S.Y.M. Ton, A. and Wortel, M.J.R., 'Slab detachment in continental collision zones: an analysis of controlling parameters', ***Geophys. Res. Lett., 24,*** 2095-2098, (1997).

Wyllie, P., 'Metasomatism and fluid generation in mantle xenoliths. In: P.H. Nixon (Editor), Mantle Xenoliths', Wiley, ***Chichester, U.K.,*** 609-621, (1987).

Yetiş, C., 'New observations on the age of the Ecemis Fault. In: Tekeli, O., Goncuoglu, M.C. Eds. , ***Geology of the Taurus Belt. Ankara', Turkey,*** 159-164, (1984).

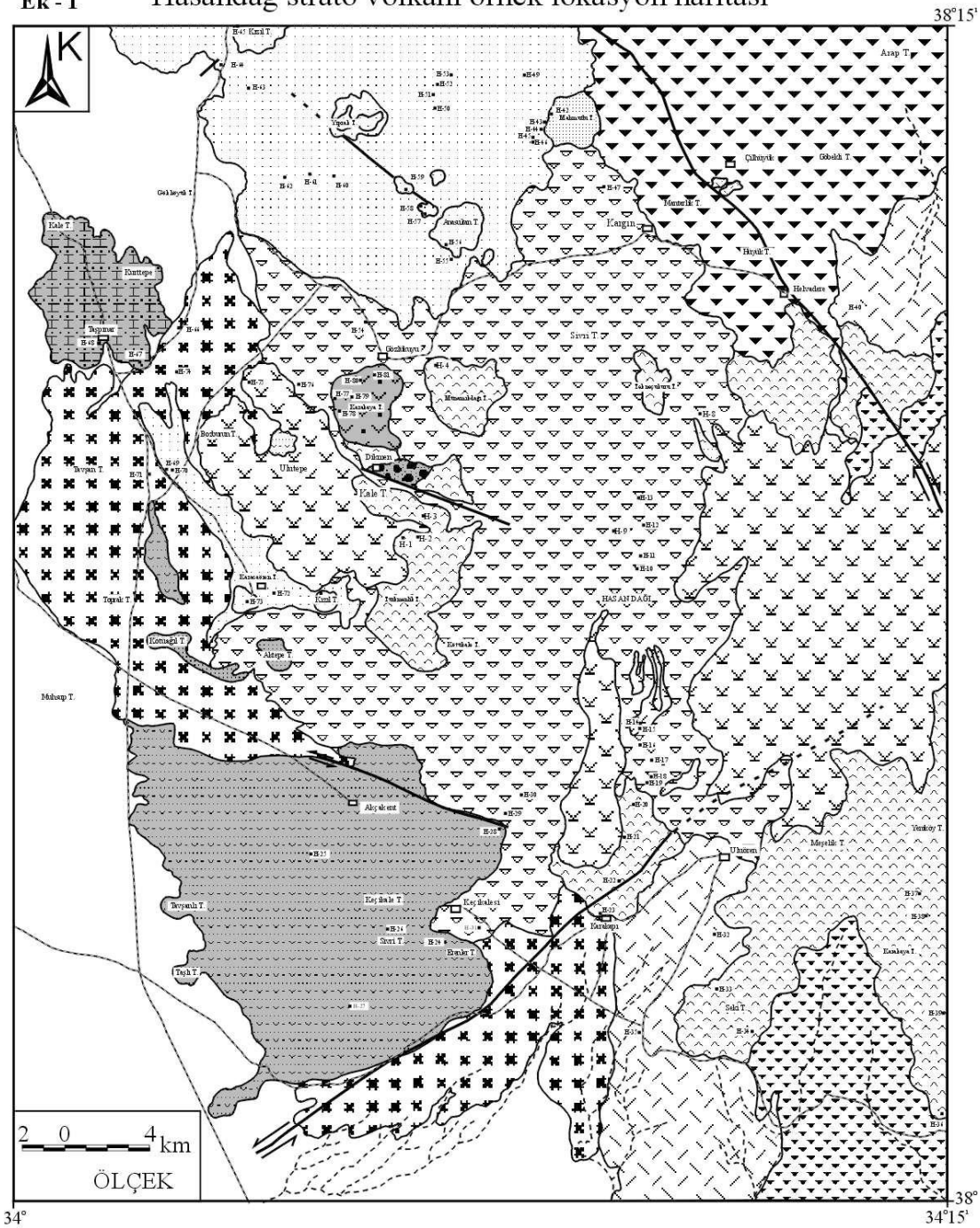
Yılmaz, Y., 'Comparison of young volcanic associations of western and eastern Anatolia formed under a compressional regime', A Review. ***J. Volcanol. Geotherm. Res., 44,*** 69-77, (1990).

Yılmaz, Y., Güner, Y., Şaroğlu, F., 'Geology of the Quaternary volcanic centers of the east Anatolia', ***J. Volcanol. Geotherm. Res., 85,*** 173-210, (1998).

Yürür, T. and Chorowicz, J., 'Recent volcanism, tectonics and plate kinematics near the junction of the African, Arabian and Anatolian plates in the eastern Mediterranean', ***Journal of Volcanology and Geotermal Research, 85 (1-4),*** 1-15, (1998).

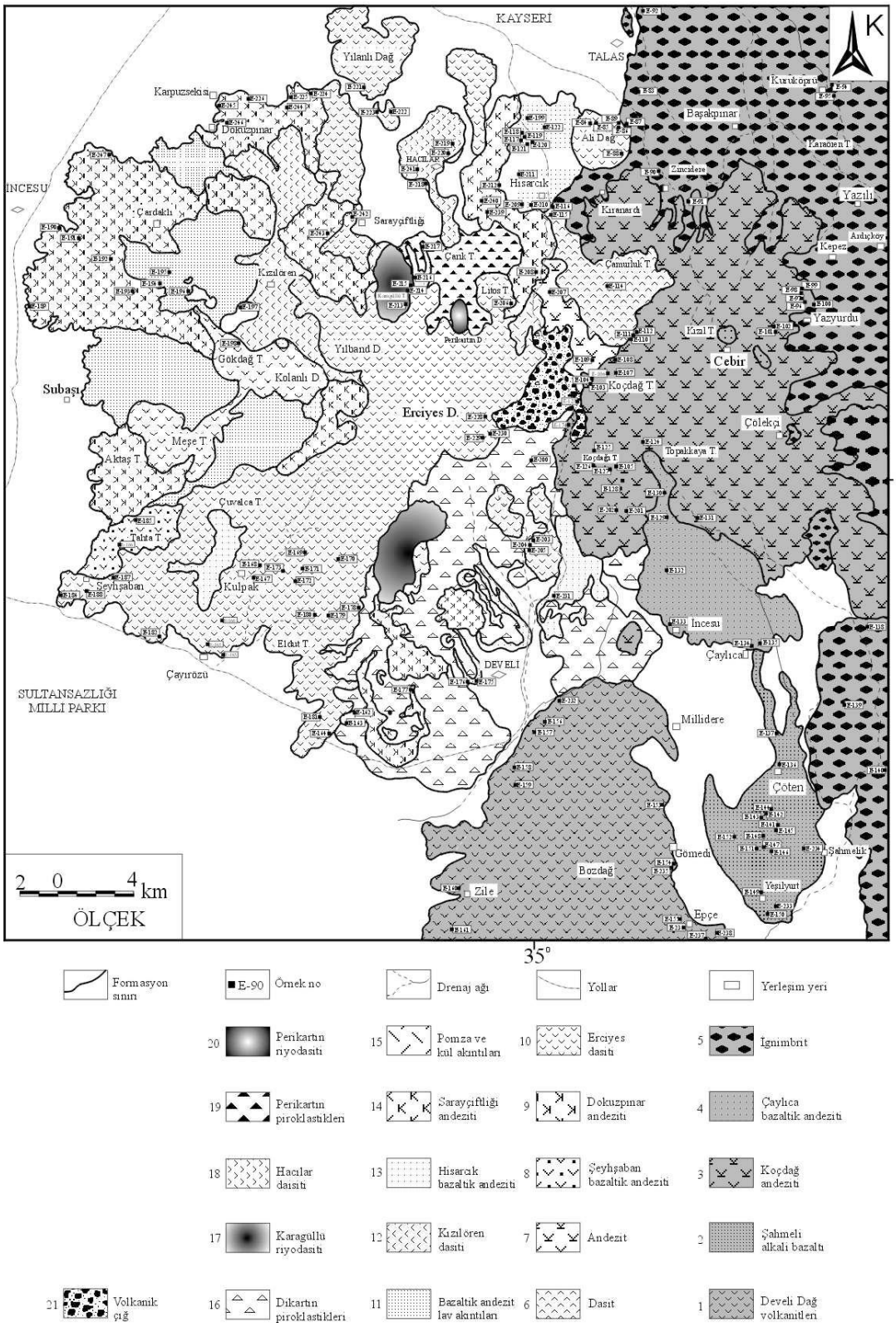
Zindler, A. and Hart, S., 'Chemical Geodynamics', ***Annual Review of Earth and Planetary Science, 14,*** 493-571, (1986).

