

171005

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ZİGANA DAĞI (TORUL – GÜMÜŞHANE) VOLKANİTLERİNDEKİ
HİDROTERMAL AYRIŞMALARIN MİNERALOGİ ve JEOKİMYASI

Jeoloji Yük. Müh. Ferkan SİPAHİ

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde

“Doktor”

Ünvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 11.03.2005

Tez Savunma Tarihi : 08.06.2005

Tez Danışmanı : Prof. Dr. M. Burhan SADIKLAR

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Cahit HELVACI

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Mehmet TÜFEKÇİ

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Mehmet ARSLAN

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Cüneyt ŞEN

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Emin Zeki BAŞKENT

Trabzon 2005

Sevgili Annem BİRSENGÜL
Rahmetli Babam ALİ SABRİ'ye...



ÖNSÖZ

Zigana ve çevresindeki volkanitlerde görülen ayrışmanın incelenmesini konu alan bu çalışmayı bana öneren, çalışmanın her aşamasında beni yönlendiren saygıdeğer hocam sayın Prof. Dr. M. Burhan SADIKLAR'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmaya maddî destek sağlayan ve kimyasal analizlerin yapılmasında yardımcı olan KTÜ Araştırma Fonu'na, DAAD'ye, Freie Üniversitesi (Berlin - Almanya) öğretim üyelerinden Prof. Dr. Peter HALBACH'a, Dr. Margret HALBACH'a, Dr. Bernhard PRACEOUSE'a, GFZ (Potsdam - Almanya) öğretim üyesi Prof. Dr. Peter MÖLLER'e, Friedrich - Schiller Üniversitesi Mineralogy Enstitüsü (Jena - Almanya) Bölüm Başkanı Prof. Dr. Klaus HEİDE'ye, teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Arazi ve büro çalışmaları sırasında bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım hocalarım Prof. Dr. Mehmet ARSLAN'a, Prof. Dr. Mırac AKÇAY'a, Prof. Dr. Muazzes ÇELİK KARAKAYA'ya, Doç. Dr. Cüneyt ŞEN'e, Prof. Dr. Necati TÜYSÜZ'e, Prof. Dr. Osman BEKTAŞ'a, MTA elemanlarından Jeo. Yük. Müh. Sebahattin GÜNER'e, Jeo. Müh.'leri Abdullah DURSUN ve Zeki YILMAZ'a Y. Doç. Dr. Gültekin TOPUZ'a, Y. Doç. Dr. Abdurrahman DOKUZ'a, Y. Doç. Dr. Kemal AKDAĞ'a, Doç. Dr. Cemil YILMAZ'a, Y. Doç. Dr. Sibel ÖZGÜR'e, Y. Doç. Dr. Ali VAN'a, Y. Doç. Dr. Mithat VICIL'a, Y. Doç. Dr. Meral KAYA'ya, Prof. Dr. Mehmet TÜFEKÇİ'ye, Prof. Dr. Ekrem YANMAZ'a, Doç. Dr. Ömer BOZKAYA'ya, Prof. Dr. Hüseyin YALÇIN'a, Öğr. Gör. Yurdasevim ÇİMEN'e ve Dekanımız Sayın Prof. Dr. Fikri BULUT'a teşekkür ederim.

İnce kesitlerin hazırlanmasında Mak. Müh. Murat KAYIKÇI ve Kemal KARA'ya, XRD'lerin çekilmesinde Arş.Gör. Dr. Tayfur KÜÇÜKÖMEROĞLU ve Y. Doç. Dr. Osman GÖRÜR'e, ayrıca çalışmalarımın çeşitli aşamalarında yardımlarını gördüğüm arkadaşlarım Jeo. Yük. Müh. Ayla HANEDAN'a, Y. Doç. Dr. Çiğdem SAYDAM'a, Y. Doç. Dr. Abdurrahman LERMİ'ye, Arş. Gör. Ömer GÜNDÜZ'e, Arş. Gör. Emel ABDİOĞLU'na, Arş. Gör. İbrahim UYSAL'a, Y. Doç. Dr. Faruk AYDIN'a, Y. Doç. Dr. Orhan KARSLI'ya, ablam Orm. Yük. Müh. Pelin ÜMÜZER'e, eniştem Orm. End. Müh. Akif ÜMÜZER'e ve kardeşim Emin SİPAHİ'ye teşekkür ederim.

Çalışmam sırasında her türlü desteğini esirgemeyen anneme teşekkürlerimi sunarım.

Ferkan SİPAHİ
Trabzon, 2005

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	VII
SUMMARY.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XXI
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XXVI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş ve Amaç.....	1
1.2. Coğrafik Bilgiler.....	1
1.2.1. Coğrafi Konum.....	1
1.2.2. Topoğrafya.....	2
1.2.3. İklim ve Bitki Örtüsü.....	2
1.2.4. Ulaşım ve Yerleşim Durumu.....	3
1.3. Doğu Karadeniz Bölümü'nün Genel Jeolojisi.....	3
1.4. Önceki Çalışmalar.....	6
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	9
2.1. Materyal ve Yöntemler.....	9
2.1.1. Arazi Çalışması.....	9
2.1.2. Laboratuvar Çalışması.....	9
2.1.2.1. İnce Kesitlerin Hazırlanması ve İncelenmesi.....	9
2.1.2.2. Parlatılmış Kesitlerin Hazırlanması ve İncelenmesi.....	10
2.1.2.3. X - Işınları Difraksiyonu (XRD) için Örnek Hazırlanması.....	10
2.1.2.3.1. Killerin Kayaçlardan Alınması ve Yönlü Örnek Hazırlanması.....	10
2.1.2.3.2. Kayaç ve Kil Örneklerinden XRD için Yönsüz Örnek Hazırlanması.....	13
2.1.2.4. Mineral Kimyası Analizleri.....	13
2.1.2.4.1. Taramalı Elektron Mikroskobu'nda (SEM) Mineral Kimyası Analizi ve Fotoğraf Çekimi için Örnek Hazırlanması.....	14
2.1.2.4.2. Piritlerin Kimyasal Analiz için Hazırlanması.....	14

2.1.2.5.	Diferansiyel Termik Analiz (DTA).....	14
2.1.2.6.	Tüm Kayaç Kimyası Analizleri için Örnek Hazırlanması.....	14
2.1.2.6.1.	XRF Aletinde Yapılacak Analizler için Örnek Hazırlanması.....	14
2.1.2.6.2.	ICP ve AAS ile Yapılacak Kimyasal Analizler için Örnek Hazırlanması.....	15
2.1.2.6.3.	ICP - MS Aletinde Yapılacak Analizler için Örnek Hazırlanması.....	16
2.1.2.6.4.	Ateşte Kaybın Belirlenmesi.....	17
2.1.2.7.	pH Ölçümleri için Örnek Hazırlanması.....	17
2.1.2.8.	Duraylı İzotop Analizleri.....	18
2.1.2.9.	K - Ar Yöntemi ile Yaş Analizi.....	18
2.1.3.	Büro Çalışması.....	18
3.	BULGULAR VE TARTIŞMA.....	19
3.1.	İnceleme Alanının Stratigrafi ve Petrografisi.....	19
3.1.1.	Bazalt, Andezit ve Bunların Piroklâstitlerinin Stratigrafi ve Petrografisi.....	19
3.1.2.	Dasitik Kayaçlar ve Bunların Piroklâstitlerinin Stratigrafi ve Petrografisi.....	23
3.1.3.	Kırmızı Kireçtaşı.....	27
3.1.4.	Andezit ve Piroklâstitlerinin Stratigrafi ve Petrografisi.....	28
3.1.5.	Dayklar.....	29
3.1.5.1.	Andezitik Daykların Stratigrafi ve Petrografisi.....	29
3.1.5.2.	Porfirik Dasitlerin Stratigrafi ve Petrografisi.....	30
3.2.	Volkanitlerin Jeokimyası.....	34
3.2.1.	Bazalt, Andezit ve Bunların Piroklâstitleri.....	34
3.2.1.1.	Bazalt, Andezit ve Bunların Piroklâstitlerinin Ana ve İz Element İçeriklerinin Değerlendirilmesi.....	34
3.2.1.2.	Bazalt, Andezit ve Bunların Piroklâstitlerinin İz ve Nadir Toprak Element İçeriklerinin Değerlendirilmesi.....	45
3.2.2.	Dasitik Kayaçlar.....	48
3.2.2.1.	Dasitik Kayaçların Ana ve İz Element İçeriklerinin Değerlendirilmesi.....	48
3.2.2.2.	Dasitik Kayaçların İz ve Nadir Toprak Element İçeriklerinin Değerlendirilmesi.....	58
3.2.3.	Daykların Jeokimyası.....	63
3.2.3.1.	Andezit Dayklar.....	63
3.2.3.1.1.	Andezit Daykların Ana ve İz Element İçeriklerinin Değerlendirilmesi.....	63
3.2.3.1.2.	Andezit Daykların İz ve Nadir Toprak Element İçeriklerinin Değerlendirilmesi.....	68

3.2.3.2.	Porfirik Dasitler.....	71
3.2.3.2.1.	Porfirik Dasitlerin Ana ve İz Element İçeriklerinin Değerlendirilmesi.....	71
3.2.3.2.2.	Porfirik Dasitlerin İz ve Nadir Toprak Element İçeriklerinin Değerlendirilmesi.....	77
3.3.	Ayrışma Mineralojisi ve Kimyası.....	80
3.3.1.	Volkanitlerdeki Ayrışma Mineralojisi ve Kimyası.....	80
3.3.1.1.	Serizitleşme / İlitleşme.....	80
3.3.1.2.	Silisleşme.....	82
3.3.1.3.	Kloritleşme.....	84
3.3.1.4.	Karbonatlaşma.....	86
3.3.1.5.	Piritleşme.....	90
3.3.1.6.	Limonitleşme ve Hematitleşme.....	92
3.3.1.7.	Epidotlaşma.....	93
3.3.2.	Volkanitlerde Gelişen Killerin Mineraloji ve Kimyaları.....	93
3.3.2.1.	Bazalt ve Andezitlerde Gelişen Killerin Mineraloji ve Kimyaları.....	93
3.3.2.2.	Dasitik Kayaçlarda Gelişen Killerin Mineraloji ve Kimyaları.....	108
3.3.2.3.	Andezit Dayklarda Gelişen Killerin Mineraloji ve Kimyaları.....	126
3.3.2.4.	Porfirik Dasitlerde gelişen Killerin Mineraloji ve Kimyaları.....	140
3.3.3.	Volkanitlerinde Görülen Ayrışmanın Haritalanması.....	147
3.4.	Mineral Jeotermometresi.....	155
3.5.	Kayaçların ve Killerin pH Değerleri.....	156
3.6.	Duraylı İzotop Analizleri.....	158
3.6.1.	İlitlerin Hidrojen ve Oksijen İzotop Analizlerinin Değerlendirilmesi.....	158
3.7.	İlitlerin K – Ar Yaşlandırması.....	161
3.8.	Volkanitlerde Mineral, Element ve Kütle Değişim Hesaplamaları.....	163
3.8.1.	MINSQ Yönteminin Kullanılması ile Mineral Değişiminin Hesaplanması.....	163
3.8.1.1.	MINSQ Yöntemi ile Volkanitlerde Mineral Değişiminin Hesaplanması.....	164
3.9.	Kütle Değişiminin Hesaplanması.....	164
3.9.1.	Volkanitlerde İzokon Yöntemine Göre Kütle Değişiminin Hesaplanması.....	166
3.9.2.	Volkanitlerde Göreceli (%) Kütle Değişimi.....	166
3.10.	Zigana Volkanitlerinde Görülen Ayrışmanın Masif Sülfid Yataklarındaki ile Karşılaştırılması.....	170

4.	İRDELEME.....	174
4.1.	Kil Minerallerinin Oluşum Süreçleri ve Killeşmeye Neden Olan Sıvıların Özellikleri.....	174
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİ.....	177
6.	KAYNAKLAR.....	181
	EKLER.....	195
	ÖZGEÇMİŞ.....	229



ÖZET

Bu çalışmada, Zigana Dağı'nda (Torul - Gümüşhane) yüzeyleyen Geç Kretase yaşlı volkanitlerde görülen hidrotermal ayrışmalar incelenmiştir. Volkanik serinin tabanında bazalt, andezit ve bunların piroklâstikleri görülmektedir. Dasit - I, Dasit - II ve andezit ve piroklâstikleri bu taban kayalarının üzerine gelmektedir. Volkanitler, andezit daykları ve porfirik dasitler tarafından kesilmektedir.

Çalışılan volkanitler toleyitik - geçiş - kalkalkali özellikte ve volkanik yay ortamında gelişmişlerdir. İz element içerikleri iki farklı dasit oluşumunu göstermekte olup, bunlar Dasit - I ve Dasit - II olarak adlandırılmışlardır. Bazalt ve andezitlerin gelişimlerinde klinopiroksen, hornblend ve plajiyoklas, Dasit - I'in gelişiminde K - feldispat, plajiyoklas, hornblend ve biyotit; Dasit - II'inde ise K - feldispat, andezit dayklarda plajiyoklas, klinopiroksen ve manyetit, porfirik dasitlerde ise plajiyoklas ayrışmasının etkili olduğu belirlenmiştir. Volkanitlerin benzer kökenli, yitim etkisiyle gelişen metazomatizma sonucu zenginleşmiş bir kayaktan türedikleri, daha sonra farklılaşmaya uğradıkları ve aynı zamanda kabuk kirlenmesinin de olduğu düşünülmektedir.

İnceleme alanındaki volkanitlerde ilit + klorit + kaolinit \pm simektit \pm (ilit - simektit) \pm (klorit - vermikülit) belirlenmiştir. b_0 parametresine göre, ilitler düşük - orta basınç metamorfizma derecesi yani basıncın 3 kbar'ı aşmadığı ortamlarda, Fe^{2+} ve Mg'ca fakir ve feldispatların hidrotermal bozuluşması sonucu oluşmuşlardır. Klorit jeotermometre hesaplamalarına göre, sıcaklıklar 100 ilâ 250 °C arasında değişmektedir. İlitler pH 7 ilâ 8, kloritler ise pH'ın 8.33'den büyük olduğu ortamlarda oluşmuşlardır.

Kütle değişim hesaplamalarında; genel olarak bazalt, andezit ve Dasit - I'de kütle artması, Dasit - II ve andezit dayklarında kütle azalması meydana gelmiştir. Porfirik dasitlerde ise hem kütle artması, hem de kütle azalması meydana gelmiştir. Volkanitlerde, genel olarak az ayrılmış kayaktan çok ayrılmış kayaca doğru ilitleşme - kloritleşme - kaolinitleşme artmakta, karbonatlaşma ise azalmıştır. Dasitlerdeki ilitler başlıca magmatik kökenli hidrotermal sıvılardan oluşmuştur. K - Ar yöntemine göre, Dasit - I'deki ilitlerin ortalama 78.7 ± 2.3 My ve Dasit - II'dekilerin ortalama 75.3 ± 2.4 My, yani Kampaniyen - Daniyen yaşında oldukları belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Zigana Dağı, Dasit - I, Dasit - II, İlit, Klorit, Hidrotermal Ayrışma, İzokon Yöntemi, Klorit Jeotermometresi, H ve O İzotopları, K - Ar Yaş Analizi

SUMMARY

Mineralogy and Geochemistry of Hydrothermal Alterations in Zigana Mountain (Torul - Gumushane) Volcanics

In this study, hydrothermal alterations observed in the Late Cretaceous volcanics which are occurred from Zigana Mountain (Torul - Gümüşhane) have been investigated. At the bottom of the volcanic sequence, basalts, andesites and their pyroclastics are seen. Dacite - I, Dacite - II and andesite sit on the these rocks. All these volcanics are cut by andesite dykes and porphyry dacites.

All volcanics studied show tholeiitic - transition - calcalkaline character, and have developed in volcanic arc environment. Trace element contents indicate two different dacites occurrences, they are named as Dacite - I, Dacite - II. According to fractional crystallization calculations, fractionation of clinopyroxene, hornblend and plagioclase for basalts and andesites, K - feldspar, plagioclase, hornblend and biotite for Dacite - I, K - feldspar for Dacite - II, plagioclase, clinopyroxene and magnetite for andesite dykes and plagioclase for porphyry dacites are important. Volcanics rocks form similar source which has rich with metasomatism in subduction component, differentiated and contaminated later.

Illite + chlorite + kaolinite \pm smectite \pm (illite - smectite) \pm (chlorite - vermiculite) are determined in the studied volcanics. According to b_0 , illites have occurred in low - medium pressure metamorphism grade, namely pressure is lower than 3 kbar, Fe²⁺ and Mg - poor and as a result of hydrothermal decomposing of feldspars. According to chlorite geothermometer calculations, temperatures range from 100 to 250 °C. Illites are to exist of pH 7 to 8, chlorites higher than pH 8.33 environments.

Mass changes calculations show that the mass of basalt, andesite and Dacite - I increase, mass of Dacite - II and andesite dykes decrease. Porphyry dacite show both mass increase and decrease. Generally, illitization - chloritization - kaolinitization increase from less altered rock to highly altered rock, but carbonatization decreases. The source of H and O in illites from dacites have been formed from hydrothermal fluids with mainly magmatic origin. According to K - Ar method, the age of illites in Dacite - I have been determined average 78.7 ± 2.3 My and in Dacite - II average 75.3 ± 2.4 My, that is to say they are Kampaniyen - Daniyen aged.

Key Words: Zigana Mountain, Dacite - I, Dacite - II, Illit, Chlorit, Hydrothermal Alteration, Izocon Method, Chlorit Geothermometer, H and O Isotopes, K - Ar Age Analyses

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

- Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası.....2
- Şekil 1.2. Doğu Karadeniz Bölümü'nün kuzey ve güney zonlarını gösteren harita (Bektaş vd. 1995).....4
- Şekil 1.3. Doğu Karadeniz Kuzey Zonu'na ait genelleştirilmiş dikme kesit (Güven, 1993'ten alınmıştır).....5
- Şekil 1.4. Doğu Karadeniz Bölümü'nün maden potansiyeli haritası.....6
- Şekil 2.1. Kayaç örneklerinden kil fraksiyonu elde ederken izlenen iş akış şeması.....12
- Şekil 3.1. Zigana Dağı (Torul - Gümüşhane) ve çevresindeki bölgeye ait genelleştirilmiş dikme kesit.....20
- Şekil 3.2. Zigana civarında gözlenen andezitik aglomeraların (a) ve Köstüre civarındaki andezitlerin (b) arazideki görünüşleri.....21
- Şekil 3.3. Zigana ve çevresindeki bazalt (b ve d) ve andezitlerin (a, c, e, f, g ve h) ince kesitte çift nikoldeki görünüşleri. a) Glomeroporfirik doku (Örn. Nu.: 73), b) Akıntı doku (Örn. Nu.: 338), c) Breşik doku (Örn. Nu.: 345), d) Ayrışmış amfibollerin görünümü (Örn. Nu.: 517), e) Ufak kristalli porfirik doku (Örn. Nu.: 77), f) Mikrolitik ve sferolitik doku (Örn. Nu.: 470), g) Elek dokusu (Örn. Nu.: 112), h) Ufak kristalli porfirik doku (Örn.Nu.:109). Pl: Plajiyoklas, Amf: Amfibol, Sf: Sferolit, Si: Silis, Ser: Serizit, Kl: :Klorit, Ka: Kalsit, Kpç: Kayaç parçası.....22
- Şekil 3.4. Bazalt (c ve d) ve andezitlerde (a ve b) bulunan opak minerallerin mikroskopta tek nikolde görünüşleri. a) Manyetit içinde pirotin minerali (Örn. Nu.: 109), b) Hematit ve limonitleşme (Örn. Nu.: 481), c) İri manyetit minerali (Örn. Nu.: 517), d) Öz şekilsiz manyetit ve pirit minerali (Örn. Nu.: 267), My: Manyetit, Py: Pirit, Hm: Hematit, Lm: Limonit, Pr: Pirotin, Gt: Götit..... 23
- Şekil 3.5. Tumbi civarında gözlenen Dasit - I'in piroklâstları ve porfirik dasit daykının arazideki görünüşü.....24
- Şekil 3.6. Dasit (a, b, e, f, g ve h) ve piroklâstlarının (d) mikroskopta çift ve tek nikoldeki görünüşleri. a) Glomerofirik doku (Örn. Nu.: 50, + N), b) Sferolitik doku (Örn. Nu.: 65, + N), c) Kloritleşmiş amfibol (Örn. Nu.: 301, // N), d) Litik kristal tuf (Örn. Nu.: 25, // N), e) ve f) Ufak kristalli porfirik doku (Örn. Nu.: 310 ve 448, + N), g) Ufak kristalli doku ve sinosis doku (Örn. Nu.: 528, + N), h) Bükülmüş biyotit (Örn. Nu.: 431, + N). Ku: Kuvars, Mus: Muskovit, Bi: Biyotit, diğer simgeler Şekil 3.3 ile aynıdır.....25

Şekil 3.7.	Zigana ve çevresindeki dasit (c ve d) ve piroklâstitlerinde (a ve b) bulunan opak minerallerin parlatılmış kesitteki görünüşleri. a) Pirit içerisinde kovelin minerali (Örn. Nu.: 134a), b) Bozuşmuş pirit minerali (Örn. Nu.: 134a), c) Pirit ve etrafında kalkopirit (Örn. Nu.: 76), d) Pirit içinde kalkopirit ve rutil mineralleri (Örn. Nu.: 77b). Ko: Kovellin, Py: Pirit, Kpy: Kalkopirit, Ru: Rutil.....	26
Şekil 3.8.	Köstüre Köyü civarındaki andezitler (a) ve Savaşlı Mahallesi civarındaki Dasit - I (b) içinde bulunan kırmızı kireçtaşlarının arazideki görünüşleri.....	27
Şekil 3.9.	Uçurum Tepe'den alınan kireçtaşının ince kesitteki görünüşü (Örn. Nu.: 503, // N)	28
Şekil 3.10.	Çukur Yâyla civarındaki andezitin görünüşü.....	29
Şekil 3.11.	Dasitik aglomeraları kesen andezit daykının arazideki görünüşü	30
Şekil 3.12.	Andezitik dayklarda gözlenen doku ve minerallerin mikroskoptaki görünüşleri. a) ve f) Mikrolitik porfirik doku (Örn. Nu.: M1 ve M4, + N), b) Kloritleşmiş piroksen minerali (Örn. Nu.: 591, + N), c) Serizitleşmiş plajiyoklas (Örn. Nu.: 96, + N), d) Camsı doku (Örn. Nu.: 96, // N), e) ve f) Elek dokulu plajiyoklas (Örn. Nu.: 93, + N). Pir: Piroksen, diğer simgeler Şekil 3.3 ve 3.6 ile aynıdır.....	31
Şekil 3.13.	Andezit dayklarda gözlenen opak minerallerin parlatılmış kesitlerdeki görünüşleri. a) Manyetit ve pirit minerali (Örn. Nu.: 93, // N), b) Manyetit ve kenarlarında rutil oluşumları (Örn. Nu.: 93, // N). Simgeler Şekil 3.4 ve 3.7 ile aynıdır.....	32
Şekil 3.14.	Çalışma alanında a) andezitleri ve b) dasitleri kesen KD ve KB uzanımlı porfirik dasitlerin arazideki görünüşleri.....	32
Şekil 3.15.	Porfirik dasitlerde gözlenen doku türleri ve minerallerin ince kesitlerde çift nikoldeki görünüşleri. a) ve b) Ufak kristalli porfirik doku (Örn. Nu.: 208 ve 344), c) Serizitleşmiş plajiyoklas ve kloritleşmiş amfibol minerali (Örn. Nu.: 227), d), e) ve f) Kenarlar yenmiş kuvars minerali (Örn. Nu.: M2), e) ve f) Sferolitik doku ve kuvars etrafındaki tepkime haleleri (Örn. Nu.: M3 ve M5). Simgeler Şekil 3.3 ve 3.6 ile aynıdır.....	33
Şekil 3.16.	Pofirik dasitlerde kataklastik deformasyona uğramış piritin mikroskoptaki görünüşü (Örn. Nu.: 227).....	34
Şekil 3.17.	Zigana civarındaki bazalt ve andezitlerin Nb / Y - Zr / TiO ₂ diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977'den değiştirilerek) kullanılarak adlandırılması. Kesikli çizgilerin oluşturduğu alanlar ve adlandırılmaları Pearce, 1996'dan alınmıştır. Dolu daire: Bazalt, Boş daire: Andezit.....	39
Şekil 3.18.	Zigana civarındaki bazalt ve andezitlerin a) P ₂ O ₅ - Zr (Winchester ve Floyd, 1976'dan değiştirilerek) ve b) Y - Zr (Barret vd., 1993 'den değiştirilerek) diyagramlarında jeokimyasal açıdan sınıflandırılması. Simgeler Şekil 3.17 ile aynı.....	40
Şekil 3.19.	Zigana ve çevresindeki bazalt ve andezitlerin ana elementlerinin L _{AI} ((⁴ Fe ₂ O ₃ + MgO) / (Na ₂ O + K ₂ O))'ne karşı değişim çizgisellemeleri.....	41

- Şekil 3.20. Zigana ve çevresindeki bazalt ve andezitlerdeki iz elementlerinin L_{AI} ($({}^4\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}) / (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$)'ne karşı değişim çizgisellemeleri.....42
- Şekil 3.21. Bazalt ve andezitlere ait ayrılaşma diyagramları. Mineral ayrılaşma yönsemeleri Pearce ve Norry, 1979'dan alınmıştır. Pl: Plajiyoklas, Kpir: Klinopiroksen, Hbl: Hornblend, Bio: Biyotit, An: Anortit, Zr: Zirkon, Ap: Apatit, My: Manyetit. Simgeler Şekil 3.17 ile aynı.....44
- Şekil 3.22. Zigana ve çevresindeki bazalt ve andezitlerin CaO - Y diyagramındaki konumları. Standart kalk - alkali yönseme Lambert ve Holland, 1974'den alınmıştır. Simgeler Şekil 3.17 ile aynı44
- Şekil 3.23. Zigana ve çevresindeki bazalt ve andezitlerin zenginleşmiş okyanus ortası sırtı bazaltına (Z - OOSB değerleri Sun ve McDonough, 1989'ten alınmıştır) göre normalleştirilmiş uyumsuz element çizgisellemesi. KVVY: Kalk - alkali volkanik yay (Pearce, 1982), TVY: Toleyitik volkanik yay (Pearce, 1982), OAB: Okyanus adası bazaltı (Sun, 1980), AK: Alt kabuk (Weaver ve Tarney, 1984), ÜK: Üst kabuk (Taylor ve McLennan, 1981)45
- Şekil 3.24. Bazalt ve andezitlerin kondirite göre normalleştirilmiş NTE dağılımları (kondirit değerleri Taylor ve McLennan, 1985'den alınmıştır). Simgeler Şekil 3.17 ile aynı48
- Şekil 3.25. Zigana civarındaki dasitlerin Nb / Y - Zr / TiO_2 diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977'den değiştirilerek) kullanılarak adlandırılması. Kesikli çizgilerin oluşturduğu alanlar ve adlandırılmaları Pearce, 1996'dan alınmıştır53
- Şekil 3.26. Zigana ve civarındaki dasitik kayaların a) P_2O_5 - Zr (Winchester ve Floyd, 1976 'dan değiştirilerek) ve b) Y - Zr (Barret vd., 1993' den değiştirilerek) diyagramlarında jeokimyasal açıdan sınıflandırılması. Simgeler Şekil 3.25 ile aynı.....54
- Şekil 3.27. Zigana ve civarındaki Dasit - I ve Dasit - II'lerin ana elementlerinin ($({}^4\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}) / (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$)'e karşı değişim çizgisellemeleri.....55
- Şekil 3.28. Zigana ve civarındaki Dasit - I ve Dasit - II'lerin iz elementlerinin ($({}^4\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}) / (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$)'e karşı değişim çizgisellemeleri.....56
- Şekil 3.29. Zigana ve çevresindeki Dasit - I ve Dasit - II'nin CaO - Y diyagramındaki konumları . Standart kalk - alkali yönseme Lambert ve Holland, 1974'den alınmıştır. Simgeler Şekil 3.25 ile aynı.....58
- Şekil 3.30. Zigana ve çevresindeki Dasit - I ve Dasit - II'nin (a) zenginleşmiş okyanus ortası sırtı bazaltı ve (b) granitoidine (Z - OOSB değerleri Sun ve McDonough, 1989 ve OOSG değerleri Pearce, 1984'ten alınmıştır) göre normalleştirilmiş uyumsuz element çizgisellemesi. Simgeler Şekil 3.23 ile aynı.....61
- Şekil 3.31. Dasit - I ve Dasit - II'lerin kondirite göre normalleştirilmiş NTE dağılımları (Kondirit değerleri Taylor ve McLennan, 1985'ten alınmıştır).....62
- Şekil 3.32. Zigana civarındaki andezit daykların Nb/Y - Zr/ TiO_2 diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977 'den değiştirilerek) kullanılarak adlandırılması. Kesikli çizgilerin oluşturduğu alanlar ve adlandırılmaları Pearce, 1996'dan alınmıştır.....65

- Şekil 3.33. Andezit daykların a) P_2O_5 - Zr (Winchester ve Floyd, 1976'dan değiştirilerek) ve b) Y - Zr (Barret vd., 1993'den değiştirilerek) diyagramlarında jeokimyasal açıdan sınıflandırılması.....65
- Şekil 3.34. Zigana'daki andezit daykların ana elementlerinin (${}^4Fe_2O_3 + MgO$) / ($Na_2O + K_2O$)'e karşı değişim çizgisellemeleri.....66
- Şekil 3.35. Zigana'daki andezit daykların iz elementlerinin (${}^4Fe_2O_3 + MgO$) / ($Na_2O + K_2O$)'e karşı değişim çizgisellemeleri.....67
- Şekil 3.36. Andezit daykların a) Y'a karşı Cr ve b) Zr'a karşı TiO_2 mineral ayrışma diyagramları. Mineral ayrışma yönsemeleri Pearce ve Norry, 1979'dan alınmıştır. Simgeler Şekil 3.21 ile aynıdır.....68
- Şekil 3.37. Andezit daykların zenginleşmiş okyanus ortası sırtı bazaltına (OOSB, değerler Sun ve McDonough, 1989'ten alınmıştır) göre normalleştirilmiş uyumsuz element çizgisellemesi. Simgeler Şekil 3.23 ile aynı.....70
- Şekil 3.38. Andezit daykların kondirite göre normalleştirilmiş NTE dağılımları (Kondirit değerleri Taylor ve McLennan, 1985'ten alınmıştır).....71
- Şekil 3.39. Zigana civarındaki porfirik dasitlerin Nb/Y - Zr/ TiO_2 diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977'den değiştirilerek) kullanılarak adlandırılması. Kesikli çizgilerin oluşturduğu alanlar ve adlandırılmaları Pearce, 1996'dan alınmıştır.....73
- Şekil 3.40. Porfirik dasitlerin a) P_2O_5 -Zr (Winchester ve Floyd, 1976'dan değiştirilerek ve b) Y - Zr (Barret vd., 1993'den değiştirilerek) diyagramlarında jeokimyasal olarak sınıflandırılması.....74
- Şekil 3.41. Zigana'daki porfirik dasitlerin ana elementlerinin (${}^4Fe_2O_3 + MgO$) / ($Na_2O + K_2O$)'e karşı değişim çizgisellemeleri.....75
- Şekil 3.42. Zigana'daki porfirik dasitlerin ana ve iz elementlerinin (${}^4Fe_2O_3 + MgO$) / ($Na_2O + K_2O$)'e karşı değişim çizgisellemeleri.....76
- Şekil 3.43. Porfirik dasitlerin Z - OOSB (a) ve OOSG'ne (b) (değerler Sun ve McDonough, 1989 ve Pearce vd., 1984'ten alınmıştır) göre normalleştirilmiş uyumsuz element çizgisellemesi. Simgeler Şekil 3.23 ile aynı.....78
- Şekil 3.44. Porfirik dasitlerin kondirite göre normalleştirilmiş NTE dağılımları (Kondirit değerleri Taylor ve McLennan, 1985'ten alınmıştır).....79
- Şekil 3.45. Ayrışma sonucu oluşan serizit minerallerinin mikroskopta çift nikoldeki görünüşleri. Andezit daykındaki serizitleşmiş plajiyoklaslar (Örn. Nu.: 96), b) ve d) Dasit - I ve Dasit - II'den alınan dasit örneklerindeki (Örn. Nu.: 431 ve 448) tamamen serizitleşmiş feldispat, c) Andezitteki plajiyoklas kristalinin iç kısmında oluşan ikincil kuvars ve kalsit dolguları (Örn.Nu.:85) Ku: Kuvars, Kl: Kloritt, Ka: Kalsit, Ser: Serizit.....81
- Şekil 3.46 Volkanitlerin serizitleşme indeksine (SI) karşı ($K_2O + Na_2O$) (a) ve CaO (b) diyagramındaki dağılımları (MacLean ve Hoy, 1991'den değiştirilerek). Dolu daire: Bazalt, Boş daire: Andezit, Baklava: Dasit - I, Üçgen: Dasit - I Kare: Tüysüz, 2000'den (1.Dasit).....82

- Şekil 3.47. Bazalt ve andezitler (a) ve dasitlerin (b) $Al_2O_3 - MgO - (Ca + Na_2O + K_2O)$ üçgen diyagramındaki dağılımları (İzawa, 1978'den değiştirilerek). Simgele Şekil 3.46 ile aynı.....83
- Şekil 3.48. Volkanitlerden alınan örneklerin K_2O 'e karşı ($CaO + Na_2O$) diyagramındaki konumları (Barrett vd.,1993'ten değiştirilerek). Semboller Şekil 3.46 ile aynı.....83
- Şekil 3.49. Volkanitlerde ayrışma sonucu oluşan ikincil kuvarsların mikroskopta çift nikoldeki görünüşleri. a) Dasit - I'de kırık zonu boyunca gelişen ikincil kuvarslar (Örn. Nu.: 282), b) Andezitik breşte breşlerin etrafında gelişen silisleşmeler (Örn. Nu.: 345), c) Dasit - I'den alınan dasitik tüfteki kırık zonu boyunca gelişen kalsit ve ikincil kuvars birlikteliği (Örn. Nu.: 166), d) Dasit - II'den alınan dasitik tüfteki ikincil kuvarslar (Örn. Nu.: 496). Si: İkincil kuvars, Ka: Karbonat mineralleri, Ser: Serizit.....84
- Şekil 3.50. Ayrışma sonucu volkanitlerde oluşan kloritlerin mikroskoptaki görünüşleri. a) ve c) Bazalttaki klinopiroksen ve amfibollerin ayrışması ile oluşan kloritler (Örn. Nu.: 85, // N ve 517, + N), b) ve d) Dasit - II ve porfirik dasitten alınan örneklerdeki amfibollerin kloritleşmesi (Örn. Nu.: 301 ve 227, + N). Simgeler Şekil 3.45 ile aynıdır.....85
- Şekil 3.51. Volkanitlerin Al'ya karşı a) Na_2O ve b) K_2O diyagramlarındaki konumları (Large vd., 2001'den değiştirilerek). Semboller 3.46 ile aynı.....86
- Şekil 3.52. Volkanitlerde ayrışma sonucu oluşan karbonat minerallerinin mikroskopta çift nikoldeki görünüşleri. a) Andezit daykındaki karbonat minerali (Örn. Nu.: DE1), b) Dasitik tüfte hamurda ve kırık zonu boyunca karbonat minerali oluşumu (Örn. Nu.: 131).....87
- Şekil 3.53. Volkanitlerin içerdikleri CO_2 değerlerine karşı oluşturulan a) Sr, b) MnO , c) Lentz ayrışma indeksi (LAI) ($Fe_2O_3 + MgO$) / ($Na_2O + K_2O$) ve d) CaO değişim diyagramları (Lentz, 1999'dan değiştirilerek).....88
- Şekil 3.54. Volkanitlerin H_2O (%) ve CO_2 (%) içerikleri arasındaki ilişki.....89
- Şekil 3.55. Volkanitlerdeki karbonat minerallerinin mikrokimyasal analiz sonuçlarının $CaCO_3 - MgCO_3 - (FeCO_3 + MnCO_3)$ üçgen diyagramında mol yüzdesi olarak dağılımları.....90
- Şekil 3.56. Tumbi (a) ve Savaşlı (b) civarındaki dasitik tüfler içinde bulunan iri piritlerin görünümü. Py: Pirit.....91
- Şekil 3.57. Piritlerdeki kırıklar, boşluklar (a), rutil (b) ve sfaleritlerin mikroskoptaki görünümü. (Örn. Nu.: 136, 22a ve 142) Ru: Rutil, Sf: Sfalerit.....91
- Şekil 3.58. Çalışma alanındaki kayalarda ayrışma sonucu oluşan hematitleşme ve limonitleşmenin mikroskoptaki görünüşleri. a) Andezitteki amfibollerin hematitleşmesi (Örn. Nu.: 77, + N) ve b) Andezitik breşteki limonitleşme (Örn. Nu.: 345, // N) Hm: Hematit, Lm: Limonit, Ka: Kalsit.....92
- Şekil 3.59. Çalışma alanındaki bazaltlarda ayrışma sonucu oluşan epidotun mikroskoptaki görünümü (Örn. Nu.: 463, + N).....93

- Şekil 3.60. Bazik volkanitlerden elde edilen kil fraksiyonuna ait x - ışınları difraktogramları (517 ve 338 nolu örnekler bazalt; 77, 481 ve 275a nolu örnekler andezit, 345 nolu örnek andezitik breş, S: Simektit, C: Klorit, I: İlit, Ku: Kuvars, F: Feldispat, I - S: İlit - simektit aratabakalısı, C - V: Klorit - vermikülit aratabakalısı).....94
- Şekil 3.61. Andezitlerden elde edilen kil fraksiyonuna ait yönlü çekilmiş bir difraktogram örneği (EG: Etilen glikollü, Örn. Nu.: 275a). Simgeler Şekil 3.60 ile aynı.....95
- Şekil 3.62. Andezitik breş örneğindeki kil fraksiyonuna ait yönlü çekilmiş bir difraktogram (Örn. Nu: 345, simgeler Şekil 3.60 ile aynı).....98
- Şekil 3.63. Bazalt ve andezitlerdeki ilitlerin sivrilik oranının (W_1) a) ilit kristalinite indeksi (I_c) ve b) $I(002) / I(001)$ oranına göre değişimleri.....99
- Şekil 3.64. Bazalt ve andezitlerdeki ilitlerin $d_{(060)}$ yansıması ile oktahedral yapıda bulunan toplam ($Mg + Fe^{2+}$) arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram (Maxwell ve Hower, 1967'den değiştirilerek).....100
- Şekil 3.65. Bazalt ve andezitlerdeki ilitlerin a) $I_c - b_o(060)$ ve b) $I(002) / I(001) - b_o(060)$ çizgisellemelerindeki konumları. (Epizon - ankizon sınırı Dunoyer de Segonzac, 1972 ve basınç sınırları Guidotti ve Sassi, 1986'dan alınmıştır).....100
- Şekil 3.66. Bazalt ve andezitlerdeki kloritlerin kristallenme dereceleri (C_c) ile a) ilitlerin kristallenme dereceleri (I_c) ($Y = 0.08 X + 0.59$) ve b) $I(002) / I(001)$ oranları arasındaki ($Y = 0.57 X + 0.49$) ilişkiyi gösteren çizgisellemeler (Çelik, 1995'ten değiştirilerek).....101
- Şekil 3.67. Bazalt ve andezitlerdeki ilitlerin ($Na + K$)'a karşı Si diyagramındaki dğılımları.Boş Daire: Andezit.....104
- Şekil 3.68. İlitlerin ($Fe^{2+} + Mg$) - $Al^{IV} - Al^{VI}$ üçgen diyagramındaki konumları (Guidotti, 1984'ten değiştirilerek). Simgeler Şekil 3.67 ile aynı.104
- Şekil 3.69. Bazalt ve andezitlerdeki kloritlerin kimyasal analizlerine göre $Al^{IV} - Al^{VI}$ diyagramındaki konumları. Simgeler Şekil 3.67 ile aynı107
- Şekil 3.70. Bazalt ve andezitlerde kloritlerin $Fe^{2+} / (Fe^{2+} + Mg)$ oranının Si'a göre değişimi (Foster, 1962'den değiştirilerek). Simgeler Şekil 3.67 ile aynı107
- Şekil 3.71. Kloritlerdeki a) Si ilâ Fe^{2+} ve b)Si ilâ Mg arasındaki değişimleri gösteren Çizgisellemeler. Simgeler Şekil 3.67 ile aynı108
- Şekil 3.72. Dasitik kayalardaki kil fraksiyonuna ait doğal ve yönlü çekilmiş x - ışınları difraktogramları (232, B8 ve 260 nolu örnekler dasit; 496 ve 25 nolu örnekler dasitik tuf; D2 nolu örnek aglomera).....109
- Şekil 3.73. Dasitik tüfteki kil fraksiyonuna ait yönlü çekilmiş x - ışınları difraktogramı (S: Simektit, C: Klorit, I: İlit, Ku: Kuvars, F: Feldispat, EG: Etilen glikollü, Örn. Nu: 25).....109

- Şekil 3.74. Zigana ve çevresinde yüzeyleyen dasitlerdeki kil minerallerinin elektron mikroskopundaki (SEM) görünüşleri. a) ve e) Düzgün ve kenarları oldukça iyi gelişmiş İlit mineralleri (Örn. Nu.: D8 ve 496), b) ve d) İlit mineralleri (Örn. Nu.: D8 ve 131), b ve c) İlit mineralleri içinde kötü gelişmiş kaolinit mineralleri (Örn. Nu.: 131), f) Plajiyoklas mineralindeki çözülme boşlukları (Örn. Nu.: 496). I: İlit, K: Kaolinit, Pl: Plajiyoklas.....114
- Şekil 3.75. Dasit - I ve Dasit - II'deki ilitlerin sivrilik oranının (W_1) a) ilit kristalinite İndeksi (I_c) ve b) $I(002) / I(001)$ oranına göre değişimi. Kare: Dasit - I, Üçgen: Dasit - II.....115
- Şekil 3.76. Dasitlerdeki ilitlerin $d_{(060)}$ yansıması ilâ oktahedral yapıda bulunan toplam $(Mg + Fe^{2+}) / 10(OH)_2$ arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram (Maxwell ve Hower, 1967'den değiştirilerek).....116
- Şekil 3.77. Dasit - I ve Dasit - II'deki ilitlerin a) $I_c - b_0(060)$ ve b) $I(002) / I(001) - b_0(060)$ grafiklerindeki dağılımları. (Epizon - ankizon sınırı Dunoyer de Segonzac, 1972 ve basınç sınırları Guidotti ve Sassi, 1986'dan alınmıştır) $2M_1 + 1M - 2M_1$ sınırı Esquevin (1969) ve Bozkaya (1999)'a göre çizilmiştir.....116
- Şekil 3.78. Dasit - I (Örn. Nu.: 260, B-8 ve 232) ve Dasit - II'deki (Örn. Nu.: 496) kil fraksiyonuna ait yönlü çekilmiş doğal difraktogramlar. Simgeler Şekil 3.71 ile aynı.....117
- Şekil 3.79. Dasitlerdeki kloritlerin kristaliniteleri ilâ a) ilit minerallerinin kristallenme dereceleri ve b) $I(002) / I(001)$ oranları arasındaki ilişkiyi gösteren grafikle (Çelik, 1995'ten değiştirilerek).....118
- Şekil 3.80. Dasitlerdeki ilitlerin $(Na + K)$ 'a karşı Si diyagramındaki dağılımı. Simgeler Şekil 3.75 ile aynı.....121
- Şekil 3.81. Dasitlerdeki ilitlerin $(Fe^{2+} + Mg) - Al^{IV} - Al^{VI}$ üçgen diyagramındaki konumlar (Guidotti, 1984'ten değiştirilerek). Simgeler Şekil 3.75 ile aynı.....122
- Şekil 3.82. Dasitlerdeki ilitlerde bulunan (a) K ilâ Al^{VI} ve (b) K ilâ Si arasındaki ilişkiyi gösteren grafikler. Simgeler Şekil 3.75 ile aynı.....122
- Şekil 3.83. Dasitlerdeki kloritlerin kimyasal analizlerine göre $Al^{IV} - Al^{VI}$ diyagramındaki konumu.....123
- Şekil 3.84. Dasitlerdeki kloritlerin $Fe^{2+} / (Fe^{2+} + Mg)$ oranının Si'a göre değişimi (Foster, 1962'den değiştirilerek).....125
- Şekil 3.85. Dasit - I'de oluşan kloritlerdeki a) Fe^{2+} ilâ Al^{VI} ve b) Fe^{2+} ilâ Si arasındaki değişimleri gösteren diyagramlar.....126
- Şekil 3.86. Andezit dayklardaki kil fraksiyonuna ait yönlü çekilmiş doğal x - ışınları Difraktogramları (C: Klorit, K: Kaolinit, I: İlit, Ku: Kuvars, F: Feldispat)....127
- Şekil 3.87. E3 nolu andezit daykındaki ilitlerin elektron mikroskopundaki (SEM) görünüşleri.....128
- Şekil 3.88. Andezit dayklardaki ilitlerin a) I_c 'ne karşı W_1 ve b) I_c 'ne karşı $I(002) / I(001)$ oranına göre değişimlerini gösteren çizgisellemeler.....129

Şekil 3.89. Andezit dayklardaki ilitlerin a) $Ic - b_0$ (veya 060) ve b) $I(002) / I(001) - b_0$ (veya 060) çizgisellemelerindeki konumları. (Epizon - ankizon sınırı Dunoyer de Segonzac, 1972 ve basınç sınırları Guidotti ve Sassi, 1986'dan alınmıştır).....	130
Şekil 3.90. Kaolinit kristalinitesinin x - ışınları difraktogramdan hesaplanmasını ifade eden grafik (Hinckley, 1963'ten alınmıştır).....	130
Şekil 3.91. Andezit dayklardaki kloritlerin a) Cc ilâ Ic dereceleri ($Y = 0.06 X + 0.47$) (Çelik, 1995'ten değiştirilerek) ve b) Cc ilâ $I(002) / I(001)$ oranları arasındaki ($Y = 0.45 X + 0.35$) ilişkiyi gösteren grafikler.....	131
Şekil 3.92. Andezit dayklardaki ilitlerin Si'a karşı (Na + K) diyagramındaki konumları.	134
Şekil 3.93. Andezit dayklardaki ilitlerin ($Fe^{2+} + Mg$) - Al^{IV} - Al^{VI} üçgen diyagramındaki dağılımları (Guidotti, 1984'ten değiştirilerek).....	134
Şekil 3.94. Kaolinitlerdeki Si'un Al^{VI} 'a karşı değişimini gösteren grafik.....	136
Şekil 3.95. Andezit dayklardaki kloritlerin $Fe^{2+} / (Fe^{2+} + Mg)$ oranının Si'a göre değişimini gösteren grafik (Foster, 1962'den değiştirilerek)...	138
Şekil 3.96. Andezit dayklardaki kloritlerde bulunan a) Si ilâ Fe^{2+} ve b) Si ilâ Mg arasındaki değişimleri gösteren grafikler.....	138
Şekil 3.97. Andezit daykı örnekleri ve bunlarda bulunan killerin Z-OOSB ve kondirite göre normalleştirilmiş a) iz ve b) NTE çizgisellemeleri.....	140
Şekil 3.98. Porfirik dasitlerdeki kil fraksiyonuna ait yönlü çekilmiş x - ışınları difraktogramları.....	141
Şekil 3.99. Porfirik dasitlerdeki ilit (a) ve kaolinitlerin (b) SEM'deki görünimleri (Örn. Nu.: 208). K: Kaolinit.....	142
Şekil 3.100. Porfirik dasitlerdeki ilitlerin Si'a karşı (Na + K) diyagramındaki konumları.	144
Şekil 3.101. Porfirik dasitteki kloritlerin Al^{VI} 'a karşı Al^{IV} diyagramındaki konumları (Guidotti, 1984'ten değiştirilerek).....	146
Şekil 3.102. Porfirik dasitlerdeki kloritlerin $Fe^{2+} / (Fe^{2+} + Mg)$ oranının Si'a göre değişim (Foster, 1962'den değiştirilerek)...	146
Şekil 3.103. Porfirik dasitteki kloritlerde bulunan a) Si ilâ Fe^{2+} ve b) Si ilâ Mg arasındaki değişimleri gösteren grafikler.....	147
Şekil 3.104. Zigana ve civarındaki volkanitlerden alınan örneklerin koordinatları ve içerdikleri ilit mineral yüzdelere göre SURFER programında çizdirilmiş ilit değişim haritası (a) ve blok diyagramı (b).....	148
Şekil 3.105. Zigana ve civarındaki volkanitlerden alınan örneklerin koordinatları ve içerdikleri klorit mineral yüzdelere göre SURFER programında çizdirilmiş klorit değişim haritası (a) ve blok diyagramı (b).....	149
Şekil 3.106. Zigana ve civarındaki volkanitlerden alınan örneklerin koordinatları ve içerdikleri kaolinit mineral yüzdelere göre SURFER programında çizdirilmiş kaolinit değişim haritası (a) ve blok diyagramı (b).....	150