Ek - 1 Hasandağ strato volkanı örnek lokasyon haritası

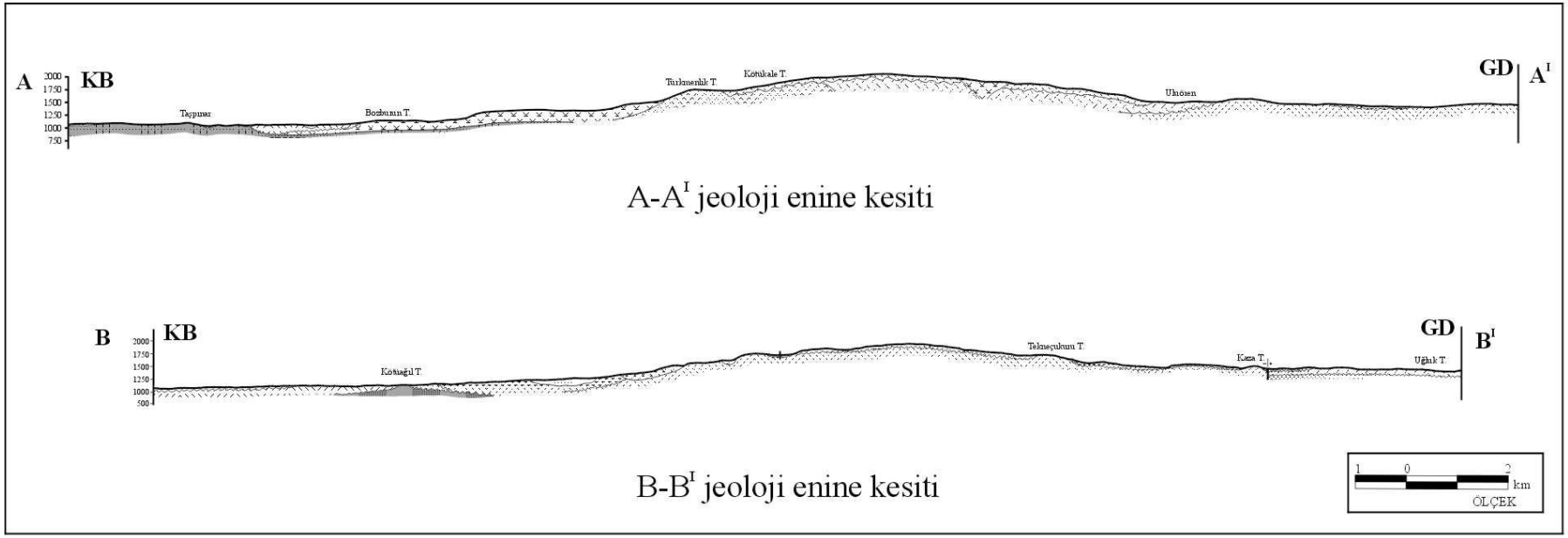


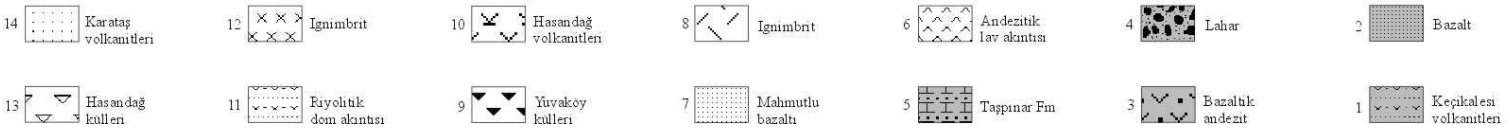
Ek - 2

Erciyes strato volkanı örnek lokasyon haritası

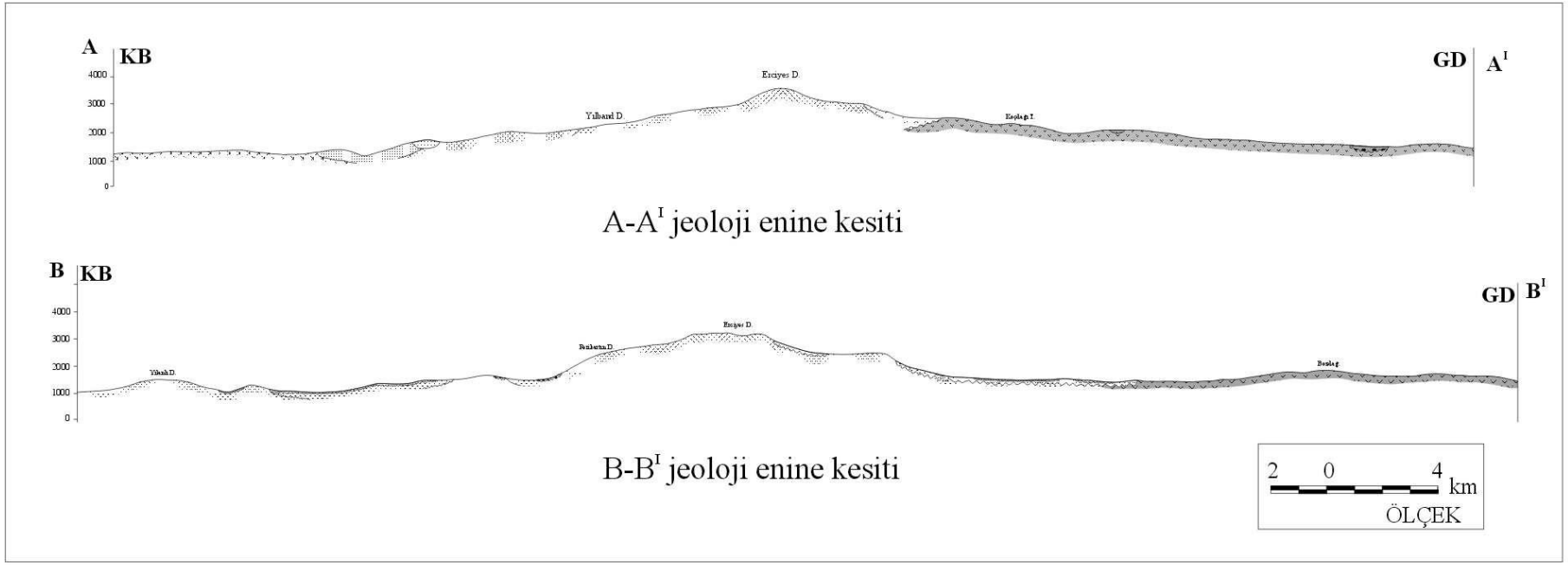


Hasandağ Strato Volkanı Jeoloji Enine Kesitleri





Erciyes Strato Volkanı Jeoloji Enine Kesitleri



21 Volkanik çığ
18 Hacılar dasiti
15 Pomza ve kül akıntıları
12 Kızılören dasiti
9 Dokuzpınar andeziti
6 Dasit
3 Koçdağ andeziti
20 Perikartın riyodasiti
17 Karagüllü riyodasiti
14 Sarayçiftliği andeziti
11 Bazaltik andezit lav akıntıları
8 Şeyhşaban bazaltik andeziti
5 Ignimbrit
2 Şahmeli alkali bazaltı
19 Perikartın piroklastikleri
16 Dikartın piroklastikleri
13 Hisarcık bazaltik andeziti
10 Erciyes dasiti
7 Andezit
4 Çaylıca bazaltik andeziti
1 Develi Dağ volkanitleri

Olivin

Örnek No	H-42	H-42	H-42	H-42	H-42	H-42	H-42	H-42	H-42	H-72	H-72	H-72	H-72
Lokasyon	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ
Kayaç Adı	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt
Krsital No	#4	#5	#11	#13	#19	#20	#22	#23	#25	#36	#37	#41	#43
	c	b	c	m	c	m	c	b	m	c	b	c	c
SiO_2	39.47	39.08	36.86	36.81	40.37	37.00	38.82	38.13	37.57	38.09	37.97	39.81	39.08
FeO	13.26	17.16	25.04	25.29	15.55	25.13	18.73	23.44	25.68	22.14	23.94	16.41	16.34
MnO	0.16	0.31	0.45	0.52	0.22	0.49	0.29	0.56	0.60	0.57	0.68	0.22	0.36
MgO	45.74	42.39	35.28	35.47	43.51	35.45	41.22	37.35	35.39	38.29	36.63	43.46	42.94
CaO	0.19	0.16	0.23	0.31	0.14	0.22	0.18	0.18	0.31	0.26	0.35	0.25	0.27
Toplam	99.20	99.43	97.98	98.68	100.31	98.48	99.50	100.07	99.73	99.49	99.75	100.42	99.19
Si	0.99	1.00	1.00	0.99	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Fe	0.28	0.37	0.57	0.57	0.33	0.57	0.40	0.51	0.57	0.48	0.53	0.35	0.35
Mn	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01
Mg	1.72	1.62	1.42	1.42	1.63	1.42	1.58	1.46	1.40	1.50	1.44	1.63	1.63
Ca	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Toplam	3.00	3.00	3.00	3.01	2.99	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Fo	86.02	81.49	71.52	71.43	83.30	71.55	79.69	73.97	71.07	75.51	73.17	82.52	82.41
Fa	13.98	18.51	28.48	28.57	16.70	28.45	20.31	26.03	28.93	24.49	26.83	17.48	17.59

Olivin

Örnek No	H-72	H-72	H-72	H-72	H-80	H-80	E-148	E-148	E-148	E-148	E-175	E-175	E-175
Lokasyon	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes
Kayaç Adı	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	B.Andezit	B.Andezit	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt
Krsital No	#44	#47	#50	#51	#58	#59	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3
	c	c	m	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
SiO_2	39.16	39.12	37.08	39.23	36.87	38.88	39.83	36.14	39.90	38.48	39.94	39.83	38.57
FeO	16.22	16.29	26.42	19.47	22.54	20.60	10.42	28.00	11.00	17.23	8.93	9.94	21.30
MnO	0.29	0.27	0.83	0.43	0.46	0.48	0.20	0.63	0.21	0.32	0.15	0.16	0.37
MgO	43.63	43.44	34.14	40.44	38.43	39.55	48.72	34.03	48.30	43.21	50.21	49.03	38.81
CaO	0.20	0.25	0.29	0.27	0.23	0.14	0.32	0.35	0.33	0.12	0.20	0.14	0.30
Toplam	99.72	99.56	98.88	100.05	98.67	99.79	99.82	99.39	99.99	99.72	100.09	99.46	98.96
Si	0.99	0.99	1.00	1.01	0.98	1.01	0.98	0.98	0.99	0.98	0.98	0.99	1.00
Fe	0.34	0.35	0.60	0.42	0.50	0.45	0.22	0.63	0.23	0.37	0.18	0.21	0.46
Mn	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
Mg	1.65	1.65	1.37	1.55	1.52	1.52	1.80	1.37	1.78	1.65	1.84	1.81	1.51
Ca	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01
Toplam	3.01	3.00	3.00	2.99	3.02	2.99	3.01	3.02	3.01	3.02	3.02	3.01	2.99
Fo	82.74	82.62	69.73	78.74	75.24	77.39	89.29	68.42	88.67	81.72	90.93	89.79	76.46
Fa	17.26	17.38	30.27	21.26	24.76	22.61	10.71	31.58	11.33	18.28	9.07	10.21	23.54

Ortopiroksen

Örnek No	E-88	E-88	H-26	H-26	H-26	H-26	H-36	H-36	E-102b	E-102b	E-102b
Lokasyon	Erciyes	Erciyes	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Erciyes	Erciyes	Erciyes
Kayaç adı	Andezit	Andezit	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit
Kristal No	#20	#21	#21	#31	#32	#36	#50	#51	#1	#2	#3
	c	b	c	m	m	c	c	m	c	c	c
SiO_2	52.70	52.70	52.67	52.73	52.16	53.18	53.92	54.25	52.41	53.28	52.87
TiO_2	0.15	0.17	0.41	0.31	0.33	0.37	0.14	0.20	0.36	0.24	0.33
Al_2O_3	1.66	0.86	1.13	1.02	1.45	1.11	0.57	0.98	1.04	0.82	1.29
FeO	21.71	19.83	19.04	18.73	19.26	18.70	19.68	15.75	18.03	15.22	15.39
MnO	0.66	0.65	0.45	0.46	0.38	0.45	1.00	0.37	0.56	0.42	0.39
MgO	22.85	23.46	23.27	23.51	22.91	23.10	23.40	26.10	24.31	26.81	26.58
CaO	0.61	0.76	2.11	1.92	1.92	2.07	0.69	1.42	1.63	1.54	1.46
Toplam	100.38	98.47	99.13	98.76	98.46	99.04	99.41	99.15	98.42	98.41	98.39
Si	1.95	1.97	1.96	1.97	1.96	1.97	2.00	1.98	1.96	1.96	1.95
Ti	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
Al	0.07	0.04	0.05	0.04	0.06	0.05	0.02	0.04	0.05	0.04	0.06
Fe	0.67	0.62	0.59	0.58	0.60	0.58	0.61	0.48	0.56	0.47	0.47
Mn	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01
Mg	1.26	1.31	1.29	1.31	1.28	1.28	1.29	1.42	1.35	1.47	1.46
Ca	0.02	0.03	0.08	0.08	0.08	0.08	0.03	0.06	0.07	0.06	0.06
Toplam	4.01	4.00	4.00	4.01	4.00	3.99	3.99	4.00	4.01	4.02	4.02
Mg#	65.23	67.83	68.55	69.11	67.95	68.76	67.94	74.71	70.62	75.84	75.48
En	64.42	66.78	65.62	66.42	65.27	65.85	66.98	72.59	68.30	73.55	73.30
Fs	34.34	31.67	30.11	29.68	30.79	29.91	31.60	24.58	28.41	23.43	23.81
Wo	1.24	1.55	4.28	3.90	3.94	4.24	1.42	2.83	3.29	3.03	2.89