Şekil 3.107. Zigana ve civarındaki volkanitlerden alınan örneklerin koordinatları ve içerdikleri kükürt (S) yüzdelere göre SURFER programında çizdirilmiş kükürt değişim haritası (a) ve blok diyagramı (b).....	151
Şekil 3.108. Zigana ve civarındaki volkanitlerden alınan örneklerin koordinatları ve içerdikleri CO ₂ yüzdelere göre SURFER programında çizdirilmiş CO ₂ değişim haritası (a) ve blok diyagramı (b).....	152
Şekil 3.109. Zigana ve civarındaki volkanitlerden alınan örneklerin koordinatları ve içerdikleri AK (ateşte kayıp) yüzdelere göre SURFER programında çizdirilmiş AK değişim haritası (a) ve blok diyagramı (b).....	153
Şekil 3.110. Zigana ve civarındaki volkanitlerden alınan örneklerin koordinatları ve içerdikleri ana element yüzdelere göre SURFER programında çizdirilmiş element değişim haritaları.....	154
Şekil 3.111. Dasitlerdeki ilitlerde analiz edilen δ ¹⁸ O değerlerinin δD değerlerine karşı değişimleri (Hoefs, 1973'ten değiştirilerek). Baklava: Dasit - I'deki ilitler, Üçgen: Dasit - II'deki ilitler.....	160
Şekil 3.112. Dasitlerdeki ilitler ve dengede oldukları hesaplanan sıvının oksijen izotop bileşiminin farklı çözelti ve kayalara ait oksijen izotop bileşimlerine göre değişimi (veriler Hoefs, 1973'den alınmıştır).....	161
Şekil 3.113. Volkanitlerde hidrotermal ayrışmaya bağlı olarak değişen bileşenlerin hesaplanan göreceli (%) kütle değişimlerinin birbirlerine göre dağılımları....	168
Şekil 3.114. Volkanitlerden alınan örneklerin a) (⁴ Fe ₂ O ₃ + MgO)'e karşı (K ₂ O + SiO ₂) ve b) Δ(K ₂ O + SiO ₂)'e karşı Δ(⁴ Fe ₂ O ₃ + MgO) değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafiklerdeki dağılımları.....	169
Şekil 3.115. Volkanitlerin SiO ₂ - KKPI diyagramındaki dağılımları (Large v.d., 2001). Yıldız: Lentz, 1999, Dolu daire: Bazalt, Boş daire: Andezit, Baklava: Dasit-I, Üçgen: Dasit - II.....	171
Şekil 3.116. Volkanitlerin AI değerlerinin KKPI değerlerine karşı değişimlerini gösteren grafik (Gemell ve Large, 1992'den değiştirilerek). Simgeler 3.115 ile aynı 1: Serizitik ayrışma, 2: Serizit – klorit ± pirit ayrışması, 3: Klorit ± serizit± pirit ayrışması, 4. Klorit–karbonat ayrışması, 5. Serizit–karbonat ayrışması 6. K- feldispat – serizit ayrışması (Large v.d., 2001).....	171
Şekil 3.117. Zigana volkanitlerindeki a) ⁴ Fe ₂ O ₃ 'in MgO'e, b) K ₂ O'in Na ₂ O'e, c) SiO ₂ 'nin ⁴ Fe ₂ O ₃ + MgO'e ve d) ⁴ Fe ₂ O ₃ + MgO'in Na ₂ O + K ₂ O'e göre değişimleri. Simgeler Şekil 3.115 ile aynı.....	173
Ek Şekil 1. Çalışma alanına ait genel jeoloji haritası.....	196
Ek Şekil 2. Çalışma alanına ait örnek alım haritası.....	197
Ek Şekil 3. Çalışma alanına ait jeolojik kesitler.....	198
Ek Şekil 4. Çalışma alanındaki Dasit - I'lerden alınan killere ait DTA örnekleri. a) A6 ve b) 275a nolu örnek.....	199
Ek Şekil 5. Çalışma alanına ait ayrışma haritası.....	200

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 3.1.	Zigana civarındaki bazaltların ana (% ağırlık) ve iz (ppm) element analiz sonuçları.....	36
Tablo 3.2.	Zigana civarındaki andezitlerin ana (% ağırlık) ve iz (ppm) element analiz sonuçları.....	37
Tablo 3.3.	Zigana civarındaki bazalt ve andezitlerin nadir toprak element (ppm) analizi sonuçları.....	46
Tablo 3.4.	Zigana ve çevresindeki Dasit - I'e ait ana (% ağırlık) ve iz (ppm) element analiz sonuçları.....	49
Tablo 3.5.	Zigana ve çevresindeki Dasit - II'ye ait ana (% ağırlık) ve iz (ppm) element analiz sonuçları.....	51
Tablo 3.6.	Zigana ve çevresindeki Dasit - I'e ait nadir toprak element (ppm) analiz sonuçları.....	59
Tablo 3.7.	Zigana ve çevresindeki Dasit - II'ye ait nadir toprak element (ppm) analiz sonuçları.....	60
Tablo 3.8.	Andezit daykların ana (% ağırlık) ve iz (ppm) element analiz sonuçları.....	64
Tablo 3.9.	Zigana ve çevresindeki andezit dayklara ait nadir toprak element (ppm) analiz sonuçları.....	69
Tablo 3.10.	Porfirik dasitlerin ana (% ağırlık) ve iz (ppm) element analiz sonuçları.....	72
Tablo 3.11.	Porfirik dasitlere ait nadir toprak element (ppm) analizi sonuçları.....	77
Tablo 3.12.	Volkanitlerdeki karbonatlardan yapılan mikrokimyasal analizler ve yapısal çözümlenmeleri.....	89
Tablo 3.13.	Piritlerden yapılan kimyasal analizlerin sonuçları.....	91
Tablo 3.14.	Bazalt ve andezitlerdeki kil fraksiyonunun yarı nicel bileşim yüzdeleri.....	96
Tablo 3.15.	Bazalt ve andezitlerdeki kil minerallerinin mineralojik özellikleri.....	97
Tablo 3.16.	Bazalt ve andezitlerdeki illitlerin mikrokimyasal analiz sonuçları (% ağırlık) ve yapısal çözümlenmeleri.....	102
Tablo 3.17.	Andezitlerdeki kloritlerin mikrokimyasal analiz sonuçları (% ağırlık) ve yapısal çözümlenmeleri.....	106
Tablo 3.18.	Dasit - I'den alınan kayalardaki kil fraksiyonunun yarı nicel bileşim yüzdeleri.....	110
Tablo 3.19.	Dasit - II'den alınan kayalardaki kil fraksiyonunun yarı nicel bileşim yüzdeleri.....	111

Tablo 3.20.	Dasit - I'den alınan kayalardaki kil minerallerinin mineralojik özellikleri...	112
Tablo 3.21.	Dasit - II'den alınan kayalardaki kil minerallerinin mineralojik özellikleri...	113
Tablo 3.22.	Dasit - I'deki ilitlerin mikrokimyasal analiz sonuçları (% ağırlık) ve yapısal çözümlenmeleri.....	119
Tablo 3.23.	Dasit - II'deki ilitlerin mikrokimyasal analiz sonuçları (% ağırlık) ve yapısal çözümlenmeleri.....	120
Tablo 3.24.	Dasitlerdeki kloritlerin mikrokimyasal analiz sonuçları (%ağırlık) ve yapısal çözümlenmeleri.....	124
Tablo 3.25.	Andezitik dayklardan elde edilen kil fraksiyonuna ait yarı nicel bileşim yüzdeleri.....	126
Tablo 3.26.	Andezitik dayklardaki killerin mineralojik özellikleri.....	127
Tablo 3.27.	Andezit dayklardaki ilitlerin mikrokimyasal analiz sonuçları (% ağırlık) analizleri ve yapısal çözümlenmeleri.....	133
Tablo 3.28.	Andezitik dayklardaki kaolinitlerin mikrokimyasal analiz sonuçları (% ağırlık) analizleri ve yapısal çözümlenmeleri.....	135
Tablo 3.29.	Klorit minerallerine ait mikrokimyasal analiz sonuçları (% ağırlık) analizleri ve yapısal çözümlenmeleri.....	137
Tablo 3.30.	Andezitlerin ve bunlardan alınan killerin iz ve NTE analiz sonuçları.....	139
Tablo 3.31.	Porfirik dasitlerdeki kil fraksiyonunun yarı nicel bileşim yüzdeleri.....	141
Tablo 3.32.	Porfirik dasitlerdeki killerin mineralojik özellikleri.....	141
Tablo 3.33.	Porfirik dasitlerdeki ilitlerin mikrokimyasal analiz sonuçları (% ağırlık) analiz sonuçları ve yapısal çözümlenmeleri.....	144
Tablo 3.34.	Porfirik dasitlerdeki kloritlerin mikrokimyasal analiz sonuçları (% ağırlık) analiz sonuçları ve yapısal çözümlenmeleri.....	145
Tablo 3.35.	Volkanitlerdeki ilit, klorit, kaolinit, S, CO ₂ ve AK için hesaplanmış istatistikî değerler.....	149
Tablo 3.36.	Volkanitlerde Cathelineau (1988) ve Jowett'in (1991) önerdiği formüller kullanılarak hesaplanan klorit oluşum sıcaklığı değerleri.....	156
Tablo 3.37.	Volkanitlerde ve bunlardan alınan killerde ölçülen pH değerleri.....	157
Tablo 3.38.	Dasitlerdeki ilitlerden ölçülen duraylı izotop analizlerinin sonuçları.....	159
Tablo 3.39.	Dasitlerdeki ilitlerde K - Ar yöntemiyle yapılan yaş analiz sonuçları.....	163
Ek Tablo 1.	Bazalt ve andezitlerin elementleri arasında hesaplanan korelasyon katsayıları (n = 17, p < 0.05 anlamlılık düzeyinde).....	201
Ek Tablo 2.	Dasit - I'deki elementler arasında hesaplanan korelasyon katsayıları (n = 19, p < 0.05 anlamlılık düzeyinde).....	202
Ek Tablo 3.	Dasit - II'deki elementler arasında hesaplanan korelasyon katsayıları (n = 17, p < 0.05 anlamlılık düzeyinde).....	203

Ek Tablo 4. Andezit daykdaki elementler arasında hesaplanan korelasyon katsayıları (n = 8, p < 0.05 anlamlılık düzeyinde).....	204
Ek Tablo 5. Dasit porfirdeki elementler arasında hesaplanan korelasyon katsayıları (n = 6, p < 0.05 anlamlılık düzeyinde).....	205
Ek Tablo 6. Zigana volkanitlerinden alınan örneklerin koordinat noktaları, kil içerikleri, K, CO ₂ , S, Al ve KKPI değerleri.....	206
Ek Tablo 7. Bazalt ve andezitlerde tüm kayaç analizlerinden MİNSQ yöntemiyle hesaplanan mineralojik bileşimleri (%) (n = 15).....	208
Ek Tablo 8. Dasit - I' de tüm kayaç analizlerinden MİNSQ yöntemiyle hesaplanan mineralojik bileşimleri (%) (n = 19).....	209
Ek Tablo 9. Dasit - II' de tüm kayaç analizlerinden MİNSQ yöntemiyle hesaplanan mineralojik bileşimleri (%) (n = 17).....	210
Ek Tablo 10. Andezit dayklarda tüm kayaç analizlerinden MİNSQ yöntemiyle hesaplanan mineralojik bileşimleri (%) (n = 8).....	211
Ek Tablo 11. Porfirik dasitlerde tüm kayaç analizlerinden MİNSQ yöntemiyle hesaplanan mineralojik bileşimleri (%) (n = 15).....	212
Ek Tablo 12. Bazalt ve andezitlerden alınan en az ayrıışmış ve ayrıışmış örneklerin kimyasal analiz sonuçları ve izokon yöntemine göre ölçeklendirme (n _i).....	213
Ek Tablo 13. Bazalt ve andezitlerden alınan ayrıışmış örneklerdeki elementlerin en az ayrıışmış örneğe göre ölçeklendirilmiş değerleri.....	214
Ek Tablo 14. Bazalt ve andezitlerden alınan ayrıışmış örneklerin en az ayrıışmış örneğe göre hesaplanan nispi (%) kütle değişimleri.....	215
Ek Tablo 15. Basalt ve andezitlerden alınan ayrıışmış örneklerin en az ayrıışmış kayaca göre hesaplanmış net (g / 100 g) kütle değişimleri.....	216
Ek Tablo 16. Dasit - I' den alınan ayrıışmış örneklerdeki elementlerin en az ayrıışmış örneğe göre ölçeklendirilmiş değerleri.....	217
Ek Tablo 17. Dasit - I' den alınan ayrıışmış örneklerin en az ayrıışmış örneğe göre hesaplanan nispi (%) kütle değişimleri.....	218
Ek Tablo 18. Dasit - I' den alınan ayrıışmış örneklerin en az ayrıışmış kayaca göre hesaplanmış net (g / 100 g) kütle değişimleri.....	219
Ek Tablo 19. Dasit - II' den alınan ayrıışmış örneklerdeki elementlerin en az ayrıışmış örneğe göre ölçeklendirilmiş değerleri.....	220
Ek Tablo 20. Dasit - II' den alınan ayrıışmış örneklerin en az ayrıışmış örneğe göre hesaplanan nispi (%) kütle değişimleri.....	221
Ek Tablo 21. Dasit - II' den alınan ayrıışmış örneklerin en az ayrıışmış kayaca göre hesaplanmış net (g / 100 g) kütle değişimleri.....	222
Ek Tablo 22. Andezit dayklardan alınan ayrıışmış örneklerdeki elementlerin en az ayrıışmış örneğe göre ölçeklendirilmiş değerleri.....	223
Ek Tablo 23. Andezit dayklardan alınan ayrıışmış örneklerin en az ayrıışmış örneğe göre hesaplanan nispi (%) kütle değişimleri.....	224

Ek Tablo 24. Andezit dayklardan alınan ayrışmış örneklerin en az ayrışmış kayaca göre hesaplanmış net (g / 100 g) kütle değişimleri.....	225
Ek Tablo 25. Porfirik dasitlerden alınan ayrışmış örneklerdeki elementlerin en az ayrışmış örneğe göre ölçeklendirilmiş değerleri.....	226
Ek Tablo 26. Porfirik dasitlerden alınan ayrışmış örneklerin en az ayrışmış örneğe göre hesaplanan nispi (%) kütle değişimleri.....	227
Ek Tablo 27. Porfirik dasitlerden alınan ayrışmış örneklerin en az ayrışmış kayaca göre hesaplanmış net (g / 100 g) kütle değişimleri.....	228



SEMBOLLER DİZİNİ

- A : Normal tip okyanus ortası sırtı bazaltı
- a.e. : Analiz edilmedi
- AI : Ishikawa ayrışma indeksi =
[100 x ((MgO + K₂O) / (MgO + K₂O + CaO + Na₂O))]
- AI_{komba} : Komba ayrışma indeksi =
[(0.1 Al₂O₃) + (2 AK) x 100] / [(0.1 Al₂O₃) + (2 AK) + MgO + CaO + Na₂O]
- AK : Ateşte kayıp
- Amf : Amfibol
- And : Andezit
- And. Br. : Andezitik breş
- ANTE : Ağır nadir toprak elementler
- a.s.a. : Analiz sınırlarının altında
- B : Zenginleşmiş OOSB, toleyitik levha içi bazaltları ve farklılaşma ürünleri
- Baz : Bazalt
- Bi : Biyotit
- BİYE : Büyük iyon yarıçaplı elementler
- b_o : Killerin (060) yüzeyindeki yansıması
- Cc : Klorit kristallinite derecesi
- KKPI : Klorit - karbonat - pirit indeksi =
[100 x (MgO + [†]Fe₂O₃) / (MgO + [†]Fe₂O₃ + Na₂O + K₂O)]
- C_i^A : i elementinin ayrılmış kayaçtaki konsantrasyonu
- C_i^O : i elementinin ayrılmamış (veya az ayrılmış) kayaçtaki konsantrasyonu
- C_i^S : Ölçeklendirilmiş ayrılmış örneğin konsantrasyonu
- C-V : Klorit - vermikülit aratabakalısı
- ÇG : Çarpışma granitleri
- D : Yitimle ilişkili plaka kenarı bazaltları ve farklılaşma ürünleri
- E : Alkalin levha içi bazaltlar ve farklılaşma ürünleri
- Ep : Epidot
- Eu : Eu_N / Eu*
- Eu* : (Sm_N + Gd_N) / 2

Eu _N	: Normalleştirilmiş Eu
F	: Feldispat
Gt	: Götit
Hm	: Hematit
HNTE	: Hafif nadir toprak elementler
I	: İlit
Ic	: İlit kristallinite derecesi
I-S	: İlit - simektit aratabakalısı
K	: Kaolinit
Ka	: Karbonat
Kc	: Kaolinit kristallinite derecesi
KAI	: Kimyasal ayrışma indeksi = $[100 \times \text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO}^*)]$
	* Karbonat minerallerinde bulunan CaO'in çıkarılmasıyla bulunan değer
Kl	: Klorit
Kçp	: Kayaç parçası
Kp	: Kalkopirit
Ku	: Kuvars
KVY	: Kalk - alkali volkanik yay
L _{AI}	: Lentz ayrışma indeksi = $[(\text{MgO} + {}^t\text{Fe}_2\text{O}_3) / (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})]$
Lm	: Limonit
m	: İzokon doğrusunun eğimi
Mg [#]	: Magnezyum numarası = $[100 \times (\text{molar MgO} / (\text{molar MgO} + \text{molar } {}^t\text{Fe}_2\text{O}_3))]$
Mus	: Muskovit
My	: Manyetit
NTE	: Nadir toprak elementler
OAB	: Okyanus adası bazaltı
Z - OOSB	: Zenginleşmiş okyanus ortası sırtı bazaltı
OOSG	: Okyanus ortası sırtı granitoyidi
O.Y.	: Oktahedral yük
PİB	: Plaka içi bazaltları
PİG	: Plaka içi granitleri
Pl	: Plajiyoklas
Pr	: Pirotin

Py	: Pirit
S	: Simektit
SI	: Serizitleşme indeksi = $[K_2O / (K_2O + Na_2O)]$
Ser	: Serizit
Sf	: Sferilit
Si	: Silis (ikincil kuvars)
W ₁	: İlitin sivrilik oranı
T.O.K.	: Toplam oktahedral katyon sayısı
TVY	: Toleyitik volkanik yay
T.Y.	: Tetrahedral yük
T.Y.Y.	: Toplam yaprak yükü
ÜK	: Üst kabuk
VYG	: Volkanik yay granitleri
Y.A.Y.	: Yapraklararası yük
YÇAE	: Yüksek çekim alanlı elementler
Δ	: Değişim miktarı
ΔC _i ^A	: Ayrışmamış (veya az ayrılmış) kayaca göre ayrılmış kayadaki nispi (%) ve net (g / 100 g) kütle değişimi
μ	: Minerallerdeki adsorbsiyon katsayısı
θ	: Killerde yüzeyden yansıma açısı

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş ve Amaç

İnceleme alanı Türkiye'nin Kuzeydoğusu'nda, Alp - Himalaya Dağ silsilesinin üzerinde olan Doğu Karadeniz Dağları'nın Zigana (B Gümüşhane) kesiminde yer almaktadır. Karadeniz Bölgesi'nin Doğu Bölümü (Doğu Pontidler) zengin maden yatakları içermesi, tektoniği ve genel jeolojisi açısından günümüze kadar bir çok araştırmacının (Gettinger, 1962; Dixon ve Pereira, 1974; Adamia vd., 1977; Aslaner, 1977; Akın, 1979; Pejatoviç, 1979; Şengör ve Yılmaz, 1981; Özsayar vd., 1981; Akıncı, 1984; Bektaş vd., 1984 v.s.) ilgisini çekmiştir. Jura'dan Tersiyer'e kadar geçen dönem içinde etkin denizaltı volkanizmasıyla karakterize bir ada yayı özelliği gösteren bölge; masif sülfid, porfiri bakır, epitermal damar tip, skarn yatakları ve Sadıklar vd. (1992 ve 1995) tarafından literatüre kazandırılan karasal hidrojenetik tip Fe - Mn yumrularını içermektedir. Dolayısıyla bu yataklar ve bölgedeki kayaçlar çeşitli araştırmacılar (Aslaner, 1977; Pejatoviç, 1979; Tüysüz, 1995; Sadıklar vd., 1992 ve 1995; Van, 1990; Yalçınalp, 1992; Sipahi, 1996; Arslan vd., 1997; Akçay vd., 1998; Lermi, 2003; Abdioğlu ve Arslan, 2003; Akçay, 2003; Kolaylı ve Arslan, 2003; Sipahi ve Sadıklar, 2004) tarafından incelenmiştir.

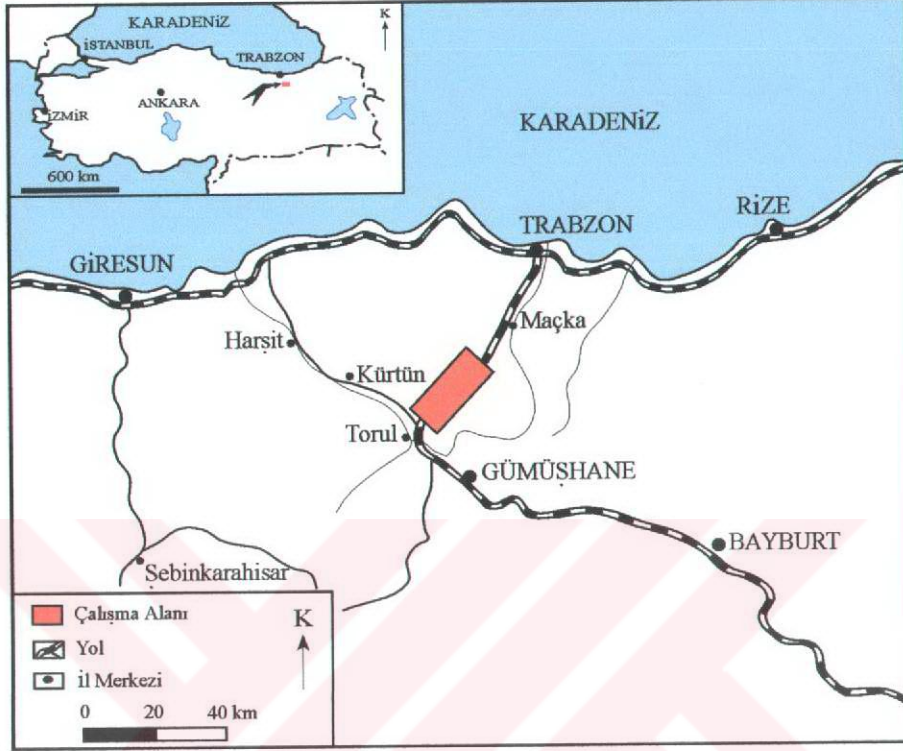
Zigana Dağı ve civarında bugüne kadar genel jeoloji ve petrografi amaçlı araştırmalar yapılmış olup, volkanitlerde gözlenen ayrışma ile ilgili inceleme yapılmamıştır. Bölgedeki birimler az veya çok oranda ayrışmadan etkilendikleri için bunlardan derlenen numunelerde yapılan incelemeler de (petrografi, jeokimya v.s.) istenildiği kadar sağlıklı olmamaktadır. Dolayısıyla Zigana civarındaki volkanik kayaçlarda görülen ayrışmanın yayılımı, türü ve kayaçlarda yol açtığı mineralojik ve kimyasal değişimlerin nitelik ve nicelik açısından belirlenmesi tezin asıl amacını oluşturmaktadır.

1.2. Coğrafik Bilgiler

1.2.1. Coğrafi Konum

Çalışma alanı Gümüşhane ili Torul ilçesine bağlı olup, Zigana Dağı ve çevresini kapsamakta (Şekil 1.1) ve 1 / 25.000 ölçekli Trabzon G42 - c1, c2, c3 ve c4 paftalarında

yer almaktadır. Kuzeyde Uçurum Tepe, kuzeydoğuda Fındıklık Sırtı, doğuda Kalkanlı Yayla, güneyde Kamaşkıranı Tepesi ve batıda Budak ile sınırlıdır.



Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası

1.2.2. Topoğrafya

İnceleme alanı Doğu Karadeniz Bölümü'ne has engebeli bir yapıya sahip olup, Ferhatın Dere (1150 m) en düşük ve Uçurum Tepe (2349 m) en yüksek kotu oluşturmaktadır. Lahanalık (2197 m), Uçurum (2349 m), Yurdoba (2154 m) ve Kalkanlı (2192 m) tepeleri en önemli yükseltiler; Savaşlı, Soğanlı, Çatak, Barutçu, Komat, Raşi, Ayeser, Mahala, Kalkanlı ve Sıranlık ise önemli derelerdir. Ayrıca Dokuzgöze Mahallesi'nde çok sayıda kaynak suyu çıkmaktadır.

1.2.3. İklim ve Bitki Örtüsü

Hemen hemen her mevsim sisli olan bölgede Karadeniz iklimi hakim olup, yazları ılık, kışlar soğuk ve yağışlıdır. Yıllık yağışın fazla olması bölgede yoğun bitki örtüsünün

gelişmesine sebep olmuştur. En yüksek yerler (Uçurum, Kalkanlı ve Yurdoba tepeleri) çimen ve yaylâ çiçekleri, daha alçak yerler (Şehit, Kondozlar, Eramiye ve Bolerefa tepeleri) ise yoğun çam ormanları ile kaplıdır.

1.2.4. Ulaşım ve Yerleşim Durumu

Çalışma sahasına ulaşım çok kolay olup, Trabzon - Erzurum karayolu, eski Trabzon - Gümüşhane yolu ve bunlara bağlı çok sayıdaki stabilize ve toprak yaylâ yolları ile yapılmaktadır.

Yörede, Karadeniz Bölgesi'ne özgü dağınık yerleşim görülmektedir. Önemli yerleşim yerleri Savaşlı, Akıncı ve Mahmutlu mahalleleri; Razi, Pervanoğlu, Taşboğazi, Paşadüzü, Çöhelen, Barutçu, Komlar, Çukur ve Kıranoba yaylâlarıdır.

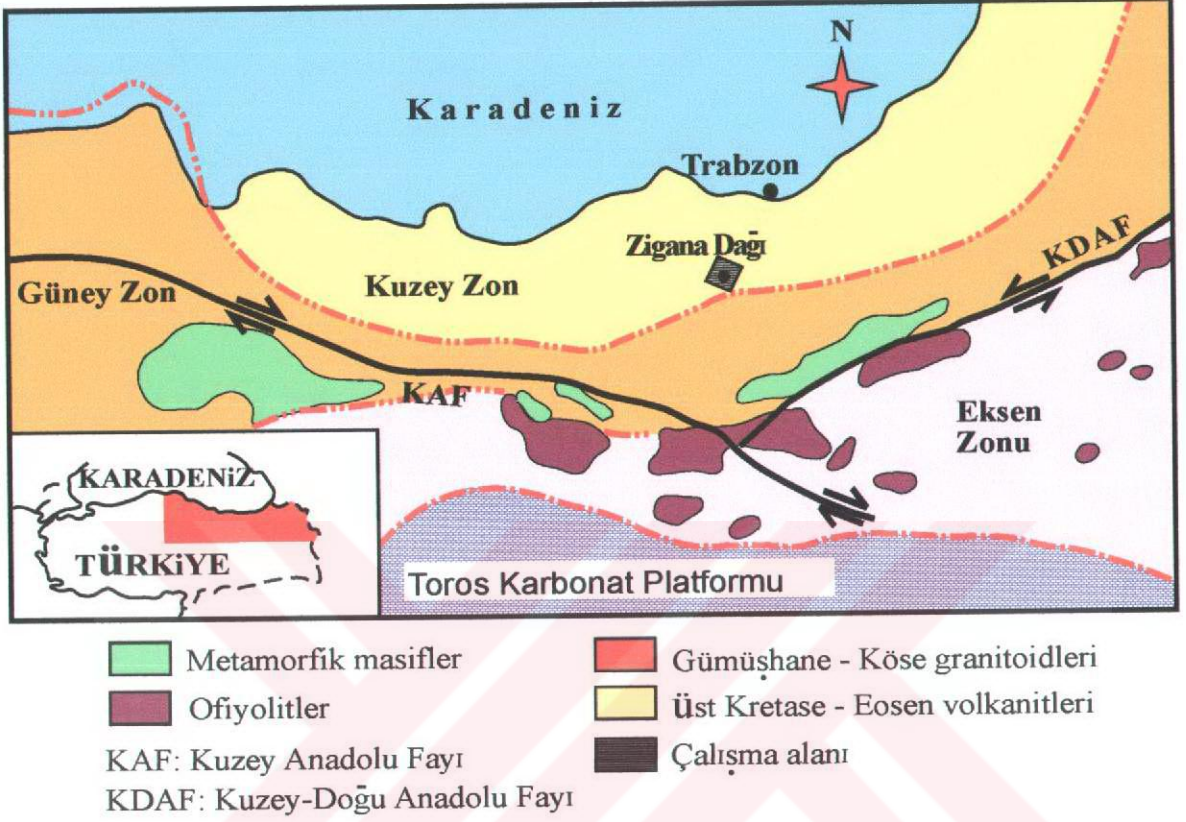
1.3. Doğu Karadeniz Bölümü'nün Genel Jeolojisi

Türkiye, Ketin (1966) tarafından orojenik gelişimi esasına dayanarak kuzeyden güneye doğru dört ana tektonik birliğe ayrılmıştır: Karadeniz Dağları (Pontidler), Anatolidler, Toridler ve Kenar Kıvrımları Kuşağı. Bu tektonik birlikleri Ketin ve Canitez (1972) yeniden düzenleyerek, Karadeniz Dağlarını "Doğu Karadeniz" ve "Batı Karadeniz" olmak üzere ikiye ayırmışlardır. Doğu Karadeniz Bölümü'nde Geç Kretase yaşlı kayaçlar, kuzey ve güney bölgelerinde farklılıklar gösterdikleri için güney (iç) ve kuzey (dış) bölümlere ayrılmıştır (Akın, 1979; Gedikoğlu vd., 1979; Özsayar ve diğ. 1981).

Bektaş (1986) Doğu Karadeniz magmatik yayını farklı magmatik, tektonik ve sedimantolojik evrim aşamalarına göre kuzeyden güneye doğru kuzey zon, güney zon ve eksen zonu olmak üzere üç alt birliğe ayırmıştır (Şekil 1.2).

Çalışma alanını da içine alan Doğu Karadeniz Bölümü'nün Kuzey Zonu'nun genel jeolojisine bakıldığında, Schultze - Westrum (1961), Doğu Karadeniz Kuzey Zonu'nda Lias'ta başlayarak Erken Kretase sonuna kadar devam eden bazik volkanizmanın ürünlerini "Alt Bazik Seri" olarak adlandırmıştır. Erken Kretase yaşı verilen (Zankl, 1961) bu Seri'deki magmatitler Yılmaz'a (1984) göre daha genç granitik kayaçlar tarafından kesilmekte ve Senoniyen yaşlı dasit, dasitik tuf ve breşlerle uyumsuz olarak örtülmektedir

(Şekil 1.3). Liyas yaşlı volkano - tortul seri üzerine, Berdiga Formasyonu (Pelin, 1977) olarak adlandırılan Malm - Erken Kretase yaşlı kireçtaşları uyumlu olarak gelmektedir.



Şekil 1.2. Doğu Karadeniz Bölümü'nün kuzey ve güney zonlarını gösteren harita (Bektaş vd. 1995).

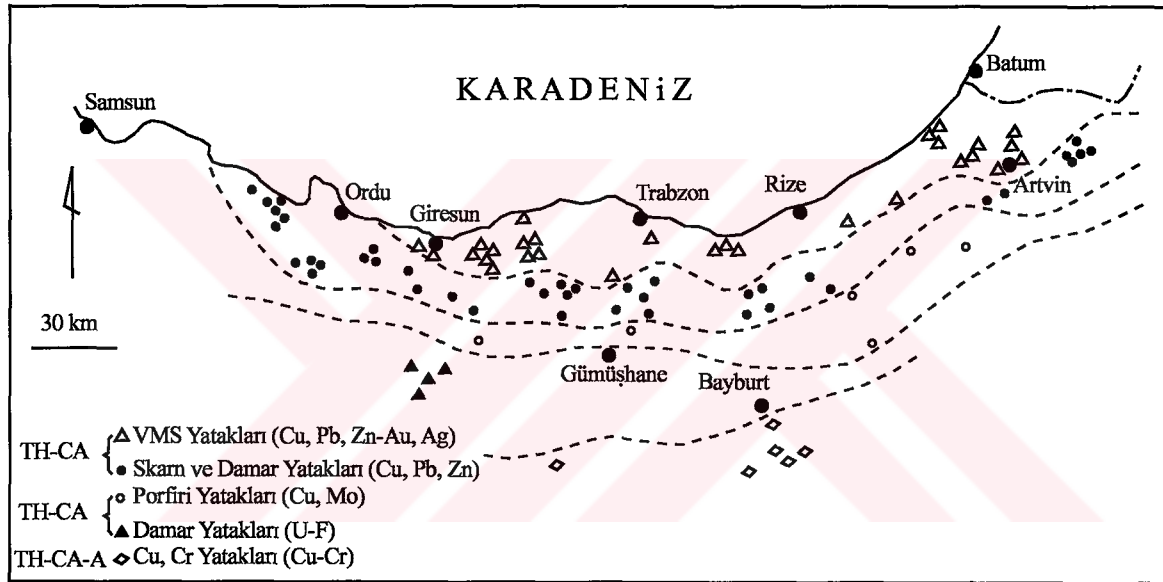
Doğu Karadeniz'in kuzey ve güney zonlarında Kretase süresince bazı farklılıklar olduğu belirtilmekte ve her iki bölge stratigrafi ve magmatizma açısından karşılaştırılmaktadır (Özsayar vd., 1981; Bektaş vd., 1984; Yılmaz ve Korkmaz, 1999). Geç Kretase yaşlı birimler özellikle kuzey zonda çok çeşitli bir kayaç topluluğu sunmaktadır. Aslaner ve Gedikoğlu'nun (1984) Harşit yöresindeki çalışmalarına göre, kayaçlar tabanda "cevherli dasit" (Aslaner vd., 1982) diye adlandırılan piritli dasitik kayaçlarla başlamakta ve üste doğru yer yer bu dasitleri örten volkano - tortul seri, hiperstenli - ojitli bazalt, dasit ve dasitik tüflerle devam etmektedir. Ayrıca, Geç Kretase süresince oluşan dasitik volkanizmanın, asit ve ağdalı lâvların deniz altında fazla yayılmadan dom yapısı oluşturduğunu ve bunların da belli tektonik hatlar boyunca (KB - GD) izlenebildiğini belirtmektedirler. Bu birimler Geç Kretase sonlarına doğru, iri kuvarslı

porfirik dasitlerle kesilmektedir. Tokel (1977) Tersiyer volkanitlerinin Geç Kretase birimleri üzerine uyumsuz olarak geldiğini söylemektedir.

ZAMAN	FORM. (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR	MADEN YATAKLARI
KUVATERNER - PLİOSEN			Çakıtaşı, Kum, Kil	
MİYOSEN	Pazar (m) 100 m		Kumtaşı, Kilitaşı, Killi Kireçtaşı	
EOSEN	Kabaköy (ev) 750 m		Andezit, Bazalt ve Piroklâstlar (Kumtaşı, Kilitaşı, Kumlu Kireçtaşı) Kaçkar Granitoyidi	
PALEOSEN - ÜST KRETASE	Bakırköy/ Ağillar (Krü5) 150 m		Bakırköy Form.: Kumtaşı, Kilitaşı, Marn Ağillar Form.: Resifal Kireçtaşı, Kumlu Kireçtaşı	● ZAVİ KÖY (Cu, Pb, Zn) ÇÖTELi ABAZDAĞI (Cu, Pb, Zn)
	Tirebolu/ Çayırbağ (Krü4) 200 m		Tirebolu Form.: Trakiandezit ve Piroklâstlar Çayırbağ Form.: Riyodasit - Riyodasit ve Piroklâstlar	● ŞAŞAT-MADENKÖY (Cu, Pb, Zn) KABADÜZ (Cu, Pb, Zn) SİSORTA (Zn, Pb, Cu) TUTAK DAĞI (Zn, Pb, Cu) ▲ KORUCULAR (Mn) OCAKLI (Mn) AKOLUK (Sb, Cu, Pb, Zn) U ETİRYAYLÂ
	Çağlayan (Krü3) 1000 m		Andezit, Bazalt ve Piroklâstlar (Çamurtaşı, Marn, Kumtaşı)	▲ MURGUL (Cu) MADENKÖY (Zn, Pb, Cu) KUTLULAR (Cu) LAHANOS (Cu) KÖPRÜBAŞI (Zn, Pb, Cu)
	Kızılkaya (Krü2) 500 m		Riyodasit - Dasit ve Piroklâstlar	● ÇAMKERTEN (Zn, Pb, Cu) FOLDERE (Zn, Pb, Cu) KÖSTERE (Cu) BATLAMA (Zn, Pb, Cu) ASARCIK (U, Cu, Pb, Zn)
	Çatak (Krü1) 1500 m		Bazalt - Andezit ve Piroklâstlar (Kumtaşı, Killi Kireçtaşı, Silttaşı) Kaçkar Granitoyidi - I	■ BALCILI (Mo, Cu) ULUTAŞ (Mo, Cu) GÜZELYAYLÂ (Mo, Cu) □ KARADAĞ (Mo, Cu) BAŞBOYNUYOĞUN (Fe, Cu) DEREGÖZÜ (Fe, Cu) BELENTEPE (Fe, Cu)
ALT KRETASE - MALM	Berdiga (Jkr) 200 m		Orta ve Kalın Tabakalı Kireçtaşı, Kumlu Kireçtaşı, Çörtlü Kireçtaşı	
DOGGER - LIYAS	Madenler (Jm) 150 m		Kırmızı Konglomera, Kumtaşı, Resifal Kireçtaşı, Kumlu Kireçtaşı, Bazalt ve Piroklâstlar	
	Hamurkesen (Jlh) 750 m		Bazalt - Andezit - Dasit ve Piroklâstlar (Kumtaşı, Marn, Şeyl, Kuvarsit, Konglomera)	
PALEOZOYİK			Pembe Renkli Granit Gabro - Diyabazl Metamorfik Temel (Gnays, Mikasist, Mermer, Filat)	□ KURTULMUŞ (Fe)

Şekil 1.3. Doğu Karadeniz Kuzey Zonu'na ait genelleştirilmiş dikme kesit (Güven, 1993'ten alınmıştır).

Maden yatakları açısından Doğu Karadeniz Bölümü zengin olup, D - B yönüne paralel pek çok maden yatağını içermektedir (Şekil 1.4). Bu maden yatakları bölgenin jeolojik evrimi ile ilişkili olup, birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir (Güven, 1993; Çamur vd., 1996; Tüysüz vd., 1994; Sipahi, 1996; Akçay vd.,1998; Tüysüz vd., 2000; Lermi, 2003; Akçay, 2003). Bu yatakların en önemlileri porfiri Cu (Au, Mo), skarn, volkanizma eşlikli masif sülfür ve polimetalik Cu - Pb - Zn (Ag, Au) ve epitermal Au - Ag yataklarıdır (Tüysüz, 1995; Akçay ve Tüysüz, 1997; Akçay ve Arar, 1999; Tüysüz ve Akçay, 2000). Doğu Karadeniz volkanik kuşağı özellikle masif sülfür yatakları bakımından zengindir.



Şekil 1.4. Doğu Karadeniz Bölümü'nün maden potansiyeli haritası.

1.4. Önceki Çalışmalar

İnceleme alanı, yapılmış mevcut çalışmalara göre (MTA ve JICA, 1985; Güven, 1993), kireçtaşı mercekleri içeren Geç Kretase yaşlı volkanitlerden ve bunları kesen çok sayıda kuvars porfir ve bazik dayklardan oluşmaktadır.

Geç Kretase yaşlı birimler MTA ve JICA (1985) tarafından Zigana Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Bu formasyonu oluşturan kayalar Berdiga Formasyonu üzerine uyumsuzlukla gelmekte ve tabandan itibaren andezit, bazalt ve bunların piroklâstları, dasit ve piroklâstları, andezit, bazalt ve bunların piroklâstları ve dasit şeklinde yer almaktadır.

Aynı alanda Güven'in (1993) yaptığı çalışmada Geç Kretase yaşlı birimler formasyonlara ayrılmıştır. Buna göre, Geç Kretase'nin tabanda Çatak Formasyonu olarak adlandırılan kumtaşı, siltaşı, marn ve tuf arakatlı bazalt - andezit ve bunların piroklâstitleri ile başladığı; riyolit - dasit ve bunların piroklâstitlerinden oluşan Kızılkaya Formasyonu; kumtaşı, marn, killi kireçtaşı ve tuf arakatlı bazalt - andezit ve bunların piroklâstlarından oluşan Çağlayan Formasyonu; riyolit - riyodasit ve bunların piroklâstlarından oluşan Çayırbağ Formasyonu ile devam ettiği ve resifal kireçtaşlarından oluşan Ağıllar Formasyonu ile son bulduğu belirtilmektedir.

Son yıllarda bölgedeki volkanitler petrolojik açıdan ele alınmış ve daha detaylı incelenmiştir. Çamur vd. (1996) volkanizmanın Jura, Geç Kretase alt dönemi, Geç Kretase üst dönemi ve Tersiyer olmak üzere dört dönemde geliştiğini ve bunlardan Üst Kretase volkanitlerinin toleyitik, kalk - alkali ve şoşonitik özellikte olduğunu vurgulamaktadırlar. Arslan vd. (1997) ise bölgedeki volkanizmanın ürünlerini Liyas, Üst Kretase ve Eosen süreçleri olmak üzere üç ana volkanik devreye ayırmışlardır. Buna göre, Liyas volkanitlerinin toleyitik ve kalk - alkali geçişli, Üst Kretase volkanitlerinin subalkali ve Eosen volkanitlerinin Kuzey Zon'da alkali, Güney Zon'da ise subalkali özellikte olduğunu ve jeokimyasal verilerin eski bir ada yayı ortamını işaret ettiğini vurgulamışlardır.

Bölgede Geç Kretase yaşlı volkanik kayalar ve bunların ayrışması konusunda çok az sayıda çalışma yapılmıştır (Çağatay, 1993; Tüysüz ve Er, 1995; Çelik vd., 1999; Abdioğlu, 2002; Sipahi ve Sadıklar 2002 ve 2003; Akçay, 2003). Çağatay (1993), Geç Kretase yaşlı volkanitlerde bulunan Doğu Karadeniz Masif Sülfid yataklarının, hem taban hem de tavan kayalarının kil ayrışması ile karakteristik olduğunu belirtir ve Doğu Karadeniz Masif Sülfid yataklarının mineraloji, kimya ve ayrışma zonlarının büyüklüğünün Japonya Kuroko yataklarıninkilerle bir çok yönden benzer olduğunu söylemektedir. Ayrıca Çayeli - Madenköy, Sürmene - Kutlular, Of - Kotarakdere ve Rize - Tunca Masif Sülfid yataklarında Na_2O , CaO , Fe_2O_3 , MgO ve K_2O ana oksitlerinin farklı davrandığını, ancak genel olarak bu yataklarda cevherlere yaklaştıkça Na ve Ca'un azaldığını ve K'un arttığını belirtmektedir.

Tüysüz ve Er (1995) Lahanos ve İsraildere masif sülfid yataklarında yapmış oldukları çalışmalar sonucunda, cevherleşmenin olduğu kısımlarda, kayaların şiddetli hidrotermal ayrışmaya uğradığını ve bu ayrışmaya bağlı olarak İsraildere'de SiO_2 , MgO ve K_2O eklenmesi ve CaO , Na_2O ve Fe_2O_3 azalması; Lahanos'ta ise Si_2O ve Fe_2O_3 eklenmesi ve CaO , Na_2O ve MgO azalması şeklinde kimyasal değişimler meydana geldiğini ileri

sürmektedirler. Ayrıca bu yataklarda farklı ayrışma gösteren iki ayrı zonun bir geçiş zonu ile birbirinden ayrıldığından ve bu zonlardan cevherleşmeye eşlik eden en içteki zonun başlıca serisit, ilit, ankerit ve dolomitten; en dıştaki zonun klorit, montmorilonit ve kaolenitten oluştuğunu; ara zonun ise kısmen ve tamamen ayrılmış plajiyoklas ve karışık tabakalı ilit içermesiyle diğerlerinden ayrıldığını belirtmektedirler.

Çelik vd.(1999) Doğu Karadeniz’de Üst Kretase yaşlı volkanitlerde yaptıkları çalışmada hidrotermal ayrışması sonucu kaolinit, ilit ve simektitin oluştuğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, ilit ve toseki yataklarının dasitik ve andezitik volkanitlerin hidrotermal ayrışmasının bir ürünü olduğunu ve ayrışma zonlarındaki simektitin montmorilonit bileşiminde ve Ca’ca zengin olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Abdioğlu (2002) Ünye - Fatsa (Ordu) yöresindeki Üst Kretase yaşlı volkanitleri ve bunlarda oluşan kil oluşumlarını mineralojik, petrografik ve petrolojik açılarından inceleyerek killerin jenezini belirlemiştir. Buna göre, volkanitlerdeki kil minerallerinin Ca’lu simektit olduğunu ve 20 - 40 °C sıcaklıklarda deniz suyunun volkanik kül ve tüflere etkisiyle diyajenetik bir ortamda oluştuğunu belirtmiştir.

Sipahi ve Sadıklar (2002) Zigana Dağı’ndaki Geç Kretase yaşlı volkanitlerin başlıca basalt, andezit ve piroklastları, dasit, riyodasit ve riyolitlerde oluştuğunu ve bunların yoğun hidrotermal ayrışması sonucu kil mineralleri, ikincil kuvars, kalsit ve nadiren zeolitlerin oluştuğunu belirtmiştir. Bu kayalardaki kil mineralleri XRD çalışmaları sonucu klorit, ilit, kaolinit ve simektit olarak tespit edilmiştir.

Akçay (2003) Geç Kretase yaşlı dasitler içinde bulunan Zerbanos Yayla cevherleşmesinde hidrotermal ayrışmanın tanımlanması ve herhangi bir yerdeki maden potansiyelinin belirlenmesi ile ilgili çalışmasında, cevher damarının gözlenemediği yerlerde hidrotermal ayrışma kütle değişim hesaplarının ekonomik cevher kütlesinin gelişip gelişmediğini belirlemede kullanılabileceğini ifade etmektedir.

Sipahi ve Sadıklar (2003) Zigana Dağı’ndaki dasitlerde hidrotermal ayrışma sonucu en fazla ilit, klorit ve daha az olarak kaolinit ve simektitin oluştuğunu belirterek, ilitlerin düşük sıcaklıkta ve feldispatların hidrotermal ayrışması sonucu oluştuğunu ileri sürmüşlerdir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal ve Yöntemler

İnceleme alanında hidrotermal ve yüzeysel ayrışma gösteren kayaçların mineralojik bileşimleri, kimyasal özellikleri, ayrışma durumları, ayrışma sonucu meydana gelen mineralojik, dokusal ve kimyasal değişimler ortaya konulmaya çalışılmıştır. Yürütülen bu çalışma kaynak taraması, arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları aşamalarına dayanmaktadır.

2.1.1. Arazi Çalışması

İlk çalışmalar daha çok, çalışma alanını da içine alan bölgede yüzeyleyen birimlerin tanınması, dokanak ilişkilerinin belirlenmesi ve yapısal unsurların ortaya çıkarılmasına yönelik olmuştur. Bu amaca yönelik olarak inceleme alanında yüzeyleyen birimler, önceden yapılan çalışmalar da dikkate alınarak, kontrol edilmiş ve gerekli düzeltmeler yapılarak mevcut yapısal unsurların (kırık, fay, tabaka v.b.) konumları belirlenmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak, mevcut jeoloji haritalarından yararlanılarak arazide Geç Kretase yaşlı volkanitlerin sınırları ve stratigrafisi belirlenerek çalışma alanının 1 / 25.000 ölçekli jeoloji haritası oluşturulmuştur. Daha sonraki aşamada kayaçların petrografik özelliklerini ve hidrotermal ayrışma durumlarına bağlı olarak kayaçlarda ortaya çıkan kütleli, hacimsel ve mineralojik değişimleri belirlemek için kayaç örnekleri alınmıştır. Örneklemeye yapılırken makroskobik olarak kayaçların ayrışma dereceleri dikkate alınmış ve aynı birim içinde farklılık gösteren zonlarda fazla sayıda, değişim göstermeyen yerlerde ise daha az sayıda örnek alınmıştır.