Klinopiroksen

Örnek No	H-26	H-26	H-26	H-26	H-26	H-36	H-36	H-36	H-42	H-42	H-80	H-80
Lokasyon	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ
Kayaç Adı	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Andezit	Andezit	Andezit	Bazalt	Bazalt	B.Andezit	B.Andezit
Krsital No	#22	#24	#25	#29	#35	#40	#45	#56	#14	#26	#57	#66
	c	c	b	c	c	m	c	c	m	m	m	c
SiO_2	50.96	50.64	50.72	50.93	51.24	49.33	50.03	49.90	49.08	51.66	49.03	52.65
TiO_2	0.67	0.63	0.76	0.56	0.67	1.04	0.94	0.95	1.38	0.76	1.14	0.31
Al_2O_3	1.73	1.87	2.07	1.78	1.76	4.48	4.15	4.07	3.04	3.50	4.86	1.27
FeO	11.45	11.63	10.95	10.52	11.85	8.35	8.38	9.21	9.15	7.42	9.70	10.63
MnO	0.33	0.35	0.30	0.28	0.30	0.23	0.19	0.25	0.31	0.21	0.26	0.61
MgO	15.15	14.57	14.44	15.01	14.89	14.57	15.38	14.47	14.81	17.25	14.01	14.74
CaO	18.02	18.58	19.28	18.94	17.82	20.28	19.33	19.76	19.58	17.94	20.13	19.56
Na_2O	0.25	0.26	0.27	0.24	0.26	0.36	0.36	0.33	0.39	0.24	0.27	0.24
Toplam	98.61	98.61	98.78	98.26	98.81	98.70	99.14	98.95	97.81	99.15	99.49	100.01
Si	1.93	1.93	1.93	1.94	1.94	1.86	1.87	1.88	1.88	1.91	1.84	1.97
Ti	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.02	0.03	0.01
Al	0.08	0.08	0.09	0.08	0.08	0.20	0.18	0.18	0.14	0.15	0.22	0.06
Fe	0.36	0.37	0.35	0.33	0.38	0.26	0.26	0.29	0.29	0.23	0.31	0.33
Mn	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
Mg	0.86	0.83	0.82	0.85	0.84	0.82	0.86	0.81	0.84	0.95	0.79	0.82
Ca	0.73	0.76	0.78	0.77	0.72	0.82	0.77	0.80	0.80	0.71	0.81	0.78
Na	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02
Toplam	4.02	4.02	4.02	4.02	4.01	4.02	4.02	4.02	4.03	4.00	4.02	4.01
Mg#	70.24	69.08	70.16	71.77	69.14	75.68	76.59	73.69	74.26	80.57	72.03	71.20
En	43.89	42.30	41.94	43.47	43.35	43.08	45.28	42.76	43.53	50.30	41.30	42.40
Fs	18.60	18.93	17.83	17.10	19.35	13.84	13.84	15.27	15.09	12.13	16.04	17.15
Wo	37.51	38.77	40.23	39.44	37.30	43.08	40.88	41.97	41.37	37.58	42.66	40.45

Klinopiroksen

Örnek No	H-80	E-102b	E-102b	E-148	E-148	E-148	E-148	E-175	E-175	E-175
Lokasyon	Hasandağ	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes
Kayaç Adı	B.Andezit	Andezit	Andezit	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit
Krsital No	#67	#1	#2	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3
	b	c	c	c	c	c	c	c	c	c
SiO_2	51.97	50.97	49.96	49.33	51.01	48.86	46.88	50.72	50.56	49.79
TiO_2	0.49	0.46	0.93	1.19	0.60	1.12	1.54	0.73	0.73	0.79
Al_2O_3	2.04	1.44	3.21	4.81	3.43	4.26	7.15	1.94	2.17	2.58
FeO	9.21	9.26	10.22	6.76	4.28	8.36	6.27	9.86	8.28	10.01
MnO	0.39	0.33	0.28	0.14	0.10	0.25	0.14	0.30	0.24	0.28
MgO	14.60	14.53	14.91	14.02	15.74	13.11	13.06	13.58	14.10	14.65
CaO	20.64	20.75	18.19	22.60	22.98	21.94	22.97	19.40	20.41	19.67
Na_2O	0.25	0.41	0.54	0.27	0.27	0.39	0.32	0.34	0.31	0.40
Toplam	99.62	98.19	98.30	99.13	98.47	98.31	98.36	96.94	96.89	98.31
Si	1.94	1.94	1.90	1.85	1.90	1.86	1.77	1.95	1.94	1.90
Ti	0.01	0.01	0.03	0.03	0.02	0.03	0.04	0.02	0.02	0.02
Al	0.09	0.06	0.14	0.21	0.15	0.19	0.32	0.09	0.10	0.12
Fe	0.29	0.30	0.32	0.21	0.13	0.27	0.20	0.32	0.27	0.32
Mn	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
Mg	0.81	0.83	0.84	0.78	0.87	0.74	0.74	0.78	0.81	0.83
Ca	0.83	0.85	0.74	0.91	0.92	0.90	0.93	0.80	0.84	0.80
Na	0.02	0.03	0.04	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03
Toplam	4.01	4.03	4.03	4.02	4.02	4.03	4.03	4.00	4.00	4.03
Mg#	73.87	73.66	72.23	78.72	86.78	73.64	78.79	71.06	75.22	72.29
En	42.19	41.95	44.22	41.17	45.43	39.05	39.47	41.08	42.20	42.58
Fs	14.93	15.00	17.00	11.13	6.92	13.98	10.63	16.73	13.90	16.32
Wo	42.88	43.05	38.78	47.70	47.65	46.97	49.90	42.18	43.90	41.09

Klinopiroksen

Örnek No	E-175	E-175	E-175	E-175	E-175	E-188	E-188	E-188
Lokasyon	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes
Kayaç Adı	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit
Krsital No	#4	#5	#6	#7	#8	#1	#2	#3
	c	c	c	c	c	c	c	c
SiO_2	49.20	51.05	50.32	50.30	50.71	48.99	49.43	52.06
TiO_2	1.68	1.13	0.74	0.92	0.89	0.57	0.65	0.24
Al_2O_3	3.69	2.53	2.08	3.09	3.02	3.95	4.41	0.98
FeO	7.02	5.25	9.59	10.49	9.96	9.85	7.02	9.53
MnO	0.15	0.12	0.30	0.26	0.28	0.47	0.16	0.65
MgO	14.43	15.72	14.58	14.78	15.00	12.46	14.07	14.15
CaO	22.28	22.92	19.94	18.47	18.37	22.28	22.73	21.25
Na_2O	0.47	0.39	0.39	0.53	0.55	0.63	0.39	0.29
Toplam	99.03	99.80	97.98	98.91	98.83	99.25	98.94	99.15
Si	1.85	1.89	1.92	1.90	1.91	1.87	1.86	1.97
Ti	0.05	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01
Al	0.16	0.11	0.09	0.14	0.13	0.18	0.20	0.04
Fe	0.22	0.16	0.31	0.33	0.31	0.31	0.22	0.30
Mn	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02
Mg	0.81	0.87	0.83	0.83	0.84	0.71	0.79	0.80
Ca	0.90	0.91	0.82	0.75	0.74	0.91	0.92	0.86
Na	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.03	0.02
Toplam	4.03	4.03	4.03	4.02	4.02	4.05	4.04	4.02
Mg#	78.56	84.22	73.05	71.52	72.87	69.28	78.13	72.58
En	41.97	44.74	42.52	43.55	44.39	36.65	40.97	40.69
Fs	11.45	8.38	15.69	17.34	16.53	16.25	11.47	15.37
Wo	46.57	46.88	41.79	39.11	39.08	47.10	47.57	43.93

Plajiyoklas

Örnek No	H-26	H-26	H-26	H-26	H-26	H-26	H-26	H-36	H-36	H-36	H-36	H-36	H-36
Lokasyon	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ
Kayaç Adı	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit
Krsital No	#16	#17	#18	#19	#20	#27	#28	#38	#39	#43	#44	#49	#57
	c	b	m	c	b	c	b	c	b	c	b	m	m
SiO_2	48.17	50.09	52.15	53.20	50.63	47.02	49.04	59.53	59.71	56.52	54.47	52.84	52.30
TiO_2	0.05	0.08	0.07	0.07	0.04	0.04	0.04	0.00	0.01	0.01	0.04	0.08	0.18
Al_2O_3	32.43	28.39	28.44	27.96	29.94	32.65	31.07	24.78	24.23	27.10	27.78	28.32	28.15
FeO	0.99	0.89	1.05	0.92	0.92	0.80	0.95	0.23	0.27	0.27	0.74	0.71	0.68
CaO	15.69	11.88	12.25	11.58	13.65	16.65	15.34	6.92	6.23	9.72	10.98	11.66	12.12
Na_2O	2.31	3.99	4.24	4.78	3.64	2.08	2.88	7.54	7.74	5.98	5.17	4.85	4.21
K_2O	0.07	0.24	0.32	0.19	0.20	0.07	0.19	0.54	0.76	0.32	10.98	0.40	0.36
Toplam	99.76	95.64	98.60	98.86	99.12	99.46	99.62	99.60	99.01	99.97	99.54	98.98	98.25
Si	2.22	2.38	2.41	2.44	2.34	2.18	2.26	2.67	2.70	2.55	2.39	2.43	2.42
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Al	1.76	1.59	1.55	1.51	1.63	1.78	1.69	1.31	1.29	1.44	1.43	1.53	1.54
Fe	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.03
Ca	0.77	0.61	0.61	0.57	0.67	0.83	0.76	0.33	0.30	0.47	0.52	0.57	0.60
Na	0.21	0.37	0.38	0.43	0.33	0.19	0.26	0.66	0.68	0.52	0.44	0.43	0.38
K	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.03	0.04	0.02	0.61	0.02	0.02
Toplam	5.01	5.01	5.01	5.01	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.01	5.42	5.03	5.00
An	78.62	61.26	60.31	56.59	66.65	81.28	73.84	32.64	29.47	46.45	32.86	55.74	60.10
Ab	20.95	37.26	37.80	42.29	32.19	18.34	25.09	64.34	66.25	51.73	28.01	42.00	37.80
Or	0.43	1.47	1.89	1.12	1.16	0.38	1.07	3.02	4.27	1.82	39.13	2.25	2.10

Plajiyoklas

Örnek No	H-36	H-36	H-36	H-42	H-42	H-42	H-42	H-42	H-42	H-42	H-42	H-42	H-42
Lokasyon	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ
Kayaç Adı	Andezit	Andezit	Andezit	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt
Krsital No	#58	#59	#60	#1	#2	#3	#6	#7	#8	#9	#12	#15	#16
	c	c	b	c	c	b	c	b	m	m	m	c	b
SiO_2	60.63	59.31	58.59	53.65	56.64	52.78	60.92	58.29	52.18	51.03	53.21	60.75	59.41
TiO_2	0.00	0.03	0.01	0.01	0.02	0.15	0.01	0.04	0.05	0.10	0.09	0.04	0.05
Al_2O_3	24.85	24.93	25.88	28.85	26.06	28.12	24.37	25.41	29.74	30.33	28.32	23.98	24.06
FeO	0.22	0.18	0.34	0.30	0.26	0.80	0.19	0.26	0.70	0.70	1.00	0.19	0.40
CaO	6.87	6.95	7.92	11.85	8.63	11.58	6.11	7.88	12.69	13.91	11.87	6.25	6.93
Na_2O	7.45	7.38	6.70	4.59	6.22	4.40	7.47	6.41	4.07	3.42	4.54	6.95	6.65
K_2O	0.57	0.60	0.66	0.23	0.68	0.32	0.86	0.78	0.32	0.34	0.43	1.19	1.16
Toplam	100.64	99.43	100.13	99.49	98.56	98.25	99.94	99.10	99.81	99.94	99.56	99.38	98.79
Si	2.69	2.67	2.62	2.44	2.58	2.44	2.72	2.63	2.38	2.33	2.43	2.73	2.69
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	1.30	1.32	1.37	1.55	1.40	1.53	1.28	1.35	1.60	1.63	1.53	1.27	1.28
Fe	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.03	0.03	0.04	0.01	0.02
Ca	0.33	0.33	0.38	0.58	0.42	0.57	0.29	0.38	0.62	0.68	0.58	0.30	0.34
Na	0.64	0.64	0.58	0.40	0.55	0.39	0.65	0.56	0.36	0.30	0.40	0.60	0.58
K	0.03	0.03	0.04	0.01	0.04	0.02	0.05	0.04	0.02	0.02	0.03	0.07	0.07
Toplam	5.00	5.01	5.00	5.00	5.01	5.00	4.99	4.99	5.01	5.01	5.02	4.98	4.99
An	32.68	33.07	38.03	57.99	41.68	58.11	29.61	38.60	62.10	67.86	57.61	30.90	34.06
Ab	64.09	63.55	58.21	40.67	54.41	39.96	65.46	56.87	36.06	30.19	39.90	62.11	59.14
Or	3.23	3.37	3.76	1.34	3.91	1.93	4.93	4.53	1.84	1.95	2.49	6.98	6.79

Plajiyoklas

Örnek No	H-42	H-42	H-42	H-72	H-72	H-72	H-72	H-72	H-72	H-72	H-72	H-72	H-72
Lokasyon	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ
Kayaç Adı	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt
Krsital No	#18	#21	#24	#34	#35	#38	#39	#40	#42	#46	#48	#49	#53
	c	m	m	c	b	c	b	c	c	c	m	m	m
SiO_2	60.90	54.76	59.08	49.83	49.58	49.73	50.64	49.17	49.74	46.06	50.65	51.29	53.38
TiO_2	0.03	0.18	0.33	0.05	0.07	0.02	0.09	0.00	0.06	0.05	0.08	0.07	0.17
Al_2O_3	23.64	26.31	21.93	31.46	30.99	31.12	29.86	31.11	31.19	33.00	29.82	30.78	28.15
FeO	0.22	1.31	1.42	0.78	0.74	0.65	0.84	0.65	0.60	0.62	1.03	0.96	1.13
CaO	5.70	9.79	6.10	14.91	14.74	14.93	14.08	15.24	15.15	17.30	13.74	13.76	11.68
Na_2O	7.54	5.11	6.28	2.91	2.88	3.07	3.46	2.78	2.84	1.72	3.53	3.44	4.68
K_2O	1.41	0.86	6.10	0.08	0.17	0.12	0.18	0.11	0.11	0.08	0.20	0.19	0.32
Toplam	99.52	98.46	97.18	100.19	99.35	99.80	99.30	99.25	99.88	98.97	99.19	100.66	99.61
Si	2.73	2.52	2.69	2.28	2.28	2.28	2.33	2.27	2.28	2.15	2.34	2.33	2.44
Ti	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Al	1.25	1.43	1.18	1.69	1.68	1.68	1.62	1.69	1.69	1.81	1.62	1.65	1.52
Fe	0.01	0.05	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04
Ca	0.27	0.48	0.30	0.73	0.73	0.73	0.69	0.75	0.74	0.86	0.68	0.67	0.57
Na	0.66	0.46	0.55	0.26	0.26	0.27	0.31	0.25	0.25	0.16	0.32	0.30	0.41
K	0.08	0.05	0.35	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02
Toplam	5.01	5.01	5.17	5.01	5.00	5.02	5.01	5.01	5.01	5.02	5.01	5.00	5.01
An	27.13	48.80	24.66	73.55	73.16	72.39	68.49	74.71	74.18	84.38	67.47	68.06	56.92
Ab	64.87	46.08	45.97	26.01	25.83	26.94	30.48	24.63	25.20	15.16	31.35	30.83	41.23
Or	8.00	5.12	29.36	0.44	1.01	0.68	1.03	0.66	0.62	0.46	1.18	1.11	1.86