2.1.2. Laboratuvar Çalışması

2.1.2.1. İnce Kesitlerin Hazırlanması ve İncelenmesi

İnceleme alanından derlenen kayaçlardan mineralojik ve petrografik incelemeler için KTÜ MMF Jeoloji Mühendisliği Bölümü ve MTA Doğu Karadeniz Bölge Müdürlüğü

kesit atölyelerinde ince kesitler yapılmıştır. Hazırlanan ince kesitler KTÜ MMF Jeoloji Mühendisliği Bölümü ve FEF Fizik Bölümü'nde polarizan mikroskopta incelenmiştir.

2.1.2.2. Parlatılmış Kesitlerin Hazırlanması ve İncelenmesi

Kayaçlardaki opak minerallerin türünü belirlemek ve kayaçları kesen damar dolgularında cevher mineralleri olup olmadığını tesbit etmek için parlak kesitler hazırlanmıştır. Örnekler belirlendikten sonra KTÜ MMF Jeoloji Mühendisliği Bölümü ve Berlin Hür Üniversitesi (Almanya) kesit atölyelerinde en az 2 x 2 x 2 cm boyutlarında kesilmiş ve farklı boyutlarda tozlarla aşındırılıp, incelenecek yüzeyleri alüminyum oksit tozuyla parlatılmıştır. Hazırlanan parlak kesitler KTÜ MMF Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde ve Berlin Hür Üniversitesi'nde (Almanya) üstten aydınlatmalı mikroskopta incelenmiş ve fotoğrafları çekilmiştir.

2.1.2.3. X - Işınları Difraksiyonu (XRD) için Örnek Hazırlanması

2.1.2.3.1. Killerin Kayaçalardan Alınması ve Yönlü Örnek Hazırlanması

Bunun için Gündoğdu ve Yılmaz (1984) tarafından önerilen yöntemler uygulanarak kayaç örneklerinin kil boyutundaki mineralojik bileşimleri belirlenmiştir. Bu yöntem ana hatları ile kırma, öğütme, kimyasal çözme ve kil fraksiyonunun kazanılması işlemlerinden oluşur.

1- Kırma: Kayaç örnekleri öncelikle çekiç ile yaklaşık 2 - 3 cm boyutlarında kırılır ve daha sonra çeneli kırıcıda yaklaşık 0.5 - 1 cm büyüklüğüne indirilir.

2- Öğütme: Kırma işleminden geçirilmiş kayaçlar halkalı öğütücüde öğütülür. Öğütme süresi kayaçların sertliğine göre ayarlanır. Aksi takdirde kil olmayan mineraller kil boyutuna indirilebilir. Sonuç olarak, kayaçlar 5 - 10 μ 'un altına düşmeyecek şekilde öğütülmelidir.

3- Kimyasal Çözme: Kil ayırma işlemi yapılırken kil olmayan minerallerin kimyasal çözme yoluyla atılması için yapılan bir işlemdir. Bunun için örnekler çeşitli kimyasal işlemlerden geçirilir. Toz haline getirilmiş örnekten 20 - 30 g alınarak 1 lt'lik behere konulur ve üzerine 100 ml saf su ilâve edilir. Örnek içerisindeki karbonatları

uzaklaştırmak ve minerallerin zarar görmemesi için % 27 oranında asetik asit (HOAc) dökülerek mikserle veya mekanik karıştırıcıyla karıştırılır. Bu işleme CO₂ çıkışı (köpürme) bitene kadar devam edilir. Tepkime bittikten sonra, üzerine 5 ml hidrojen peroksit (H₂O₂) ilâve edilir ve karıştırılır. Bu işlem örnek içerisinde bulunan organik maddeleri uzaklaştırmak için yapılır. Örnekte amorf silis varsa bunun için HF eklenir. Bu işlemleri yaparken, her kimyasal işlemde sonra örnek 2 - 3 defa saf su ile yıkanır. Eğer örnek yukarıda bahsedilen fazların bazılarını içermiyorsa o işlem yapılmaz. Dolayısıyla kimyasal çözme işlemine başlamadan önce örneğin ne içerdiği bilinmelidir.

4- Kil Fraksiyonunun Kazanılması ve Analiz için Hazırlanması: Yıkama işlemi bittikten sonra “Stokes Kanunu” na göre kil boyutundaki (2 μ 'dan küçük) malzeme elde edilir.

Stokes Kanunu:

$$\gamma = \frac{ga^2}{18\mu} (d_2 - d_1) \quad (1)$$

$$t = \frac{18\mu h}{ga^2(d_2 - d_1)} \quad (2)$$

t = 3 saat 40 dakika

γ = Danenin düşme hızı

g = Yerçekimi ivmesi

a = Danenin çapı

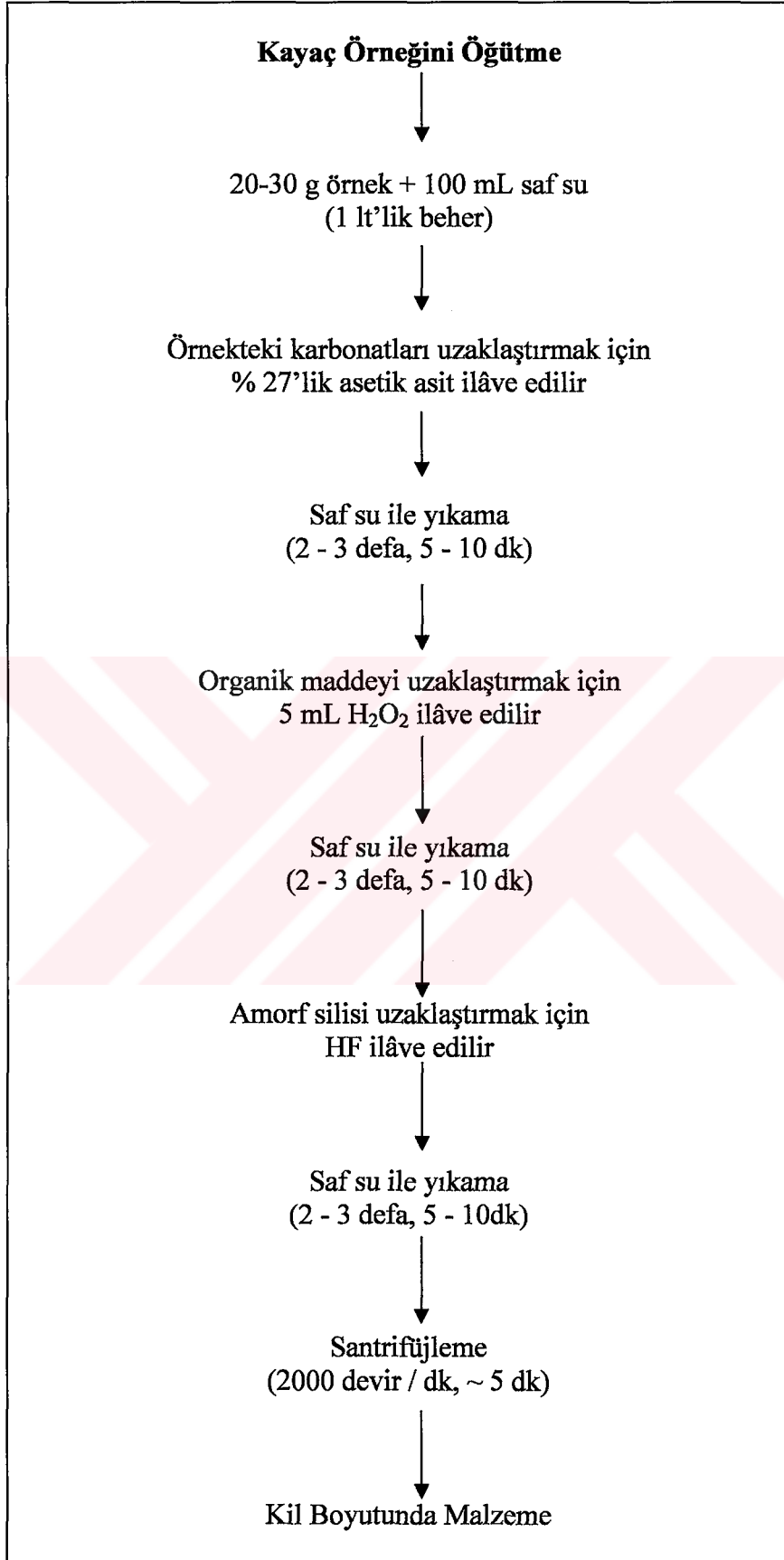
μ = Suyun viskozitesi

d_2 = Danenin yoğunluğu

d_1 = Suyun yoğunluğu

t = Zaman

Bu sürenin sonunda üstteki malzeme balon jöjeye alınır. Böylece kil boyutu malzeme kazanılmış olur. Bu süspansiyondan bir miktar, pipet yardımıyla, cam plâka üzerine damlatılarak havada kurumaya bırakılır ve yönlü örnek hazırlanmış olur. Bu şekilde her bir örnekten X - ışınları difraktometre aletinde, doğal, etilen glikollü ve fırınlı çekim yapılabilmesi için üç ayrı cam film hazırlanır. Yukarıda anlatılan kil ayırma yöntemi Şekil 2.1'de şematik olarak verilmiştir.



Şekil 2.1. Kayaç örneklerinden kil fraksiyonu elde ederken izlenen iş akış şeması

2.1.2.3.2. Kayaç ve Kil Örneklerinden XRD için Yönsüz Örnek Hazırlanması

Toz halindeki kayaç ve kil örneklerinden yaklaşık 1 g kadar alınarak, XRD aletinin örnek kalıbına konulmuş ve bastırılarak sıkıştırılmıştır. Bu şekilde hazırlanmış örnekler 3 - 70° (2θ) aralığında ölçülmüştür. XRD analizleri, KTÜ FEF Fizik Bölümü'nde Rigaku Dmax 3C ve Berlin Hür Üniversitesi (Almanya) PW1729 model Philips difraktometre aletlerinde yapılmıştır.

Analize hazır hale getirilen örneklerin grafikleri, KTÜ FEF Fizik Bölümü'nde Rigaku Dmax 3C model difraktometre aletinde çekilmiştir. X - ışınları difraktometre aletinde yapılan çekim koşulları aşağıda özetlenmiştir:

Anod: Cu (Cu Kα=1.5418)	Kâğıt hızı: 2.5 cm/dk
Filtre: Ni	Duyarlılık: 4 x 10 ²
Gerilim: 40.kv	Zaman sabiti: 1sn
Akım: 18 mA ve 30 mA	Yarıklar: 1 - 0.1 mm
Goniometre hızı: 2 °/dk	Kâğıt aralığı (2θ): 3 - 35° (Yönlü çekim)
Goniometre hızı : 1 °/dk	: 3 - 70° (Yönsüz çekim)

2.1.2.4. Mineral Kimyası Analizleri

2.1.2.4.1. Taramalı Elektron Mikroskobu'nda (SEM) Mineral Kimyası Analizi ve Fotoğraf Çekimi için Örnek Hazırlanması

Kayaçlardan kesilen dilimlerden daha önce (Bölüm 2.1.2.1) anlatılan yöntemle ince kesitler hazırlanır ve bunların yüzeyi parlatılır. Analiz edilecek mineraller, mikroskop altında belirlenerek işaretlenir. İşaretleme için elmas uçlu objektif kullanılır. Bu şekilde analiz edilecek mineral daire içine alınır. Bu işlem tamamlandıktan sonra kesitlerin üzeri karbonla kaplanır ve elektron mikroprob (EMP) kimyasal analiz yapılır.

Ayrılmış kayaçların içerdiği kil minerallerinin SEM'de incelenmesi için kayaç örnekleri çekiçle kırıldı. Kırılan örneklerin bir yüzeyi düzgün hale getirilerek fotoğraf çekilecek olan diğer yüzeyi altınla kaplandı. SEM incelemeleri ve fotoğraf çekimleri Berlin Hür Üniversitesi (Almanya) SEM Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

2.1.2.4.2. Piritlerin Kimyasal Analiz için Hazırlanması

Toz haline getirilen saf pirit örneklerinden 1 g tartılarak cam behere konulur ve saf su ile ıslatılır. Bunun üzerine azar azar 10 mL derişik HNO₃ dökülür. Bu işlem sırasında köpürme olacağı için asit dikkatli ve yavaş bir şekilde dökülmelidir. Köpürme işlemi azalınca örnek teflon bombalara dökülür ve bombaların ağzı kapatılır. Daha sonra bombalar kapaklı demir kabın içine konulur ve demir kabın kapağında iyice kapatılır. Fırında 100 °C'de 12 saat bekletilir. Sonra fırından çıkarılır ve soğutulurak 50 ml'lik balon jodelere boşaltılır ve üzeri saf su ile tamamlanır, karıştırılır ve renginin açılması için bir süre bekletildikten sonra başka bir kaba alınarak analize hazır hale getirilir. Bu işlemin sonucunda Fe, Mn, Sb, As, Cu, Zn, Au ve Pb analiz edilir.

2.1.2.5. Diferansiyel Termik Analiz (DTA)

Kayaçlardan elde edilen killer kurutulduktan sonra, KTÜ MMF Jeoloji Mühendisliği Bölümü DTA laboratuvarında NETZSCH 404 model diferansiyel termik analiz cihazında analiz edilmiştir. Seramik kaba ~ 5 mg'lık kil örneği konularak 5 °C / dak ısıtma hızı ile 1100 °C'ye kadar ısıtılmıştır. Referans maddesi olarak Al₂O₃ kullanılmış olup, kâğıt hızı 120 mm / saat, aralık 0.05 mV, termo element PtRb - Pt'dir.

2.1.2.6. Tüm Kayaç Kimyası Analizleri için Örnek Hazırlanması

Ana, iz ve nadir toprak element analizleri için araziden derlenen örneklerin petrografik incelemeleri yapıldıktan sonra, kimyasal analizler için seçilmiş olanlardan yaklaşık 400 - 500 g'lık kayaç örnekleri önce çekiçle küçük parçalara bölünmüş, daha sonra çeneli kırıcıda dane boyları küçültülerek halkalı öğütücüde toz haline getirilmiştir.

2.1.2.6.1. XRF Aletinde Yapılacak Analizler için Örnek Hazırlanması

Toz halindeki örnekler ve standart agat havanda öğütülerek 110 °C'de 12 saat kurutulmuştur. Bu örnekler ve standarttan 6 g alınarak 1.5 g yapıştırıcı (Höchst, C - Wachs) ile iyice karıştırılıp alüminyum kalıplara dökülmüş ve hidrolik pres aletinde

sıkıştırılarak tablet haline getirilmiştir. Tablet halindeki toz örnekler, Berlin Teknik Üniversitesi (Almanya) XRF aletinde hem ana hem de iz elementleri için analiz edilmiş; sonuçlar sırasıyla yüzde (%) ve ppm ($\mu\text{g} / \text{g}$) cinsinden verilmişlerdir.

Friedrich - Schiller Üniversitesi Mineraloji Bölümü'nde (Jena - Almanya) XRF aletinde ana ve iz element analizi yapılacak toz halindeki örnekler agat havanda öğütülerek $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 12 saat kurutulmuştur. Ana element analizleri için cam tabletler, iz element analizleri için toz tabletler hazırlanmıştır. Cam tablet için, toz örnekten 400 mg alınarak buna 4000 mg (1 : 10) lityum tetraborat ilâve edilmiş ve bir cam çubukla iyice karıştırılmıştır. Karışım platin kab içine konarak eritilmiş ve soğumasına imkân vermeden ısıtılmış bir platin kalıba dökülmüştür. Dökerken homojen bir karışım sağlamak için platin kap çalkalanmalıdır. Toz tablet için, toz örnekten 6 g tartılarak 1 g (6 : 1) tutturucu (Höchst Wachs C) ile iyice karıştırılıp alüminyum kalıplara dökülmüş ve hidrolik preste sıkıştırılarak tablet haline getirilmiştir.

2.1.2.6.2. ICP ve AAS ileYapılacak Kimyasal Analizler için Örnek Hazırlanması

Öğütülmüş kayaç örneklerinden ve standart örnek/örneklerden 0.20 - 0.25 g alınır ve teflon bombalara konulur. Toz numune uçmasını diye örnekler az miktarda saf su ile ıslatılır. Üzerine sırasıyla 2 mL % 65'lik HNO_3 , 3 mL % 36'lik HCl ve 2 mL % 48'lik HF dökülerek teflon bombaların kapağı kapatılır ve $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 10 - 12 saat fırında bekletilir. Bu işlemin sonucunda örnekler fırından alınır, üzerindeki çelik bloklar çıkarılarak teflon kapların kapağı açılır ve kapakta kalan örnek saf su ile yerine ilâve edilir. Daha sonra teflon kapların üzerine delikli beyaz bloklar ve bunun da üzerine diğer çelik blok konularak vidayla sıkıştırılır ve çeker ocakta 1.5 saat bekletilir (örnekler soğuk ise fırın $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye ayarlanır). Sonra 1:2 oranında seyreltilmiş % 65'lik HNO_3 ile teflon kapların yarısına kadar doldurulur ve $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 1 saatte buharlaştırılır. Bu işlemin sonrasında üzerine tekrar 3 mL HNO_3 dökülür ve 50 mL'lik cam balonlara aktarılarak üzeri saf su ile tamamlanır. Örnekler ICP'de analiz edilmeye hazırdır. Hazırlanan örnekler, Berlin Hür Üniversitesi'nde (Almanya) ICP aletinde, bazı (Cu, Zn, Co, Ni) iz elementler için analiz edilmiştir.

Örneklerdeki As, Hg, Au ve Sb elementlerini AAS'de analiz etmek için tekrar örnek hazırlamak gerekir. Bunun için 1 g örnek tartılır ve 50 mL'lik behere konulur. Örnek, bir miktar saf su ile ıslatılır. Üzerine 20 mL Kral Suyu (3 HCl + 1 HNO_3) dökülür ve içine

kariştırmak için ~1.5 cm'lik çubuk konur. Daha sonra hazırlanan bu karişım titreşimli masada 300 devirde 24 saat bekletilir. Bunun sonucunda örnekler 50 ml'lik cam balonlara boşaltılır ve üzeri saf su ile tamamlanır. Hazırlanan ozeltinin renginin berraklaşması (yani bulanık halden kurtulması) için bir süre bekletilir. İçindeki maddeler kp, rengi berraklaşınca diğer kaplara boşaltılarak analize hazır hale getirilir.

2.1.2.6.3. ICP - MS Aletinde Yapılacak Analizler için rnek Hazırlanması

Örneklerin bazı iz (Sr, Nb, Ta, Tl) ve nadir toprak element (NTE) analizleri ACME (Canada) analitik kimya laboratuvarında ve Yerbilimleri Araştırma Merkezi'nde (Potsdam - Almanya) Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry (ICP - MS) yöntemiyle yapılmıştır. ACME analitik kimya laboratuvarında, toz haline getirilmiş rnelere 3 mL / g oranında asit karişımı (ACS derecesinde konsantre HCl, konsantre HNO₃ ve saf suyun 2:2:2 oranında karişımı) ilâve edilir ve 1 saat sıcak su (90 - 95 C) banyosunda bekletilir. Daha sonra ozelti 20 : 1 mL / g oranında seyreltilir ve filtre edilir. Analizler, Jenner vd. (1990) ve Longerich vd. (1990) tarafından öngörülen yönteme göre yapılmıştır

Yerbilimleri Araştırma Merkezi'nde (Potsdam - Almanya) ICP - MS aletinde analiz edilecek iz ve NTE analizleri Dulski, 2001'e göre hazırlanmıştır. Bu yöntemde, toz haline getirilmiş kayaç ve standart örneklerden 100 mg tartılarak teflon bombalara konulur. Örnekler birkaç damla saf su ile nemlendirilir. Sırasıyla 3 mL HF (23 mol l⁻¹) ve 3 mL HClO₄ (12 mol l⁻¹) ilâve edilerek teflon bombaların kapağı kapatılır. 180 C'de 16 saat fırında bekletilir. Bu işlemin sonucunda örnekler fırından alınır ve üzerindeki elik bloklar çıkarılarak teflon kapların kapağı açılır ve kapakta kalan örnekler saf su ile yerine ilâve edilir. Daha sonra bunların üzerine delikli beyaz bloklar ve bunun da üzerine diğer elik blok konularak vidayla sıkıştırılır ve çeker ocakta 180 C'de yaklaşık 4 saat bekletilir. Bu sürenin sonunda örnekler hemen hemen kurummuştur. Üzerlerine 5 mL HCl (10 mol l⁻¹) ilâve edilerek tekrar 180 C'de başlangıçtaki kuruluğa kadar (yaklaşık 2 saatte) buharlaştırılır. Bu işlemin sonrasında, kalan nemli örnekler üzerine tekrar 5 mL HCl (10 mol l⁻¹) dklerek teflon kapların kapağı kapatılır ve 130 C'de 12 saat bekletilir. Daha sonra ozelti 180 C'de yaklaşık 2 saatte buharlaştırılarak örnekler başlangıçtaki kuruluğa getirilir. Sıcak rnelere 2 mL HCl (10 mol l⁻¹) ve 10 mL saf su ilâve edilerek 50 mL'lik cam balonlara aktarılır ve üzeri saf su ile tamamlanır. Sonuçta berrak ve açık renkli, analize hazır ozelti elde edilmiş olur.

2.1.2.6.4. Ateşte Kaybın Belirlenmesi

Kayaçlardaki S ve C analizleri Berlin Hür Üniversitesi'nde (Almanya) LECO marka aletle analiz edilmiştir. S ve C analizi için öncelikle standartları hazırlanır. % 1'lik S ve %'lik 2 C standartını hazırlamak için; 0.364 g BaSO₄, 0.8334 g CaCO₃ ve 3.8026 g kuvars tartılır ve akik havanda karıştırılır. Daha sonra kullanılmak üzere bir kaba koyulur. Toz halindeki örnekler ısıya dayanıklı küçük kaplara konularak fırında 500 °C'de 1 saat bekletilir. Bu işlemin sonucunda, örneklerin nem almasını önlemek amacıyla cam desikatöre konulur. LECO'da analiz yaparken, alet önce standartla temizlenir ve alete standart okutulur. Bu işlem için temiz teflon kaba 1 ölçü kaşığı Fe tozu koyulur ve aletin dara kısmına yerleştirilir. Sonra üzerine 0.1 g standart konulur ve daradan alınır. Bunun üzerine sırasıyla 1 ölçü kaşığı Sn tozu ve 1 ölçü kaşığı W tozu dökülerek aletin içine yerleştirilir ve yüksek ateşte yakılarak açığa çıkan C ve S gazı sıvılaştırılarak alet tarafından ölçülür ve sonuç % olarak verilir. Bu şekilde standart üç defa alete okutulur ve analize hazır hale gelir. Bundan sonra örnekler analiz edilmeye başlanır. Örneklerin analiz edilmesinde standart için yapılan işlemin aynısı tekrarlanır. Her 15 ölçümde bir, standart okutularak alet kontrol edilir.

Toz örnekler teflon kaplara konularak yaklaşık 110 °C'de 24 saat süreyle fırında kurutulur. Sonra bunlar tartılarak ağırlıkları bulunur. Bundan sonra 1000 °C'de yaklaşık 1 saat fırında bekletilir. Daha sonra nemlenmesini önlemek için desikatöre alınarak tekrar tartılır ve ağırlıkları bulunur. İki tartı arasında farkın % si alınarak örneklerin ateşte kaybı (AK) tespit edilmiş olur. Kayaçların AK değerleri Berlin Hür Üniversitesi'nde belirlendi.

2.1.2.7. pH Ölçümleri için Örnek Hazırlanması

Örnekler, Keller'in (1990) önerdiği yöntemle göre hazırlanmıştır. Bunun için, toz halindeki kayaç ve kil örneklerinden 10'ar g alınarak plastik tüplere konulmuş ve üzerine 50 mL saf su ilâve edilmiştir. Örnekler sürekli karıştırılarak sırasıyla 2, 4, 24 ve 48 saat bekletilerek pH ölçümleri yapılmıştır. pH metre ile ölçüme başlamadan önce alete standartlar (pH = 4 ve pH = 9) okutularak ayarlanır. Her 10 ölçümde bir, standartlar okutularak aletin ayarı kontrol edilir. Örneklerin pH ölçümleri Berlin Hür Üniversitesi'nde (Almanya) yapılmıştır.

2.1.2.8. Duraylı İzotop Analizleri

Kayaçlardan kil ayırma yöntemi ile killer alınmış ve difraktogramları çekilerek saf olup olmadıkları kontrol edilmiştir. İlit olarak belirlenen killerden D ve ¹⁸O izotop analizleri yapılmıştır. İlitlerde D ve ¹⁸O izotop analizleri Actlabs Laboratuvarı'nda (Kanada) yaptırılmıştır. D ve ¹⁸O izotop analizleri için standart olarak SMOW (Standart Mean Ocean Water) kullanılmıştır. Bu yöntemin doğruluğu \pm % 0.1'dir.

2.1.2.9. K - Ar Yöntemi ile Yaş Analizi

İlit minerallerinden K - Ar radyojenetik izotop analizleri yapılarak yaşları belirlenmiştir. İlitlerin radyojenetik izotop analizleri Actlabs Laboratuvarı'nda (Kanada) yaptırılmıştır. Ar, Varian CH5 mıknatıslı yeniden düzenlenmiş magnetik sektör kütle spektrometresi (Reinolds Model) ve K, Thermo Jarrell Ash Enviro II ICP Spektrometresi'nde analiz edilmiştir.

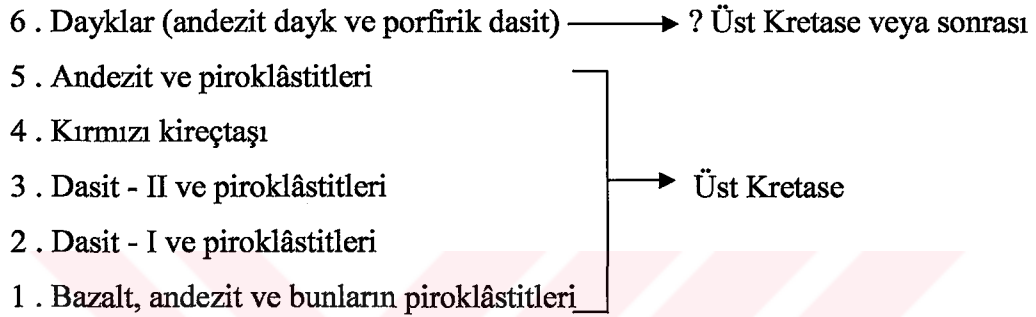
2.1.3. Büro Çalışmaları

Arazi ve laboratuvarda elde edilen tüm veriler, büro çalışmaları sırasında değerlendirilmiştir. Jeolojik harita ve kesitler çizilerek bilgisayara aktarılmış ve çizim programları kullanılarak çizilmişlerdir. Kimyasal analizler çeşitli paket programlar yardımıyla değerlendirilmiş, grafik ve tabloları oluşturulmuştur. Sonuçta, tüm veriler birlikte değerlendirilerek yorumlanmış ve tez yazımı gerçekleştirilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. İnceleme Alanının Stratigrafi ve Petrografisi

İnceleme alanı Zigana Dağı'nın kuzey kesiminde, volkanitlerin egemen olduğu yaklaşık 80 km²'lik bir alanı kaplar. Bu alanda yüzeyleyen Geç Kretase yaşlı kayaçların gençten yaşlıya doğru stratigrafik dizilimi ve litolojisi şu şekildedir (Şekil 3.1):

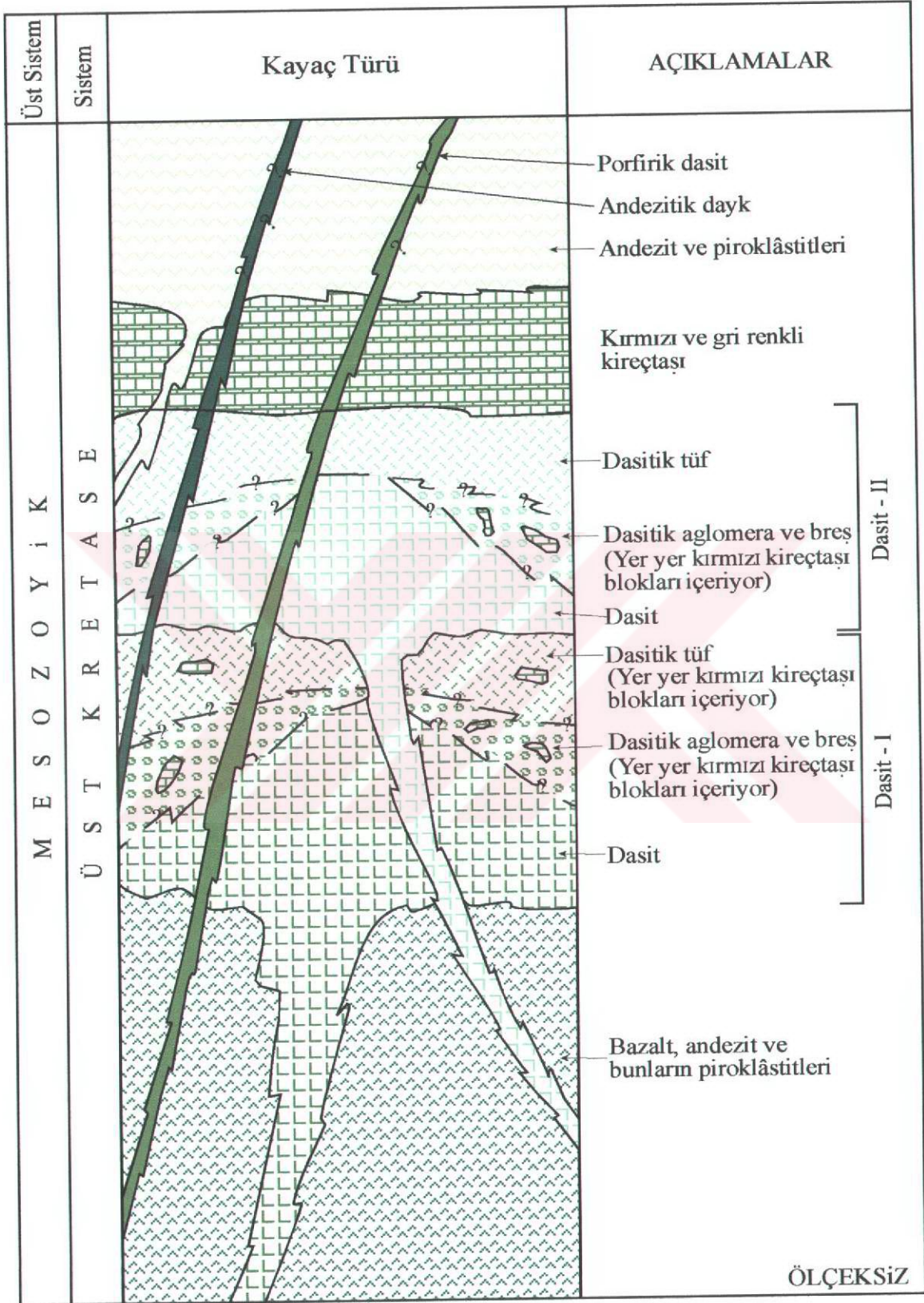


Birimlerin aynı yaşlı olmalarına karşılık, bu yaş dilimi içerisinde andezit - dasit oluşumlarının görülmesi bölgede hakim olan bimodal volkanizmanın bir sonucudur (Korkmaz, 1993). Volkanitlerin piroklastları fazla ve bunlar ara seviyeler halinde kalınlığı 10 - 20 m arasında değişen ve dar alanlarda yayılım gösteren kırmızı ve gri renkli kireçtaşları içermektedir. Dolayısıyla, volkanitler denizaltı volkanizmasının ürünüdürler.

3.1.1. Bazalt, Andezit ve Bunların Piroklâstilerinin Stratigrafi ve Petrografisi

Macikon, Köstere, Dokuzgöze mahalleleri ve Kalkanlı Köyü civarında yüzeyleme veren (EK 1) ve kalınlığı 1 - 1.5 m ve 10 - 20 m arasında değişen koyu kırmızımsı renkli kireçtaşı (biyomikrit) olistolitleri içeren birim; bazalt, andezit ve bunların piroklâstlarından oluşmaktadır. Güven (1993) tarafından Çatak Formasyonu diye adlandırılan bu kayaçlar MTA ve JICA (1985) tarafından Zigana Formasyonu diye adlandırılan birimin tabanını oluşturmaktadır.

Bazalt, andezit ve bunların piroklâstlarından oluşan birim, arazide koyu gri, yeşil, siyahımsı ve kahverengimsi renklere görülmektedir (Şekil 3.2). Genel olarak kırıklı ve ayrılmış olan kayaç yer yer soğan kabuğu şeklinde yapılar (eksfoliasyon) gösterir.

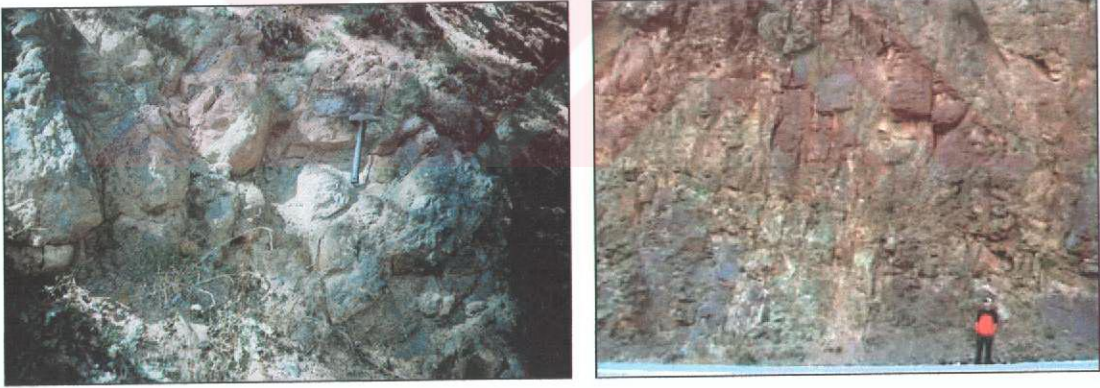


Şekil 3.1. Zigana Dağı (Torul - Gümüşhane) ve çevresindeki bölgeye ait genelleştirilmiş dikme kesit.

Petrografik incelemeler sonucu bazaltlarda mikrolitik porfirik, ufak kristalli porfirik, akıntı, boşluklu ve breşik dokular belirlenmiştir (Şekil 3.3). Birincil mineral olarak en fazla plajiyoklas daha az olarak ojit ve amfibol bulunmaktadır. Klorit, serizit, karbonat ve epidot ikincil mineralleri oluşturmaktadır. Opak minerallerden manyetit ve pirit birincil; hematit, limonit ve götit ikincil olarak bulunmaktadır (Şekil 3.4).

Andezitlerde ufak kristalli porfirik, mikrolitik porfirik, nadiren glomeroporfirik, elek, breşik ve camısı dokularla karakteristik oldukları gözlenmiştir (Şekil 3.3). Mineralojik olarak en fazla plajiyoklas, daha az oranlarda amfibol ve biyotit bulunmaktadır. Ayrışma ürünü olarak kloritleşme, silisleşme, serizitleşme, kalsitleşme, hematitleşme ve limonitleşme yaygındır. Manyetit, pirit, hematit ve limonit opak mineralleri oluşturmaktadır.

Plajiyoklaslar iki nesil halinde, hem iri kristaller hem de hamurda mikrolitler şeklinde bulunmaktadır. İri plajiyoklas kristalleri minerallerin % 60 - 75'ini oluşturmakta olup, öz ve yarı öz şekilli, yaygın olarak serizitleşmiş, silisleşmiş ve daha az oranda kalsitleşmiştir. Bazı plajiyoklas kristallerinde polisentetik ikizlenmeler belirlenmiştir (Şekil 3.3a, g ve h).

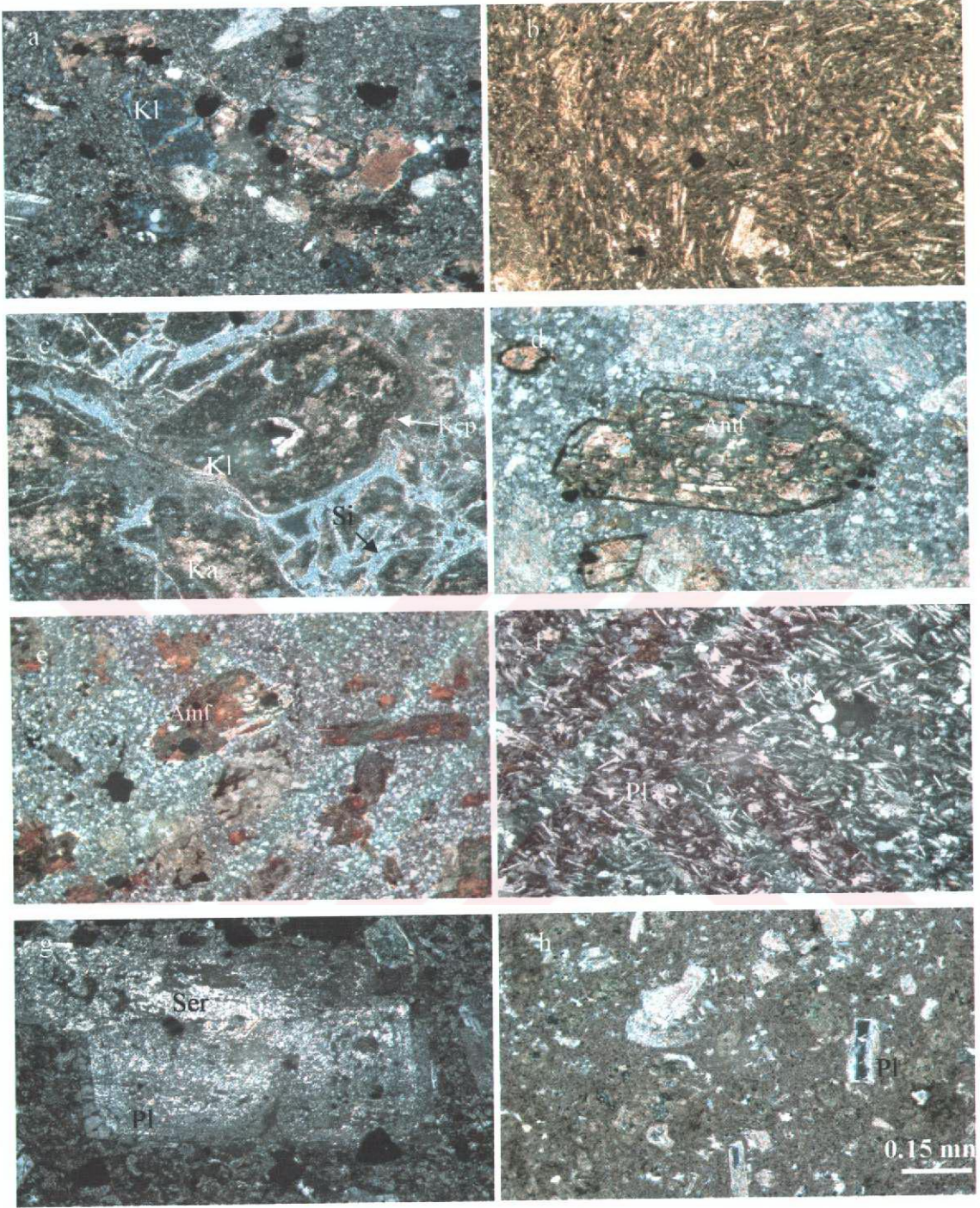


Şekil 3.2. Zigana civarında gözlenen andezitik aglomeraların (a) ve Köstere civarındaki andezitlerin (b) arazideki görünüşleri.

Amfiboller iri, öz ve yarı öz şekilli olarak bulunmakta ve minerallerin % 20 - 30'unu oluşturmaktadır. Çoğunlukla kloritleşme ve kalsitleşme türünde ayrışma göstermekte ve bazılarının etrafında opak mineral oluşumları bulunmaktadır (Şekil 3.3d ve e).

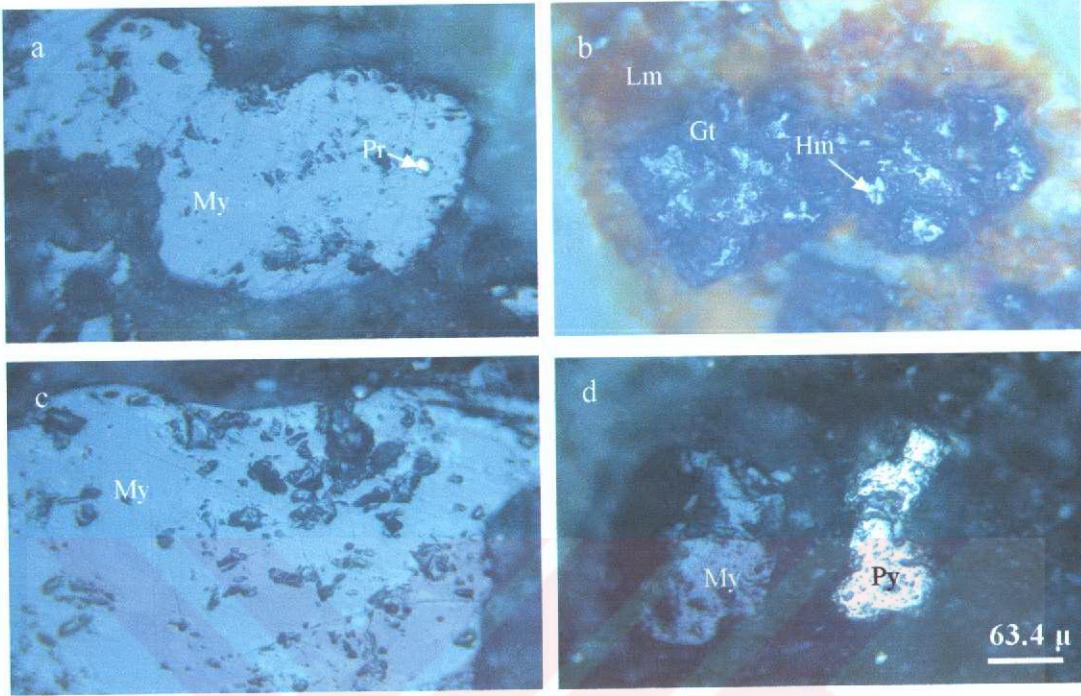
Ojitler öz ve yarı öz şekilli, hem büyük hem de küçük kristaller halinde ve kırıklıdırlar. Kırıklar boyunca kloritleşme ve kalsitleşme gelişmiştir.

Biyotitler az oranda ve ayrışmış olarak bulunmaktadır.



Şekil 3.3. Zigana ve çevresindeki bazalt (b ve d) ve andezitlerin (a, c, e, f, g ve h) ince kesitte, çift nikoldeki görünüşleri. a) Glomeroporfirik doku (Örn. Nu.: 73), b) Akıntı doku (Örn. Nu.: 338), c) Breşik doku (Örn. Nu.: 345), d) Ayrılmış amfibollerin görünümü (Örn. Nu.: 517), e) Ufak kristalli porfirik doku (Örn. Nu.: 77), f) Mikrolitik ve sferolitik doku (Örn. Nu.: 470), g) Elek dokusu (Örn. Nu.: 112), h) Ufak kristalli porfirik doku (Örn. Nu.: 109). Pl: Plajiyoklas, Amf: Amfibol, Sf: Sferolit, Si: Silis, Ser: Serizit, Kl: Klorit, Ka: Kalsit, Kçp: Kayaç parçası

Hamurun kayadaki oranı % 55 - 95 olup, plajiyoklas, amfibol, ojit, biyotit ve opak minerallerden, bazen de camdan oluşmaktadır.



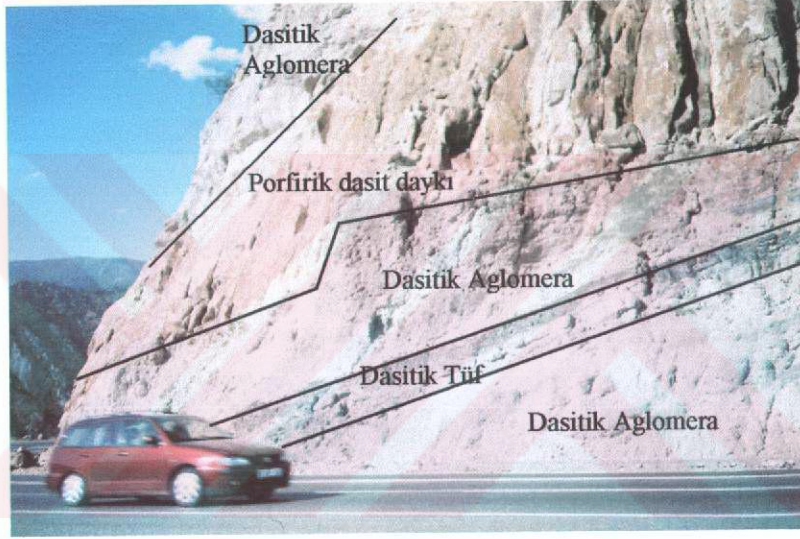
Şekil 3.4. Bazalt (c ve d) ve andezitlerde (a ve b) bulunan opak minerallerin mikroskopta tek nikolde görünüşleri. a) Manyetit içinde pirotin minerali (Örn.Nu.: 109), b) Hematit ve limonitleşme (Örn. Nu.: 481), c) İri manyetit minerali (Örn.Nu.: 517), d) Öz şekilsiz manyetit ve pirit minerali (Örn. Nu.: 267), My: Manyetit, Py: Pirit, Hm: Hematit, Lm: Limonit, Pr: Pirotin, Gt: Götit

3.1.2. Dasitik Kayaçlar ve Bunların Piroklâstitlerinin Stratigrafisi ve Petrografisi

İnceleme alanında Bekçiler, Kılıçkaya, Mahala Güzlesi, Akıncı ve Mahmutlu mahalleleri, Öksürük Sırtı, Zigana, Komlar, Barutçu, Kıranoba ve Çukur yaylaları mevkiinde yüzeyleyen kayaçlar, tabanı oluşturan bazalt ve andezitlerin üzerine gelmekte ve yer yer kırmızı kireçtaşı blokları içermekte olup, andezit dayk ve dasit porfirler tarafında kesilmektedirler (Ek 1). Dasitler yer yer kolonsu yapı göstermekte olup, çoğunlukla aglomera ve tüflerden oluşmaktadır (Şekil 3.5). Dasitlerde genelde beyaz, beyazımsı sarı, grimsi, açık pembemsi, yeşilimsi beyaz ve açık yeşil yüzey renklerine sahip olup, pirit içeriğinin fazla olduğu yerlerde sarımsı ve kahverengimsi sarı bir görünüm

sunmaktadırlar. Birime pirit içeriğinden dolayı abartılı olarak “cevherli dasit” de denilmektedir (Aslaner vd., 1982). Dasitler, genel olarak kırıklıdır.

Dasit, dasitik aglomera ve dasitik tüflerin petrografik incelemeleri sonucu çoğunlukla mikrolitik porfirik, ufak kristalli porfirik, daha az oranda da sferolitik, glomerofirik, camsı ufak kristalli ve sinosis dokulara sahip oldukları tespit edilmiştir (Şekil 3.6). Kayaç içerisinde birincil mineral bileşenleri olarak kuvars, plajiyoklas, sanidin, amfibol, muskovit, biyotit, zirkon, rutil, pirit, kalkopirit ve kalkozin gözlenmiştir. Hamur kuvars, plajiyoklas, sanidin, biyotit ve piritlerden oluşmaktadır. İkincil mineral olarak serizit, kuvars, klorit, karbonat ve hematit bulunmaktadır.