Plajiyoklas

Örnek No	H-72	H-80	H-80	H-80	H-80	H-80	H-80	H-80	H-80	H-80	H-80	H-80	E-88
Lokasyon	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Erciyes
Kayaç Adı	Bazalt	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	Andezit
Krsital No	#54	#55	#60	#61	#63	#64	#65	#68	#69	#70	#71	#72	#1
	m	c	c	c	c	c	b	c	b	m	c	b	c
SiO_2	51.23	49.59	49.75	51.22	50.08	45.49	45.48	49.47	48.91	50.84	46.62	45.31	52.75
TiO_2	0.09	0.00	0.03	0.03	0.11	0.03	0.05	0.06	0.05	0.01	0.05	0.03	0.01
Al_2O_3	29.15	30.38	30.93	30.15	31.36	33.77	33.35	31.16	28.24	29.56	32.76	33.69	29.82
FeO	1.04	0.95	0.86	0.93	0.88	0.72	0.80	0.87	2.41	1.27	0.57	0.77	0.48
CaO	13.24	14.97	15.11	14.12	15.12	18.50	18.24	15.03	13.74	13.47	17.54	18.25	13.10
Na_2O	3.90	3.05	2.88	3.34	2.84	1.32	1.17	2.68	2.51	3.58	1.61	1.11	4.15
K_2O	0.23	0.14	0.10	0.12	0.13	0.04	0.07	0.11	0.15	0.25	0.03	0.05	0.13
Toplam	98.93	99.26	99.86	100.15	100.74	99.95	99.23	99.52	97.63	99.12	99.28	99.32	100.49
Si	2.37	2.29	2.28	2.34	2.28	2.11	2.12	2.28	2.31	2.35	2.17	2.11	2.39
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	1.59	1.66	1.67	1.62	1.68	1.85	1.83	1.69	1.57	1.61	1.79	1.85	1.59
Fe	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.10	0.05	0.02	0.03	0.02
Ca	0.66	0.74	0.74	0.69	0.74	0.92	0.91	0.74	0.69	0.67	0.87	0.91	0.63
Na	0.35	0.27	0.26	0.30	0.25	0.12	0.11	0.24	0.23	0.32	0.15	0.10	0.36
K	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01
Toplam	5.02	5.02	5.01	5.00	5.01	5.03	5.01	5.00	5.02	5.02	5.01	5.01	5.00
An	64.34	72.46	73.89	69.51	74.07	88.38	89.20	75.12	74.42	66.53	85.59	89.84	63.10
Ab	34.32	26.76	25.51	29.77	25.18	11.42	10.38	24.26	24.59	32.00	14.23	9.87	36.15
Or	1.34	0.78	0.61	0.71	0.75	0.20	0.41	0.62	0.99	1.46	0.17	0.29	0.75

Plajiyoklas

Örnek No	E-88	E-88	E-88	E-88	E-88	E-88	E-88	E-88	E-88	E-88	E-102b	E-102b	E-102b
Lokasyon	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes
Kayaç Adı	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit
Krsital No	#2	#7	#8	#9	#17	#24	#25	#30	#31	#32	#2	#3	#4
	b	c	c	b	ink	c	b	m	m	m	c	c	c
SiO_2	52.87	49.76	49.44	56.36	50.52	48.89	55.94	58.99	57.66	59.99	57.51	54.77	62.66
TiO_2	0.00	0.00	0.02	0.00	0.19	0.05	0.02	0.01	0.03	0.08	0.02	0.04	0.00
Al_2O_3	28.98	31.74	31.18	27.03	30.55	31.89	27.16	24.62	26.43	24.17	25.85	27.64	23.97
FeO	0.47	0.50	0.63	0.41	0.91	0.48	0.34	0.40	0.34	0.50	0.31	0.45	0.64
CaO	12.27	14.94	14.80	9.83	14.23	16.02	9.99	7.26	9.11	7.15	8.24	10.34	5.31
Na_2O	4.53	2.94	2.99	5.41	3.50	2.67	5.87	7.03	6.32	7.01	6.52	5.45	7.18
K_2O	0.13	0.05	0.09	0.21	0.11	0.06	0.22	0.41	0.34	0.45	0.61	0.40	1.46
Toplam	99.28	100.01	99.23	99.32	100.08	100.15	99.66	98.76	100.32	99.42	99.16	99.19	100.96
Si	2.42	2.27	2.28	2.55	2.31	2.24	2.53	2.67	2.58	2.70	1.91	1.82	2.09
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	1.56	1.71	1.69	1.44	1.65	1.72	1.45	1.31	1.40	1.28	0.76	0.81	0.71
Fe	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01
Ca	0.60	0.73	0.73	0.48	0.70	0.79	0.48	0.35	0.44	0.34	0.15	0.18	0.09
Na	0.40	0.26	0.27	0.47	0.31	0.24	0.51	0.62	0.55	0.61	0.11	0.09	0.12
K	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.02	0.03	0.01	0.00	0.02
Toplam	5.01	5.00	5.01	4.97	5.02	5.02	5.01	4.99	5.00	4.98	2.94	2.92	3.03
An	59.48	73.50	72.84	49.47	68.74	76.57	47.88	35.46	43.48	35.10	39.68	50.00	26.50
Ab	39.75	26.18	26.65	49.27	30.63	23.07	50.85	62.14	54.59	62.27	56.82	47.69	64.83
Or	0.77	0.32	0.52	1.26	0.63	0.36	1.27	2.39	1.93	2.63	3.50	2.30	8.67

Plajiyoklas

Örnek No	E-102b	E-102b	E-102b	E-102b	E-148	E-148	E-148	E-148	E-148	E-148	E-148	E-148	E-148
Lokasyon	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes
Kayaç Adı	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt
Krsital No	#5	#6	#7	#8	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9
	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
SiO_2	58.19	55.04	57.33	59.23	48.47	49.13	48.78	48.25	52.15	52.56	50.30	53.70	50.71
TiO_2	0.04	0.07	0.03	0.00	0.07	0.07	0.06	0.05	0.07	0.10	0.04	0.34	0.06
Al_2O_3	22.77	27.13	25.84	24.80	31.08	30.87	31.14	31.39	29.46	28.67	30.28	27.79	29.50
FeO	0.58	1.13	0.24	0.28	1.12	1.15	1.10	1.02	0.58	0.71	0.70	0.86	1.19
CaO	5.61	10.57	8.21	6.99	15.01	14.75	14.89	15.25	12.71	12.00	13.72	9.94	13.16
Na_2O	6.70	4.97	6.57	7.14	2.67	2.97	2.80	2.68	3.94	4.21	3.22	4.50	3.49
K_2O	1.42	0.78	0.51	0.68	0.22	0.21	0.22	0.19	0.45	0.50	0.60	1.14	0.39
Toplam	95.07	99.45	98.79	99.20	99.00	99.23	99.11	98.90	99.52	98.92	99.00	98.40	98.13
Si	1.94	1.83	1.91	1.97	1.61	1.64	1.62	1.61	1.74	1.75	1.67	1.79	1.69
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Al	0.67	0.80	0.76	0.73	0.91	0.91	0.92	0.92	0.87	0.84	0.89	0.82	0.87
Fe	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
Ca	0.10	0.19	0.15	0.12	0.27	0.26	0.27	0.27	0.23	0.21	0.24	0.18	0.23
Na	0.11	0.08	0.11	0.12	0.04	0.05	0.05	0.04	0.06	0.07	0.05	0.07	0.06
K	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00
Toplam	2.84	2.93	2.93	2.95	2.87	2.88	2.87	2.86	2.91	2.90	2.88	2.89	2.87
An	28.88	51.58	39.65	33.73	74.69	72.40	73.63	75.01	62.36	59.37	67.77	51.11	66.00
Ab	62.42	43.89	57.42	62.36	24.02	26.40	25.08	23.87	34.99	37.70	28.74	41.89	31.67
Or	8.70	4.53	2.93	3.91	1.29	1.20	1.29	1.12	2.65	2.94	3.50	7.00	2.33

Plajiyoklas

Örnek No	E-175	E-175	E-175	E-175	E-175	E-175	E-175	E-175	E-175	E-175	E-175	E-188	E-188
Lokasyon	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes
Kayaç Adı	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit
Krsital No	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#11	#1	#2
	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
SiO_2	50.32	52.36	52.13	52.07	55.19	52.15	52.56	50.30	53.70	50.71	50.76	56.76	55.64
TiO_2	0.05	0.07	0.10	0.07	0.08	0.07	0.10	0.04	0.34	0.06	0.03	0.03	0.04
Al_2O_3	29.82	27.56	29.30	29.22	27.32	29.46	28.67	30.28	27.79	29.50	29.55	26.05	26.85
FeO	0.61	0.81	0.63	0.59	0.51	0.58	0.71	0.70	0.86	1.19	0.83	0.34	0.35
CaO	13.57	11.40	12.70	12.90	10.12	12.71	12.00	13.72	9.94	13.16	13.25	8.62	9.51
Na_2O	3.56	4.52	3.98	3.97	5.01	3.94	4.21	3.22	4.50	3.49	3.71	4.22	5.09
K_2O	0.33	0.53	0.44	0.41	0.94	0.45	0.50	0.60	1.14	0.39	0.37	0.63	0.56
Toplam	98.42	97.58	99.46	99.39	99.26	99.52	98.92	99.00	98.40	98.13	98.66	96.69	98.08
Si	1.67	1.74	1.74	1.73	1.84	1.74	1.75	1.67	1.79	1.69	1.69	1.89	1.85
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	0.88	0.81	0.86	0.86	0.80	0.87	0.84	0.89	0.82	0.87	0.87	0.77	0.79
Fe	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00
Ca	0.24	0.20	0.23	0.23	0.18	0.23	0.21	0.24	0.18	0.23	0.24	0.15	0.17
Na	0.06	0.07	0.06	0.06	0.08	0.06	0.07	0.05	0.07	0.06	0.06	0.07	0.08
K	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
Toplam	2.87	2.86	2.91	2.91	2.92	2.91	2.90	2.88	2.89	2.87	2.87	2.89	2.91
An	66.49	56.40	62.20	62.71	49.85	62.36	59.37	67.77	51.11	66.00	64.94	50.71	49.03
Ab	31.56	40.47	35.26	34.95	44.66	34.99	37.70	28.74	41.89	31.67	32.90	44.89	47.54
Or	1.95	3.13	2.54	2.34	5.49	2.65	2.94	3.50	7.00	2.33	2.16	4.41	3.43

Plajiyoklas

Örnek No	E-188	E-188	E-188	E-188	E-188	E-188	E-188	E-188	E-188	E-188	E-188	E-188
Lokasyon	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes
Kayaç Adı	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit
Krsital No	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#11	#12	#13	#14
	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
SiO_2	55.91	57.84	58.15	55.18	54.77	54.53	57.65	52.68	53.78	55.69	59.03	58.46
TiO_2	0.02	0.03	0.03	0.02	0.04	0.04	0.01	0.06	0.06	0.05	0.03	0.03
Al_2O_3	26.63	25.53	25.42	27.19	26.90	27.66	26.06	29.31	28.65	27.00	25.23	25.40
FeO	0.26	0.26	0.26	0.26	0.58	0.41	0.24	0.57	0.61	0.40	0.23	0.25
CaO	9.14	7.89	7.83	9.62	10.17	10.58	8.36	12.41	11.61	9.91	7.45	7.72
Na_2O	5.94	6.62	6.73	5.78	4.27	5.36	6.51	4.22	4.69	5.28	6.85	6.34
K_2O	0.48	0.66	0.68	0.47	1.29	0.38	0.58	0.42	0.49	0.69	0.76	0.72
Toplam	98.45	98.88	99.14	98.57	98.12	99.02	99.49	99.75	99.95	99.07	99.61	98.97
Si	1.86	1.93	1.94	1.84	1.82	1.81	1.92	1.75	1.79	1.85	1.96	1.95
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	0.78	0.75	0.75	0.80	0.79	0.81	0.77	0.86	0.84	0.79	0.74	0.75
Fe	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
Ca	0.16	0.14	0.14	0.17	0.18	0.19	0.15	0.22	0.21	0.18	0.13	0.14
Na	0.10	0.11	0.11	0.09	0.07	0.09	0.11	0.07	0.08	0.09	0.11	0.10
K	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
Toplam	2.91	2.94	2.94	2.91	2.89	2.92	2.95	2.92	2.93	2.93	2.96	2.95
An	44.69	38.19	37.63	46.63	52.32	51.04	40.11	60.41	56.14	48.86	35.90	38.51
Ab	52.51	58.01	58.48	50.69	39.79	46.79	56.56	37.16	41.03	47.11	59.74	57.22
Or	2.80	3.81	3.90	2.68	7.89	2.18	3.33	2.43	2.83	4.03	4.35	4.27

Amfibol

Örnek No	E-88	E-88	E-88	E-88	E-88	E-88	E-88	E-88	E-88	E-88	E-88	E-88	E-88
Lokasyon	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes
Kayaç Adı	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit
Krsital No	#3	#4	#5	#6	#10	#11	#12	#13	#18	#19	#22	#23	#26
	c	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c	c	c
SiO_2	45.57	45.92	44.64	44.92	45.39	45.36	44.66	45.71	43.71	45.15	46.23	44.62	43.95
TiO_2	2.00	2.07	2.64	2.43	2.26	2.18	2.39	2.09	2.83	2.07	1.83	2.49	2.68
Al_2O_3	9.01	8.60	9.46	9.42	9.14	8.74	8.88	9.06	10.02	8.78	8.54	9.30	9.83
FeO	13.33	12.85	12.61	12.72	12.71	12.67	12.45	12.81	12.75	12.39	12.73	13.13	12.84
MnO	0.24	0.22	0.21	0.18	0.23	0.23	0.12	0.25	0.17	0.14	0.24	0.16	0.10
MgO	13.93	14.39	13.83	13.94	14.29	14.10	14.12	13.75	13.60	14.55	14.55	14.01	13.57
CaO	10.93	10.98	11.35	11.12	11.55	11.15	11.32	10.88	11.49	11.39	11.25	11.02	10.88
Na_2O	1.78	1.80	1.90	1.89	2.00	1.73	1.84	1.67	2.02	1.78	1.66	1.81	1.90
K_2O	0.34	0.35	0.39	0.36	0.39	0.38	0.35	0.38	0.41	0.40	0.35	0.41	0.45
Toplam	97.15	97.21	97.06	97.01	98.01	96.52	96.14	96.64	97.00	96.68	97.59	97.01	96.31
Si	6.72	6.76	6.60	6.63	6.65	6.73	6.66	6.76	6.49	6.69	6.77	6.61	6.55
Ti	0.22	0.23	0.29	0.27	0.25	0.24	0.27	0.23	0.32	0.23	0.20	0.28	0.30
Al	1.57	1.49	1.65	1.64	1.58	1.53	1.56	1.58	1.75	1.53	1.47	1.62	1.73
Fe	1.65	1.58	1.56	1.57	1.56	1.57	1.55	1.58	1.58	1.53	1.56	1.63	1.60
Mn	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.01	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01
Mg	3.06	3.16	3.05	3.07	3.12	3.12	3.14	3.03	3.01	3.21	3.18	3.09	3.02
Ca	1.73	1.73	1.80	1.76	1.81	1.77	1.81	1.72	1.83	1.81	1.77	1.75	1.74
Na	0.51	0.51	0.54	0.54	0.57	0.50	0.53	0.48	0.58	0.51	0.47	0.52	0.55
K	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.06	0.08	0.09
Toplam	15.55	15.56	15.59	15.58	15.63	15.55	15.59	15.49	15.65	15.61	15.54	15.60	15.60

Amfibol

Örnek No	E-102b	E-102b	E-102b	E-102b
Lokasyon	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes
Kayaç Adı	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit
Krsital No	#1	#2	#3	#4
	c	c	c	c
SiO_2	45.28	46.38	41.80	45.72
TiO_2	1.51	1.40	1.93	1.46
Al_2O_3	7.76	7.26	12.14	7.61
FeO	14.37	13.55	11.96	13.39
MnO	0.44	0.43	0.17	0.39
MgO	13.14	13.90	13.90	13.97
CaO	11.46	11.59	11.28	11.53
Na_2O	1.44	1.37	2.26	1.46
K_2O	0.80	0.68	0.78	0.77
Toplam	96.19	96.61	96.23	96.33
Si	6.82	6.91	6.26	6.84
Ti	0.17	0.16	0.22	0.16
Al	1.38	1.28	2.14	1.34
Fe	1.81	1.69	1.50	1.68
Mn	0.06	0.05	0.02	0.05
Mg	2.95	3.09	3.10	3.12
Ca	1.85	1.85	1.81	1.85
Na	0.42	0.40	0.66	0.42
K	0.15	0.13	0.15	0.15
Toplam	15.61	15.56	15.86	15.61