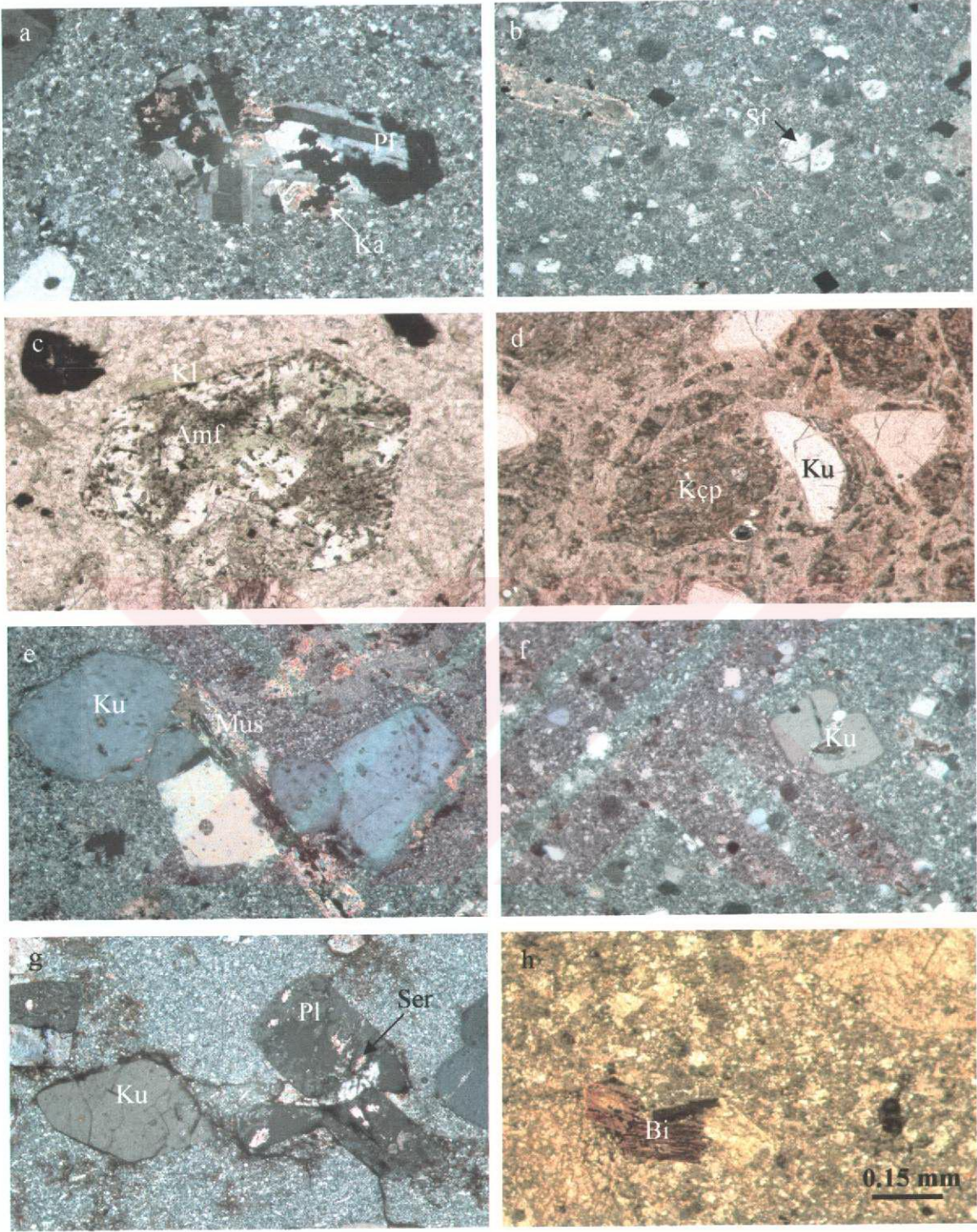


Şekil 3.5. Tumbi civarında gözlenen Dasit - I'nin piroklâstları ve porfirik dasitin arazideki görünümü.

Kuvarslar hem iri hem de hamurda küçük kristaller halinde bulunup, genellikle öz, yarı öz ve öz şekilsiz olarak görülmektedir. İri kuvars kristalleri kısmen hamur tarafından yenmiştir (Şekil 3.6e ve f). Ayrıca damarlar boyunca gelişmiş ikincil kuvarslar da mevcuttur.

Plajiyoklaslar iri ve küçük kristaller halindedir ve genellikle serizitleşmişlerdir (Şekil 3.6a ve e). İri plajiyoklas mineralleri bazı dasit örneklerinde bir araya toplanarak glomeraporfirik dokuyu (Şekil 3.6a) oluşturmuşlardır. Ayrıca ikiz düzlemlerinin izleri ve kırıklar boyunca kloritleşme, silisleşme ve kalsitleşme göstermektedirler.

Sanidin mineralleri daha az miktarda ve iri, öz ve yarı öz şekilli olarak bulunmaktadır. Bazılarında karlsbad ikizi mevcut olup, yaygın olarak serizitleşme

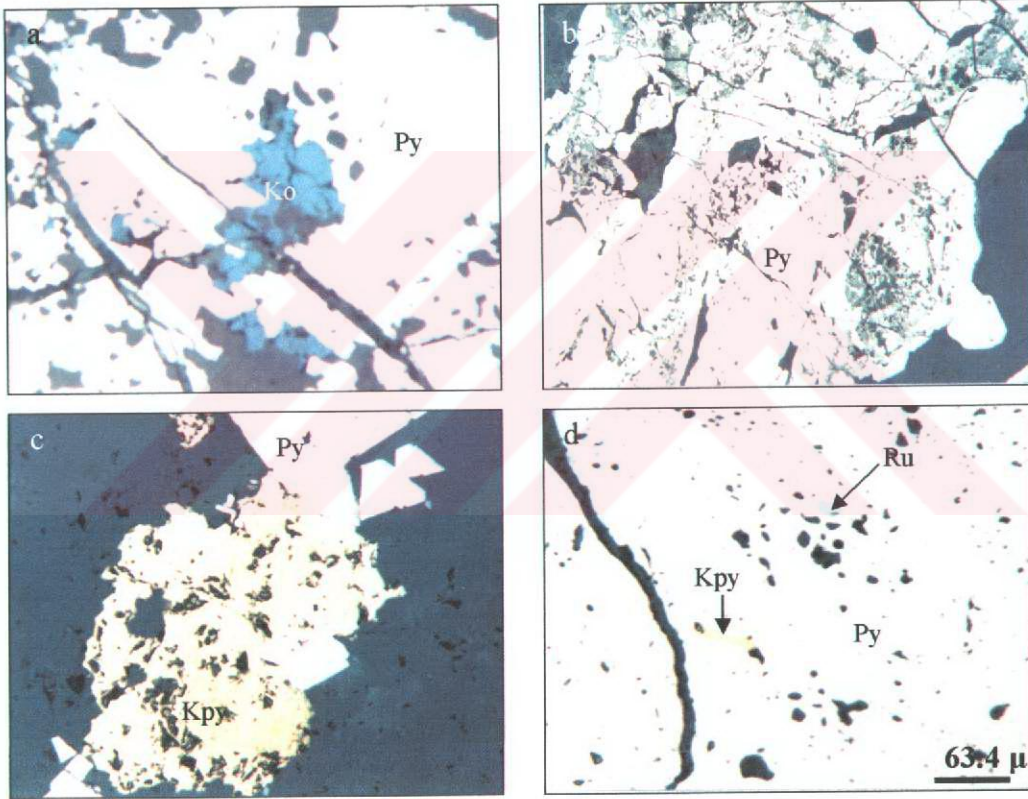


Şekil 3.6. Dasit (a, b, e, f, g ve h) ve piroklâstillerinin (d) mikroskopta çift ve tek nikeldeki görünüşleri. a) Glomerofirik doku (Örn. Nu.: 50, + N), b) Sferolitik doku (Örn. Nu.: 65, + N), c) Kloritleşmiş amfibol (Örn. Nu.: 301, // N), d) Litik kristal tuf (Örn. Nu.: 25, // N), e) ve f) Ufak kristalli porfirik doku (Örn. Nu.: 310 ve 448, + N), g) Ufak kristalli doku ve sinosis doku (Örn. Nu.: 528, + N), h) Bükülmüş biyotit (Örn. Nu.: 431, + N). Ku: Kuvars, Mus: Muskovit, Bi: Biyotit diğer simgeler Şekil 3.3 ile aynı.

görülmektedir. Çoğunlukla iri, öz ve yarı öz şekilli olan amfibol mineralleri kloritleşme, silisleşme, kalsitleşme ve opak mineral içerirler (Şekil 3.6c).

Muskovitler iri ve çoğunlukla ayrılmış olarak bulunmaktadır. Ayrışma sonucu kloritleşme, kalsitleşme ve opak mineraller oluşmuştur (Şekil 3.6b ve e). İncelenen kesitlerde çok az oranda biyotitler var ve bunların bir kısmı ayrılmıştır. Ayrıca biyotitlerin çok az bir kısmı bükülmüş şekildedir (Şekil 3.6h). Muskovit ve biyotitler hafifçe yönlenme göstermektedir. Zirkon ve rutil mineralleri ise eser oranda bulunmaktadır.

Öz ve yarı öz şekilli pirit, kalkopirit ve kalkozinler opak mineralleri oluşturmaktadır (Şekil 3.7). Piritler kırıklı ve bozmuşlardır (Şekil 3.7a ve b).



Şekil 3.7. Zigana ve çevresindeki dasit (c ve d) ve piroklâstitlerinde (a ve b) bulunan opak minerallerin parlatılmış kesitteki görünüşleri. a) Pirit içerisinde kovelin minerali (Örn. Nu.: 134a), b) Bozmuş pirit minerali (Örn. Nu.: 134a), c) Pirit etrafında kalkopirit (Örn. Nu.: 76), d) Pirit içinde kalkopirit ve rutil mineralleri (Örn. Nu.: 77b). Ko: Kovellin, Py: Pirit, Kpy: Kalkopirit, Ru: Rutil

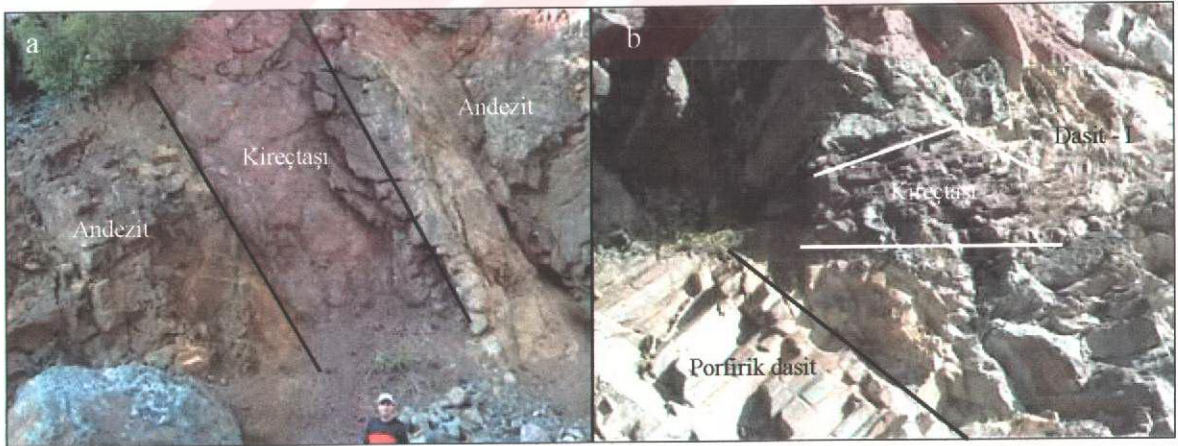
Dasitlerde gözlenen ayrışma, serizitleşme, silisleşme, kloritleşme, kaolinleşme, hematitleşme ve limonitleşme şeklindedir. Kırık zonlarının bazıları masif pirit, kil ve

kükürt dolguludur. Dasitler, genel olarak çok ayrılmış olduklarından makro ve mikro olarak birbirinden ayırt edici bir fark bulunamamıştır. Ancak, kimyasal özelliklerinden, dasitlerin farklı olduğu ve iki gruba ayrıldığı anlaşılmıştır.

Dasitik aglomeralar ve tüfler ayrılmadan aşırı etkilenmişlerdir. Tüflerin (litik kristal ve cam kristal tüfler) az ayrılmış olanlarında kayaç parçaları, kuvars ve plajiyoklas belirlenmiştir. Tüflerdeki kuvars ve plajiyoklaslar çatlaklı ve kenarları yenmiştir. Plajiyoklaslarda serizitleşme ve karbonatlaşma görülmektedir.

3.1.3. Kırmızı Kireçtaşı

Birim inceleme alanında Akıncı ve Mahmutlu mahalleleri ve Tumbi Mevkî'nde yanal devamlılık göstermeyen yersel küçük yüzlekler halinde izlenir (Şekil 3.8). Taşboğazı Yaylâ yöresinde geniş bir yayılıma sahiptir. İnce - orta katmanlı bir yapıya sahip olan kireçtaşlarının kalınlıkları 1 - 20 m arasında değişir. Ayrışma yüzeyi rengi koyu gri - kahverengi, taze kırık yüzeyi kırmızı - şarabî renkte olan birim oldukça homojen bir yapıya sahiptir. Yer yer gelişen ikincil çatlaklar ikincil kalsitle doldurulmuştur. Ayrıca bazı örneklerde stilolitler gelişmiştir.



Şekil 3.8. Köstüre Köyü civarındaki andezitler (a) ve Savaşlı Mahallesi civarındaki Dasit-I (b) içinde bulunan kırmızı kireçtaşlarının arazideki görünümleri.

Kırmızı kireçtaşlarının mikroskopik özellikleri şöyledir (Şekil 3.9):

Biyoklastlar: Çoğunlukla iyi korunmuş, ender olarak kırılmış üyelerden oluşan bu bileşenler tümüyle pelajik karakterli organizmalardan oluşmuştur

(*Marginotruncana pseudolinneiana* (PESSAGNO), *Marginotruncana* sp., *Radiolaria* sp., *Globigerinelloides* sp., *Dicarinella* sp., *Ticinella* sp.; % 15).

Matriks: Mikrit

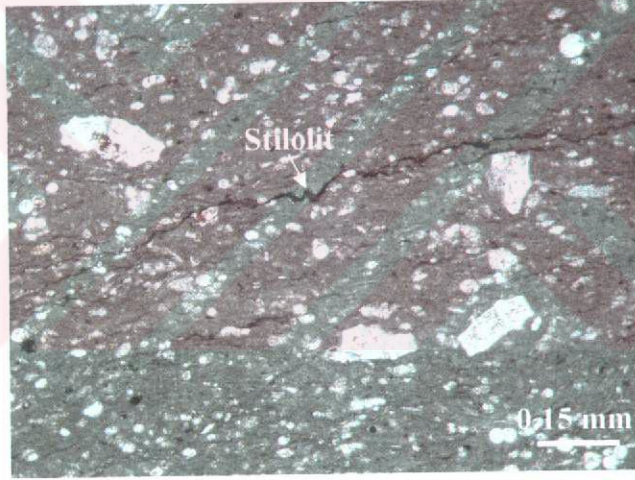
Enerji seviyesi: Düşük

Ortam: Derin deniz

Kayaç adı: Biyomikrit (Folk, 1962); Vaketaşı (Dunham, 1962)

Birimin Yaşı: Birimden elde edilen mikrofosillere (*Marginotruncana pseudolinneiana*, *Marginotruncana* sp., *Radiolaria* sp., *Globigerinelloides* sp., *Dicarinella* sp. ve *Ticinella* sp.) dayandırılarak Turoniyen - Santoniyen yaşı verilmiştir (Fosil tanımlama ve yaş tayini Dr. Sibel ÖZGÜR, KTÜ tarafından yapılmıştır).

Ayrıca, bazı kırmızı kireçtaşı ince kesitlerinde stilolitlerin varlığı tespit edilmiştir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Uçurum Tepe'den alınan kireçtaşı örneğinin ince kesitteki görünümü (Örn. Nu.: 503, // N).

3.1.4. Andezit ve Piroklâstitlerinin Stratigrafi ve Petrografisi

Çalışma alanında Çukur Yaylâ civarında mostra veren birim, arazide fazla yayılım göstermemektedir (Şekil 3.10). Birim, andezit ve bunların piroklâstlarından ibaret olup, grimsi - siyah renklidir. Çalışma alanında tabanda gözlenen bazalt, andezit ve bunların piroklâstları ilâ dasitlerin üstünde bulunan andezitler arasında makroskobik ve mikroskobik olarak bir fark yoktur.



Şekil 3.10. Çukur Yâyla civarındaki andezitin görünümü.

Birim, sahadaki diğer birimler gibi yaygın olarak klorit, serizit, karbonat ve daha az olarak silisleşme türünde ayrışmalar göstermektedir.

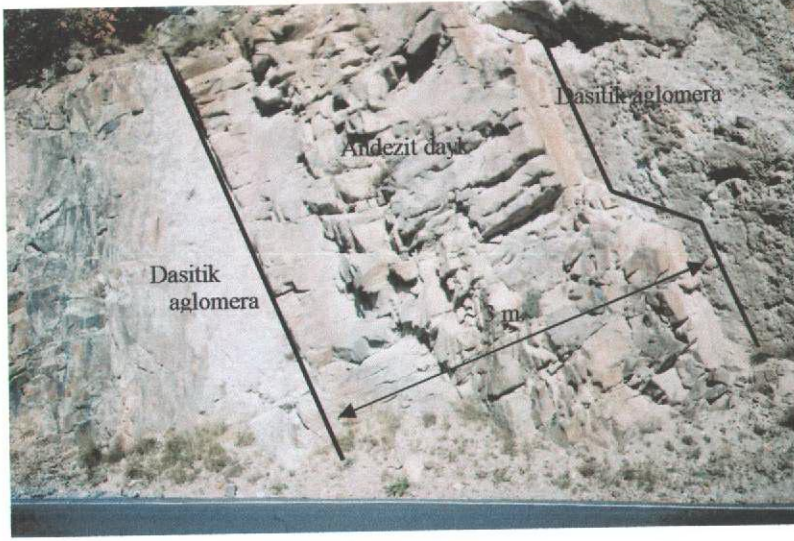
3.1.5. Dayklar

Çalışma alanında yüzeyleyen dayklar, petrografik açıdan andezitik dayklar ve porfiri dasit dayklar olmak üzere iki türdedir. Aşağıda bunların petrografisi ve mineralojileri verilmiştir:

3.1.5.1. Andezitik Daykların Stratigrafi ve Petrografi

Andezitler Mahala Güzlesi, Macikon Mahallesi ve Zigana Tüneli civarında mostra vermektedir (EK 1). Birim, esas olarak dasitleri kesmekte olup KB ve KD uzanımlı dayklar halinde görülmektedir (Şekil 3.11). Arazide koyu yeşilimsi siyah renkleriyle tanınırlar.

Dayklar ufak kristalli porfirik, camsı ve elek dokularla karakterize olmaktadır (Şekil 3.12). Plajiyoklas ve ojit birincil mineralleri, muskovit ve kuvars ikincil mineralleri oluşturmaktadır. Opak mineral olarak manyetit, pirit ve rutil bulunmaktadır.



Şekil 3.11. Dasitik aglomeraları andezit daykının arazideki görünümü

Plajiyoklaslar iki nesil halinde, hem iri kristaller hem de hamurda mikrolitler şeklinde bulunmaktadır. İri plajiyoklas kristalleri minerallerin % 50 - 65'ini oluşturmaktadır olup, öz ve yarı öz şekilli, yaygın olarak serizitleşmiş (Şekil 3.12c), silisleşmiş ve daha az oranda kalsitleşmiştir. Bazı plajiyoklas kristallerinde polisentetik ikizlenmeler belirlenmiştir (Şekil 3.12b).

Ojitler iri, öz ve yarı öz şekilli olarak bulunmakta ve iri kristallerin % 30 - 40'nı oluşturmaktadır. Çoğunlukla kloritleşme ve kalsitleşme türünde ayrışma göstermekte ve bazılarının etrafında magma opak mineral oluşumları bulunmaktadır (Şekil 3.12d). Ojitlerde ayrışma daha çok kırıklar boyunca gelişmiştir.

Opak mineraller manyetit, pirit ve rutilden oluşmaktadır (Şekil 3.13). Rutil, manyetitlerin kenar ve kırıkları boyunca gelişmiştir. Andezitlerde genel olarak killeşme, serizitleşme, silisleşme, kloritleşme, hematitleşme, limonitleşme şeklinde ayrışma belirlenmiştir.

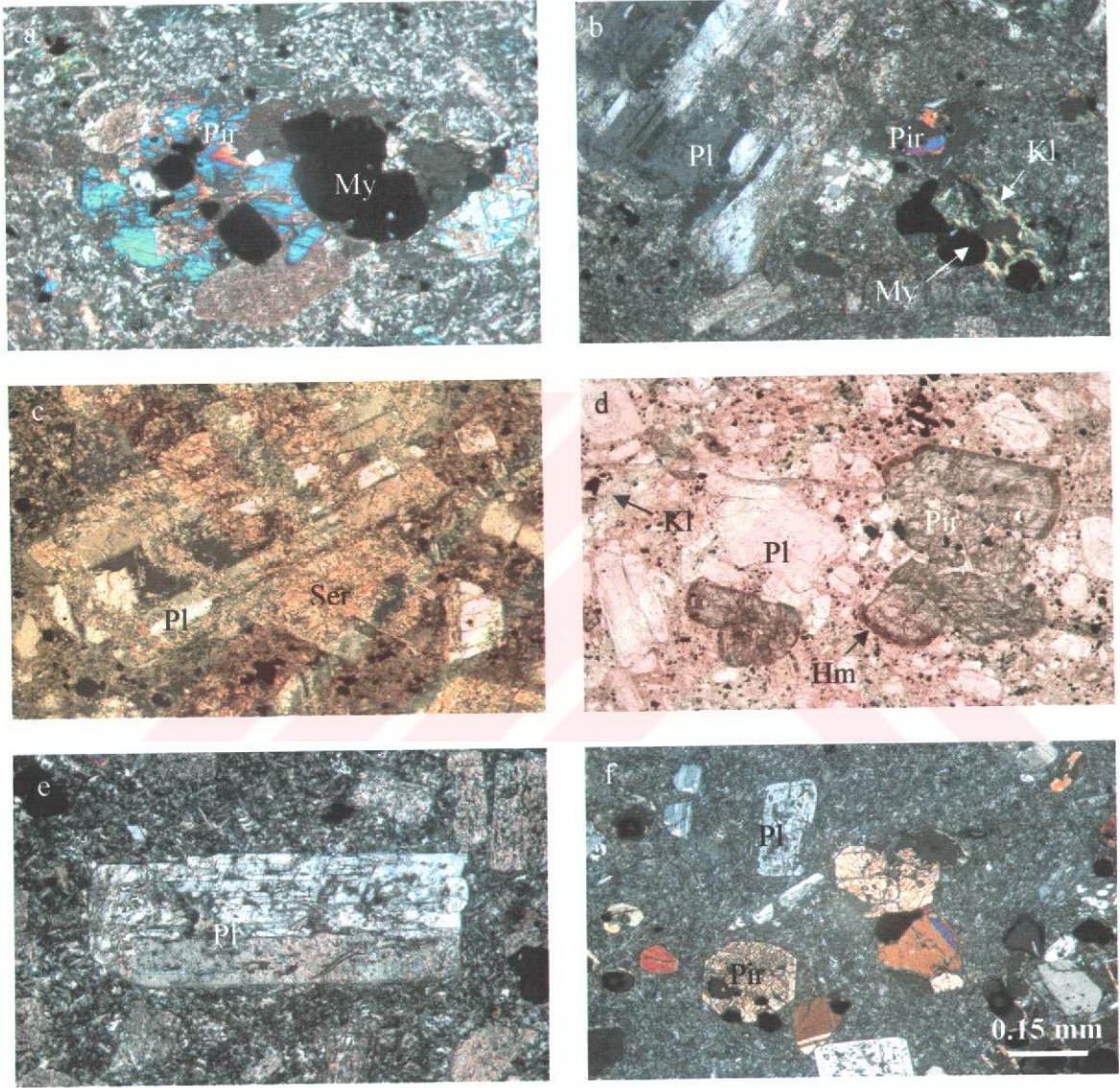
Hacimsel açıdan kayacın % 30 - 45'ini oluşturan hamur plajiyoklas, ojit ve opak minerallerden, bazen de camdan oluşmaktadır.

3.1.5.2. Porfirik Dasitlerin Stratigrafi ve Petrografi

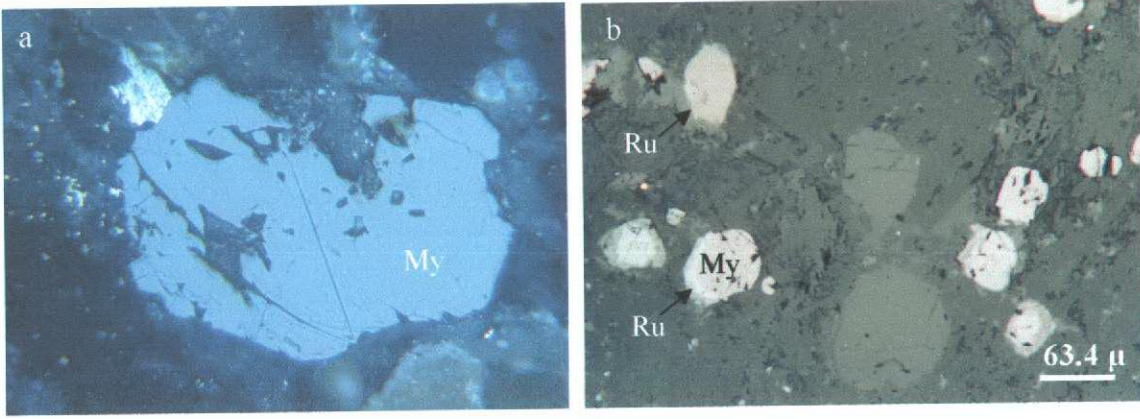
Porfirik dasitler, Balitane ve Mahmutlu mahalleleri civarında mostra verirler (EK 1). Hem bazalt ve andezitleri hem de dasitleri kesmekte olan bu dayklar, KB ve KD

uzanımlıdır; kolonsu yapı gösterirler (Şekil 3.14).

Mikroskopik incelemelerde, ufak kristalli porfirik, camsı ve sferolitik dokular belirlenmiştir (Şekil 3.15). Mineral olarak en fazla kuvars ve plajiyoklas, daha az oranlarda amfibol, biyotit, muskovit ve pirit bulunmaktadır.



Şekil 3.12. Andezitik dayklarda gözlenen doku ve minerallerin mikroskoptaki görünümleri. a) ve f) Mikrolitik porfirik doku (Örn. Nu.: M1 ve M4, + N), b) Kloritleşmiş piroksen minerali (Örn. Nu.: 591, + N), c) Serizitleşmiş plajiyoklas (Örn. Nu.: 96, + N), d) Camsı doku (Örn. Nu.: 96, // N), e) ve f) Elek dokulu plajiyoklas (Örn. Nu.: 93, + N). Pir: Piroksen, diğer simgeler Şekil 3.3 ve 3.6 ile aynıdır.



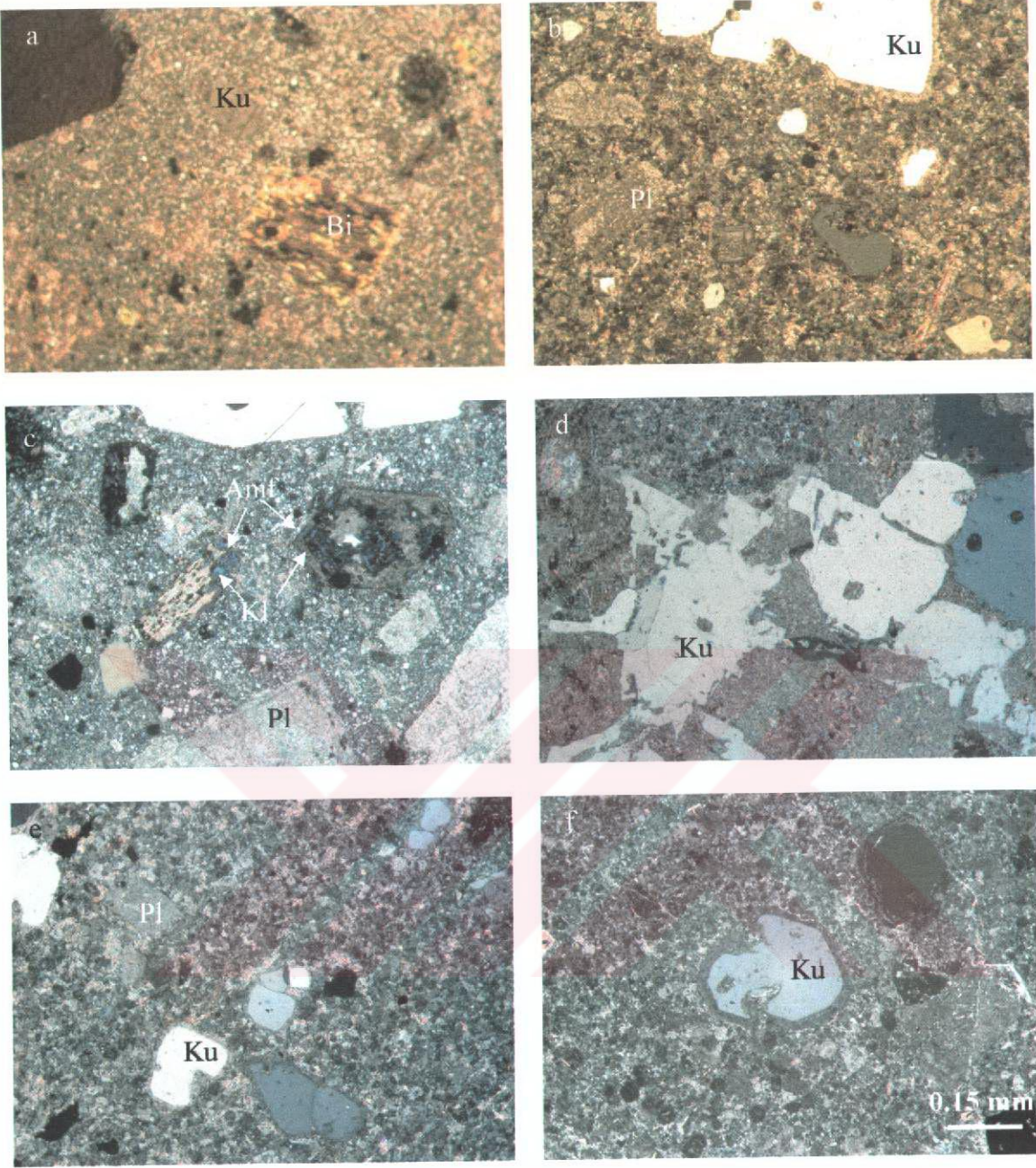
Şekil 3.13. Andezit dayklarda gözlenen opak minerallerin parlatılmış kesitlerdeki görünümleri. a) Manyetit ve pirit minerali (Örn. Nu.: 93, // N), b) Manyetit ve kenarlarında rutil oluşumları (Örn. Nu.: 93, // N). Simgeler Şekil 3.4 ve 7 ile aynı.



Şekil 3.14. Çalışma alanında a) andezitleri ve b) dasitleri kesen KD ve KB uzanımlı porfirik dasitlerin arazideki görünümleri

Kuvarslar, hem iri hem de hamurda küçük kristaller halinde genellikle yarı öz şekilli ve öz şekilsiz olarak bulunmakta ve minerallerin % 50 - 55'ini oluşturmaktadır. İri kuvars kristallerinin kenarları hamur tarafından kısmen yenmiştir (Şekil 3.15b, e ve f).

Plajiyoklaslar hem iri kristaller hem de hamur da mikrolitler şeklinde bulunmaktadır. İri plajiyoklas kristalleri minerallerin % 45 - 50'sini oluşturmakta olup, öz ve yarı öz şekillidir. Plajiyoklaslarda yaygın olarak serizitleşme, daha az oranda kalsitleşme mevcuttur.



Şekil 3.15. Porfirik dasitlerde gözlenen doku türleri ve minerallerin ince kesitlerde çift nikoldeki görünüşleri. a) ve b) Ufak kristalli porfirik doku (Örn. Nu.: 208 ve 344); c) Serizitleşmiş plajiyoklas ve kloritleşmiş amfibol minerali (Örn. Nu.: 227); d), e) ve f) Kenarlar yenmiş kuvars minerali (Örn. Nu.: M2); e) ve f) Sferolitik doku ve kuvars etrafındaki tepkime haleleri (Örn. Nu.: M3 ve M5); Simgeler Şekil 3.3 ve 3.6 ile aynıdır.

Çoğunlukla iri, öz ve yarı öz şekilli olan amfiboller kloritleşmiş, karbonatlaşmış (kalsit ve ankerit) ve opaklaşmışlardır (Şekil 3.15c).

Biyotitler de amfiboller gibi kloritleşmiştir (Şekil 3.15a).

Ayrıca, kloritler boşluk dolgusu şeklinde ikincil kuvarslarla birlikte bulunmaktadır. Kloritlerin türü, morumsu mavi rengi ve paralel sönme göstermesiyle penin olarak belirlenmiştir.

Opak mineral olarak pirit ve hematit belirlenmiştir (Şekil 3.16). Piritler genelde kırıklı ve çatlaklıdır. Bu durum, kataklastik deformasyonun izlerini göstermektedir.



Şekil 3.16. Porfirik dasitlerde kataklastik deformasyona uğramış piritin mikroskoptaki görünümü (Örn. Nu.: 227).

Dasit porfirlerde genel olarak serizitleşme, kloritleşme, silisleşme ve karbonatlaşma (kalsit ve ankerit) gibi ayrışmalar yaygındır.

Hamur, ufak kristalli kuvars, plajiyoklas ve opak minerallerden oluşmakta ve kayacın toplam bileşen oranının % 35 - 50'sini oluşturmaktadır.

3.2. Volkanitlerin Jeokimyası

3.2.1. Bazalt, Andezit ve Piroklâstitleri

3.2.1.1. Bazalt, Andezitli ve Piroklâstitlerin Ana ve İz Element İçeriklerinin Değerlendirilmesi

Macikon, Köstere, Dokuzgöze mahalleleri ve Kalkanlı Köyü civarında mostra veren kayalar yoğun yüzeysel ve hidrotermal ayrışmadan dolayı özelliklerini değiştirmiş ve

bazıları makro olarak tanınamayacak duruma gelmişlerdir. Dolayısıyla, çalışma alanının tabanını oluşturan kayaçların adlandırılmaları, kimyasal analizler ve mikroskop verileri birlikte kullanılarak yapılmıştır. Bazalt ve andezitleri temsilen seçilen 18 adet örnekte ölçülen ana ve iz element analizlerinin sonuçları Tablo 3.1 ve 2'de verilmiştir. Kayaç örneklerinden yapılan analizlerin ateşte kayıp (AK) değerlerine H₂O, Cl, CO₂ ve SO₂ değerleri dahildir.

Çalışma alanındaki volkanitlerde, yaygın olarak serizitleşme - kloritleşme - karbonatlaşma şeklinde ayrışma görülmektedir. Dolayısıyla bu kayaçlarda hangi elementlerin hareketsiz, hangilerinin hareketli olduğunu anlamak için elementler arası korelasyon katsayılarından (r) yararlanılmıştır. Bazalt ve andezitlerde, kütle değişimi hesaplamalarında da kullanılmak üzere, elementler arası korelasyon katsayılarından (Ek Tablo 1) en az hareketli element olarak Zr belirlenmiştir. Bazalt ve andezitlerde elementler arası korelasyon katsayısına göre hareketsizden hareketli elemente doğru sıralama şu şekildedir:

Zr (Hf) < Nb < Ta < La (Ce) < Th < Yb < Y < V < Ti < P < Cs < Ga < Al ...

Bazalt ve andezitlerin TiO₂ içeriği birkaç örnekte (267, 338 ve 327) % 1'den fazla, diğerlerinde ise % 1'in altındadır. Yaklaşan plaka kenarlarında oluşan orojenik andezitlerde TiO₂ değerleri % 1'den küçüktür (Jakes ve Gill, 1970; Gill, 1981). Dolayısıyla inceleme alanındaki kayaçların bazılarında gözlenen % 1'den büyük TiO₂ içerikleri büyük olasılıkla ayrışmadan kaynaklanmaktadır.

Bazalt ve andezitlerdeki MgO ve Al₂O₃ değerleri Gill'in (1981) orojenik andezitlerindeki değerlere (MgO = % 1 - 5; Al₂O₃ = % 16 - 18) benzerlik göstermektedir. İncelenen kayaçlarda bu elementlerin daha geniş bir aralıkta bulunması, ayrışma sonucu meydana gelen değişimi belirtir. Yapılan net kütle değişim hesaplarına göre P₂O₅ ve K₂O'de artma belirlenmiştir. Dolayısıyla bazalt ve andezitlerde P₂O₅ ve K₂O'deki değişim hem üst kabuk kirlenmesi hem de ayrışmadan kaynaklanmış olabilir.

Volkanitlerin adlandırılmasında toplam alkali - silis (TAS) (La Maitre vd., 1989) ve SiO₂ - Zr / TiO₂ (Winchester ve Floyd, 1977) diyagramları yerine Nb / Y - Zr / TiO₂ diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977) (Şekil 3.17) kullanılmıştır. Volkanitler, ayrışma ürünü olarak ikincil kuvars, klorit, serizit ve kalsit mineralleri bulundurmakta ve bunlara bağlı olarak Si, Mg, Na ve K'ca zenginleşme veya fakirleşme göstermektedirler. Dolayısıyla, ayrışmanın etkisini en aza indirmek için, ayrışma esnasında hareketsiz veya daha az hareketli olarak kabul edilen Ti, Zr, Nb ve Y (Barrett vd., 1993) gibi elementlerin

Tablo 3.1. Zigana civarındaki bazaltların ana (% ağırlık) ve iz (ppm) element analiz sonuçları.

Elem.\Örn.	267	338	463	517	487	Ortalama	Sta. Sap.	% T.*
	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Baz breş			
SiO ₂	39.40	54.67	56.69	54.69	40.20	49.13	8.56	1.51
TiO ₂	1.03	1.09	0.95	0.63	0.83	0.90	0.18	0.16
Al ₂ O ₃	17.44	15.65	16.75	18.43	17.06	17.06	1.01	3.69
^t Fe ₂ O ₃	11.98	9.18	10.05	6.75	10.77	9.74	1.96	0.03
MnO	0.14	0.10	0.15	0.11	0.25	0.15	.057	0.00
MgO	4.76	2.26	3.36	2.09	4.66	3.42	1.26	4.47
CaO	8.38	5.82	3.07	5.30	11.71	6.86	3.30	0.78
Na ₂ O	2.64	1.79	1.77	1.81	2.17	2.04	0.37	0.10
K ₂ O	1.17	2.58	2.09	3.79	1.04	2.13	1.12	0.16
P ₂ O ₅	0.28	0.17	0.09	0.10	0.08	0.14	0.08	0.15
CO ₂	1.90	a.e.	0.02	0.85	2.08	1.21	0.96	
AK	10.54	7.17	4.81	5.25	9.00	7.35	2.43	
Toplam	99.66	100.48	99.80	99.80	99.85			
Ag	34	a.e.	<2.5	<2.5	<2.5	-	-	
As	0.8	1	24	0.7	0.5	6.55	11.63	
Ba	115	283	420	632	267	390.19	164.01	5.65
Ce	46.1	21.9	28.6	43.1	13.2	26.7	12.62	0.90
Cl	a.s.a.	<10	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	-	-	
Co	34	15.6	16	12	26	17.4	6.00	0.11
Cu	34	7	17	7	14	11.25	5.05	7.91
Cr	0.3	4	2	26	17	12.25	11.32	4.52
Cs	0.9	1.1	2.6	2.3	1.5	1.89	0.69	0.00
Ga	15	19.2	13	15	12	14.8	3.18	0.45
Hf	2.13	2.2	3.26	1.8	1.39	2.16	0.79	0.00
Nb	5	4.8	4	6.1	1.9	4.21	1.75	0.00
Ni	12	4	2.8	8	9	5.95	3.01	4.52
Pb	10.37	5	23.49	22.17	5.86	14.12	10.06	5.65
Rb	27	78.2	52	102	25	69.25	39.81	1.02
S	2366	<10	932	1306	699	1062.6	868.23	
Sc	a.e.	38	a.e.	a.e.	a.e.	-	-	
Sb	0.05	a.e.	0.4	1.24	a.s.a.	-	-	
Sn	a.e.	1	a.e.	a.e.	a.e.	-	-	0.00
Sr	122	124.3	96	85	178	128.86	44.49	6.10
Ta	0.26	0.3	0.42	0.5	0.12	0.33	0.16	0.11
Th	7.67	1.4	3.31	10.2	1.36	4.46	4.96	0.00
Tl	a.e.	0.2	a.e.	a.e.	a.e.	-	-	0.11
U	1.99	0.4	1.02	2.66	1.46	1.38	0.95	0.00
V	328	219	226	125	223	198.25	48.91	1.13
W	a.e.	<1	a.e.	a.e.	a.e.	-	-	0.00
Zn	122	67	198	78	142	121.25	60.92	37.29
Zr	79	77.6	87	81	53	70.34	16.26	3.28
Y	19.2	24.9	38	14.2	20.5	24.4	10.07	0.23
La	22.6	10.5	18.7	23.4	7.3	14.97	7.37	0.68
Mg [#]	61.15	49.34	56.99	55.08	63.14			
KAI	45.54	48.95	60.88	52.43	39.63			
AI	34.98	38.83	52.95	45.26	29.12			
L _{AI}	4.39	2.62	3.47	1.58	4.80			

*: % Tekrarlanabilirlik, Youda (1951) yöntemine göre hesaplanmıştır (Köksoy, 1991). AK: Ateşte kayıp (H₂O, SO₂ v.s.), Mg[#]: Mg numarası, KAI: Kimyasal ayrışma indeksi, AI: Ishikawa ayrışma indeksi, L_{AI}: Lentz'in ayrışma indeksi, a.s.a.: Algılama sınırlarının altında, a.e.: Analiz edilmedi

Tablo 3.2. Zigana civarındaki andezitlerin ana (% ağırlık) ve iz (ppm) element analiz sonuçları.

Elem.Örn.	77	109	112	327	345	371	377	470	481	501	506	511	587y	Ortalama	Sta. Sap.	% T.*
	Andezit	Andezit	Andezit	And. breş	And. breş	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit	Andezit			
SiO ₂	52.09	48.64	61.11	51.54	54.19	61.34	52.47	63.37	69.66	68.11	66.16	62.27	60.42	59.33	6.85	1.51
TiO ₂	0.42	0.63	0.60	0.98	0.72	0.56	0.57	0.92	0.20	0.45	0.54	0.48	0.48	0.58	0.20	0.16
Al ₂ O ₃	13.54	13.28	17.31	17.98	15.23	17.09	15.31	14.75	18.09	13.28	12.55	19.02	17.86	15.79	2.21	3.69
Fe ₂ O ₃	18.40	7.26	6.80	9.25	9.19	6.35	6.63	5.65	2.65	6.62	4.88	4.43	4.59	7.13	3.85	0.03
MnO	0.41	0.12	0.08	0.15	0.16	0.12	0.27	0.10	0.04	0.05	0.16	0.12	0.14	0.14	0.09	0.00
MgO	5.43	6.64	2.64	3.59	2.75	1.74	5.63	5.01	0.97	2.56	0.91	1.26	2.23	3.18	1.91	4.47
CaO	0.52	10.75	2.41	4.86	6.83	2.91	5.67	1.22	0.20	1.39	4.66	2.53	3.44	3.64	2.93	0.78
Na ₂ O	0.05	1.30	3.15	1.74	3.54	3.09	4.02	3.49	2.16	2.67	3.02	1.38	2.74	2.48	1.11	0.10
K ₂ O	0.91	0.96	3.22	2.51	0.85	2.59	0.55	1.02	3.37	1.22	1.77	4.35	4.46	2.13	1.37	0.16
P ₂ O ₅	0.11	0.07	0.14	0.23	0.17	0.19	0.23	0.16	0.04	0.13	0.19	0.10	0.16	0.15	0.05	0.15
CO ₂	a.e.	1.83	a.e.	0.88	1.13	0.49	1.77	0.28	0.02	0.11	a.e.	0.37	0.45	0.73	0.65	
AK	8.27	8.11	2.25	5.96	5.12	3.23	6.69	3.87	2.52	3.37	5.17	3.47	2.63	4.66	2.07	
Toplam	100.15	99.59	99.71	99.67	99.88	99.70	99.81	99.84	99.92	99.96	100.01	99.41	99.60			
Ag	a.e.	<2.5	a.e.	2.7	11.96	<2.5	a.s.a.	0.1	<2.50	a.s.a.	a.e.	a.s.a.	<2.5	-	-	-
As	22	1.2	9	1.6	0.45	0.4	0.3	10	0.2	1.9	5	3.7	0.5	5.81	8.32	
Ba	30	352	1035	181	170	214	229	95	284	65	215	575	1387	410.86	492.58	5.65
Ce	33.4	46.2	33.4	27.6	35.3	39.7	39.1	24	49.3	14.5	34.3	41.6	73.6	40.10	15.47	0.90
Cl	<10	a.s.a.	16	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	<10	a.s.a.	a.s.a.	-	-	-
Co	29.1	23	20.4	15	11	4.5	5.1	11	3	7.6	2.9	8	9.6	11.86	8.10	0.11
Cu	87	28	52	11.3	12	12	8	169	13	43	<5	13.4	8.4	34.97	46.85	7.91
Cr	27	364	15	6	5	6	2	6	3	6	10	12	6	37.07	98.56	4.52
Cs	1	3.3	2.7	1.1	0.3	0.6	0.2	1.7	0.8	0.8	0.7	1.2	0.7	1.25	0.97	0.00
Ga	14.4	12	17	14	14	16	8	11	14	10	15.2	14	12	13.27	2.54	0.45
Hf	2.4	3.82	4.2	3.37	3.52	3.98	3.27	3.4	4.19	2.58	3.3	2.35	1.91	3.21	0.80	0.00
Nb	5	8.1	9.5	6.6	6.7	11	8.1	6.4	6.1	3.4	6.6	6.2	8.9	7.12	1.99	0.00
Ni	7	91	11	2.5	2.2	3.1	3.2	3.8	2.8	4.3	<5	9.5	4	11.30	24.08	4.52
Pb	9	24.7	27	2.84	9	9.39	3.72	7.92	3.75	7	9	9.45	11.86	11.33	8.06	5.65
Rb	27.7	31	92.3	63	14	57	10	20	63	15	46.6	99	85	54.41	36.38	1.02

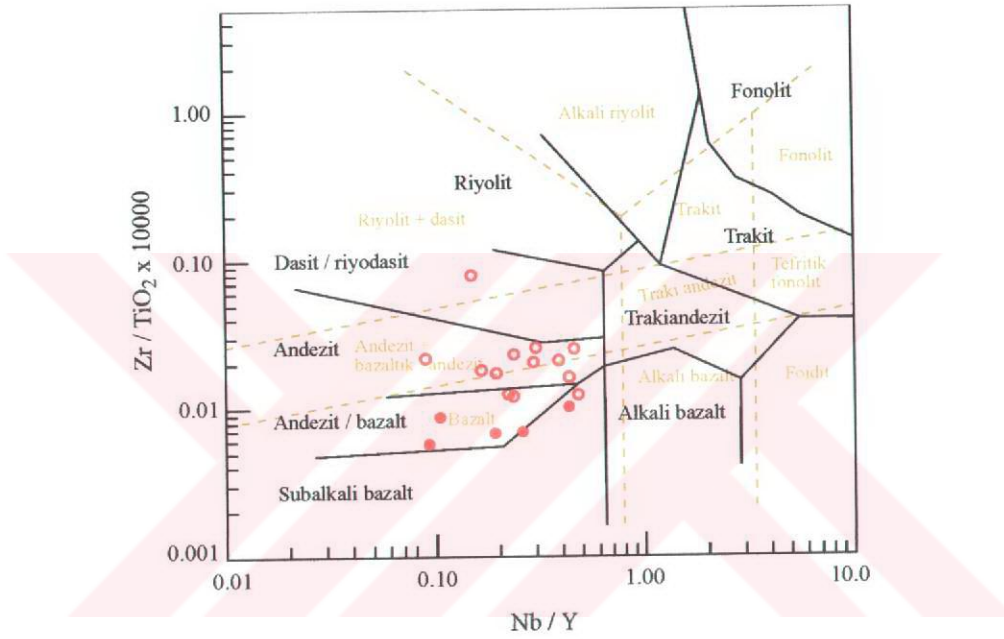
*: % Tekrarlanabilirlik, Youda (1951) yöntemine göre hesaplanmıştır (Köksoy, 1991), AK: Ateşte kayıp, Mg^f: Mg numarası, KAl: Kimyasal ayrışma indeksi, Al: Ishikawa ayrışma indeksi, L_{Al}: Lentz'in ayrışma indeksi, a.s.a.: Algılama sınırlarının altında, a.e.: Analiz edilmedi

Tablo 3.2'in devamı

Elem.\Örn	77	109	112	327	345	371	377	470	481	501	506	511	587y	Ortalama Sta. Sap.	% T.*
	Andeazit	Andeazit	Andeazit	And.	And.	Andeazit	Andeazit	Andeazit	Andeazit	Andeazit	Andeazit	Andeazit	Andeazit		
	brş	brş	brş	brş	brş	brş	brş	brş	brş	brş	brş	brş	brş		
S	8179	985	<10	1188	416	1102	861	769	140	768	71	1856	281	1278.92	2138.39
Sc	22	a.e.	22	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	15	a.e.	a.e.	19.66	4.04
Sb	a.e.	0.05	a.e.	a.s.a.	0.1	0.15	0.1	0.8	a.s.a.	0.1	a.e.	0.05	a.s.a.	-	-
Sn	1	a.e.	2	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	1	a.e.	a.e.	-	0.00
Sr	6.2	154	264.9	68	231	104	76	93	32	70	141.5	49	224	135.66	91.05
Ta	0.5	0.51	0.9	0.37	0.41	0.53	0.43	0.49	0.47	0.21	0.4	0.58	0.7	0.49	0.16
Th	10.3	8.23	17.1	1.09	3.48	1.81	3.38	3.06	6.01	2.06	2.4	11.38	17.5	7.05	6.33
Tl	0.4	a.e.	0.4	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	0.3	a.e.	a.e.	0.36	0.05
U	4.5	2.28	4.3	0.29	0.93	0.49	0.91	0.98	1.11	0.3	0.5	3.64	3.85	1.77	1.56
V	126	106	157	70	13	13	21	84	<10	51	10	83	68	64.92	52.16
W	3	a.e.	3	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	<1	a.e.	a.e.	-	-
Zn	356	103	71	121	97	97	176	117	61	47	52	64	108	114.15	80.35
Zr	97.4	122	155.8	114	110	135	118	115	152	76	130	100	107	119.71	33.29
Y	55.3	21	20.7	29.7	34.5	36.4	27.4	26.9	41.1	20.5	27.9	14.3	18.6	28.77	11.05
La	17.8	23.7	31.1	12.1	16.5	17	18.5	11.3	24.6	7	16.5	23	46.5	20.45	10.05
Mg [#]	53.89	78.37	60.61	60.59	54.21	52.05	77.08	77.85	59.18	60.46	42.57	52.95	65.80		
KAl	87.10	36.89	57.04	55.52	44.29	56.47	46.64	61.93	70.51	61.67	44.97	62.17	53.38		
Al	91.84	38.68	51.33	48.09	25.80	41.88	38.96	56.14	64.73	48.18	25.87	58.96	51.98		
LAl	24.82	6.19	1.48	3.02	2.72	1.42	2.68	2.36	0.65	2.35	1.21	0.99	0.95		

*: % Tekrarlanabilirlik, Youda (1951) yöntemine göre hesaplanmıştır (Köksoy, 1991), AK: Ateşte kayıp, Mg[#]: Mg numarası, KAl: Kimyasal ayrışma indeksi, Al: Ishikawa ayrışma indeksi, LAl: Lentz'in ayrışma indeksi, a.s.a.: Algılama sınırlarının altında, a.e.: Analiz edilmedi

bulunduğu diyagramlar tercih edilmektedir. Çünkü Ti, Zr ve Nb elementleri hidrotermal ayrışma şartları altında ve yeşilşist derecesindeki metamorfizmada hareketsiz; Y ise genellikle hareketsiz olup, çok güçlü kloritleşme zonlarında hareketli olabilir (MacLean ve Kranidoitis, 1987; MacLean, 1990; Barrett ve MacLean, 1991; Barrett vd., 1991a, b, c ve 1992; Shriver ve MacLean, 1993; Barrett, 1993). Fakat, Ti ve Y elementi çalışma alanındaki örneklerde Zr ve Nb'a göre daha hareketli olarak belirlendiğinden Şekil 3.17'deki diyagram yorumlanırken buna dikkat edilmiştir.

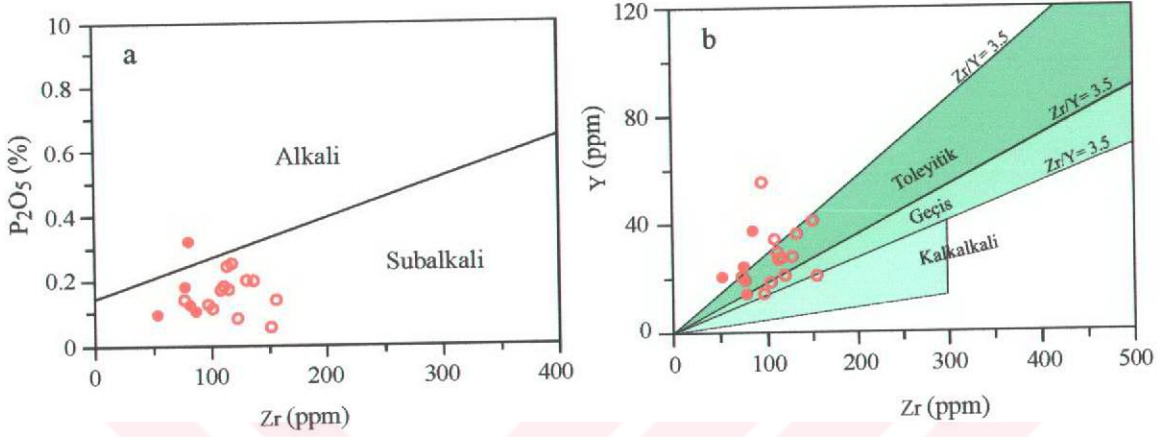


Şekil 3.17. Zigana civarındaki bazalt ve andezitlerin Nb / Y - Zr / TiO₂ diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977) kullanılarak adlandırılması. Kesikli çizgilerin oluşturduğu alanlar ve adlandırılmaları Pearce (1996)'dan alınmıştır. Dolu daire: Bazalt, Boş daire: Andezit

Bazalt ve andezit örnekleri, bir örnek hariç (Örn. Nu.: 481), Nb / Y - Zr / TiO₂ diyagramına göre bazalt ve andezit alanına düşmüşlerdir (Şekil 3.17). Kütle değişim hesaplamaları (Ek Tablo 14 ve 15) incelendiğinde, dasit alanına düşen örnekte Ti'nin az da olsa tüketildiği, Y'un ise zenginleştiği görülmektedir. Dolayısıyla bu örnek de aslında andezit bileşimine sahip bir kayadır (Şekil 3.17).

Bazalt ve andezitler P₂O₅'e karşı Zr diyagramında subalkali, Y'a karşı Zr diyagramında ise, bir kaç örnek hariç, toleyitik-geçiş özelliği göstermektedirler (Şekil

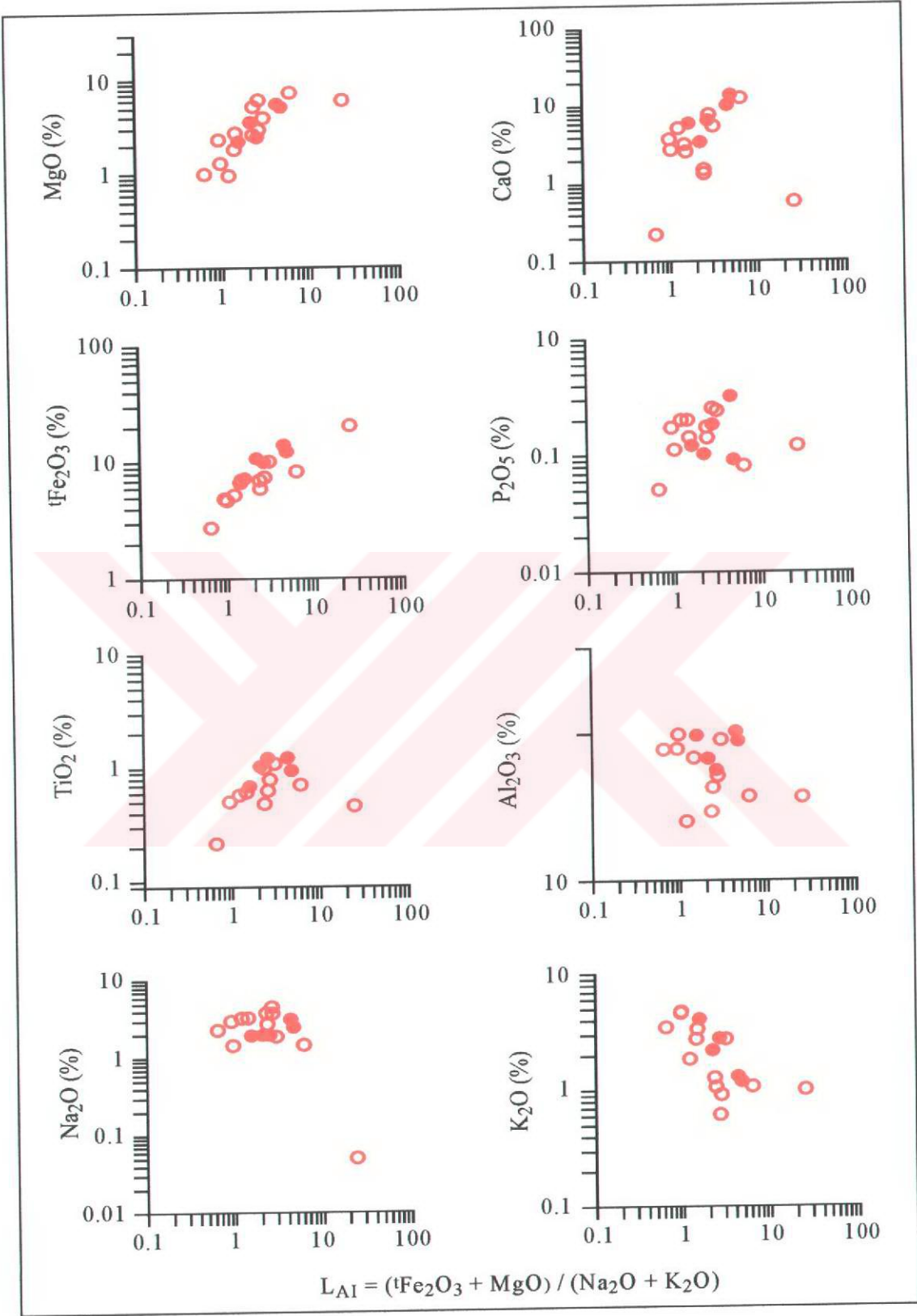
3.18a ve b). Ayrıca, kütle değişim hesaplamaları, volkanitlerin genelde Y'ca zenginleştiklerini (Ek Tablo 14 ve 15) göstermektedir. Şekil 3.18b diyagramında volkanitlerin toleyitik - geçiş alanının dışında yer alması, magmanın olduğu kaynaktan kaynaklanmış olabilir.



Şekil 3.18. Zigana civarındaki bazalt ve andezitlerin a) P_2O_5 - Zr (Winchester ve Floyd, 1976'dan değiştirilerek) ve b) Y - Zr (Barret vd., 1993'den değiştirilerek) diyagramlarında jeokimyasal açıdan sınıflandırılması. Simgeler Şekil 3.17 ile aynı.

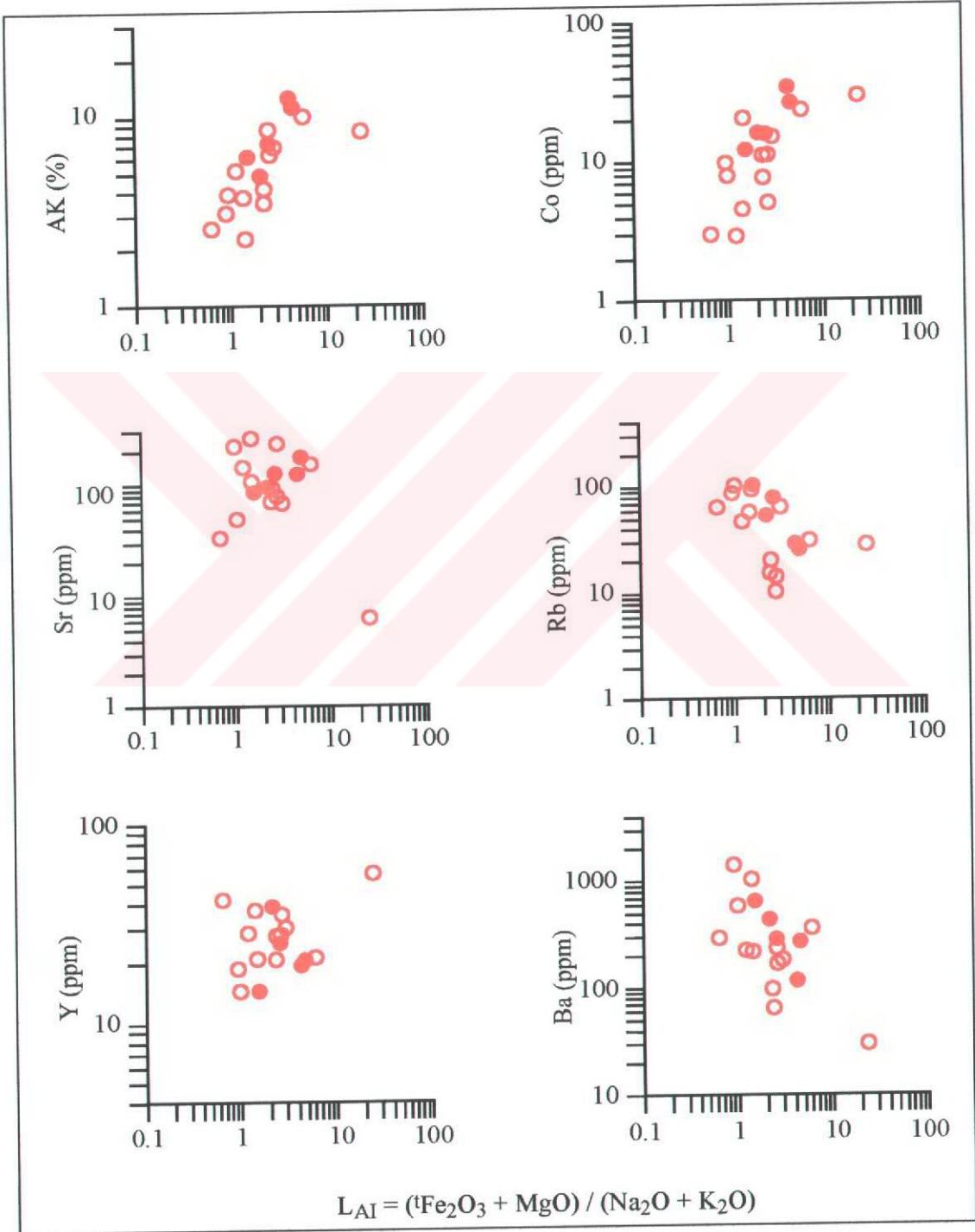
Bazalt ve andezitlerin Harker (değişim) diyagramları oluşturulurken, ana ve iz elementler Lentz ayrışma indeksi'ne ($L_{AI} = (Fe_2O_3 + MgO) / (Na_2O + K_2O)$) (Lentz, 1996 ve 1999) karşı korele edilmişlerdir (Şekil 3.19 ve 20). Ayrıca, değişim diyagramları korelasyon katsayılarına göre belirlenen en az hareketli element (Zr), Ishikawa ayrışma indeksi (AI) (Ishikawa vd., 1976), AI_{komba} (Halbach vd., 2003) ve KAI (Kimyasal ayrışma indeksi) (Nesbitt ve Young, 1982 ve 1984)'lerine göre de incelenmiş ve bunlara göre oluşturulan grafiklerde iyi bir ilişki gözlenmemiştir. En iyi ilişki L_{AI} 'ne karşı oluşturulan değişim diyagramlarında elde edilmiştir. Bunun sebebi, kayalarda görülen ayrışma ürünlerinin türü (özellikle serizitleşme ve kloritleşmeden) olabilir. Çünkü L_{AI} hem ayrışma hem de kloritleşme (Fe + Mg) ve serizitleşme (Na + K) oranını belirtmektedir. Dolayısıyla elementlerin değişimi L_{AI} karşı irdelenerek kayalardaki ayrışmanın etkisi azaltılmaya çalışılmıştır.

Bazalt ve andezitler için L_{AI} 'ne karşı oluşturulan ana element değişim diyagramlarında MgO, Fe_2O_3 , TiO_2 ve ateşte kayıpta (AK) pozitif, CaO'da kısmen pozitif,



Şekil 3.19. Zigana ve çevresindeki bazalt ve andezitlerin ana elementlerinin L_{AI} $((tFe_2O_3 + MgO) / (Na_2O + K_2O))$ 'ne karşı değişim çizgisellemeleri

K_2O 'de negatif bir ilişki, P_2O_5 , Al_2O_3 ve Na_2O 'de ise belli bir alanda yığılma görülmektedir (Şekil 3.19 ve 20). İz element değişim diyagramları oluşturulduğunda Co, ve Sr pozitif, Ba ve Rb'da kısmen negatif korelasyon, Y'da ise düzensiz bir ilişki görülmektedir (Şekil 3.20).



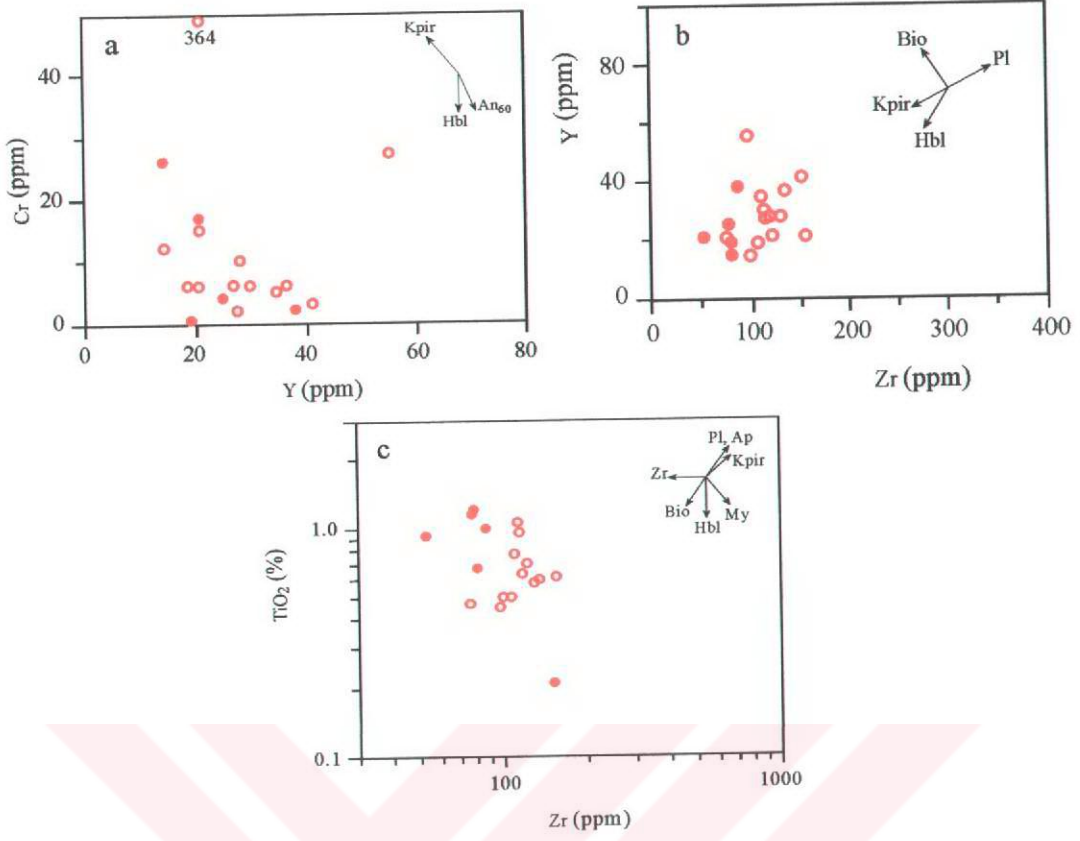
Şekil 3.20. Zigana ve çevresindeki bazalt ve andezitlerdeki iz elementlerin L_{AI} ($(Fe_2O_3 + MgO) / (Na_2O + K_2O)$)'ne karşı değişim çizgisellemeleri.

L_{AI} değerinin artmasına karşılık CaO'ın artması plajiyoklas; MgO ve 4Fe_2O_3 'in artması ojit ve amfibol; TiO_2 ve 4Fe_2O_3 'in artması manyetit ve rutil; P_2O_5 'in artması ise apatit ayrımlaşmasını göstermektedir (Şekil 3.19). Na_2O ve K_2O (artması yada azalması) ise daha çok ayrışmanın etkisini belirtmektedir. L_{AI} 'ne göre Co artmaktadır. Bu durum, ince kesitte bazaltların ve andezitlerin bünyesinde klinopiroksen ve amfibollerin bulunması ile desteklenmektedir. Y'da gözlenen düzensiz dağılım ayrışmanın etkisini belirtmektedir. Sr'un bazaltlarda pozitif korelasyonu CaO ile uyumlu olup, feldispatların bünyesinde bulunduğunu, andezitlerdeki düzensiz dağılımı ayrışmanın etkisini göstermektedir. Bazaltlarda Ba ve Rb'da gözlenen negatif korelasyon K_2O 'inki ile benzerlik göstermekte ve bu, kayaçlarda K - feldispatların yokluğu ile uyuşmaktadır. Andezitlerde ise Rb düzensiz ve iki yerde toplanmıştır. Bu da ayrışma sonucu kayaçta oluşan serizitleşmeden kaynaklanmış olabilir.

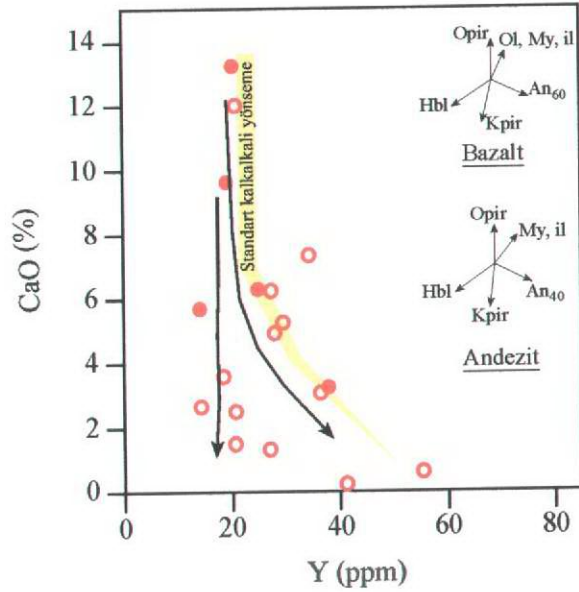
Volkanitlerdeki mineral ayrımlaşması için Y - Cr, Y - Zr ve Zr - TiO_2 değişim diyagramları oluşturulmuştur (Şekil 3.21). Elementler arasında düzensiz ilişkiler hidrotermal ayrışmanın etkisini göstermektedir. Y ve Ti bu kayaçlar için hareketli davranmalarına rağmen mineral ayrımlaşma yönsemeleri, kayaçların içerdiği minerallerle paralellik sunmaktadır. Cr'a karşı Y diyagramında Y ve Cr arasında negatif bir ilişki görülmektedir (Şekil 3.21a). Ayrıca, 109 nolu örnekte görülen yüksek Cr (364 ppm) değeri, kayaçta kütle azalması (% 45.92) sonucu Cr elementinin göreceli artışı ifade etmektedir. Kütle değişim hesaplarına (Ek Tablo 14 ve 15) göre, bu örnekte Y (11.42 ppm) azalmıştır. Zr - Y arasında pozitif (Şekil 3.21b), Zr ve TiO_2 arasında ise daha düzensiz bir ilişki mevcuttur (Şekil 3.21c).

Cr'un azalmasına karşılık Y artması, aynı şekilde Y artarken Zr'un da artması daha çok bazaltlarda klinopiroksenlerin ayrımlaşmasına ve andezitlerde de hornblend birikimini işaret etmektedir. Zr ve TiO_2 arasındaki negatif ilişki bazaltlarda Fe - Ti oksitler, andezitlerde hornblendin bulunmasından kaynaklanabilir.

Bazalt ve andezitler için oluşturulan Y - CaO diyagramında, örneklerde hidrotermal ayrışmanın etkisi olmakla birlikte mineral ayrımlaşma yönsemeleri görülmektedir. Standart kalk - alkali yönseme dikkate alındığında L ve J şeklinde bir değişim görülmektedir (Şekil 3.22). L tipi yönsemede CaO azalırken Y artmaktadır. J tipinde ise CaO ve Y birlikte azalırlar. Bazalt ve andezitler Şekil 3.22'deki çizime ayrı ayrı yerleştirildiğinde, bazaltlarda L ve andezitlerde L ve J tipi yönseme belirlenmiştir. L tipi yönsemede klinopiroksen ve plajiyoklas (An_{60}), J tipi yönsemede ise hornblend ve apatit ayrımlaşması önemli rol



Şekil 3.21. Bazalt ve andezitlere ait ayırma diyagramları. Mineral ayırma yöntemleri Pearce ve Norry, 1979'dan alınmıştır. Pl: Plajiyoklas, Kpir: Klinopiroksen, Hbl: Hornblend, Bio: Biotit, An: Anortit, Zr: Zirkon, Ap: Apatit, My: Manyetit. Simgeler Şekil 3.17 ile aynı.

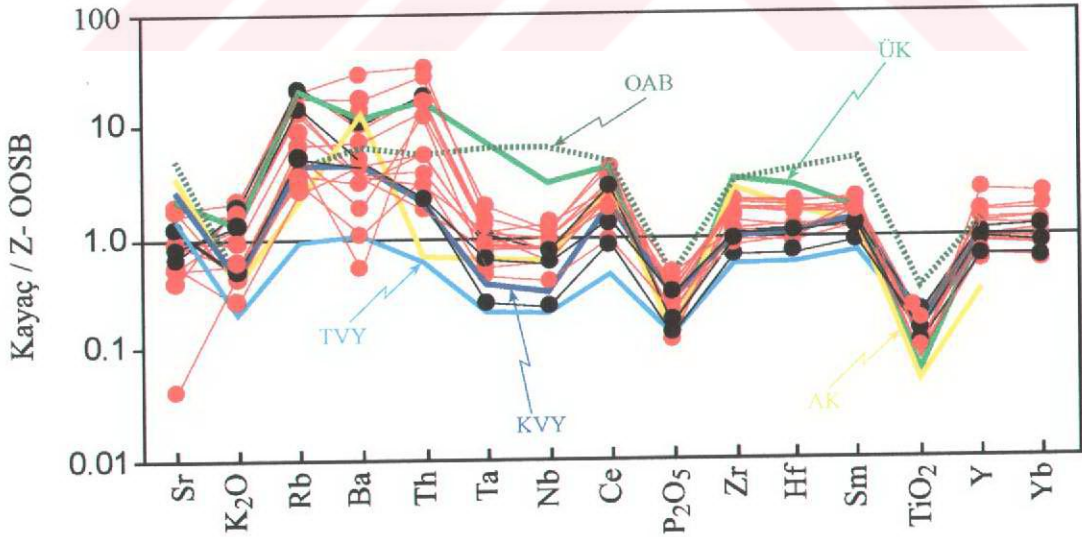


Şekil 3.22. Zigana ve çevresindeki bazalt ve andezitlerin CaO-Y diyagramındaki konumları. Standart kalkalkali yönseme Lambert ve Holland, 1974'den alınmıştır.

oynamaktadır (Lambert ve Holland, 1974). Buradan da bazalt ve andezitlerde klinopiroksen, amfibol ve plajiyoklas ayrılaşmasına bağlı bir farklılaşmanın etkin olduğu anlaşılmaktadır. İnce kesitte bazaltlarda ojit ve amfibol, andezitlerde ise amfibolün varlığı bu ayrılaşmayı doğrulamaktadır.

3.2.1.2. Bazalt, Andezit ve Piroklastitlerinin İz ve Nadir Toprak Element İçeriklerinin Değerlendirilmesi

Zigana ve çevresinde bulunan bazalt ve andezitlerin iz ve nadir toprak element analiz sonuçları Tablo 3.1, 3.2 ve 3.3'de verilmiştir. Zenginleşmiş Okyanus Ortası Sırtı Bazaltlarına (Z - OOSB) göre normalleştirilen bazalt ve andezitlerde, K hariç, Sr, Rb, Ba ve Th gibi büyük iyon yarıçaplı elementler (BİYE) bakımından Z - OOSB'na göre bir zenginleşme, yüksek çekim alanlı elementler (YÇAE) bakımından ise bir fakirleşme söz konusudur (Şekil 3.23). BİYE'lerden özellikle Th'da zenginleşme en yüksek değere ulaşmakta ve Sr'da ise diğerlerine nazaran daha az bir zenginleşme görülmektedir. YÇAE (Ta'dan Yb'a kadar olan) Z - OOSB'a göre genel olarak paralel bir dağılım sunarlar; çok az tüketilmişlerdir.



Şekil 3.23. Zigana ve çevresindeki bazalt ve andezitlerin zenginleşmiş okyanus ortası sırtı bazaltına (Z - OOSB değerleri Sun and McDonough, 1989'ten alınmıştır) göre normalleştirilmiş uyumsuz element çizgiselleşmesi. KVY: Kalk - alkali volkanik yay (Pearce, 1982), TVY: Toleyitik volkanik yay (Pearce, 1982), OAB: Okyanus adası bazaltı (Sun, 1980), AK: Alt kabuk (Weaver ve Tarney, 1984), ÜK: Üst Kabuk (Taylor ve McLennan, 1981).

Tablo 3.3. Zigana civarındaki bazalt ve andezitlerin nadir toprak element (ppm) analizi sonuçları.

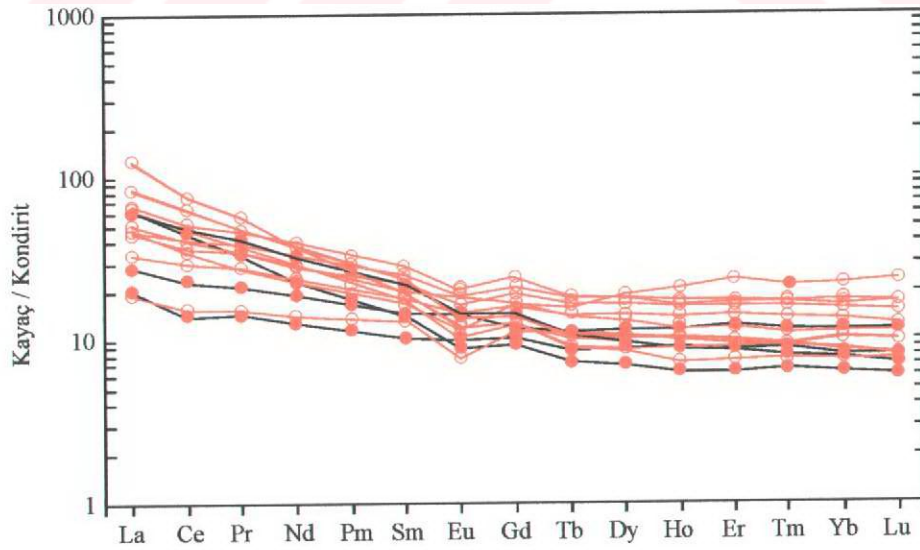
Elem./Örn.	77	338	109	112	267	371	377	481	501	506	511	517	587y	327	345	487	% T.*
La	17.80	10.50	23.70	31.10	22.59	17.00	18.54	24.60	6.97	16.50	23.00	23.40	46.5	12.06	16.50	7.32	0.68
Ce	33.40	21.90	46.20	61.20	46.14	39.70	39.08	49.30	14.5	34.30	41.60	43.10	73.6	27.61	35.30	13.2	0.90
Pr	3.81	2.94	5.16	6.60	5.61	5.32	4.84	6.40	2.09	4.33	4.50	4.59	7.81	3.78	4.65	1.96	0.02
Nd	16.10	13.60	20.60	26.30	22.94	23.90	20.55	28.00	9.79	19.60	15.80	16.40	26.7	16.67	19.80	9.07	1.13
Sm	3.90	3.40	4.10	5.40	4.93	5.72	4.70	6.49	3.00	4.70	3.07	3.18	4.54	4.10	5.00	2.36	0.00
Eu	1.00	1.23	0.887	1.18	1.25	1.62	1.59	1.77	0.676	1.53	0.745	0.765	1.05	1.25	1.41	0.857	0.01
Gd	5.11	3.70	3.75	4.28	4.34	6.35	5.08	7.34	3.46	4.65	2.74	2.84	3.88	4.81	5.77	3.15	0.01
Tb	0.91	0.65	0.596	0.62	0.614	1.04	0.798	1.07	0.638	0.72	0.399	0.426	0.527	0.801	0.954	0.497	0.06
Dy	7.21	4.46	3.62	3.85	3.61	6.76	4.99	6.77	4.02	5.30	2.31	2.64	3.22	5.36	6.26	3.37	0.17
Ho	1.77	0.99	0.74	0.86	0.742	1.45	0.978	1.40	0.83	1.17	0.484	0.525	0.611	1.14	1.34	0.741	0.01
Er	5.83	3.10	2.28	2.47	2.08	4.26	3.00	4.20	2.34	3.51	1.46	1.56	1.86	3.47	3.95	2.17	0.00
Tm	0.77	0.41	0.333	0.33	0.284	0.598	0.387	0.591	0.318	0.45	0.207	0.237	0.273	0.486	0.565	0.307	0.02
Yb	5.56	2.83	2.12	2.54	1.91	4.24	2.79	4.08	2.19	3.32	1.45	1.56	1.87	3.27	3.84	1.99	0.07
Lu	0.89	0.44	0.314	0.38	0.271	0.643	0.43	0.642	0.302	0.48	0.22	0.231	0.291	0.474	0.568	0.307	0.00
(La/Lu) _N	2.07	2.47	7.82	8.47	8.63	2.74	4.46	3.97	2.39	3.56	10.82	10.49	16.55	2.63	3.01	2.47	
(La/Sm) _N	2.87	1.94	3.64	3.63	2.88	1.87	2.48	2.39	1.46	2.21	4.72	4.63	6.45	1.85	2.08	1.95	
(Gd/Lu) _N	0.71	1.04	1.48	1.40	1.99	1.23	1.47	1.42	1.42	1.20	1.55	1.53	1.66	1.26	1.26	1.27	
(Sm+Gd) _N	33.58	26.81	30.00	37.36	35.52	45.51	36.95	52.08	24.29	35.54	22.24	23.05	32.33	33.47	40.50	20.51	
Eu*	16.79	13.41	15.00	18.68	17.76	22.76	18.47	26.04	12.15	17.77	11.12	11.52	16.17	16.73	20.25	10.26	
Eu _N	11.49	14.14	10.20	13.56	14.37	18.62	18.28	20.34	7.77	17.59	8.56	8.79	12.07	14.37	16.21	9.85	
Eu	0.68	1.05	0.68	0.73	0.81	0.82	0.99	0.78	0.64	0.99	0.77	0.76	0.75	0.86	0.80	0.96	
(Tb/Lu) _N	0.67	0.97	1.25	1.07	1.49	1.06	1.22	1.10	1.39	1.05	1.19	1.21	1.19	1.11	1.10	1.06	

Eu*=(Sm_N+Gd_N)/2, Eu=Eu_N/Eu*, *: % Tekrarlanabilirlik, Youda (1951) yöntemine göre hesaplanmıştır (Köksoy, 1991).

Bazalt ve andezitler yüksek BİYE ve düşük YÇAE içerikleri ve yüksek BİYE / YÇAE oranları ile yitim ilişkili kayaların tipik karakterlerini yansıtmaktadırlar. Zigana volkanitlerinde normalleştirilmiş uyumsuz elementlerin anomali değerleri ve BİYE zenginleşmesi ada yayı toleyitik volkanitlerinden fazla ve genel olarak kalk - alkali volkanik yaylardakine benzemektedir.

Diğer taraftan YÇAE'lerden Ce ve Sm'da çok az zenginleşme; Ta, Nb, P ve Ti'da negatif anomali gözlenmektedir. TiO_2 ve P_2O_5 'de görülen negatif anomali oldukça tipik olup, farklılaşma sırasında meydana gelen Fe - Ti oksit ve apatitin fraksiyonel kristallenmesinden kaynaklanmış olabilir. Ayrıca negatif Nb anomalisi kıtasal kabuğun karakteristik bir özelliğidir (Rollinson, 1993). Dolayısıyla zenginleşme gösteren elementler yitim zonu, Z - OOSB çizgisine paralellik gösteren elementler ise manto kaynaklı olabilir.

Bazalt ve andezitlerin nadir toprak elementleri (NTE) kondirite göre normalleştirilmiş olup, dağılım diyagramları Şekil 3.24'de verilmiştir. NTE diyagramlarında bazalt ve andezitler La_N / Lu_N (2.08 - 10.84) oranları ile, bir örnek (587y) hariç, az oranda farklılaşmışlar ve az da olsa negatif Eu anomalisi göstermektedirler. Ayrıca ağır nadir toprak element (ANTE) bakımından yataya yakın bir dağılım sunarlar (Şekil 3.24). Hafif nadir toprak element (HNTE) içeriği 19 - 126 x kondirit, ANTE içeriği 6 - 23 x kondirit arasında değişmektedir.



Şekil 3.24. Bazalt ve andezitlerin Kondirite göre normalleştirilmiş NTE dağılımları (kondirit değerleri Taylor ve McLennan, 1985'den alınmıştır). Simgeler Şekil 3.17 ile aynı.

Kayaçlarda ortalama Eu anomalisi 0.82'dir. Eu* değerleri bazaltlarda 10.26 - 17.76, andezitlerde 11.12 - 26.04 arasındadır. Oksijen fugasitesi azaldıkça Eu* değeri artmakta, Eu değeri azalmaktadır.

3.2.2. Dasitik Kayaçlar

3.2.2.1 Dasitik Kayaçların Ana ve İz Element İçeriklerinin Değerlendirilmesi

Dasitik kayaçlar, mikroskop verileri ve kimyasal analizler (Tablo 3.4 ve 5) birlikte kullanılarak adlandırılmıştır. Dasitler, petrografik incelemelere göre mineralojik olarak ve kimyasal incelemelere göre ana oksitler bakımından herhangi bir farklılık göstermemektedir. Dasitlerdeki farklılık iz ve nadir toprak elementlerin incelenmeleri sonucu ortaya çıkmıştır. Dasitler, iz element incelemelerine göre iki farklı gruba ayrılmakta olup, Dasit - I ve Dasit - II olarak adlandırılmıştır (Sipahi ve Sadıklar, 2004).

İnceleme alanındaki volkanitlerde serizit - klorit - kaolinit ayrışması mevcuttur. Dolayısıyla bu kayaçlarda hangi elementlerin hareketsiz hangilerinin hareketli olduğunu anlamak için elementler arası korelasyon katsayılarından (r) yararlanılmıştır. Dasit - I (17 örnek) ve Dasit - II (18 örnek)'de ayrı ayrı ve kütle değişim hesaplamalarında da kullanılmak üzere, elementler arası korelasyon katsayılarından (Ek Tablo 2 ve 3) en az hareketsiz elementler belirlenmiştir.

Korelasyon katsayısına göre Dasit - I ve Dasit - II'deki hareketsizden hareketli elemente doğru sıralama aşağıdaki şekildedir:

Dasit - I : Th < Ti < P < Nb < La < Ce < Sm < Yb < Y < Hf < Ta < Zr < U < Ga < Al < Cs.

Dasit - II: Ce < La < Sm < Yb < U < Y < Nb < Al < Ga < Zr < Ta < Hf < Ti < P < Cs < Th

Dasit - I ve Dasit - II'deki hareketsiz ve hareketli - hareketsiz element sırası incelendiği zaman farklılık görülmektedir. Dasitler benzer mineralojiye sahip olmalarına rağmen elementlerin hareketlilik sırası farklılık arz etmektedir. Bunun sebebi farklı hidrotermal ayrışma koşullarına maruz kalmış olmaları olabilir. Dasit - I'de ilit ve kloritleşme yoğun iken, Dasit - II'de ilitleşme yoğunudur.

Yapılan net kütle değişim hesaplarına göre P₂O₅'de bir değişiklik görülmezken, K₂O'de ise genelde artma belirlenmiştir. Taylor ve McLennan (1985)'e göre üst kabukta K₂O konsantrasyonu (% 3.4) yüksektir. Dolayısıyla dasitlerden alınan bazı örneklerde K₂O

Tablo 3.4. Zigana ve çevresindeki Dasit - I'e ait ana (% ağırlık) ve iz (ppm) element analiz sonuçları.

Elm./Kç.	25	50	161	164	T	X1	232	246	255	260
SiO ₂	71.53	68.35	71.24	69.01	71.89	67.52	59.99	59.34	77.29	61.73
TiO ₂	0.10	0.14	0.20	0.24	0.41	0.22	0.18	0.31	0.10	0.34
Al ₂ O ₃	16.39	17.44	16.22	13.56	12.54	14.52	17.30	14.01	11.62	17.28
^t Fe ₂ O ₃	1.78	2.00	1.72	3.51	5.01	2.75	3.04	7.42	1.96	5.13
MnO	0.02	0.04	0.02	0.03	0.06	0.14	0.10	0.11	0.03	0.07
MgO	0.76	1.98	0.66	0.54	0.73	1.79	1.09	1.90	0.52	1.29
CaO	0.12	0.52	0.94	3.29	1.02	2.61	5.84	2.57	1.25	4.21
Na ₂ O	2.25	4.35	1.77	2.39	2.33	0.17	1.22	2.25	1.76	3.35
K ₂ O	2.14	2.73	3.70	2.83	2.57	3.19	2.97	2.70	2.66	2.44
P ₂ O ₅	0.01	0.02	0.04	0.07	0.13	0.05	0.02	0.09	0.02	0.11
CO ₂	0.02	0.12	0.27	a.e	0.32	a.e.	1.75	a.e.	a.e.	0.65
AK	3.32	1.94	2.38	4.68	2.76	7.05	6.19	9.16	2.52	3.29
Toplam	98.44	99.63	99.16	100.15	99.77	100.01	99.69	99.86	99.73	99.89
Ag	a.s.a.	<2.5	<2.5	a.e.	a.s.a.	a.e.	<2.5	a.e.	a.e.	<2.5
As	13	0.35	1.40	3	2.65	4	1.1	105	3	0.4
Ba	185	170	975	346	342	532	472	396	298	263
Ce	45.3	56.3	43.1	38.4	35.7	49.7	50.8	48.5	40	41.3
Cl	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	<10	a.s.a.	<10	a.s.a.	<10	<10	a.s.a.
Co	0.5	0.2	1	1.6	1.4	2.5	0.7	9.5	1.2	3.5
Cu	23	9.6	5.2	4	4.2	7	7.7	16	7	9.2
Cr	5	5	30	9	6	7	6	12	18	4
Cs	0.56	0.57	1.56	1.1	6.41	2	1.27	0.6	1.6	0.55
Ga	11	13	16	16	15	17	16	18	14	17
Hf	3.52	4.9	3.56	4.9	3.79	5.3	5.67	4.6	4.4	5.12
Nb	6.47	7.83	7.58	7.2	7.99	8.5	11.5	7.9	6.2	8.94
Ni	1.2	2.9	8.9	4	2.3	4	4.2	4	4	2.5
Pb	13.2	4.7	4.04	10	5.79	5	33.3	12	7	4.93
Rb	45	53	77	85.6	76	104.4	66	75.9	64	38
S	2958	614	1197	<10	1518	589	1040	10555	<10	640
Sc	a.e.	a.e.	a.e.	12	a.e.	8	a.e.	14	7	a.e.
Sb	0.4	0.05	0.05	a.e.	1.05	a.e.	a.s.a.	a.e.	a.e.	0.15
Sn	<10	<10	<10	1	<10	2	<10	1	5	<10
Sr	18	52	39	75.7	49	16.4	60	58.1	52.1	86
Ta	0.46	0.63	0.58	0.6	0.4	0.8	0.65	0.5	0.5	0.54
Th	6.87	11	7.06	6.3	2.73	8.2	6.27	5.4	4.1	2.65
Tl	a.e.	a.e.	a.e.	0.3	a.e.	0.7	a.e.	0.6	0.7	a.e.
U	2.33	2.14	1.76	1	0.63	2.1	1.62	1.1	1.1	0.57
V	<10	<10	19	8	24	8	<10	14	8	13
W	a.e.	a.e.	a.e.	1	a.e.	4	a.e.	2	<1	a.e.
Zn	49.75	72.12	98.52	41	46.95	55	40	73	39	65
Zr	106	158	149	184.4	146	193.7	193	189.9	144	174
Y	46.9	35	28	28.9	28.7	30	46.8	29.8	44.1	39.3
La	21.2	27.1	21.3	18.9	16.6	24.3	24.3	23	17.7	18.6
Mg [#]	62.84	79.65	60.31	38.09	36.53	72.05	58.68	50.39	51.09	49.99
KAI	72.44	61.19	65.28	51.13	59.66	63.11	56.20	55.34	59.10	52.21
AI	54.95	49.19	61.66	37.26	49.59	64.18	36.49	48.83	51.42	33.08
L _{AI}	0.57	0.56	0.43	0.73	1.16	1.35	0.98	1.71	0.56	1.10

*: % Tekrarlanabilirlik, Youda (1951) yöntemine göre hesaplanmıştır (Köksoy, 1991), AK: Ateşte kayıp (H₂O, SO₂ v.s.), Mg[#]: Mg numarası, KAI: Kimyasal ayrışma indeksi, AI: Ishikawa ayrışma indeksi, L_{AI}: Lenz'tin ayrışma indeksi, a.s.a.: Algılama sınırlarının altında, a.e.: Analiz edilmedi

Tablo 3.4'ün devamı

Elm./Kç.	275	288	304	448	528	560	565	247	Ortalama	Sta.Sa.	% T.*
SiO ₂	56.44	64.04	65.37	72.74	74.74	60.91	63.20	69.41	66.92	5.85	1.51
TiO ₂	0.47	0.20	0.26	0.18	0.20	0.27	0.79	0.11	0.26	0.17	0.16
Al ₂ O ₃	18.71	16.60	16.41	12.27	14.00	18.78	16.45	14.56	15.48	2.16	3.69
³ Fe ₂ O ₃	5.95	3.49	4.30	2.17	2.33	2.70	5.48	1.79	3.47	1.69	0.03
MnO	0.09	0.03	0.06	0.10	0.04	0.10	0.13	0.09	0.07	0.04	0.00
MgO	2.83	0.89	2.49	0.81	0.39	1.06	2.08	1.29	1.28	0.72	4.47
CaO	4.58	4.41	1.92	2.59	0.39	3.82	2.09	2.86	2.50	1.63	0.78
Na ₂ O	2.78	1.75	3.17	1.72	3.66	1.94	2.58	1.40	2.27	0.97	0.10
K ₂ O	2.43	3.99	2.33	2.82	2.52	3.78	2.86	3.28	2.88	0.52	0.16
P ₂ O ₅	0.10	0.04	0.05	0.04	0.03	0.08	0.25	0.02	0.06	0.06	0.15
CO ₂	0.75	0.75	0.41	a.e	0.04	0.80	0.21	0.88	0.53	0.47	
AK	4.43	3.67	3.02	4.42	1.70	4.47	3.03	3.72	3.98	1.88	
Toplam	99.56	99.86	99.79	99.86	100.04	98.71	99.15	99.41			
Ag	<2.5	<2.5	<2.5	a.e.	a.s.a.	<2.5	a.s.a.	a.s.a.	-	-	
As	0.9	0.7	0.4	<1	1.20	30	0.6	2.5	9.50	24.87	
Ba	224	431	437	342	139	521	369	261	364.88	192.77	5.65
Ce	36.6	45.5	49.4	49.1	40.8	52.7	39.1	37.72	44.44	6.10	0.90
Cl	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	<10	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	-	-	
Co	7.7	3.4	1.2	0.8	0.5	3.2	4.4	1.2	2.47	2.55	0.11
Cu	9.9	9.5	12.4	4	23.2	24.5	31.5	20	12.66	8.34	7.91
Cr	21	8	5.5	7	1	3	2	8	8.75	7.35	4.52
Cs	0.56	5.22	0.44	1.3	2.5	1.09	0.74	0.82	1.60	1.64	0.00
Ga	16	13	13	12	15	14	15	12	14.61	1.97	0.45
Hf	4.54	3.53	5.21	5.1	4.43	3.7	7.59	8.35	4.90	1.30	0.00
Nb	7.92	7.86	9.6	7.2	6.24	9.32	13.4	7.85	8.23	1.70	0.00
Ni	7.9	8	3	4	1.7	2.7	3.7	4.2	4.06	2.13	4.52
Pb	3.44	12.6	4.57	4	15.9	16.9	29.05	29.67	12.00	9.61	5.65
Rb	37	71	54	82.6	64	71	63	65	71.95	16.21	1.02
S	1332	578.2	466.3	112	220	4129	2407	288			
Sc	a.e.	a.e.	a.e.	8	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	-	3.03	
Sb	0.1	0.7	a.s.a.	a.e.	0.75	1.75	a.s.a.	a.s.a.			
Sn	<10	a.s.a.	a.e.	9	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	-	-	0.00
Sr	79	54	60	46.3	52	78	73	19	59.96	23.60	6.10
Ta	0.45	0.55	0.56	0.5	0.47	0.67	1.13	1.36	0.63	0.24	0.11
Th	2.42	7.17	5.38	6.8	6.97	7.59	3.63	4.99	5.79	2.05	0.00
Tl	a.e.	a.e.	a.e.	0.1	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	0.48	0.26	0.11
U	0.59	0.68	0.84	1.6	2.27	0.98	2.01	1.14	1.36	0.62	0.00
V	72	<10	<10	12	<10	19	35	<10	52.83	42.97	1.13
W	a.s.a.	a.e.	a.s.a.	1	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	-	-	0.00
Zn	65	48.78	62	36	47	64	78	37.3	59.96	25.43	37.29
Zr	163	134	165	191.6	133	134	139	128	157.59	33.06	3.28
Y	39.4	27.6	29.9	32.9	25.87	34.96	25.9	25.88	34.26	6.59	0.23
La	16.4	22.9	23.7	24.3	19.5	26.5	17.49	17.52	21.17	3.45	0.68
Mg [#]	65.33	50.25	69.65	59.73	39.89	60.83	60.03	74.05			
KAI	54.64	52.18	59.39	53.66	59.67	56.90	59.62	56.85			
AI	41.70	44.25	48.64	45.73	41.75	45.68	51.39	51.77			
L _{AI}	1.68	0.76	1.23	0.65	0.44	0.65	1.38	0.65			

*: % Tekrarlanabilirlik, Youda (1951) yöntemine göre hesaplanmıştır (Köksoy, 1991), AK: Ateşte kayıp (H₂O, SO₂ v.s.), Mg[#]: Mg numarası, KAI: Kimyasal ayrışma indeksi, AI: Ishikawa ayrışma indeksi, L_{AI}: Lentz'in ayrışma indeksi, a.s.a.: Algılama sınırlarının altında, a.e.: Analiz edilmedi

Tablo 3.5. Zigana ve çevresindeki Dasit - II'ye ait ana (% ağırlık) ve iz (ppm) element analiz sonuçları.