Biyotit

Örnek No	H-36	H-36
Lokasyon	Hasandağ	Hasandağ
Kayaç Adı	Andezit	Andezit
Krsital No	#54	#55
	c	c
SiO_2	37.52	37.52
TiO_2	4.75	4.75
Al_2O_3	13.77	13.77
FeO	14.07	14.07
MnO	0.08	0.08
MgO	15.17	15.17
Na_2O	0.72	0.72
K_2O	9.21	9.21
TOTAL	95.34	95.34
Si	5.59	5.59
Ti	0.53	0.53
Al	2.42	2.42
Fe	1.75	1.75
Mn	0.01	0.01
Mg	3.37	3.37
Na	0.21	0.21
K	1.75	1.75
Mg/Fe	1.92	1.95
Total	15.64	15.64

Magnetit / Ti-Magnetit

Örnek No	H-26	H-26	H-26	H-26	H-36	H-36	H-36	H-36	E-102b
Lokasyon	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Hasandağ	Erciyes
Kayaç Adı	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit
Krsital No	#23	#26	#33	#37	#47	#48	#52	#53	#1
	m	m	m	m	m	m	m	m	m
SiO_2	0.03	0.08	0.72	0.40	0.08	0.15	0.11	0.12	0.09
TiO_2	9.76	9.41	11.13	9.65	12.59	11.81	9.81	4.24	3.28
Al_2O_3	2.41	2.34	2.95	3.48	0.96	1.01	1.37	1.88	1.72
Cr_2O_3	0.44	0.33	0.39	0.35	0.16	0.15	0.21	0.12	0.00
FeO	36.90	35.60	37.30	40.10	40.10	39.10	38.10	32.60	34.00
Fe_2O_3	46.30	46.40	39.60	37.00	42.70	43.50	47.80	58.30	62.80
MnO	0.47	0.50	0.46	0.39	0.47	0.36	0.35	0.44	0.48
MgO	1.70	2.09	2.25	2.42	1.23	1.36	1.10	1.37	0.59
Toplam	93.42	92.09	90.97	90.24	94.13	93.23	94.06	93.34	96.80
Si	0.001	0.003	0.028	0.016	0.003	0.006	0.004	0.004	0.003
Ti	0.278	0.271	0.323	0.281	0.361	0.341	0.280	0.121	0.091
Al	0.108	0.106	0.134	0.159	0.043	0.046	0.061	0.084	0.074
Fe^{+3}	1.321	1.335	1.151	1.237	1.224	1.256	1.364	1.661	1.736
Fe^{+2}	1.167	1.138	1.203	1.141	1.277	1.254	1.210	1.033	1.045
Mn	0.015	0.016	0.015	0.013	0.015	0.012	0.011	0.014	0.015
Mg	0.096	0.119	0.129	0.140	0.070	0.078	0.062	0.077	0.032
Cr	0.013	0.010	0.012	0.011	0.005	0.005	0.006	0.004	0.000
Toplam	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00

Magnetit / Ti-Magnetit

Örnek No	E-102b	E-148	E-148	E-148	E-175	E-175	E-175	E-188	E-188	E-188
Lokasyon	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes
Kayaç Adı	Andezit	Bazalt	Bazalt	Bazalt	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit	B.Andezit
Krsital No	#2	#1	#2	#3	#1	#2	#3	#1	#2	#3
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
SiO_2	0.88	0.08	0.10	0.08	0.17	0.50	0.18	0.05	0.08	0.05
TiO_2	4.47	22.45	23.90	19.92	10.52	9.56	14.02	16.98	19.88	20.18
Al_2O_3	1.07	2.64	2.15	3.48	3.37	3.35	2.21	2.78	1.98	2.36
Cr_2O_3	0.00	0.18	0.06	0.11	0.12	0.13	0.08	1.43	0.06	0.05
FeO	35.70	48.70	49.80	46.00	38.10	37.20	40.90	43.20	46.70	46.50
Fe_2O_3	57.70	23.50	20.60	27.10	45.10	45.40	37.70	33.20	28.40	27.90
MnO	0.89	0.81	0.90	0.70	0.75	0.72	0.80	0.85	0.80	0.77
MgO	0.04	1.99	1.74	2.18	1.78	1.77	1.30	2.25	1.38	1.87
Toplam	95.20	98.02	97.43	97.07	95.53	94.32	93.57	97.61	96.62	96.97
Si	0.033	0.003	0.004	0.003	0.006	0.019	0.007	0.002	0.003	0.002
Ti	0.126	0.616	0.663	0.547	0.292	0.268	0.402	0.464	0.556	0.559
Al	0.047	0.113	0.093	0.150	0.146	0.147	0.099	0.119	0.087	0.102
Fe^{+3}	1.632	0.644	0.571	0.745	1.253	1.274	1.080	0.907	0.794	0.773
Fe^{+2}	1.123	1.483	1.536	1.405	1.175	1.160	1.304	1.312	1.451	1.432
Mn	0.028	0.025	0.028	0.022	0.023	0.023	0.026	0.026	0.025	0.024
Mg	0.002	0.108	0.096	0.119	0.098	0.098	0.074	0.122	0.076	0.103
Cr	0.000	0.005	0.002	0.003	0.003	0.004	0.002	0.041	0.002	0.001
Toplam	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00

İlmenit

Örnek No	H-36	E-88	E-88	E-88	E-88	E-88	E-102b	E-148	E-148
Lokasyon	Hasandağ	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes	Erciyes
Kayaç Adı	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Bazalt	Bazalt
Krsital No	#46	#14	#15	#27	#29	#33	#3	#4	#5
	m	m	m	ink	m	m	m	m	m
SiO_2	0.00	0.03	0.09	0.01	0.05	0.35	0.08	0.08	0.11
TiO_2	46.22	41.04	40.57	38.81	39.51	40.09	4.63	43.86	42.05
Al_2O_3	0.10	0.30	0.43	0.37	0.30	0.38	1.48	0.07	0.11
Cr_2O_3	0.00	0.02	0.03	0.20	0.20	0.00	0.00	0.18	0.17
FeO	36.90	32.40	32.80	30.50	31.90	34.40	100.60	34.80	33.40
Fe_2O_3	13.20	23.80	22.90	27.00	25.10	20.90	1.60	17.90	20.80
MnO	0.56	0.36	0.47	0.37	0.38	0.47	0.37	0.61	0.39
MgO	2.24	2.35	1.83	2.21	1.82	0.84	1.23	2.19	2.12
Toplam	98.05	97.93	96.89	96.94	96.80	95.63	100.07	98.26	97.57
Si	0.000	0.001	0.002	0.000	0.001	0.009	0.002	0.002	0.003
Ti	0.873	0.771	0.773	0.736	0.753	0.780	0.082	0.825	0.796
Al	0.003	0.009	0.013	0.011	0.009	0.012	0.041	0.002	0.003
Fe^{+3}	0.250	0.447	0.435	0.513	0.478	0.408	1.789	0.338	0.394
Fe^{+2}	0.775	0.677	0.696	0.643	0.676	0.744	0.031	0.728	0.703
Mn	0.012	0.008	0.010	0.008	0.008	0.010	0.007	0.013	0.008
Mg	0.084	0.088	0.069	0.083	0.069	0.033	0.043	0.082	0.079
Cr	0.000	0.000	0.001	0.004	0.004	0.000	0.000	0.004	0.003
Toplam	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00

ÖZGEÇMİŞ

1973 yılında izmit'te doğdu. 1980 yılında İzmit'te ilk öğrenimine başladı. 1985-1988 yılları arasında orta öğretimini İzmit'te tamamladı. 1988-19991 yılları arasında İzmit teknik Lisesi Makine Bölümünde okudu. 1993 yılında KOÜ Jeoloji Mühendisliğini kazanıp 1997 yılında mezun oldu. 1998 yılında KOÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak çalışmaya başladı. 1998-2001 yılları arasında Yüksek Lisans eğitimini tamamladı. 2001 yılında KOÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda doktorasına başladı.