Elem./Kç.	285	86	131	142	301	311	388	397	431	494	496
SiO ₂	66.51	58.71	66.82	64.93	56.57	63.39	72.47	72.15	75.71	60.39	69.32
TiO ₂	0.30	0.48	0.39	0.38	0.42	0.41	0.17	0.12	0.14	0.43	0.42
Al ₂ O ₃	13.72	15.67	15.65	15.10	16.50	17.63	15.55	15.41	13.74	14.72	18.63
⁴ Fe ₂ O ₃	3.35	4.26	2.82	3.47	3.99	3.62	1.34	1.25	1.25	4.69	0.92
MnO	0.12	0.12	0.09	0.09	0.10	0.06	0.02	0.02	0.02	0.13	0.02
MgO	1.72	2.60	1.35	1.13	2.15	1.88	1.18	0.59	1.09	2.30	0.94
CaO	2.96	3.93	2.04	3.22	4.49	3.18	0.14	0.15	0.14	4.41	0.14
Na ₂ O	1.61	2.84	1.91	2.58	1.34	1.83	2.37	2.81	2.16	0.57	1.81
K ₂ O	3.14	2.83	3.18	2.87	3.48	3.75	3.77	4.16	3.45	3.66	5.16
P ₂ O ₅	0.08	0.15	0.09	0.09	0.08	0.08	0.06	0.02	0.04	0.10	0.02
CO ₂	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	0.86	0.58	0.03	0.03	a.e.	a.e.	0.04
AK	6.31	8.52	5.36	5.70	9.83	3.40	1.85	1.63	1.95	9.02	2.28
Toplam	99.82	100.11	99.70	99.56	99.81	99.81	98.95	98.34	99.69	100.42	99.66
Ag	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	<2.5	<2.5	<2.5	2.7	a.e.	a.e.	<2.5
As	3	27	11	16	0.65	0.3	0.9	13.47	21	7	26
Ba	653	468	353	244	380	289	1908	1697	1722	385	653
Ce	38	63	52.7	51.5	40.1	39.39	89.2	73.6	86.3	53.8	53
Cl	<10	<10	<10	<10	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	<10	<10	a.s.a.
Co	5	8.4	8.1	8.1	8	5.5	1.2	0.7	0.6	11.4	a.s.a.
Cu	5	26	10	38	15	15	4.7	24.9	30	17	8.75
Cr	8	8	7	9	24	6	14	2	8	19	20
Cs	2.5	5.3	5.5	7	1.26	1.47	1.02	0.76	1	3.2	0.86
Ga	12	15	16	16	16	14	12	12	12	16	14
Hf	2.8	4.9	4.1	3	2.16	2.31	3.13	2.89	4.5	4.1	4.3
Nb	4.4	10.4	6.8	6.2	5.82	6.16	10.4	10.4	11.7	7.4	9.74
Ni	4	4	4	4	8	5.5	3.2	1	4	5	1.5
Pb	4	17	7	11	24.1	8.05	6.5	92.3	457	28	13.7
Rb	118.7	94.8	106.5	99.1	107	103	70	75	108.6	141.1	113
S	355	467	212	2288	498.5	269.8	1690	1981	181	407	410
Sc	8	11	8	7	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	3	9	a.e.
Sb	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	0.05	a.s.a.	0.45	0.15	a.e.	a.e.	0.85
Sn	3	3	4	2	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	4	4	a.e.
Sr	35.7	200.6	43.9	80.3	50	34.00	109	79	88.8	30	68
Ta	0.5	0.8	0.8	0.7	0.53	0.53	0.96	0.98	1.3	0.8	0.83
Th	11.6	16.9	17.1	15.5	11.8	11.4	20.1	20.3	25.9	16.9	17.5
Tl	0.6	0.1	0.3	0.3	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	0.2	0.2	a.e.
U	3.9	5.5	6	5	3.23	3.54	5.02	5.3	6.4	4.7	4.65
V	42	72	62	59	81	57	<10	<10	10	71	59
W	3	3	3	3	a.e.	a.e.	a.s.a.	a.e.	7	4	a.e.
Zn	60	172	54	69	79	41	37.13	87	67	86	12.5
Zr	96.1	160	148.1	115.8	97	93	124	95	157.8	138	164
Y	12.4	20.9	12.4	12.4	13.1	13.24	15.89	14.2	17.9	16.5	14.9
La	20.4	32.7	28.9	27.9	21.9	21.65	48.2	41.2	47.5	29.5	31.8
Mg [#]	67.06	70.69	65.44	56.22	68.08	67.29	77.22	65.33	77.59	66.05	80.22
KAI	54.55	51.29	60.33	53.34	53.85	57.83	65.39	62.13	64.58	53.26	67.88
AI	51.49	44.47	53.45	40.71	49.11	52.97	66.41	61.61	66.38	54.47	75.82
L _{AI}	1.06	1.20	0.81	0.80	1.27	0.98	0.41	0.26	0.41	1.65	0.26

*: % Tekrarlanabilirlik, Youda (1951) yöntemine göre hesaplanmıştır (Köksoy, 1991), AK: Ateşte kayıp (H₂O, SO₂ v.s.), Mg[#]: Mg numarası, KAI: Kimyasal ayrışma indeksi, AI: Ishikawa ayrışma indeksi, L_{AI}: Lentz'in ayrışma indeksi, a.s.a.: Algılama sınırlarının altında, a.e.: Analiz edilmedi

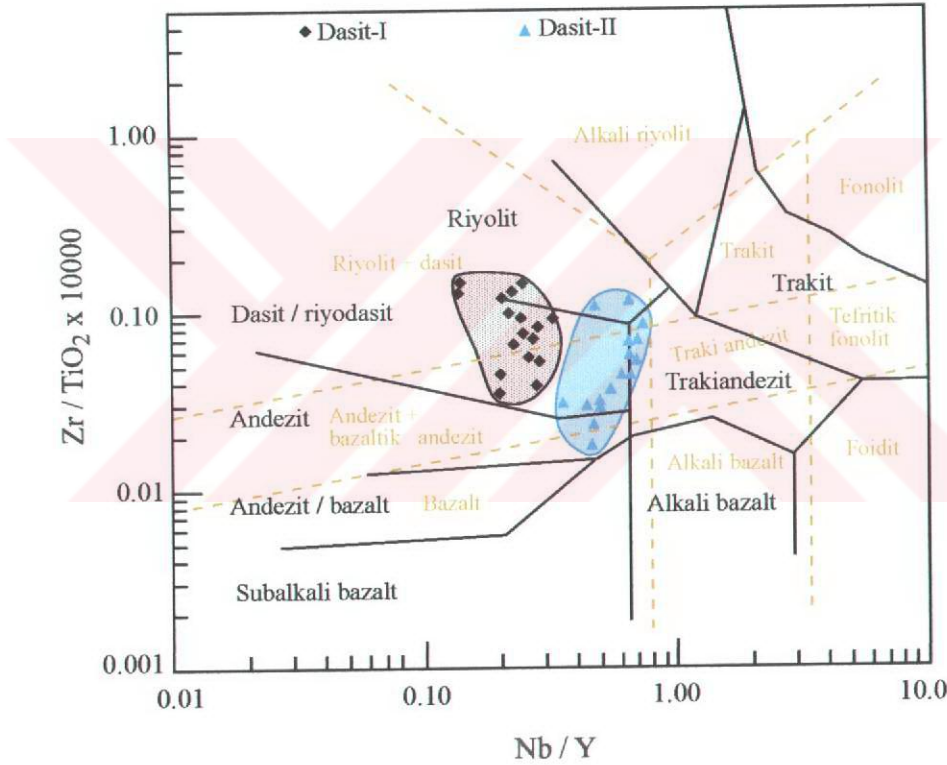
Tablo 3.5'ün devamı

Elem./Kç.	512	G1	359	382	492	419	Ortalama	Sta.Sa.	% T.*
SiO ₂	71.77	76.70	70.13	71.24	73.76	62.15	67.80	6.01	1.51
TiO ₂	0.17	0.11	0.21	0.13	0.34	0.20	0.28	0.13	0.16
Al ₂ O ₃	13.00	13.38	17.19	18.65	16.42	15.01	15.64	1.70	3.69
^t Fe ₂ O ₃	1.51	1.15	1.92	1.01	0.66	2.49	2.33	1.33	0.03
MnO	0.04	0.02	0.04	0.02	0.02	0.15	0.06	0.04	0.00
MgO	0.27	0.30	0.70	0.75	0.95	3.61	1.38	0.89	4.47
CaO	3.24	0.12	0.14	0.12	0.12	3.20	1.87	1.77	0.78
Na ₂ O	1.14	2.27	0.83	0.54	0.12	1.14	1.64	0.82	0.10
K ₂ O	4.17	4.57	4.30	4.74	4.68	4.94	3.93	0.72	0.16
P ₂ O ₅	0.04	0.04	0.04	0.02	0.01	0.04	0.06	0.03	0.15
CO ₂	a.e.	0.02	0.02	0.02	0.02	0.99	0.26	0.39	
AK	4.16	1.34	3.00	2.45	2.58	3.45	4.09	2.76	
Toplam	99.51	100.02	98.52	99.77	99.68	97.37			
Ag	a.e.	<2.5	<2.5	2.6	<2.5	<2.5	-	-	
As	7	3.53	11	1	26	19	11.28	9.71	
Ba	3567	1155	437	685	399	3717	1128.58	1119.31	5.65
Ce	67.6	82.52	10.75	12.12	63.75	52.8	54.71	22.53	0.90
Cl	<10	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	-	-	
Co	1.7	a.s.a.	0.7	0.5	a.s.a.	3.4	4.52	3.74	0.11
Cu	6	39	269	40	13.6	66	36.93	61.98	7.91
Cr	8	22	a.s.a.	3	27	55	15.00	13.18	4.52
Cs	2.1	3	1.65	1.84	2.98	0.85	2.46	1.84	0.00
Ga	9	13	14	13	13	9	13.29	2.20	0.45
Hf	3.6	3.17	3.09	5.97	4.91	2.3	3.60	1.07	0.00
Nb	8.3	13.05	5.47	12.06	9.43	9.93	8.34	2.44	0.00
Ni	4	3.6	0.3	2.6	24.8	10.4	5.28	5.57	4.52
Pb	24	61	51.94	7.44	51	120	57.88	107.99	5.65
Rb	114.4	114	102	84	125	64	106.86	19.20	1.02
S	782	290	3540	593.3	540	2707	1050.10	1048.15	
Sc	3	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	7.00	3.00	
Sb	a.e.	0.75	0.05	0.35	0.8	0.05	0.38	0.33	
Sn	7	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	-	-	0.00
Sr	191.6	87	9.85	16	111.39	141	84.19	56.38	6.10
Ta	1.1	1.11	0.49	2.14	1.08	0.82	0.91	0.39	0.11
Th	23.5	27.2	2.07	21.7	13.68	18.6	22.56	21.64	0.00
Tl	0.09	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	0.25	0.17	0.11
U	6.8	5.31	1.78	4.24	5.54	3.66	4.74	1.25	0.00
V	18	<10	<10	11	36	33	59.58	32.31	1.13
W	6	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	-	-	0.00
Zn	42	36.41	36.95	23.47	49.5	2353	194.46	557.39	37.29
Zr	122	116	115	104	123	96	116.84	29.44	3.28
Y	11.7	15.25	6	1.45	19.5	10.94	14.83	4.36	0.23
La	41.4	40.54	5.59	4.94	38.03	28.91	30.06	12.58	0.68
Mg [#]	41.40	52.62	58.98	74.63	85.07	85.15			
KAI	51.40	60.07	73.28	74.99	75.03	53.53			
AI	50.21	67.21	83.81	89.38	96.03	66.35			
L _{AI}	0.32	0.21	0.51	0.33	0.33	1.00			

*: % Tekrarlanabilirlik, Youda (1951) yöntemine göre hesaplanmıştır (Köksoy, 1991), AK: Ateşte kayıp (H₂O, SO₂ v.s.), Mg[#]: Mg numarası, KAI: Kimyasal ayrışma indeksi, AI: Ishikawa ayrışma indeksi, L_{AI}: Lentz'in ayrışma indeksi, a.s.a.: Algılama sınırlarının altında, a.e.: Analiz edilmedi

değerlerinin (Dasit - I'de % 2.14 - 3.99 ve Dasit - II'de % 3.03 - 5.16) çok yüksek olması ayrışma sonucu zenginleşmeden kaynaklanmaktadır. Sonuç olarak, P_2O_5 ve K_2O 'deki değişim hem üst kabuk kirlenmesi hem de ayrışmadan kaynaklanmaktadır.

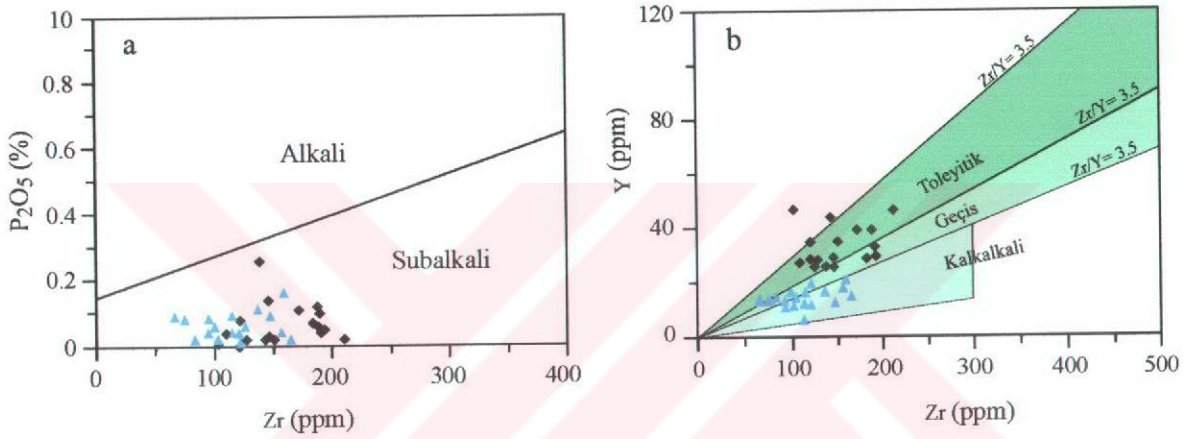
Bazalt ve andezitlerin adlandırılmasında olduğu gibi, bu kayalar için de Nb / Y - Zr / TiO_2 diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977) (Şekil 3.25) tercih edilmiştir. Çünkü, gerek arazi gözlemleri ve gerekse mikroskop incelemeleri sonucunda volkanitlerin değişen oranlarda ayrışmaya uğradıkları belirlenmiştir. Dolayısıyla, ayrışmanın sınıflandırmalara etkisini en aza indirmek için, ayrışma esnasında daha az hareketli olarak kabul edilen Ti, Zr, Nb ve Y (Barrett vd., 1993) gibi elementlerinin bulunduğu diyagramlar kullanılmıştır.



Şekil 3.25. Zigana civarındaki dasitlerin Nb / Y - Zr / TiO_2 diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977'den değiştirilerek) kullanılarak adlandırılması. Kesikli çizgilerin oluşturduğu alanlar ve adlandırılmaları Pearce, 1996'dan alınmıştır.

Nb / Y - Zr / TiO_2 diyagramında dasitik kayaların iki guruba ayrıldığı görülmekte (Şekil 3.25) ve bu durum iki farklı dasitik kayacın varlığına dikkat çekmektedir. Ayrıca Dasit - II'ye ait bazı örneklerin andezit ve trakiandezit alanına düşmeleri, kütle değişim hesabına göre Zr'un zenginleşmesi ve Y'un azalmasından kaynaklanmaktadır. Dasit - II

grubundaki iki örnek (301 ve 311), Nb / Y - Zr / TiO₂ diyagramında andezit alanına düşmüşlerdir (Şekil 3.25). Kütle değişim hesabına (Ek Tablo 17, 18, 20 ve 21) göre andezit alanına düşen örnekte Zr'da azalma olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bu iki örnek aslında dasit bileşimindedir. Dasit - I ve Dasit - II jeokimyasal açıdan incelendiğinde P₂O₅'e karşı Zr diyagramında subalkali, Y'a karşı Zr diyagramında Dasit - I, bir kaç örnek hariç, toleyitik - geçiş; Dasit - II ise kalkalkali - geçiş özellik göstermektedir (Şekil 3.26a ve b). Ancak, kütle değişim hesaplamalarına göre, volkanitler genelde Y'ca zenginleşmişlerdir.

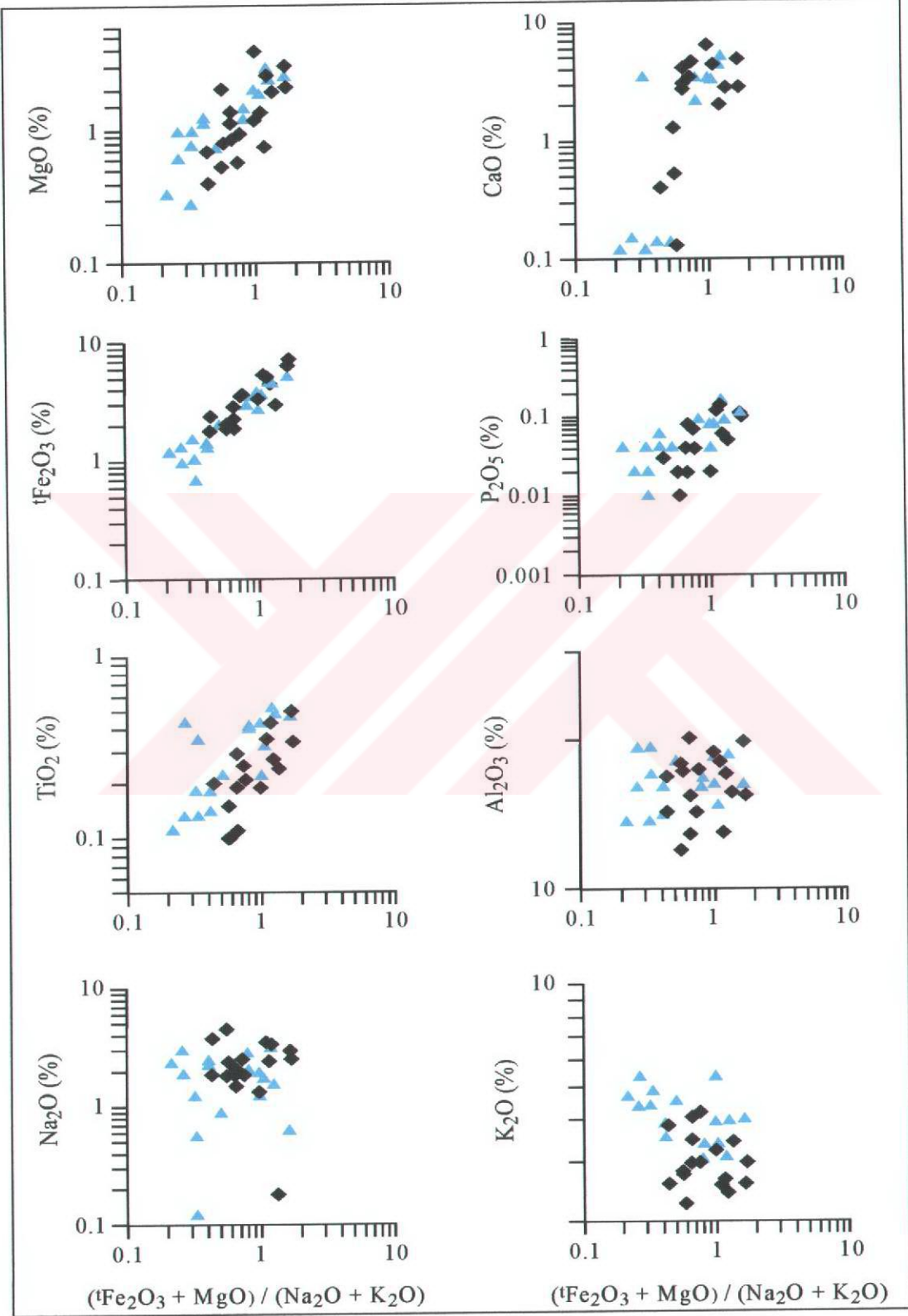


Şekil 3.26. Zigana ve civarındaki dasitik kayaların a) P₂O₅ - Zr (Winchester ve Floyd, 1976'dan değiştirilerek) ve b) Y - Zr (Barret vd., 1993' den değiştirilerek) diyagramlarında jeokimyasal açıdan sınıflandırılması. Simgeler Şekil 3.25 ile aynı.

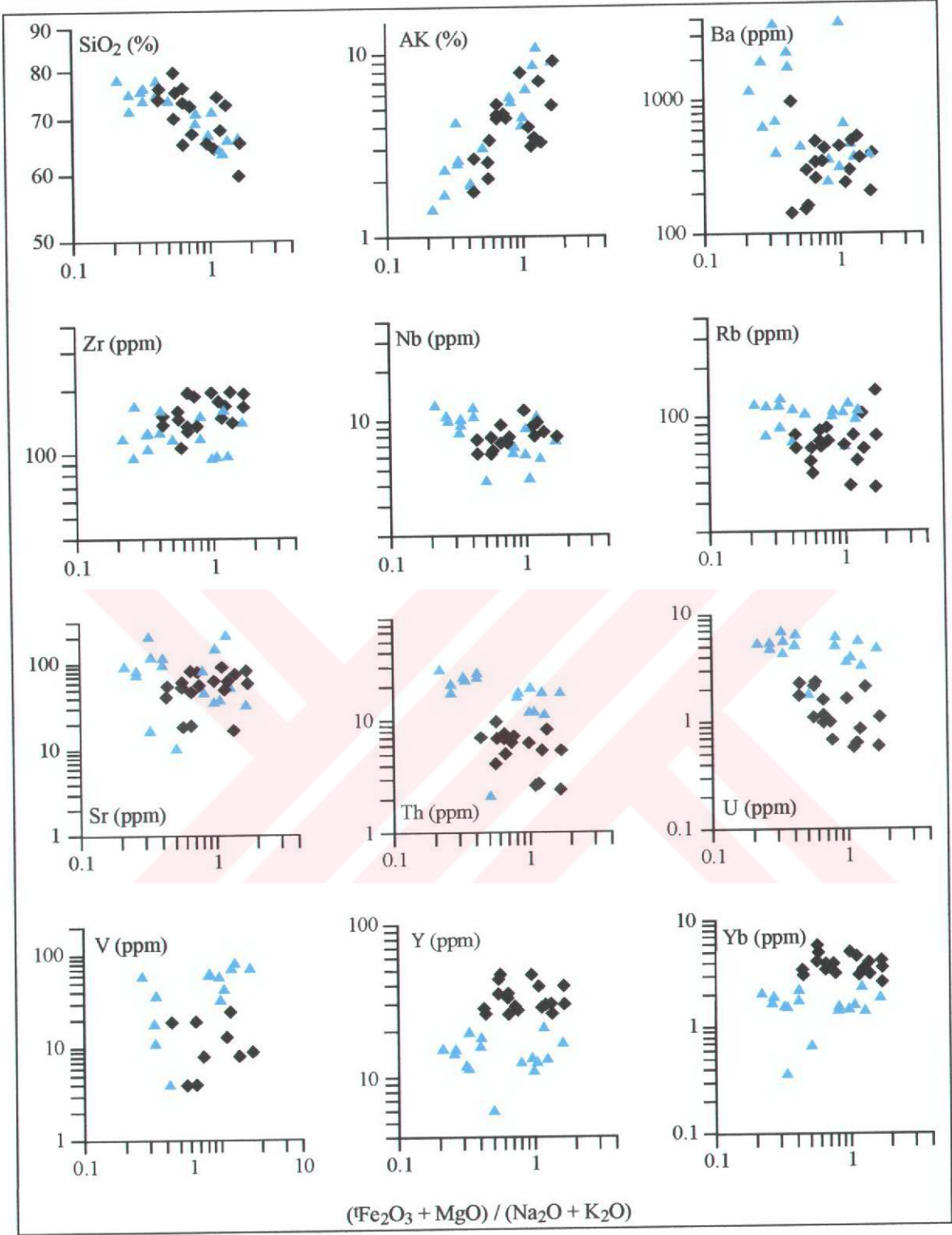
Dasitik kayaların Harker (değişim) diyagramları oluşturulurken baziklerle benzer ayrışma özelliklerinden dolayı, ana ve iz elementler $L_{AI} ((^1Fe_2O_3 + MgO) / (Na_2O + K_2O))$ (Lentz, 1996 ve 1999)'ye karşı korele edilmişlerdir (Şekil 3.27 ve 28).

Dasitlerde L_{AI} 'ne karşı oluşturulan ana element değişim diyagramlarında MgO, CaO, ¹Fe₂O₃, P₂O₅, TiO₂ ve AK pozitif; K₂O Dasit - I'de dağınık, Dasit - II'de negatif; Al₂O₃ ve Na₂O'de ise düzensiz bir ilişki görülmektedir (Şekil 3.27). İz element değişim diyagramları oluşturulduğunda Dasit - I'de Ba, Nb, Rb, Sr, Th, U, V ve Y'da düzensiz; Zr'da ise pozitif bir ilişki belirlenmiştir (Şekil 3.28). Dasit - II'de Ba açısından birkaç örnek negatif, birkaç örnek düzensiz dağılım göstermektedir. Benzer durum Nb, Th, U için de söz konusudur. Dasit - II'de Zr pozitif değişim gösterirken Sr, V, Y ve Yb ise düzensiz dağılmıştır. İz element değişimleri Dasit - I ve Dasit - II'nin hidrotermal ayrışma

koşullarından farklı şekilde etkilendiklerini belirtmektedir.



Şekil 3.27. Zigana ve civarındaki Dasit - I ve Dasit - II'lerin ana elementlerinin $(tFe_2O_3 + MgO) / (Na_2O + K_2O)$ 'e karşı değişim çizgisellemeleri.

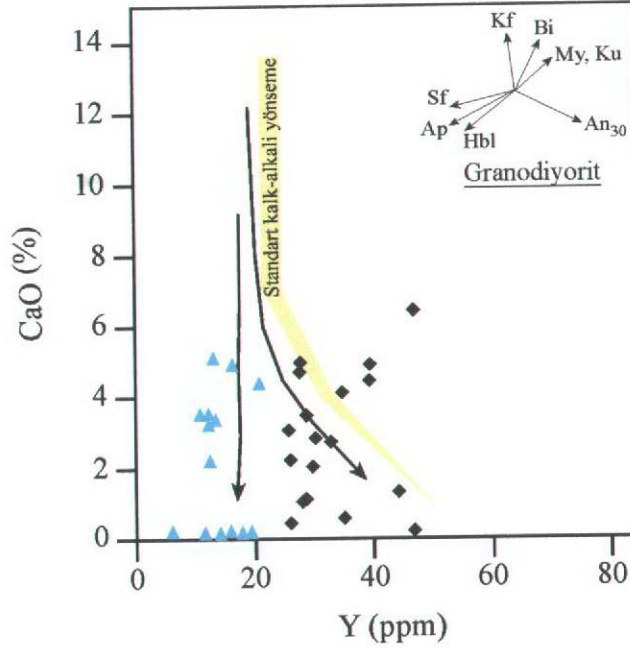


Şekil 3.28. Zigana ve civarındaki Dasit - I ve Dasit - II'lerin iz elementlerinin ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}$) / ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$)'e karşı değişim çizgisellemeleri.

L_{Al} değerine karşılık Al_2O_3 , K_2O ve Na_2O 'un düzensiz bir ilişki göstermesi ayrışmadan kaynaklanmaktadır. Dasit - II'de L_{Al} 'nin azalmasıyla K_2O 'in artması K'lu

minerallerin birikimini belirtmekte ve bu kayaçların ayrışmadan daha çok etkilendiğini göstermektedir. CaO'un artması plajiyoklas ve kalsit oluşumu, MgO ve ${}^4\text{Fe}_2\text{O}_3$ 'ün artması amfibol, biyotit ve klorit, TiO_2 ve ${}^4\text{Fe}_2\text{O}_3$ 'ün artması rutil ve hematit, P_2O_5 'ün artması ise apatit ayrımlaşmasını göstermektedir (Şekil 3.27). Al_2O_3 'ün düzensiz dağılımı ayrışma sonucu killeşmeyi göstermektedir. L_{Al} indeksi arttıkça Ba ve Rb'un azalması dasitlerin bünyesinde K - feldispatların varlığı ile desteklenmektedir. L_{Al} 'ne göre Th ve U'daki negatif (veya Si_2O ile pozitif) ilişki bunların magmanın kristallenmesi esnasında ayrımlaştığını ve asitik kayaçlarda, özellikle de Dasit - II'de daha fazla yoğunlaştığını göstermektedir. Sr'daki düzensiz ilişki tamamen ayrışma sonucu plajiyoklasların bozuşmasından kaynaklanmaktadır. Y amfibol minerallerinin bünyesinde bulunmakta ve hareketsiz olarak bilinmektedir. Ancak ortam aşırı kloritleşirse Y bu ortamda hareketsiz kalmaz (MacLean ve Kranidoitis, 1987; MacLean, 1990; Barrett ve MacLean, 1991; Barrett vd., 1991a, b, c ve 1992; Shriver ve MacLean, 1993; Barrett, 1993). Dolayısıyla dasitik kayaçlarda Y'un L_{Al} 'ne karşı düzensiz davranması amfibollerin bozuşması sonucu oluşan klorit + kalsit + kuvars birlikteliğinden kaynaklanmaktadır (Şekil 3.28c).

Dasitler için Y - CaO diyagramında standart kalk - alkali yönseme dikkate alındığında Dasit - I'de L ve J şeklinde ve Dasit - II'de L şeklinde değişim görülmektedir (Şekil 3.29). CaO Dasit - I'deki bazı örneklerde azalmakta, bazı örneklerde artmaktadır. Kütle değişim hesaplarına göre, Dasit - I'deki CaO'de önemli bir değişim (artma veya azalma) olmamıştır. Dolayısıyla CaO - Y diyagramı K - feldispat, plajiyoklas, biyotit ve daha az miktarda hornblend ayrımlaşmasını yansıtmaktadır (Lambert ve Holland, 1974). Kütle değişim diyagramına göre, Dasit - II'de hidrotermal ayrışma sonucu CaO (yaklaşık % 0.5 artma) ve Y (yaklaşık % 3 azalma) çok az değişmiştir. Buna göre, Dasit - II'de CaO artarken Y sabit kalmakta veya çok az artmaktadır. Bu yönsemeye göre K - feldispat ayrımlaşması önem kazanmaktadır. Dolayısıyla Dasit - I'de K - feldispat, plajiyoklas ve daha az oranda hornblend ve biyotit; Dasit - II'de K - feldispat kontrollü bir farklılaşmayı işaret etmektedir. Dasitlerde biyotit ve amfibolün varlığı bu ayrımlaşmayı doğrulamaktadır.



Şekil 3.29. Zigana ve çevresindeki Dasit-I ve Dasit - II'nin CaO-Y diyagramındaki konumları. Standart kalk-alkali yönseme Lambert ve Holland, 1974'den alınmıştır. Simgeler Şekil 3.25 ile aynı.

3.2.2.2 Dasitik Kayaçların İz ve Nadir Toprak Element İçeriklerinin Değerlendirilmesi

Zigana ve çevresinde bulunan Dasit - I ve Dasit - II'lerin iz ve nadir toprak element analiz sonuçları Tablo 3.6 ve 3.7'da verilmiştir. Bu kayaçlar zenginleşmiş okyanus ortası sırtı bazaltı (Z - OOSB) ve okyanus ortası sırtı granitoidine (OOSG) göre normalleştirilmiş ve uyumsuz element çizgisellemeleri Şekil 3.30'de gösterilmiştir.

Dasitlerde, Z - OOSB'na göre Sr hariç diğer BİYE'lerde zenginleşme, P ve Ti hariç diğer YÇAE'lerde çok az bir değişim görülmektedir (Şekil 3.30a). OOSG'ne göre ise BİYE'ce zenginleşme ve YÇAE'ce fakirleşme söz konusudur. Dasit - I ve Dasit - II genel olarak benzer dağılım eğilimi göstermektedir. Dasit - II'de BİYE'lerden (K, Rb, Ba ve Th) özellikle Ba'da, birkaç örnekte (388, 397, 431 ve 512) zenginleşme en yüksek değerlere ulaşmaktadır. Z - OOSB ve OOSG'ye göre genel olarak paralel bir dağılım sunmaktadırlar. Ayrıca OOSG'ne göre YÇAE (Ta'dan Yb'a kadar olan) az miktarda tüketilmişlerdir. Dasit - I ve Dasit - II yüksek BİYE ve düşük YÇAE içerikleri ve yüksek BİYE / YÇAE oranları ile yitimle ilişkili kayaçların tipik karakterlerini yansıtmaktadırlar.

Tablo 3.6. Zigana ve çevresindeki Dasit - I'e ait nadir toprak element (ppm) analiz sonuçları.

Elm./Kç.	25	50	161	164	T	X1	232	246	255	260	275	288	304	448	528	560	% T.*
La	21.20	27.10	21.30	18.90	16.60	24.30	24.30	23.00	17.70	18.60	16.40	22.90	23.70	24.30	19.50	26.50	0.68
Ce	45.30	56.30	43.10	38.40	35.70	49.70	50.80	48.50	40.00	41.30	36.60	45.50	49.40	49.10	40.80	52.70	0.90
Pr	5.36	6.64	4.81	4.58	4.39	5.60	6.12	6.06	4.95	5.29	4.75	5.03	5.70	5.56	4.87	5.98	0.02
Nd	21.60	26.60	18.30	18.50	18.30	22.90	25.00	26.30	23.40	22.60	20.20	19.20	23.00	23.80	19.10	23.50	1.13
Sm	5.24	6.13	3.81	4.50	4.03	5.50	5.88	6.10	6.00	5.38	4.95	4.04	5.12	5.40	4.35	4.95	0.00
Eu	0.744	0.978	0.567	1.19	0.937	1.15	1.31	1.97	0.94	1.39	1.20	0.921	1.16	1.22	0.85	0.994	0.01
Gd	6.30	6.17	3.90	4.61	4.30	4.88	6.90	5.51	6.06	6.03	5.84	4.31	4.92	5.39	4.44	5.11	0.01
Tb	1.13	0.969	0.673	0.78	0.726	0.78	1.18	0.87	1.05	1.03	0.985	0.738	0.845	0.93	0.739	0.851	0.06
Dy	7.78	6.58	4.62	5.80	4.96	5.51	8.04	5.60	7.22	6.80	6.77	4.87	5.30	6.24	4.70	5.72	0.17
Ho	1.66	1.38	1.03	1.21	1.02	1.23	1.70	1.23	1.78	1.46	1.41	0.995	1.10	1.32	1.00	1.22	0.01
Er	5.10	4.21	3.28	3.64	3.13	3.80	5.17	3.77	5.48	4.54	4.33	3.10	3.46	4.02	3.03	3.83	0.00
Tm	0.713	0.571	0.499	0.50	0.441	0.55	0.739	0.49	0.77	0.671	0.608	0.451	0.49	0.53	0.448	0.542	0.02
Yb	4.91	4.14	3.48	3.89	3.08	4.00	5.03	3.63	5.87	4.60	4.19	3.14	3.41	3.87	3.14	3.77	0.07
Lu	0.724	0.615	0.542	0.54	0.472	0.61	0.766	0.55	0.91	0.69	0.638	0.494	0.514	0.61	0.478	0.572	0.00
(La/Lu) _N	3.04	4.57	4.07	3.63	3.65	4.14	3.29	4.34	2.02	2.80	2.67	4.81	4.79	4.14	4.23	4.81	
(La/Sm) _N	2.55	2.78	3.51	2.64	2.59	2.78	2.60	2.37	1.86	2.17	2.08	3.57	2.91	2.83	2.82	3.37	
(Gd/Lu) _N	1.08	1.25	0.90	1.06	1.13	1.00	1.12	1.25	0.83	1.09	1.14	1.09	1.19	1.10	1.16	1.11	
(Sm+Gd) _N	43.25	46.69	29.26	34.55	31.48	39.76	48.02	44.41	45.78	43.00	40.53	31.57	38.26	40.99	33.34	38.12	
Eu*	21.63	23.35	14.63	17.27	15.74	19.88	24.01	22.21	22.89	21.50	20.27	15.79	19.13	20.50	16.67	19.06	
Eu _N	8.55	11.24	6.52	13.68	10.77	13.22	15.08	22.64	10.80	15.92	13.75	10.58	13.39	14.02	9.77	11.42	
Eu	0.40	0.48	0.45	0.79	0.68	0.66	0.63	1.02	0.47	0.74	0.68	0.67	0.70	0.68	0.59	0.60	
(Tb/Lu) _N	1.02	1.03	0.82	0.95	1.01	0.84	1.01	1.04	0.76	0.98	1.01	0.98	1.08	1.00	1.02	0.98	

Eu*=(Sm_N+Gd_N)/2, Eu=Eu_N/Eu*, *: % Tekrarlanabilirlik, Youda (1951) yöntemine göre hesaplanmıştır (Koksoy, 1991).

Tablo 3.7. Zigana ve çevresindeki Dasit - II'ye ait nadir toprak element (ppm) analiz sonuçları

Elm./Kç.	285	86	131	142	301	311	388	397	431	494	496	512
La	20.40	32.70	28.90	27.90	21.90	21.60	48.20	41.20	47.50	29.50	31.80	41.40
Ce	38.00	63.00	52.70	51.50	40.10	39.40	89.20	73.60	86.30	53.80	53.00	67.60
Pr	3.78	6.82	5.18	5.20	4.24	4.12	8.99	7.35	8.55	5.41	4.92	6.80
Nd	13.30	25.50	18.60	17.70	15.10	14.20	29.10	23.40	29.90	19.50	16.10	19.90
Sm	2.80	5.20	2.90	3.20	2.87	2.72	4.57	3.57	4.30	3.80	2.57	2.80
Eu	0.62	1.27	0.95	0.80	0.674	0.628	0.719	0.511	0.60	0.95	0.601	0.40
Gd	2.19	4.18	2.59	2.67	2.56	2.37	3.49	2.64	3.67	2.95	2.18	2.08
Tb	0.31	0.63	0.39	0.36	0.371	0.359	0.50	0.364	0.53	0.48	0.338	0.31
Dy	2.16	3.63	2.37	2.16	2.34	2.30	2.91	2.39	3.23	3.09	2.35	1.84
Ho	0.46	0.81	0.52	0.47	0.476	0.453	0.56	0.485	0.70	0.63	0.511	0.47
Er	1.44	2.33	1.43	1.49	1.42	1.43	1.67	1.49	2.09	1.92	1.65	1.33
Tm	0.20	0.29	0.17	0.20	0.207	0.208	0.246	0.219	0.30	0.28	0.255	0.18
Yb	1.59	2.34	1.53	1.44	1.41	1.47	1.74	1.66	2.22	1.87	1.87	1.52
Lu	0.25	0.33	0.23	0.22	0.213	0.227	0.276	0.266	0.37	0.29	0.294	0.25
(La/Lu) _N	8.47	10.29	13.04	13.17	10.67	9.92	18.13	16.06	13.33	10.56	11.23	17.19
(La/Sm) _N	4.59	3.96	6.27	5.49	4.82	5.01	6.63	7.25	6.95	4.89	7.77	9.31
(Gd/Lu) _N	1.09	1.58	1.40	1.51	1.49	1.30	1.58	1.23	1.24	1.27	0.92	1.04
(Sm+Gd) _N	19.28	36.17	21.02	22.58	20.77	19.53	31.22	24.08	30.61	26.09	18.25	18.92
Eu*	9.64	18.09	10.51	11.29	10.38	9.76	15.61	12.04	15.30	13.05	9.13	9.46
Eu _N	7.13	14.60	10.92	9.20	7.74	7.21	8.26	5.87	6.90	10.92	6.91	4.60
Eu	0.74	0.81	1.04	0.81	0.75	0.74	0.53	0.49	0.45	0.84	0.76	0.49
(Tb/Lu) _N	0.81	1.25	1.11	1.07	1.14	1.04	1.19	0.90	0.94	1.09	0.76	0.81

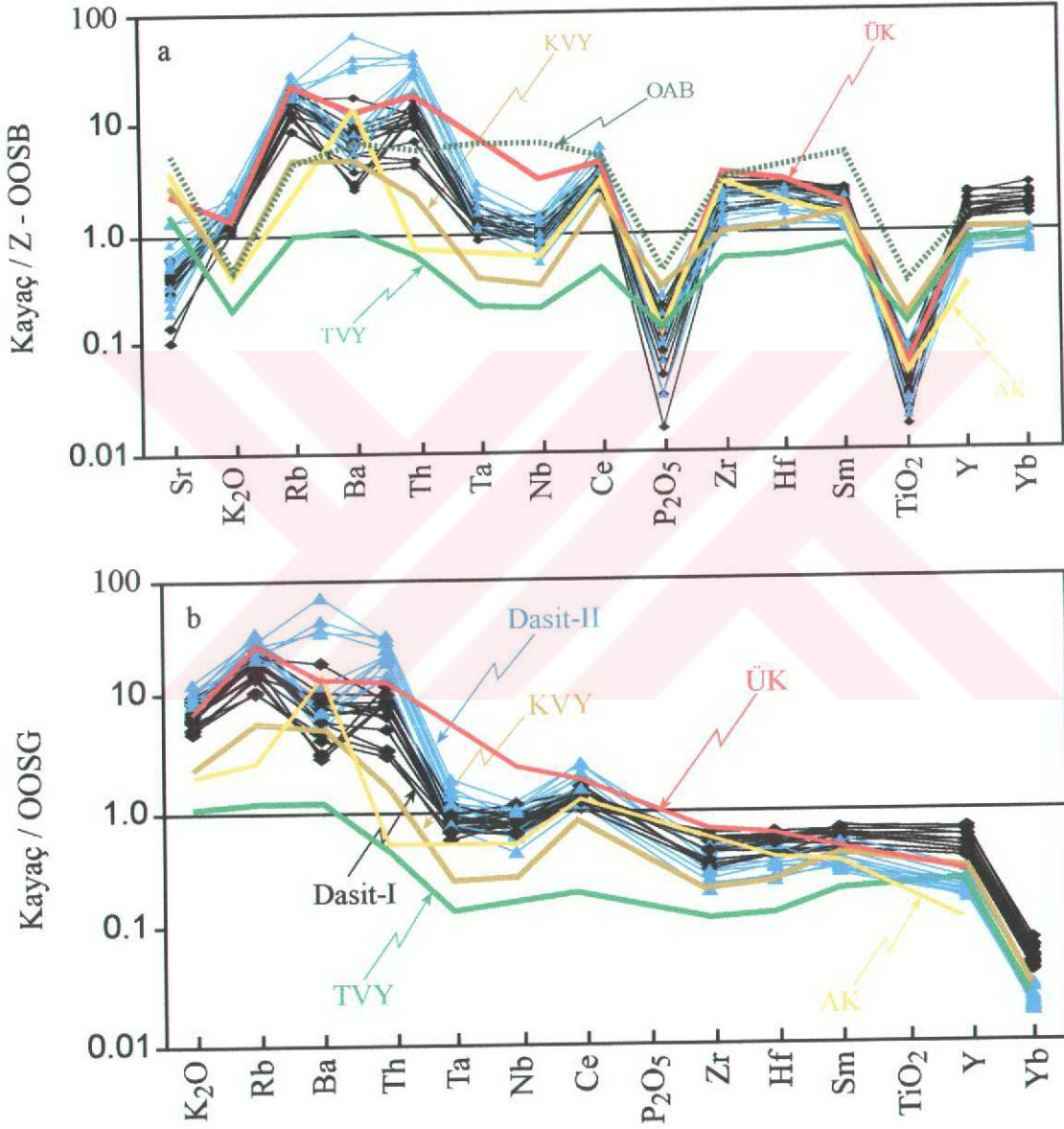
$$Eu^* = (Sm_N + Gd_N) / 2, Eu = Eu_N / Eu$$

Dasitlerde BİYE zenginleşmesi ve gösterdikleri anomali değerleri, ada yayı toleyitik volkanitlerinden fazla ve genel olarak kalk - alkali volkanik yaylardakine benzemektedir. Fakat kalk - alkali volkanik yaylardan daha fazla BİYE zenginleşmesi göstermektedir.

Dasit - I ve Dasit - II'de normalleştirme sonucu YÇAE'lerden Ce'da çok az bir zenginleşme; Ta, Nb, Zr ve Yb'da genel olarak negatif anomali gözlenmektedir. Ta ve Nb elementleri Dasit - I ve Dasit - II'de farklılık arz etmektedir.

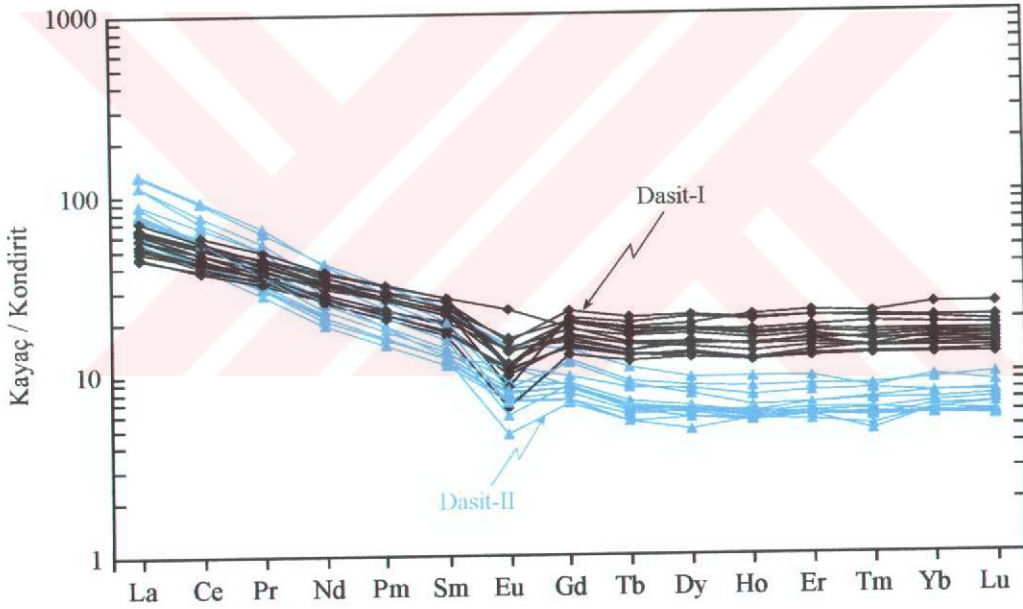
Asitik kayalarda negatif Nb, Sr, P ve Ti anomalileri Pearce (1982) ve Cox ve Hawkesworth'a (1985) göre ada yayı volkanitlerinin karakteristiğidir. Bu, aynı zamanda volkanitlerin ilksel magmalarının oluşum süreçlerinde amfibol, Fe - Ti oksit ve apatit minerallerinin ayrılmasını işaret eder. Ayrıca, negatif Nb anomalisi kayaların gelişiminde yitimin ve yitim zonu üzerindeki metazomatizmadan etkilenmiş manto kamasının önemli bir rol oynadığını gösterir (Pearce, 1982). Yiten okyanus kabuğunun 785 - 800 °C'de sulu

ortamda küçük bir kısmî ergime derecesi oluşan magmada Nb ve Ta'da bakımından aşırı bir fakirleşme ile sonuçlanmaktadır (Ryerson ve Watson, 1987; Ringwood, 1990). Her iki diyagramda bakıldığında dasitler kimyasal olarak benzer dağılımı sunmakta, sadece Dasit - II'de Ba zenginleşmesi görülmektedir. Bu da bir miktar feldispat ayrımlaşmasından kaynaklanmış olabilir.



Şekil 3.30. Zigana ve çevresindeki Dasit - I ve Dasit - II'lerin (a) zenginleşmiş okyanus ortası sırtı bazaltı ve (b) granitoidine (Z - OOSB değerleri Sun ve McDonough, 1989 ve OOSG değerleri Pearce v.d., 1984'ten alınmıştır) göre normalleştirilmiş uyumsuz element çizgisellemeleri. Simgeler Şekil 3.23 ile aynı.

Dasit - I ve Dasit - II'lerin nadir toprak elementleri (NTE) kondirite göre normalleştirilmiş ve Şekil 3.31'de değişimleri verilmiştir. Dasit - I'de L_{a_N} / L_{u_N} oranları 2.02 - 4.81, Dasit - II'de ise 8.47 - 18.13 arasında değişmektedir. Buna göre Dasit - I, Dasit - II'den çok daha az farklılaşmıştır. Ayrıca ağır NTE bakımından Dasit - I yatay ve Dasit - II ise yataya yakın bir dağılım sunarlar (Şekil 3.31). Hafif NTE içeriği Dasit - I'de 44 - 74 x kondirit, ANTE içeriği 12 - 24 x kondirit arasında, Dasit - II'de sırasıyla 55 - 131 x kondirit ve 5.6 - 9.7 x kondirit arasında değişmektedir. Her iki kayaç grubu da negatif Eu anomalisi göstermektedir. Dasit - I'de ortalama Eu anomalisi 0.64, Dasit - II'de ise 0.70'dir. Ayrıca Eu^* değerleri sırasıyla Dasit - I'de 14.63 - 24.01, Dasit - II'de 9.13 - 18.09 arasındadır. Negatif Eu anomalisi, düşük basınç (≤ 10 kb) plajiyoklas ayrımlaşmasının ürünü olabilir (Briggs ve McDonough, 1990).



Şekil 3.31. Dasit - I ve Dasit - II'lerin kondirite göre normalleştirilmiş NTE dağılımları (Kondirit değerleri Taylor ve McLennan, 1985'ten alınmıştır).

Kondirite göre normalleştirilme sonucu, Dasit - I ve Dasit - II'nin kendi içlerinde ve birbirlerine göre çok iyi paralellik göstermesi, bunların aynı veya benzer kaynaktan türediklerini ve daha sonra ayrımlaşmalarını gösterir. Her iki grupta da hafif NTE (La, Ce, Pr, Nd ve Pm) değerlerinin artması, Orta (Sm, Eu, Gd, Tb, Dy ve Ho) ve ağır NTE (Er, Tm, Yb ve Lu) değerlerine göre daha fazladır. Benzer kökenli ve magmatik farklılaşma ile oluşmuş kayalardan ilk oluşan Dasit - I HNTE bakımından fakir, ANTE bakımından ise

zengin olup, kondirite göre normalleştirme sonucu HNTE'lerde ANTE'lere doğru daha az belirgin bir farklılaşma göstermektedir. Buna karşılık daha sonra oluşan Dasit - II ise Dasit - I'in tam tersi bileşimli ve HNTE'lerde ANTE'lere doğru daha belirgin bir farklılaşmaya sahiptir .

3.2.3. Daykların Jeokimyası

Petrografik olarak ikiye ayrılan dayklar, bu bölümde kimyasal açıdan incelenerek jeokimyasal karakterleri ortaya konulmuştur.

3.2.3.1. Andezit Dayklar

3.2.3.1.1. Andezit Daykların Ana ve İz Element İçeriklerinin Değerlendirilmesi

Andezitlerden alınan 8 örneğin ana ve iz element analizleri yapılmış ve Tablo 3.8'de verilmiştir. Çalışma alanındaki andezit dayklarda da hareketsiz ve hareketli elementler belirlenmiş ve aşağıda hareketsizden hareketli elemente doğru sıralama verilmiştir:

$Zr < Nb < Y < Yb < Sm < Hf < Ta < Ce < La < Ti < Al < U < P < Th < Cs < Ga < \dots$

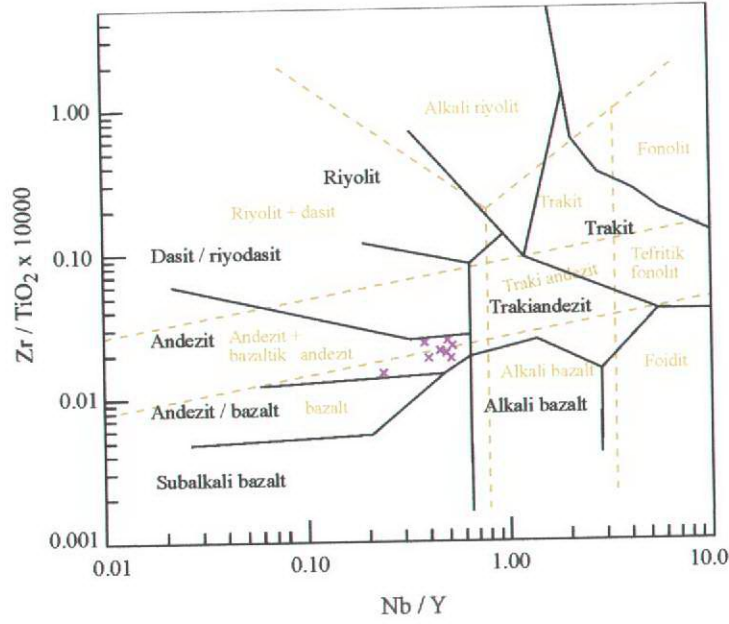
Andezit daykların adlandırılmasında, diğer volkanik kayaçlarda olduğu gibi, Nb / Y - Zr / TiO₂ diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977) (Şekil 3.32) kullanılmıştır. Dayklara ait tüm örnekler Nb / Y - Zr / TiO₂ diyagramına göre andezit alanına düşmüşlerdir (Şekil 3.32). Andezitler jeokimyasal açıdan incelendiğinde P₂O₅'e karşı Zr diyagramında subalkali, Y'a karşı Zr diyagramında ise, bir örnek hariç, kalk - alkali geçiş alanında bulunmaktadırlar (Şekil 3.33a ve b).

Andezitlerin Harker (değişim) diyagramları oluşturulurken diğer kayaçlarda (bazalt - andezit ve dasitler) olduğu gibi, ana ve iz elementler $L_{AI} [(^4Fe_2O_3 + MgO) / (Na_2O + K_2O)]$ (Lentz,1996 ve 1999)'a karşı korele edilmişlerdir (Şekil 3.34 ve 35). Çünkü andezit dayklar da az veya çok oranda ayrıışmışlar ve bu ayrıışma silisleşme, serizitleşme, kloritleşme ve kaolinleşme şeklindedir. Dolayısıyla değişim diyagramları MgO veya Mg numarasına göre oluşturulsaydı, yapılan yorum ayrıışmadan dolayı hatalı olabilir ve gerçeği yansıtmayabilirdi.

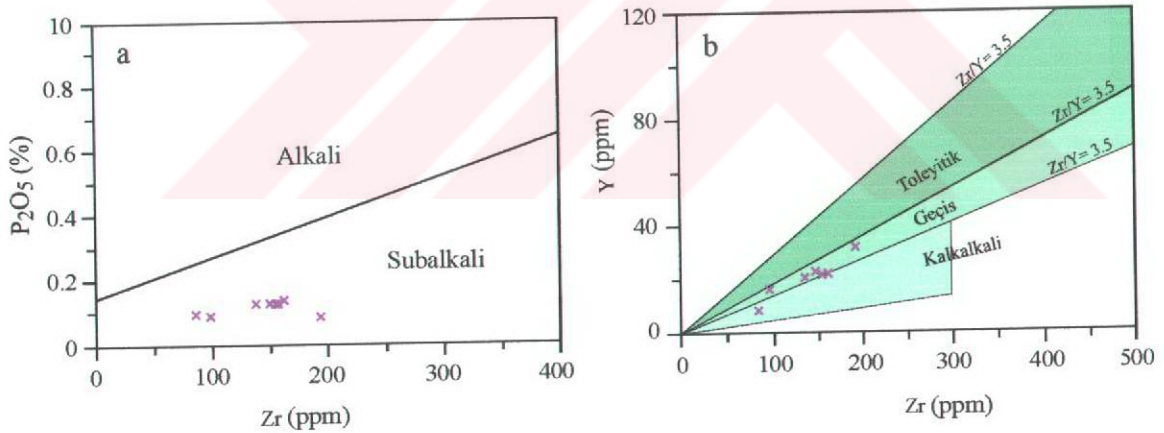
Tablo 3.8. Andezit daykların ana (% ağırlık) ve iz (ppm) element analiz sonuçları.

Elm.\Örn.	591	DE1	M1	588	H	M4	93	96	Ortalama	Sta.Sa.	% T*
SiO ₂	58.92	57.74	58.09	54.68	71.01	58.57	57.05	53.83	58.68	5.33	1.51
TiO ₂	0.57	0.61	0.63	1.02	0.38	0.66	0.61	0.66	0.64	0.17	0.16
Al ₂ O ₃	17.28	15.51	15.90	20.90	13.87	15.90	16.56	16.97	16.59	1.97	3.69
^t Fe ₂ O ₃	6.37	6.74	7.01	11.81	2.76	6.89	7.45	8.04	7.12	2.44	0.03
MnO	0.11	0.09	0.11	0.03	0.13	0.10	0.14	0.10	0.10	0.03	0.00
MgO	4.68	3.84	4.29	0.93	1.52	3.82	3.70	3.79	3.32	1.34	4.47
CaO	1.89	6.29	4.26	0.79	1.90	6.47	4.26	7.71	4.19	2.51	0.78
Na ₂ O	2.52	2.86	4.35	0.17	0.10	2.45	3.28	2.21	2.24	1.45	0.10
K ₂ O	4.05	3.19	2.98	5.82	3.94	2.67	3.56	1.78	3.49	1.17	0.16
P ₂ O ₅	0.14	0.13	0.13	0.09	0.10	0.12	0.13	0.09	0.11	0.02	0.15
CO ₂	0.02	0.38	0.12	0.02	a.e.	0.11	a.e.	a.e.	0.13	0.14	
AK	3.06	2.24	1.73	3.41	3.93	1.70	2.46	4.78	2.91	1.09	
Toplam	99.61	99.62	99.60	98.88	99.64	99.46	99.20	99.96			
As	4.44	31	5.79	0.6	2	20	41	12	14.60	14.82	
Ba	771	763	561	1163	367	774	1058	419	849	299	5.65
Ce	64.13	55.58	58.05	76.2	52	56.04	54.8	35.5	54.72	13.25	0.90
Cl	a.s.a	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	<10	a.s.a.	17	26			
Co	17	16	14	13	<5	21	19	20	28.37	31.89	0.11
Cu	66	48	35	49	49	41	62	62	51.50	10.94	7.91
Cr	19	12	18	6	22	25	24	43	21.12	10.88	4.52
Cs	0.58	2.44	0.22	4.21	1.7	2	1.3	2.3	1.84	1.23	0.00
Ga	15	12	13	19	19	12	16	19	15.62	3.11	0.45
Hf	4.59	4.31	4.2	4.73	2.6	3.96	4.2	3	3.94	0.75	0.00
Nb	11.12	10.33	9.82	16.1	7	8.92	9	4	9.24	3.76	0.00
Ni	14	9	9	17	<5	12	11	16	23.75	31.75	4.52
Pb	26	19	16	6.27	16	24	24	78	30.32	21.25	5.65
Rb	91	71	55	120	123	66	93	56	96.32	29.74	1.02
S	671.6	362	585.7	152	899	795	185	1057	588	331	
Sc	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	6	a.e.	16	25	15.66	9.50	
Sb	0.15	0.6	a.s.a.	0.45	a.e.	0.55	a.e.	a.e.	-	-	
Sn	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	3	a.e.	2	3	-	-	0.00
Sr	247	241	233	76	14	261	344	176	233	125	6.10
Ta	0.85	0.73	0.7	1.04	0.4	0.64	0.8	0.4	0.69	0.21	0.11
Th	18.1	11.9	12.5	10.7	13	13.84	15	7	13.81	5.14	0.00
Tl	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	0.7	a.e.	0.3	0.7	0.56	0.23	0.11
U	5.56	4.51	4.42	2.13	10	4.05	8	4	3.83	1.24	0.00
V	127	146	145	196	47	154	157	172	143	43.83	1.13
W	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	1	a.e.	3	1			0.00
Zn	163	40	45	47.39	119	435	68	65	122	133	37.29
Zr	131	123	130	181	131	119	156	99	141	35.12	3.28
Y	21.38	21.39	21.62	31.7	8.1	22.38	20.1	16	20.33	6.60	0.23
La	34.71	29.22	30.72	37.7	26	29.57	29	25	28.64	6.63	0.68
Mg [#]	74.42	69.29	70.82	23.73	68.56	68.71	66.30	65.10			
KAI	59.11	44.19	46.75	72.26	63.74	45.97	49.34	46.41			
AI	66.42	43.40	45.81	87.53	73.20	42.14	49.08	35.93			
L _{AI}	1.68	1.75	1.54	2.12	1.05	2.08	1.62	2.94			

*: % Tekrarlanabilirlik, Youda (1951) yöntemine göre hesaplanmıştır (Köksoy, 1991), AK: Ateşte kayıp, Mg[#]: Mg numarası, KAI: Kimyasal ayrışma indeksi, AI: Ishikawa ayrışma indeksi, L_{AI}: Lentz'in ayrışma indeksi, a.s.a.: Algılama sınırlarının altında, a.e.: Analiz edilmedi



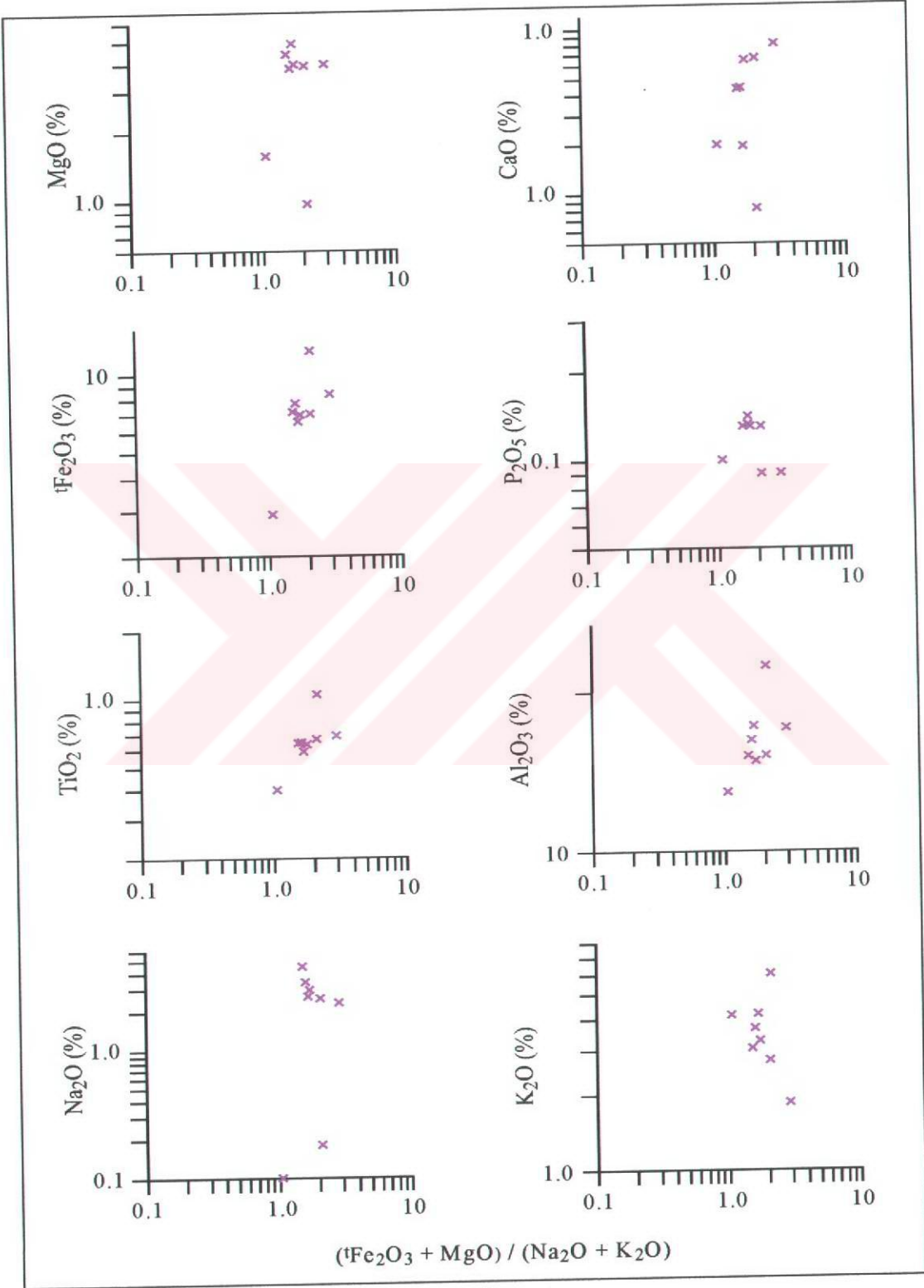
Şekil 3.32. Zigana civarındaki andezit daykların Nb / Y – Zr / TiO₂ diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977'den değiştirilerek) kullanılarak adlandırılması. Kesikli çizgilerin oluşturduğu alanlar ve adlandırılmaları Pearce, 1996'dan alınmıştır.



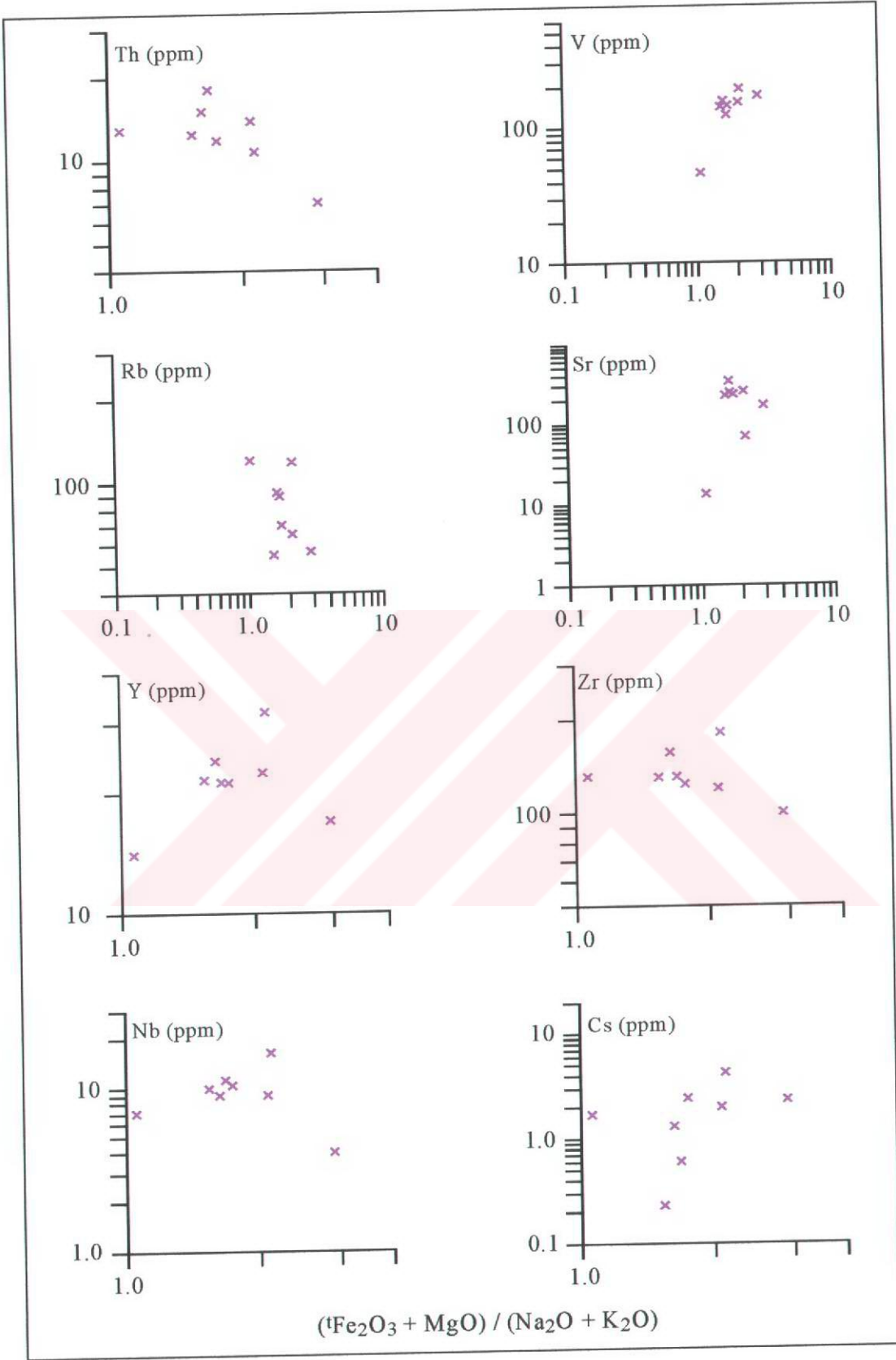
Şekil 3.33. Andezit daykların a) P₂O₅ - Zr (Winchester ve Floyd, 1976'dan değiştirilerek) ve b) Y - Zr (Barret vd., 1993'den değiştirilerek) diyagramlarında jeokimyasal açıdan sınıflandırılması.

Ana element değişim çizgisellemelerinde L_{Al} 'ya karşı Fe_2O_3 , TiO_2 ve Al_2O_3 'da pozitif, MgO , CaO , P_2O_5 , Na_2O ve K_2O 'de ise düzensiz bir ilişki görülmektedir (Şekil 3.34). L_{Al} 'ya karşı İz element değişim diyagramları oluşturulduğunda, Zr ve Th negatif, V, Sr ve Cs pozitif bir ilişki, diğerlerinde ise düzensiz bir ilişki vardır (Şekil 3.35). Rb'un

L_{Al} 'ne karşı gösterdiği ilişki K_2O ile uyumludur. L_{Al} değerinin artmasına karşılık CaO 'in düzensiz dağılımı ayrışmanın etkisini göstermektedir.



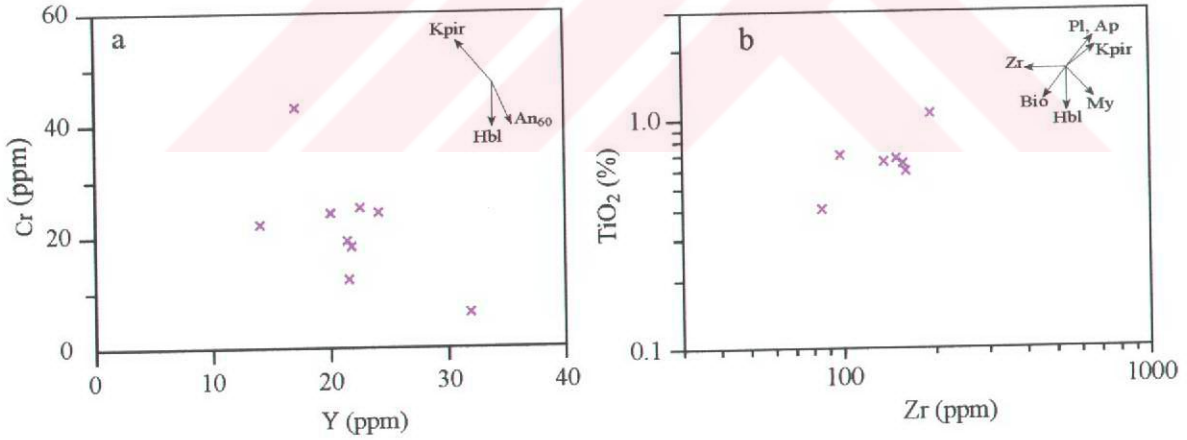
Şekil 3.34. Zigana'daki andezit daykların ana elementlerinin $(Fe_2O_3 + MgO) / (Na_2O + K_2O)$ 'e karşı değişim çizgisellemeleri.



Şekil 3.35. Zigana'daki andezit daykların iz elementlerinin $(t\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}) / (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ 'e karşı değişim çizgisellemeleri.

Andezitlerde, ince kesitte, ojit tesbit edilmiştir. Normal olarak bu mineral ${}^4\text{Fe}_2\text{O}_3$ ve MgO artmasını işaret etmektedir. Oysa L_{Al} 'ne karşı oluşturulan MgO diyagramı incelendiğinde düzensiz bir ilişki, ${}^4\text{Fe}_2\text{O}_3$ 'de ise pozitif bir ilişki mevcuttur. MgO'deki bu değişim kloritleşme ile ilgilidir. Çünkü, bazı örneklerde piroksen minerali kloritleşmiştir. TiO_2 ve ${}^4\text{Fe}_2\text{O}_3$ 'in artması manyetit ve rutil ayrılaşmasını belirtmektedir (Şekil 3.34). Na_2O ise daha çok ayrışmanın etkisini göstermektedir. L_{Al} 'ne göre Y ve Co'nun artması andezitlerin bünyesindeki ojitlerin varlığı ile desteklenmektedir (Şekil 3.35). Sr'un pozitif korelasyonu CaO'inki ile uyumludur.

Andezit dayklardaki mineral ayrılaşmasının denetlenmesi için Y - Cr, ve Zr - TiO_2 çizgisellemeleri kullanılmıştır (Şekil 3.36). Andezitlere ait Y ve Cr arasında ilişki incelendiğinde negatif bir ilişki söz konusudur. Cr'un artmasına karşılık Y'un azalması klinopiroksen ve plajiyoklas ayrılaşmasını işaret etmektedir (Şekil 3.36a). Zr ve TiO_2 arasında ise pozitif (Şekil 3.36b) bir ilişki mevcuttur. Bu olay Şekil 3.36b'deki ayrılaşma, vektörlerinden de rahatça anlaşılacağı gibi plajiyoklas, klinopiroksen, biyotit ve apatit ayrılaşmalarına dikkat çekmektedir.



Şekil 3.36. Andezit dayklarının a) Y'a karşı Cr, b) Zr'a karşı TiO_2 mineral ayrılaşma diyagramları. Mineral ayrılaşma yönsemeleri Pearce ve Norry, 1979'dan alınmıştır. Semboller Şekil 3.21 ile aynı.

3.2.3.1.2. Andezit Daykların İz ve Nadir Toprak Element İçeriklerinin Değerlendirilmesi

Andezit dayklarının iz ve nadir toprak element analiz sonuçları Tablo 3.8 ve 3.9'de verilmiştir. Bu kayaçlar zenginleşmiş okyanus ortası sırtı bazaltlarına (Z - OOSB) göre

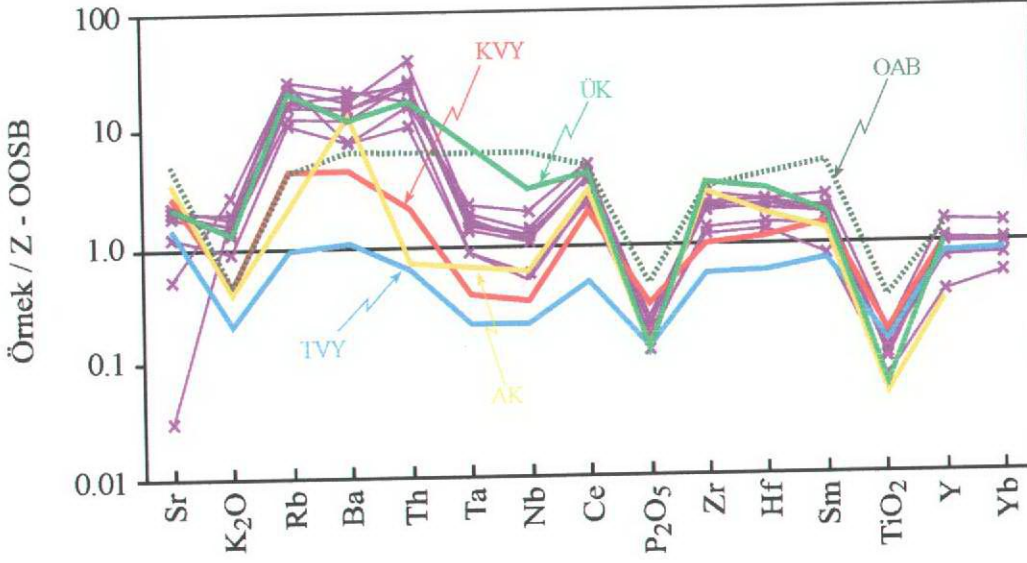
normalleştirilmiş ve uyumsuz element çizgisellemeleri oluşturulmuştur (Şekil 3.37). Andezit dayklarda, Z - OOSB'a göre BİYE'lerce zenginleşme ve YÇAE'lerce fakirleşme söz konusudur. BİYE'lerden (Sr, K, Rb, Ba ve Th) özellikle Th'da, bazalt ve andezitlerde olduğu gibi, zenginleşme en yüksek değere ulaşmakta olup, Sr ve K₂O'de ise diğerlerine nazaran azalma görülmektedir. Sr'daki bu azalma plajiyoklas ayrımlaşmasından kaynaklanabilir. Z - OOSB'a göre genel olarak paralel bir dağılım sunan YÇAE (Ta'dan Yb'a kadar olan) çok az tüketilmişlerdir. Andezit dayklar yüksek BİYE ve nispeten düşük YÇAE içeriklere sahip olup, yüksek BİYE / YÇAE oranları ile yitim ilişkili kayaçların tipik karakterlerini yansıtır.

Andezit daykların BİYE zenginleşmesi ve gösterdikleri anomali değerleri ada yayı toleyitik volkanitlerinden fazla ve genel olarak kalk - alkali volkanik yayların BİYE değişimlerine benzemektedir.

Tablo 3.9. Zigana ve çevresindeki andezit dayklara ait nadir toprak element (ppm) analiz sonuçları.

Elm./Kç.	591	DE1	M1	588	H	M4	93	96	% T.*
La	34.70	29.20	30.70	37.70	21.20	29.60	28.70	17.30	0.68
Ce	64.10	55.60	58.10	76.20	37.50	56.00	54.80	35.50	0.90
Pr	7.11	6.21	6.43	8.49	3.64	6.29	6.24	4.19	0.02
Nd	25.10	23.00	23.30	33.00	12.20	23.40	23.80	16.50	1.13
Sm	4.83	4.60	4.57	6.59	2.00	4.65	5.30	3.60	0.00
Eu	1.10	1.04	0.993	1.47	0.51	1.07	1.12	0.86	0.01
Gd	4.20	4.13	4.13	5.83	1.57	4.34	4.11	2.98	0.01
Tb	0.631	0.644	0.613	0.896	0.22	0.639	0.56	0.43	0.06
Dy	3.80	3.79	3.72	5.77	1.50	4.03	3.88	3.08	0.17
Ho	0.777	0.743	0.754	1.17	0.30	0.778	0.80	0.64	0.01
Er	2.29	2.32	2.31	3.46	0.97	2.36	2.30	1.97	0.00
Tm	0.322	0.330	0.327	0.495	0.15	0.331	0.32	0.25	0.02
Yb	2.32	2.23	2.25	3.34	1.21	2.29	2.25	1.77	0.07
Lu	0.349	0.352	0.339	0.512	0.17	0.34	0.34	0.26	0.00
(La/Lu) _N	10.33	8.62	9.41	7.64	12.95	9.03	8.76	6.91	
(La/Sm) _N	4.52	4.00	4.23	3.60	6.67	4.01	3.41	3.02	
(Gd/Lu) _N	1.50	1.46	1.52	1.42	1.15	1.59	1.51	1.43	
(Sm+Gd) _N	34.65	33.38	33.30	47.59	13.79	34.29	36.38	25.32	
Eu*	17.32	16.69	16.65	23.79	6.89	17.15	18.19	12.66	
Eu _N	12.62	11.96	11.41	16.85	5.86	12.29	12.87	9.89	
Eu	0.73	0.72	0.69	0.71	0.85	0.72	0.71	0.78	
(Tb/Lu) _N	1.19	1.20	1.19	1.15	0.85	1.23	1.08	1.09	

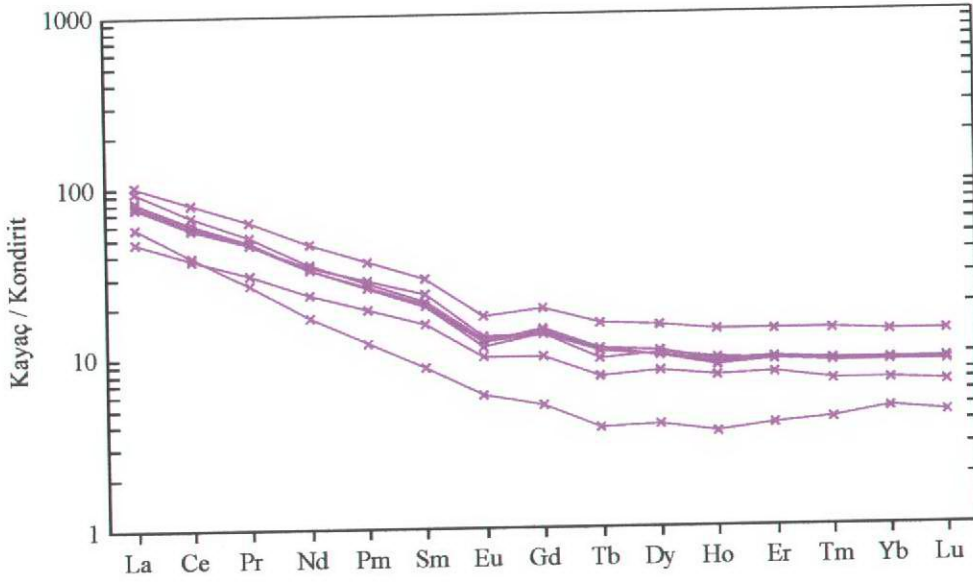
Eu*=(Sm_N+Gd_N)/2, Eu=Eu_N/Eu*, *: % Tekrarlanabilirlik, Youda (1951) yöntemine göre hesaplanmıştır (Köksoy, 1991).



Şekil 3.37. Andezit daykların zenginleşmiş okyanus ortası sırtı bazaltına (Z - OOSB, değerler Sun ve McDonough, 1989'ten alınmıştır) göre normalleştirilmiş uyumsuz element çizgiselleme. Simgeler Şekil 3.23 ile aynı.

Andezit dayklarda normalleştirme sonucu YÇAE'den Ce'da pozitif anomali; Ta, Nb, P ve Ti'da negatif anomali gözlenmektedir. Negatif Nb anomalisi, kıtasal kabuğun Nb bakımından fakir olması nedeniyle, kabuksal kirlenmeden kaynaklanabilir. Çünkü negatif Nb anomalisi kıtasal kabuğun bir karakteristiğidir (Rollinson, 1993). Ayrıca Ta, Nb, Zr, Hf, Sm, Y ve Yb Z - OOSB çizgisine yaklaşık düz bir çizgi halinde paralellik göstermektedir. Oysa ki, Sr, K, Rb, Ba, Th ve Ce'da Z - OOSB'a göre zenginleşme söz konusudur. Bu durum, zenginleşmiş elementlerin yitim kökenli bir kaynaktan türediğini belirtmektedir.

Andezit daykların nadir toprak elementleri (NTE) kondirite göre normalleştirilmiş ve Şekil 3.38'de değişimleri verilmiştir. Andezit daykların La_N / Lu_N (7.64 - 12.95) oranlarına göre, az farklılaşmışlar ve az da olsa negatif Eu anomalisi göstermektedirler. Ayrıca ağır nadir toprak element (ANTE) bakımından yataya yakın bir dağılım sunarlar (Şekil 3.38). Hafif nadir toprak element (HNTE) içeriği 45 - 100 x kondirit, ANTE içeriği 5 - 15 x kondirit arasında değişmektedir. Bu kayalarda ortalama Eu anomalisi 0.73'dir. Negatif Eu anomalisi, düşük basınç (≤ 10 kb) plajiyoklas ayrılaşmasının ürünü olduğunu gösterebilir (Briggs ve McDonough, 1990).



Şekil 3.38. Andezit daykların kondirite göre normalleştirilmiş NTE dağılımları (Kondirit değerleri Taylor ve McLennan, 1985'ten alınmıştır).

Andezit dayklar kondirite göre normalleştirildiğinde, HNTE değerlerinin artmakta, ANTE değerlerinin ise kondirit çizgisine paralel olduğu görülmektedir. Bu dağılım, kayaçların gelişiminde klinopiroksen ayrılaşmasının etkili olduğuna işaret etmektedir (Nicholls ve Harris, 1980).

3.2.3.2. Porfirik Dasitler

3.2.3.2.1. Porfirik Dasitlerin Ana ve İz Element İçeriklerinin Değerlendirilmesi

Zigana Tüneli, Mahmutlu Mahallesi ve Kıranbaşı Tepe civarında mostra veren dayklar da ayrışmadan etkilenmişlerdir. Porfirik dasitler, mikroskobik inceleme ve kimyasal analizler (Tablo 3.10) birlikte kullanılarak adlandırılmıştır.

İnceleme alanındaki porfirik dasitlerde serizit - klorit - kaolinit ayrışması mevcuttur. Bu kayaçlarda hangi elementlerin hareketsiz hangilerinin hareketli olduğunu belirlemek için elementler arası korelasyon katsayıları bulunmuştur (Ek Tablo 5). Buna göre hareketsizden hareketli elemente doğru sıralama şu şekildedir:

$Ti < P < Ta < Th < Ga < La < Ce < Nb < Cs < Sm < Yb < Hf < U < Al < Zr < Y < \dots$

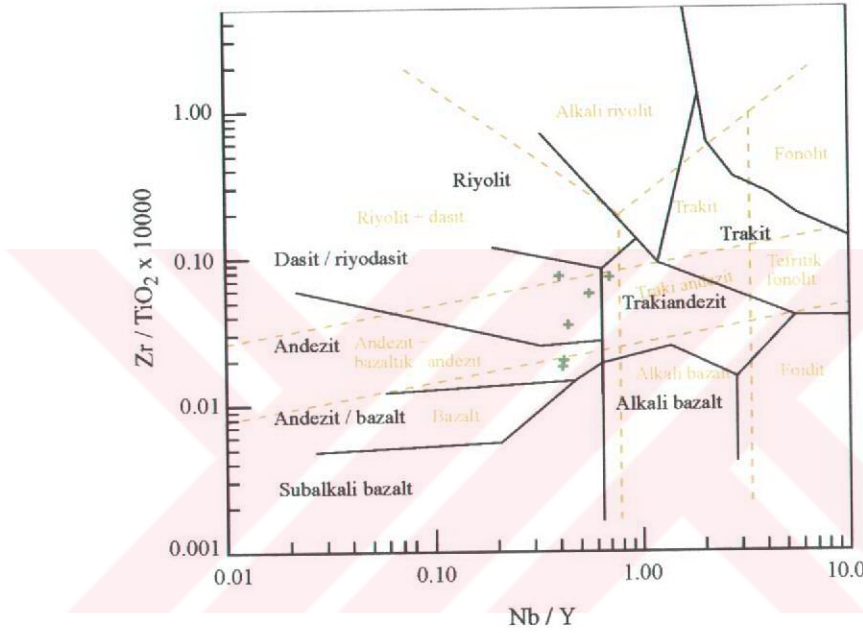
Porfirik dasitler de ayrışmadan etkilendikleri için adlandırılmalarında yine Nb / Y - Zr / TiO₂ diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977) (Şekil 3.39) kullanılmıştır. Bu şekilde

Tablo 3.10. Porfirik dasitlerin ana (% ağırlık) ve iz (ppm) element analiz sonuçları.

Elm.\Örn.	M2	M3	M5	344	208	227	Ortalama	Sta.Sa.	% T.*
SiO ₂	63.26	72.45	70.07	77.51	60.33	63.74	67.94	6.56	1.51
TiO ₂	0.27	0.14	0.14	0.12	0.45	0.50	16.35	1.58	0.16
Al ₂ O ₃	16.92	17.56	16.04	13.31	17.50	16.74	2.59	1.54	3.69
⁴ Fe ₂ O ₃	2.75	1.21	1.49	1.24	4.30	4.60	0.05	0.04	0.03
MnO	0.08	0.02	0.04	a.s.a.	0.10	0.09	1.14	0.74	0.00
MgO	0.85	0.55	1.11	0.29	2.21	1.85	2.27	2.10	4.47
CaO	5.08	0.17	1.25	0.14	4.26	2.77	2.16	0.50	0.78
Na ₂ O	1.84	2.47	1.81	2.75	1.52	2.59	3.87	0.34	0.10
K ₂ O	3.97	3.82	4.45	3.48	3.63	3.86	0.26	0.16	0.16
P ₂ O ₅	0.06	0.03	0.03	0.03	0.09	0.10	0.05	0.03	0.15
CO ₂	0.89	0.02	0.50	a.e.	0.83	0.35	0.51	0.35	
AK	3.73	1.54	2.41	1.30	4.47	2.74	2.69	1.23	
Toplam	99.70	99.98	99.74	100.14	99.69	99.93			
As	1.2	5.43	1.3	18	0.6	0.4	4.48	6.87	
Ba	470	306	1005	383	492	458	519.00	247.75	5.65
Ce	40.5	48.3	70.9	47	40.9	41.7	48.21	11.58	0.90
Cl	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	-	-	
Co	3.7	0.7	0.5	5	7.8	8.3	4.33	3.36	0.11
Cu	6.47	8.62	2.67	5	13	15	8.46	4.75	7.91
Cr	2	7	1	8	34	17	11.50	12.40	4.52
Cs	1	0.92	3.12	0.9	1.53	1.85	1.55	0.85	0.00
Ga	12	11	12	10	15	15	12.50	2.07	0.45
Hf	0.24	2.77	2.82	3.3	2.11	2	2.20	1.07	0.00
Nb	5.75	5.74	10.15	6	5.6	5.87	6.51	1.78	0.00
Ni	2.2	3.7	0.5	a.s.a.	6.8	6.7	3.98	2.77	4.52
Pb	7.02	16.91	5.36	25	18	41	18.88	13.07	5.65
Rb	108	97	89	123	92	103	102.00	12.42	1.02
S	1800	330	1340	300	870	240	928	649	
Sc	a.e.	a.e.	a.e.	3	a.e.	a.e.	-	-	
Sb	a.s.a.	a.s.a.	0.05	a.e.	0.35	0.25	-	-	
Sr	58	50	66	72	38	82	61.00	15.78	6.10
Ta	0.52	0.73	0.97	0.9	0.56	0.56	0.7	0.19	0.11
Th	10.7	19.8	20.9	22	13.7	11.5	16.43	5.03	0.00
Tl	a.e.	a.e.	a.e.	0.4	a.e.	a.e.	-	-	0.11
U	4.36	5.6	5.33	10	4.22	3.22	5.45	2.38	0.00
V	29	a.s.a.	a.s.a.	12	76	71	47.00	31.44	1.13
Zn	49.75	36.95	24.27	20	64	64	43.18	19.19	37.29
Zr	95	82	101	86	87	89	90.00	6.87	3.28
Y	13.13	10.28	13.6	15	13.35	14.19	13.26	1.60	0.23
La	23.76	27.15	39.4	23	22.4	23.48	26.54	6.51	0.68
Mg [#]	55.04	64.29	74.86	47.69	67.06	61.43			
KAI	50.52	67.38	61.45	60.87	55.25	55.40			
AI	41.06	62.35	64.46	56.28	50.28	51.53			
L _{AI}	0.61	0.28	0.41	0.24	1.26	1.00			

*: % Tekrarlanabilirlik, Youda (1951) yöntemine göre hesaplanmıştır (Köksoy, 1991), AK: Ateşte kayıp, Mg[#]: Mg numarası, KAI: Kimyasal ayrışma indeksi, AI: Ishikawa ayrışma indeksi, L_{AI}: Lentz'in ayrışma indeksi, a.s.a.: Algılama sınırlarının altında, a.e.: Analiz edilmedi

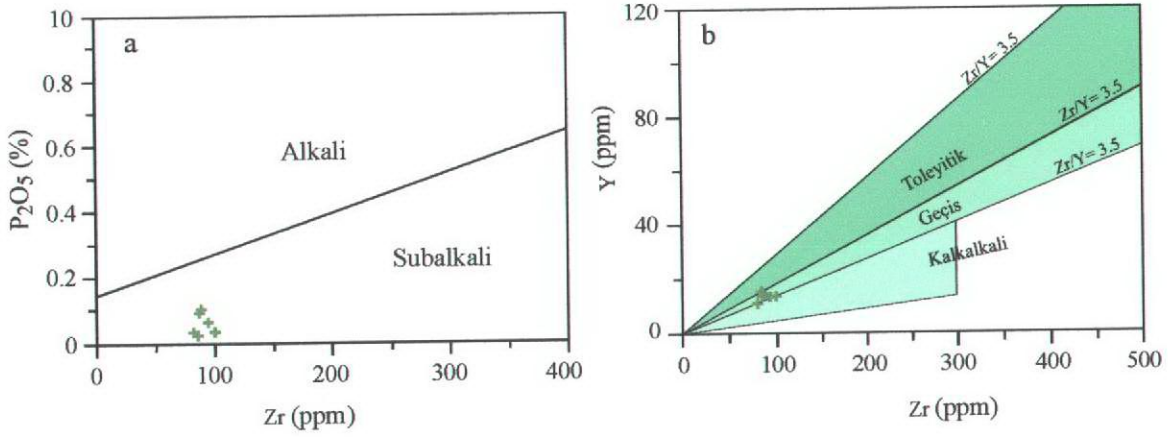
ayırışmanın etkisi en aza indirgenmeye çalışılmıştır. Fakat yine de iki örnek andezit ve bir örnek trakiandezit alanına düşmüştür. Andezit alanına düşen örneklerde izokon yöntemine göre Zr azalması, trakiandezit alanında yer alan örnekte ise sırasıyla Nb, Zr ve Y zenginleşmesi mevcuttur. Nb'daki zenginleşme Y'un hemen hemen iki katı olduğundan örnek trakiandezit alanında yer almıştır. Dolayısıyla bu örnekler aslında porfirik dasitlere aittir. Ayrıca mikroskop incelemeleri de bunların önemli miktarda kuvars içerdiğini ve porfirik dasit olarak adlandırılmasının doğru olduğunu desteklemektedir.



Şekil 3.39. Zigana civarındaki porfirik dasitlerin Nb / Y - Zr / TiO₂ diyagramı (Winchester ve Floyd,1977'den değiştirilerek) kullanılarak adlandırılması. Kesikli çizgilerin oluşturduğu alanlar ve adlandırılmaları Pearce, 1996'dan alınmıştır.

Porfirik dasitler jeokimyasal olarak incelendiğinde P₂O₅'e karşı Zr diyagramında subalkali, Y'a karşı Zr diyagramında ise kalk - alkali - geçiş alanında yer almaktadır (Şekil 3.40). Kütle değişim hesaplamalarına göre, porfirik dasitler, iki örnek hariç, Y'ca zenginleşmişlerdir.

Porfirik dasitlerin Harker (değişim) diyagramları oluşturulurken, ana ve iz elementler L_{Al} ((⁴Fe₂O₃ + MgO) / (Na₂O + K₂O)) (Lentz,1996d ve 1999)'ye karşı korele edilmişlerdir (Şekil 3.41 ve 42).



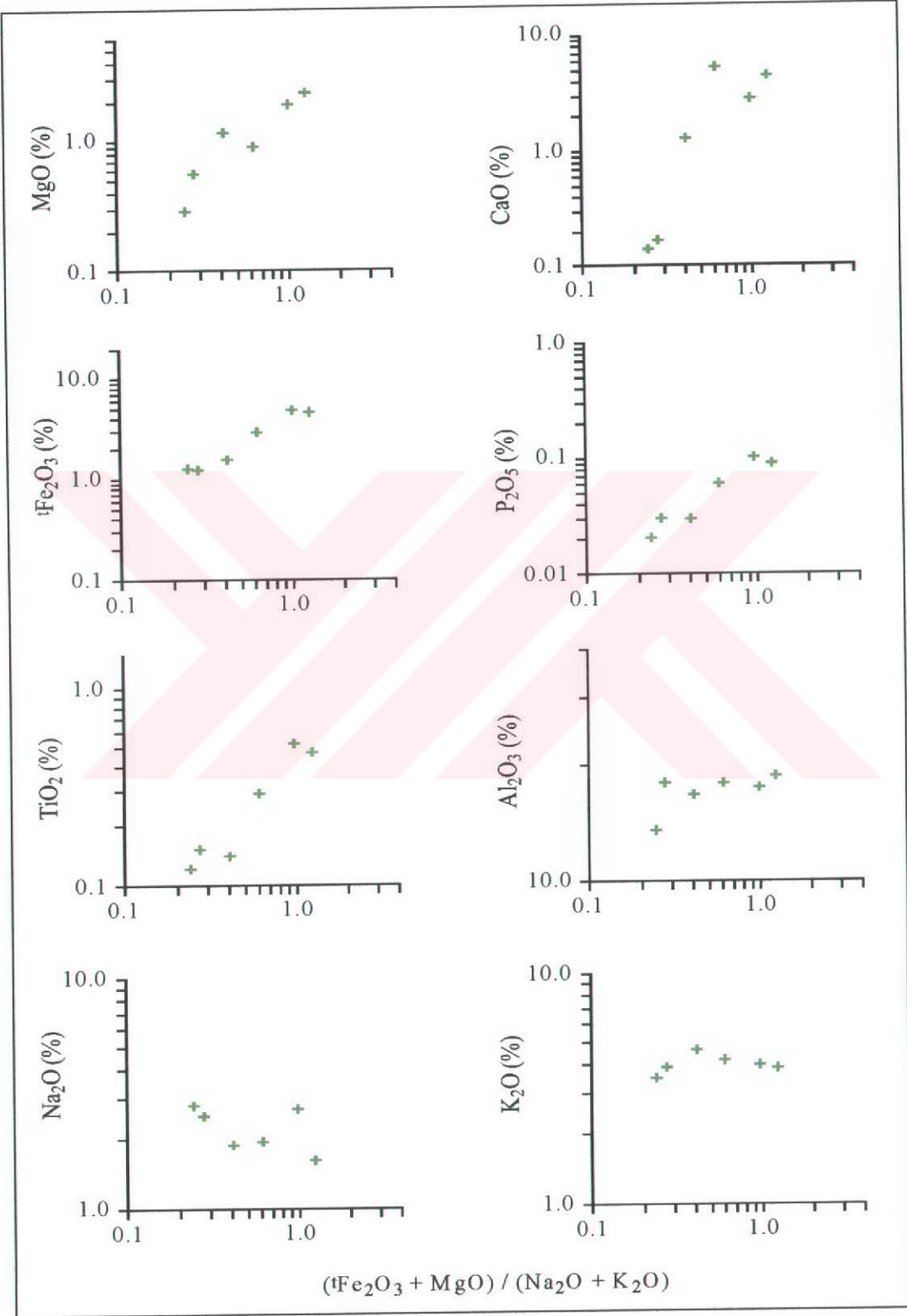
Şekil 3.40. Porfirik dasitlerin a) P_2O_5 - Zr (Winchester ve Floyd, 1976'dan değiştirilerek) ve b) Y - Zr (Barret vd., 1993'den değiştirilerek) diyagramlarında jeokimyasal olarak sınıflandırılması.

Porfirik dasitlerde L_{AI} 'ne karşı oluşturulan ana element değişim diyagramlarında MgO, CaO, Fe_2O_3 , P_2O_5 , TiO_2 , Al_2O_3 ve AK pozitif; K_2O hemen hemen sabit, Na_2O ve SiO_2 'de ise negatif bir ilişki görülmektedir (Şekil 3.41).

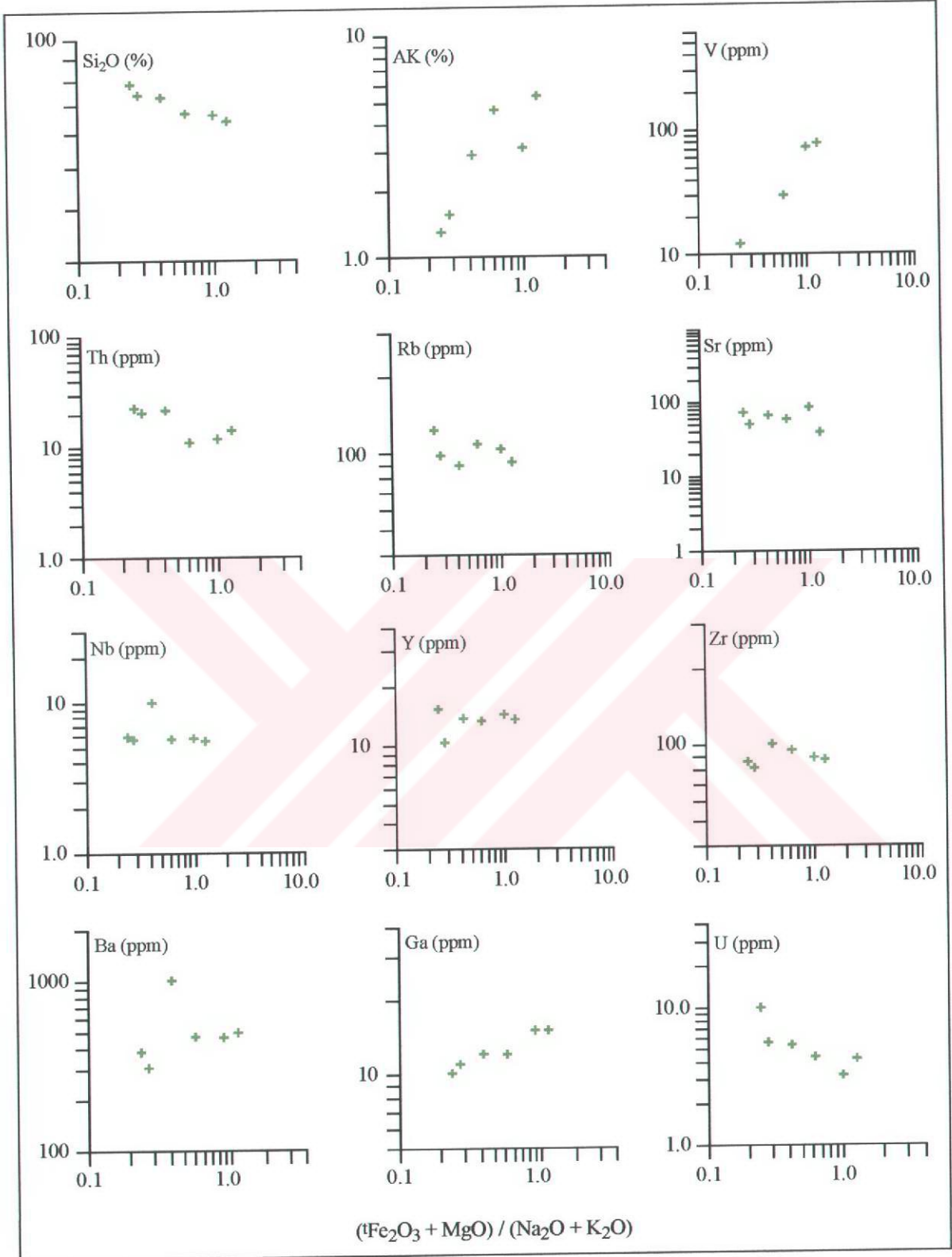
İz element değişim diyagramları oluşturulduğunda Th, Rb ve U'da negatif; V ve Ga'da pozitif; Sr, Nb, Y ve Zr'da hemen hemen sabit ve Ba'da ise düzensiz bir ilişki belirlenmiştir (Şekil 3.42). Porfirik dasitlerde L_{AI} 'nin artmasıyla K_2O 'da bir değişiklik olmaması bu kayaçların ayrışmadan etkilendiğini göstermektedir. Çünkü bu kayaçlardaki örneklerde ayrışma ürünü olarak daha çok ilit ve kaolinit mineralleri bulunmaktadır. CaO'un artması plajiyoklas, MgO ve Fe_2O_3 'in artması amfibol ve biyotit, TiO_2 ve Fe_2O_3 'in artması rutil, P_2O_5 'in artması ise apatit ayrışmasını göstermektedir (Şekil 3.41). L_{AI} indeksi arttıkça Ba'un düzensiz bir ilişki göstermesi ve Rb'un azalması porfirik dasitlerin bünyesinde K - feldispatların varlığı ve ayrışması ile desteklenmektedir (Şekil 3.42). L_{AI} 'ne göre Th ve U'daki negatif (veya SiO_2 ile pozitif) ilişki bunların magmanın kristallenmesi esnasında ayrılaştığını ve asitik kayaçlarda ve özellikle porfirik dasitlerde biriktiğini göstermektedir.

L_{AI} arttıkça Sr, Nb, Y ve Zr'daki sabit kalma tamamen ayrışmadan kaynaklanmaktadır. Y amfibol minerallerinin bünyesinde bulunmakta ve hareketsiz olarak bilinmektedir. Ancak Y'un kloritleşmiş ortamlarda hareketli olduğu da bilinmektedir (MacLean ve Kranidoitis, 1987; MacLean, 1990; Barrett ve MacLean, 1991; Barrett vd., 1991a, b, c ve 1992; Shriver ve MacLean, 1993; Barrett, 1993). Dolayısıyla porfirik dasitlerde Y'un L_{AI} arttıkça sabit kalması amfibollerin bozulması sonucu oluşan klorit +

kuvars birlikteliğinin ve ayrışmaya bağlı olarak kayaların kütesinin artmasının veya azalmasının bir sonucudur.



Şekil 3.41. Zigana'daki porfirik dasitlerin ana elementlerinin $(tFe_2O_3 + MgO) / (Na_2O + K_2O)$ 'e karşı değişim çizgisellemeleri.



Şekil 3.42. Zigana'daki porfirik dasitlerin ana ve iz elementlerinin $(tFe_2O_3 + MgO) / (Na_2O + K_2O)$ 'e karşı değişim çizgisellemeleri.

3.2.3.2.2. Porfirik Dasitlerin İz ve Nadir Toprak Element İçeriklerinin Değerlendirilmesi

Porfirik dasitlerin iz ve nadir toprak element analiz sonuçları Tablo 3.10 ve 11'de verilmiştir. Bu kayalar Z - OOSB ve OOSG'ne göre normalleştirilerek uyumsuz element grafikleri oluşturulmuştur (Şekil 3.43).

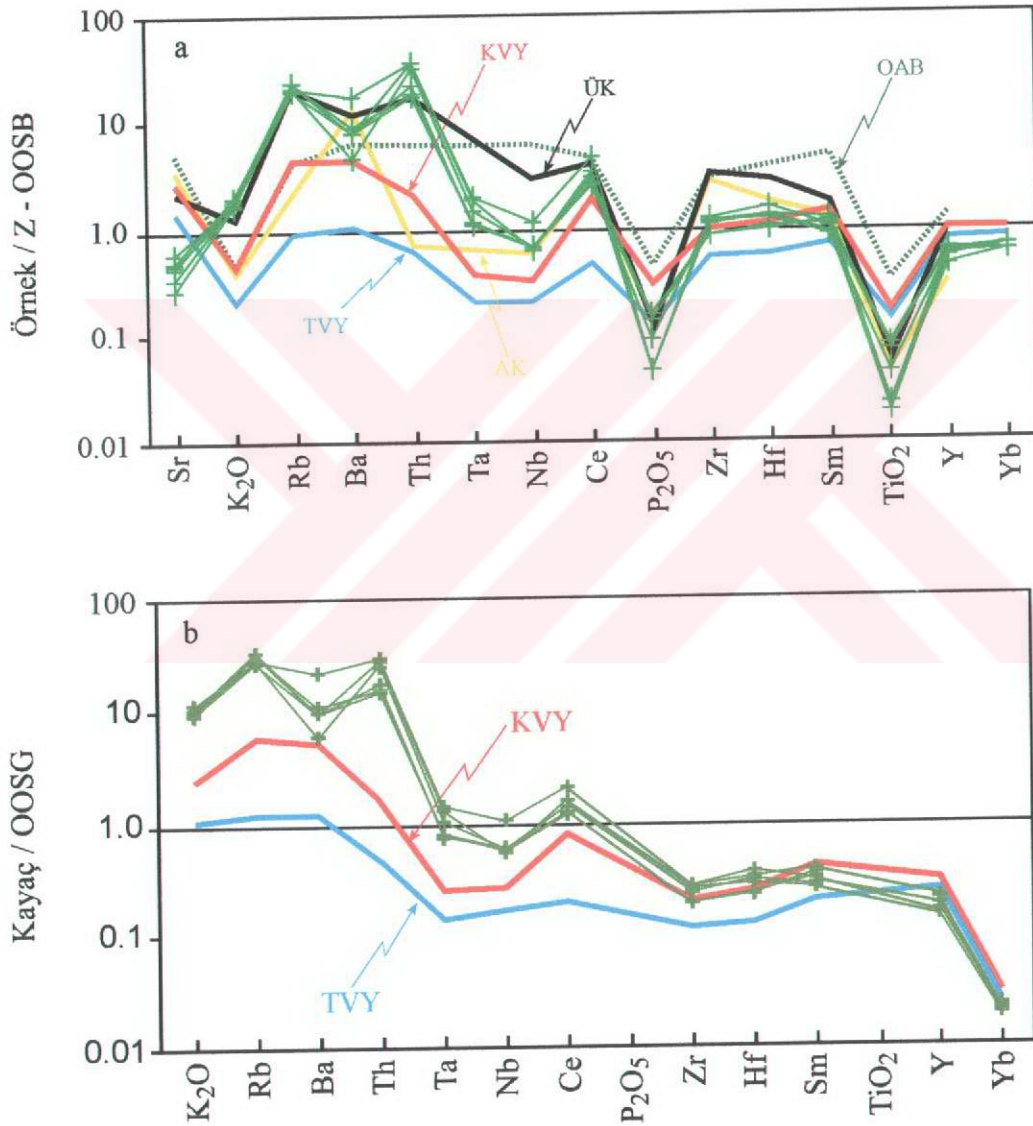
Porfirik dasitler, Z - OOSB ve OOSG'ne göre normalleştirildiğinde BİYE'ce zenginleşme ve YÇAE'ce fakirleşme görülmesi söz konusudur (Şekil 3.43). BİYE (K, Rb, Ba ve Th)'lerden özellikle Rb ve Th'da zenginleşme en yüksek değere ulaşmaktadır. YÇAE (Ta'dan Yb'a kadar olan), Yb hariç, OOSG'ye göre genel olarak paralel bir dağılım sunmakta ve buna göre az miktarda tüketilmiş olmalıdırlar. Porfirik dasitler yüksek BİYE ve düşük YÇAE içerikleri ve yüksek BİYE / YÇAE oranları ile yitim ilişkili kayaların karakteristik özelliklerini yansıtmaktadırlar. Bu kayalarda BİYE zenginleşmesi ve gösterdikleri anomali değerleri, ada yayı toleyitik ve kalk - alkali volkanitlerinden fazla, fakat dağılım şekli genel olarak kalk - alkali volkanik yaylardakine benzemektedir. Fakat kalk - alkali volkanik yaylardan daha fazla BİYE, Ta, Nb ve Ce zenginleşmesi göstermektedirler.

Tablo 3.11. Porfirik dasitlere ait nadir toprak (ppm) element analizi sonuçları.

Elm./Kç.	M2	M3	M5	344	208	227	% T.*
La	30.70	27.20	39.40	30.30	22.40	23.50	0.68
Ce	58.10	48.30	70.90	54.50	40.90	41.70	0.90
Pr	6.43	4.63	7.07	5.34	4.26	4.45	0.02
Nd	23.30	14.60	22.10	17.10	15.10	15.70	1.13
Sm	4.57	2.38	3.38	2.70	2.90	3.10	0.00
Eu	0.993	0.296	0.464	0.40	0.694	0.729	0.01
Gd	4.13	1.76	2.46	2.15	2.54	2.71	0.01
Tb	0.613	0.252	0.361	0.31	0.383	0.403	0.06
Dy	3.72	1.61	2.25	2.05	2.39	2.48	0.17
Ho	0.754	0.348	0.46	0.42	0.483	0.504	0.01
Er	2.31	1.18	1.45	1.38	1.44	1.55	0.00
Tm	0.327	0.195	0.227	0.22	0.206	0.225	0.02
Yb	2.25	1.48	1.69	1.61	1.45	1.46	0.07
Lu	0.339	0.235	0.255	0.27	0.22	0.225	0.00
(La/Lu) _N	10.45	11.99	16.01	11.65	10.58	10.86	
(La/Sm) _N	6.37	7.19	7.33	7.06	4.87	4.77	
(Gd/Lu) _N	1.08	0.93	1.20	0.99	1.44	1.50	
(Sm+Gd) _N	16.86	16.04	22.67	18.71	20.84	22.27	
Eu*	8.43	8.02	11.34	9.36	10.42	11.14	
Eu _N	6.69	3.40	5.34	4.60	7.97	8.37	
Eu	0.79	0.42	0.47	0.49	0.76	0.75	
(Tb/Lu) _N	0.90	0.70	0.93	0.75	1.14	1.18	

$$Eu^* = (Sm_N + Gd_N) / 2, Eu = Eu_N / Eu^*$$

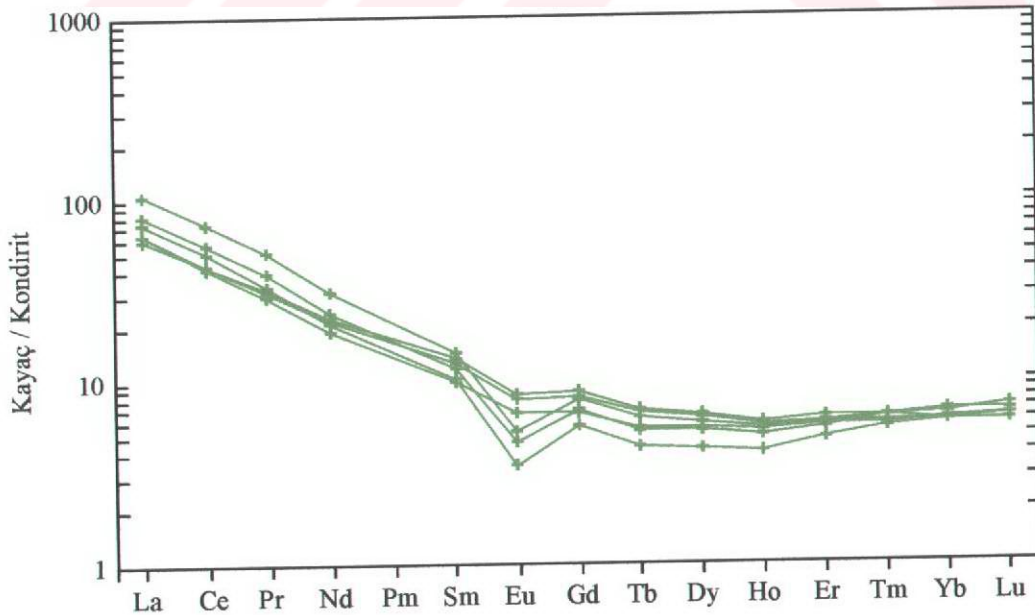
Porfirik dasitlerin OOSG'ne göre normalleştirilmesi sonucu YÇAE'lerden Ce'de zenginleşme; Ta, Nb, Zr ve Yb'da genel olarak negatif anomali yani azalma gözlenmektedir. Negatif Nb anomalisi kayaçların gelişiminde yitimin ve yitim zonu üzerindeki metazomatizmadan etkilenmiş manto kamasının önemli bir rol oynadığını gösterir (Pearce, 1982). Dolayısıyla, negatif Nb anomalisi yitim zonu ortamını yansıtmaktadır.



Şekil 3.43. Porfirik dasitlerin Z - OOSB (a) ve OOSG'ne (b) (değerler Sun ve McDonough, 1989 ve Pearce v.d., 1984'ten alınmıştır) göre normalleştirilmiş uyumsuz element çizgiselleme. Simgeler Şekil 3.23 ile aynı.

Nb, Ta, Hf, Sm, TiO₂ ve Y, OOSG çizgisine paralel düz bir çizgi halinde dağılım göstermektedir. Oysa ki; K₂O, Rb, Ba, Th, Ce, P₂O₅, Zr ve Yb'da OOSG'ne göre bir paralellik söz konusu değildir. Eğer bu zenginleşmiş elementler OOSG çizgisine paralel olsalardı, ürünün tamamen manto kökenli bir kaynaktan türemiş olduğu söylenebilirdi. Buna göre; daykların gelişiminde yitim ve yitim zonu üzerindeki metazomatizmadan etkilenmiş manto kamasının etkisi görülmektedir.

Porfirik dasitlerin nadir toprak elementleri (NTE) kondirite göre normalleştirilerek değişimleri verilmiştir (Şekil 3.44). Bu kayalarda La_N / Lu_N oranları 10.45 - 16.01 arasında değişmektedir. Ayrıca ağır NTE bakımından dasit porfirler yataya yakın bir dağılım sunmaktadırlar (Şekil 3.44). Hafif NTE içerikleri 61 - 107 x kondirit, ağır NTE içerikleri yaklaşık 6 - 7 x kondirit arasında değişmektedir. Porfirik dasitler negatif Eu anomalisi göstermektedir. Bu kayalardaki ortalama Eu anomalisi 0.61'dir. Negatif Eu anomalisi, düşük basınç (≤ 10 kb) plajiyoklas ayrımlaşmasının ürünü olabilir (Briggs ve McDonough, 1990). Kondirite göre normalleştirilme sonucu, bu kayaların hafif NTE (La, Ce Pr ve Nd) değerlerinin artması, Orta (Sm, Eu, Gd, Tb, Dy ve Ho) ve ağır NTE (Er, Tm, Yb ve Lu) değerlerine göre daha fazladır. NTE'nin dağılım şekli (Şekil 3.44), bu kayaların gelişiminde hornblend ile plajiyoklas ayrımlaşmasının etkili olduğunu belirtmektedir.



Şekil 3.44. Porfirik dasitlerin kondirite göre normalleştirilmiş NTE dağılımları (Kondirit değerleri Taylor ve McLennan, 1985'ten alınmıştır).

3.3. Ayrışma Mineralojisi ve Kimyası

3.3.1. Volkanitlerde Görülen Ayrışma Mineralojisi ve Kimyası

Çalışma alanındaki volkanitlerin hidrotermal ayrışması sonucu,

1. Serizitleşme / İlitleşme
2. Silisleşme
3. Kloritleşme
4. Karbonatlaşma
5. Piritleşme
6. Hematitleşme ve limonitleşme
7. Epidotlaşma

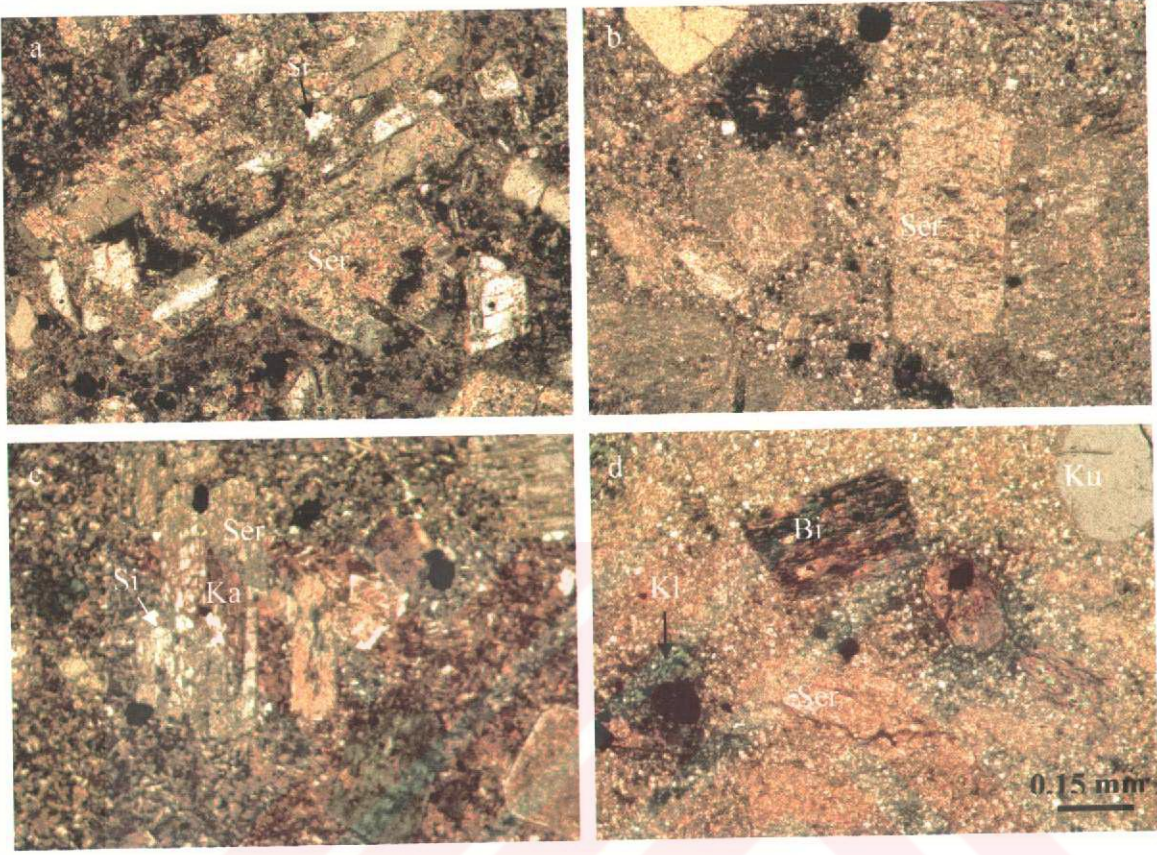
türünde ayrışmalar oluşmuştur. Bu mineraller mikroskop ve tüm kayaç kimyası analizlerinden giderek irdelenmiştir.

3.3.1.1. Serizitleşme / İlitleşme

Çalışma alanındaki volkanitlerde belirlenen en yaygın ayrışma türü olup, tüm kayaçlarda az veya çok oranda görülmektedir. Serizit veya ilit bazalt, andezit, Dasit - I, Dasit - II ve dayklardaki feldispatlarda ayrışma ürünü olarak mevcut olup, bazı feldispatların yerini tamamen aldığı ve bu feldispatların tanınamayacak hale geldiği gözlenmiştir (Şekil 3.45). Plajiyoklas kristalleri dış kısmın aksine daha çok Ca'ca zengin iç kısımda ayrışma gösterir. Plajiyoklasların kenarları albitleşme sürecini göstermekle birlikte, çoğunlukla zonlu plajiyoklasların Na'lu kısımları bozuşmadan kalabilir (Şekil 3.45a). Bunun nedeni ayrışma esnasında albitin anortitçe zengin plajiyoklaslardan çok daha dayanıklı olmasından kaynaklanmaktadır. Plajiyoklasların bazılarında anortitçe zengin kısımların yerinde serizit (veya ilit), ikincil kuvars ve kalsit dolguları bulunmaktadır (Şekil 3.45c). Bu tür plajiyoklaslar “doldurulmuş feldispat (Filled Feldspar)” diye adlandırılır (Halbach vd., 2003). İkincil kuvars ve kalsit dolguları ile eski anortitçe zengin kısım temsil edilmektedir.

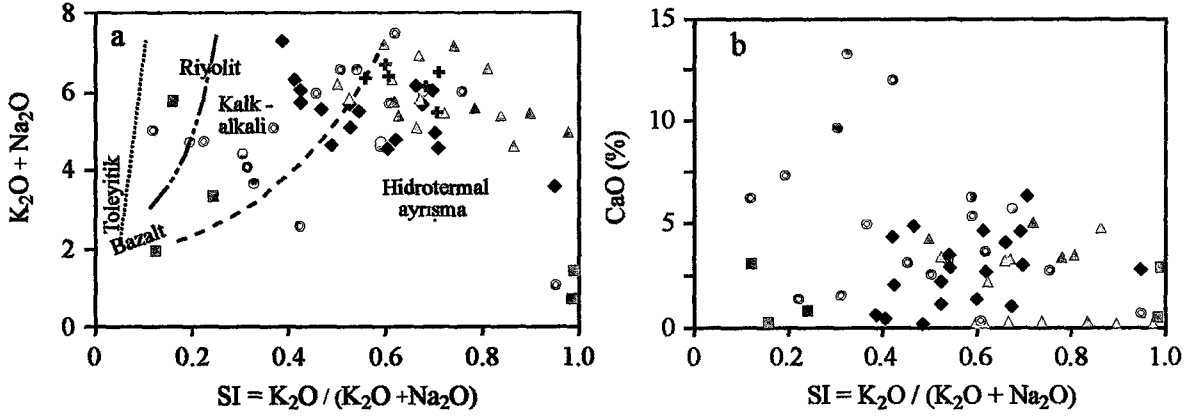
Ayrıca hamurda da yaygın olarak serizit oluşumu mevcuttur. Bir çok kesitte feldispatlarda ayrışma sonucu oluşan serizite (ilit) kuvars eşlik etmektedir. Serizit bir çok kesitte esas ayrışma ürünü olarak görülmekte ve bu kayaçlarda minerallerin % 30 - 40'nı

oluşturmaktadır. Ayrıca, ayrıışmış volkanitlerde serizitle birlikte az veya çok oranda pirit mineralleri de bulunmaktadır.



Şekil 3.45. Ayrıışma sonucu oluşan serizit minerallerinin mikroskopta çift nikoldeki görünüşleri. a) Andezit daykındaki serizitleşmiş plajiyoklaslar (Örn. Nu.: 96) b) ve d) Dasit - II ve Dasit - I'den alınan dasit örneklerindeki (Örn. Nu.: 431 ve 448) tamamen serizitleşmiş feldispat, c) Andezitdeki plajiyoklas kristalinin iç kısmında oluşan ikincil kuvars ve kalsit dolguları (Örn. Nu.: 85), Ku: Kuvars, Kl: Klorit, Ka: Kalsit, Ser: Serizit

Kayaçların serizitleşme indeksi ($SI = K_2O / (K_2O + Na_2O)$) (Myers ve MacLean, 1983) hesaplanıp, $(K_2O + Na_2O)$ (Şekil 3.46a)'e karşı diyagrama aktarıldığında, örneklerin genel olarak hidrotomal ayrıışma alanında yer aldığı görülmektedir. Ayrıca SI arttıkça bazalt ve andezitlerde $(K_2O + Na_2O)$ artmakta, dasitlerde azalmaktadır. SI - CaO diyagramında SI arttıkça bazalt ve andezitlerde CaO azalmakta, Dasit - I'de artma ve Dasit - II'de ise düzensiz ilişki görülmektedir (Şekil 3.46b). Dasit - II'de serizitleşmenin arttığı, yani çok ayrıışmış örneklerde CaO azalmaktadır. SI'i düşük ve CaO'i yüksek olan örnekler karbonatlaşmayı göstermektedir.



Şekil 3.46. Volkanitlerin serizitleşme indeksine (SI) karşı $(K_2O + Na_2O)$ (a) ve CaO (b) diyagramındaki dağılımları (MacLean ve Hoy, 1991'den değiştirilerek). Dolu daire: Bazalt, Boş daire: Andezit, Baklava: Dasit - I, Üçgen: Dasit - II, Kare: Tüysüz, 2000'den (1.Dasit).

Volkanitlerde plajiyoklasların bozuşması ile oluşan serizitleşme olayını $Al_2O_3 - MgO - (CaO + Na_2O + K_2O)$ üçgen ve K_2O (%) karşı $CaO + Na_2O$ (%) değişim diyagramları daha iyi göstermektedir (Şekil 3.47 ve 48). $Al_2O_3 - MgO - (CaO + Na_2O + K_2O)$ üçgen diyagramındaki çizgisellemede feldispatlardan serizite doğru bir değişim söz konudur. Bu durum daha ayrıntılı ele alınırsa, Şekil 3.48'de olduğu gibi volkanitlerde $CaO + Na_2O$ değerleri azalırken K_2O değerleri artmakta, yani plajiyoklasların ayrışması ile serizit oluşumu gerçekleşmektedir. Serizitleşme olayı alkali değişimini kapsamakta ve hidrotermal sıvılardan K_2O ilâvesini gerektirmektedir (Barrett vd., 1993). Buna göre kayalarda plajiyoklasların bozuşmasına bağlı olarak $CaO + Na_2O$ azalması ve kütle kaybı; K_2O artışına bağlı olarak da serizitleşme meydana gelmektedir. Serizit oluşumunda K'un kaynağını kayalarda bulunan biyotit ve K - Feldispatlar oluşturabilir.

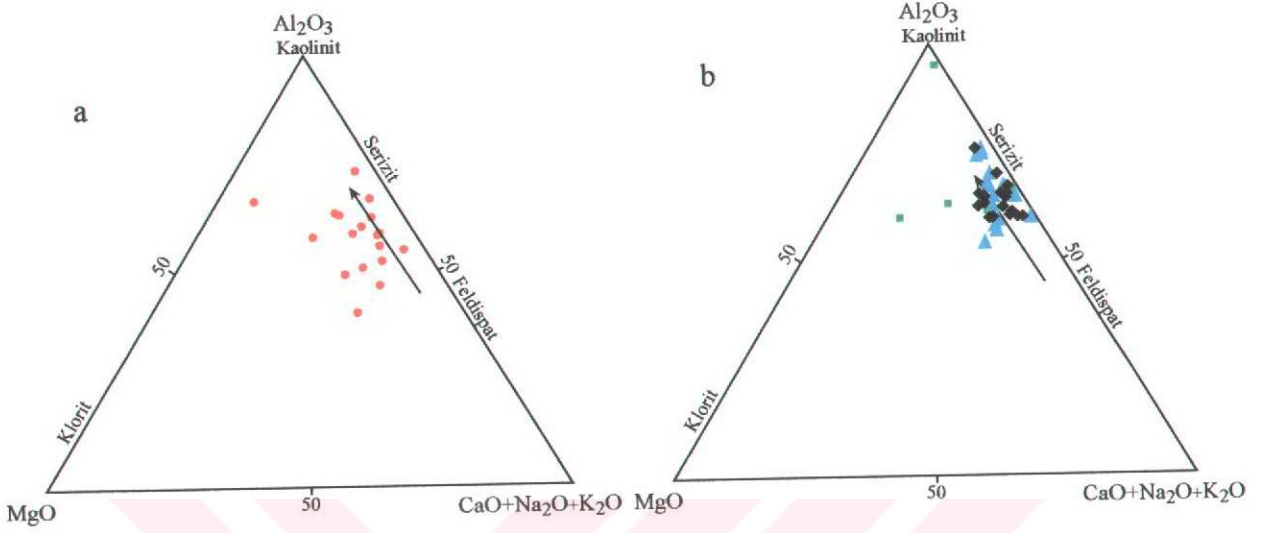
Sonuç olarak, volkanitlerde hidrotermal ayrışma süresince plajiyoklastan serizit oluşum tepkimesi aşağıdaki şekildedir (Date vd., 1983; Eastoe vd., 1987; Large vd., 2001):



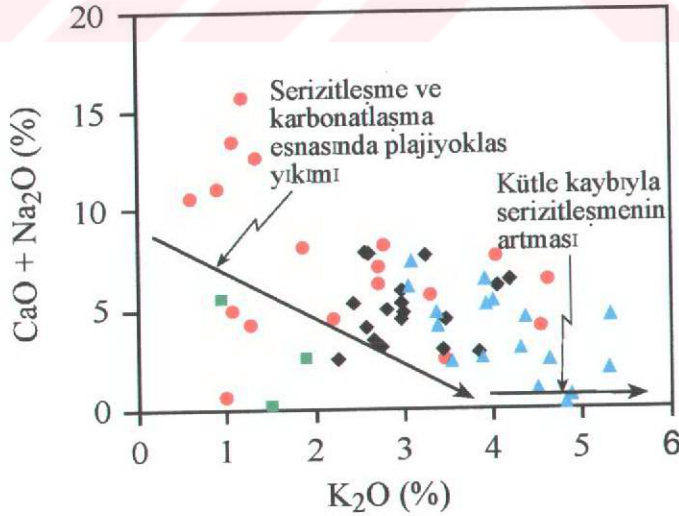
3.3.1.2. Silisleşme

Silisleşme veya ikincil kuvarslar minerallerde (feldispat ve amfibol), kayaların kırıkları boyunca ve gaz boşluklarında bulunmaktadır. İkincil kuvarslar öz, yarı öz ve öz

şekilsiz kristaller halindedir. Ayrıca, ikincil kuvarslar volkanik breşlerdeki bileşenlerin arasını doldurmaktadır (Şekil 3.49).

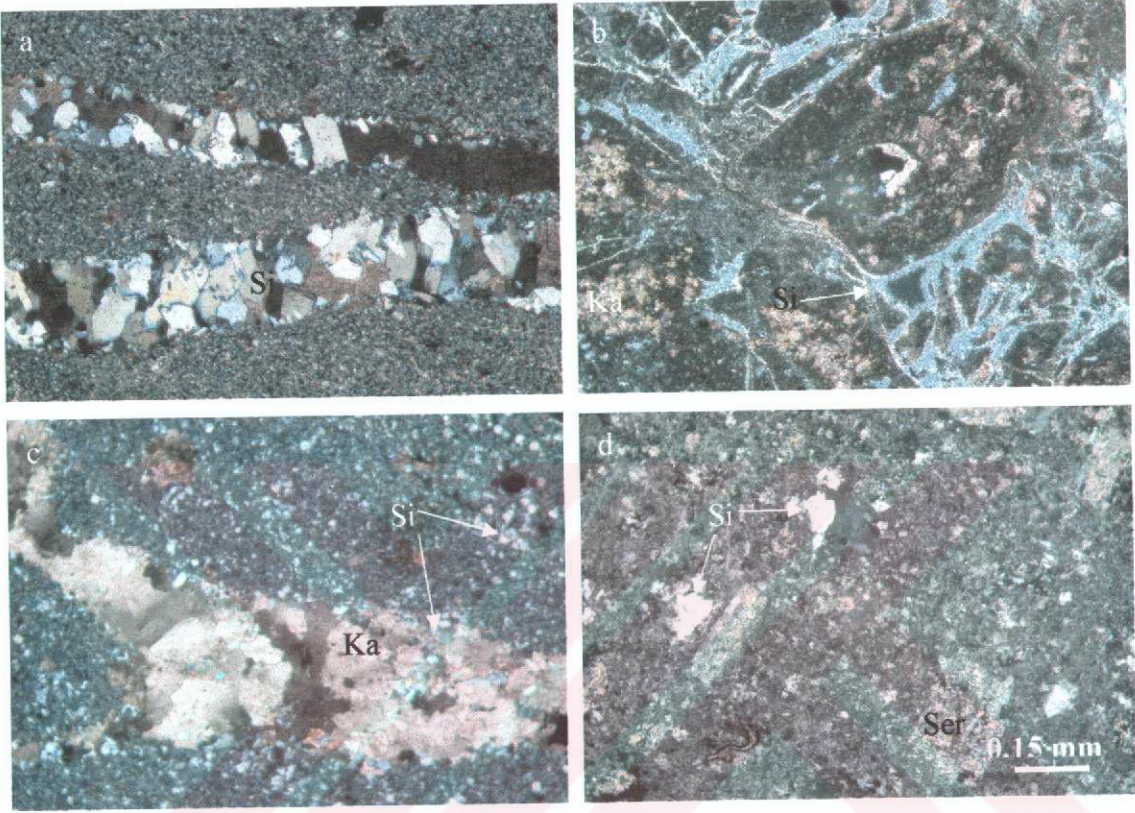


Şekil 3.47. Bazalt ve andezitler (a) ve dasitlerin (b) Al_2O_3 - MgO - ($CaO + Na_2O + K_2O$) üçgen diyagramındaki dağılımları (İzawa, 1978 ve Van Gerven, 1995'den değiştirilerek). Simgeler Şekil 3.46 ile aynı.



Şekil 3.48. Volkanitlerden alınan örneklerin K_2O 'e karşı ($CaO + Na_2O$) diyagramındaki konumları (Barrett vd., 1993'ten değiştirilerek). Simgeler Şekil 3.46 ile aynı.

Silisleşme, kırık zonlarından uzaklaştıkça azalmaktadır. Bazı örneklerde silisleşmeye klorit, karbonat ve serizit oluşumu eşlik etmektedir. Ayrıca ayrılmış bazı kayaçların silisleşmeden dolayı sertleştiği görülmektedir.

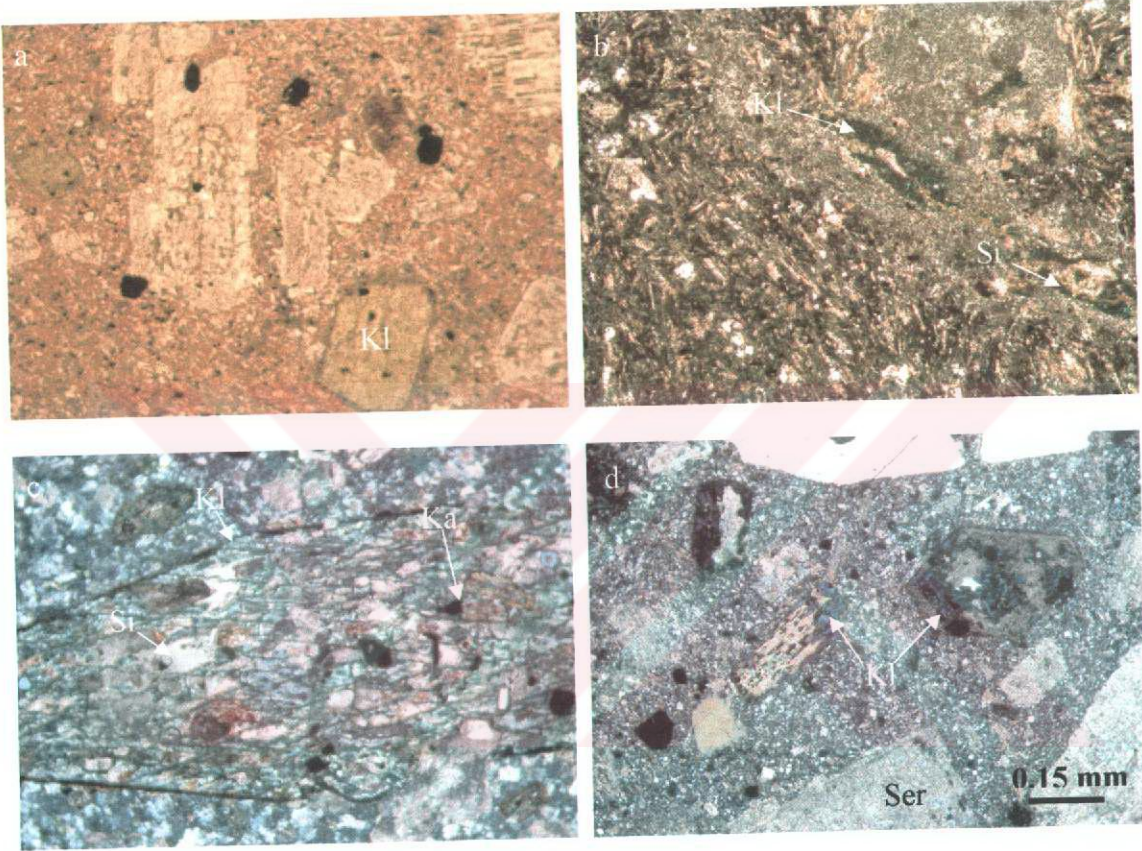


Şekil 3.49. Volkanitlerde ayrışma sonucu oluşan ikincil kuvarsların mikroskopta çift nikoldeki görünümleri. a) Dasit - I'de kırık zonu boyunca gelişen ikincil kuvarslar (Örn. Nu.: 282), b) Andezitik breşte bileşenlerin etrafında gelişen silisleşmeler (Örn. Nu.: 345), c) Dasit - I'den alınan dasitik tüfteki kırık zonu boyunca gelişen kalsit ve ikincil kuvars birlikteliği (Örn. Nu.: 166), d) Dasit - II'den alınan dasitik tüfteki ikincil kuvarslar (Örn. Nu.: 496). Si: İkincil kuvars, Ka: Karbonat mineralleri, Ser: Serizit

3.3.1.3. Kloritleşme

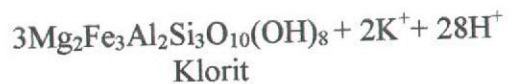
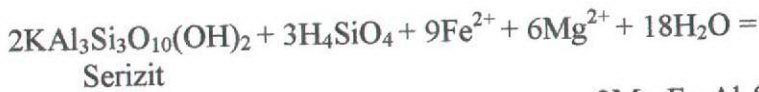
Çalışma alanında kloritleşme en fazla bazalt, andezit ve bunların piroklâstitlerinde ve daha az olarak da Dasit - I'de belirlenmiştir. Dasit - II'de ise çok az olarak tesbit edilmiştir. Kloritleşme, volkanitlerdeki oval ve yuvarlağımsı boşluklar, feldispatların ikiz düzlemleri ve kırıkları; amfibol, piroksen ve biyotitlerin ise dilinimleri ve kırıkları boyunca gelişmiş olarak görülmektedir (Şekil 3.50).

Kloritler bazı örneklerde hamuru ornatmış ve bazılarında boşluklarda oluşmuştur. Boşluk dolgusu kloritler yuvarlağımsı ve oval şekilde olup, bazılarında silis ve karbonat mineralleri eşlik etmektedir. Volkanik breşlerde kloritler hem breşlerin kendisinde, hem de breşlerin arasında yer almaktadır (Şekil 3.3c). Breşlerin arasında yer alan kloritlere ikincil kuvarslar da eşlik etmektedir.

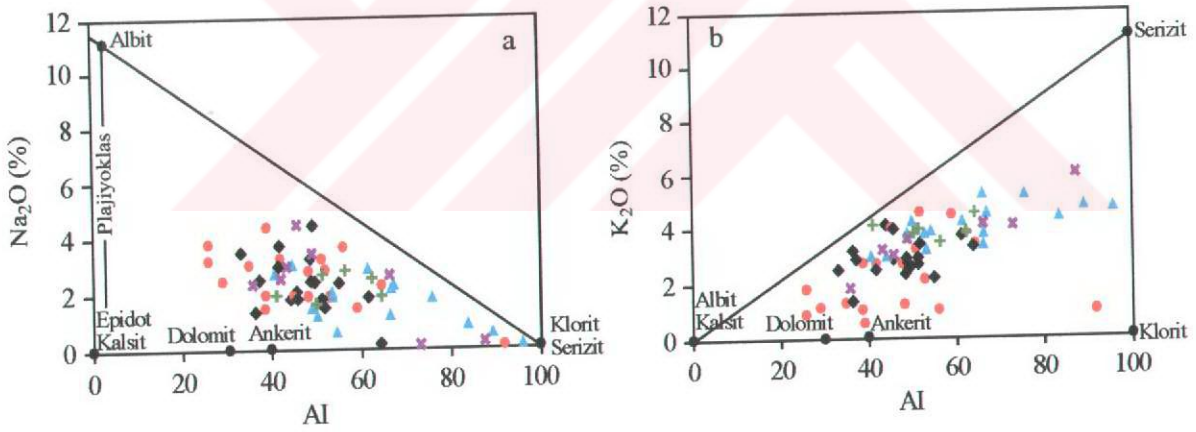


Şekil 3.50. Ayrışma sonucu volkanitlerde oluşan kloritlerin mikroskoptaki görünüşleri. a) ve c) Bazalttaki klinopiroksen ve amfibollerin ayrışması ile oluşan kloritler (Örn. Nu.: 85, // N ve 517, + N), b) ve d) Dasit-II ve dasit porfirde alınan örneklerdeki amfibollerin kloritleşmesi (Örn. Nu.: 301 ve 227, + N). Simgeler Şekil 3.45 ile aynıdır

Volkanitlerde, plajiyoklasların bozuluşu ile oluşan serizitlerdeki K^+ 'un ortamdaki ayrılıp, Fe^{2+} ve Mg^{2+} ortama gelmesiyle kloritler oluşmaktadır (Large vd., 2001). Eğer serizit oluştuğundan sonra ortamda yeterince Fe ve Mg varsa kloritler de oluşmaktadır.



Kalk - alkali volkanit serileri için oluşturulan AI (ayırışma indeksi)'ne karşı Na_2O ve K_2O diyagramları incelendiğinde plajiyoklasların bozuşması ile serizit ve klorit oluşumu daha iyi görülmektedir (Şekil 3.51). Kayaç örneklerinde, AI artışına bağlı olarak Na_2O azalması ile albit - plajiyoklas kenarından serizit - klorit köşesine doğru bir yönelim görülmektedir (Şekil 3.51a). Bu grafiğe göre Dasit - II'lerde daha fazla serizit ve klorit oluşumu söz konusudur. AI'ne karşı K_2O grafiğine göre ise bazalt - andezit ve Dasit - I'lerde dolomit, ankerit, serizit ve klorit, Dasit - II'de ise ankerit, serizit ve klorit oluşumu görülmektedir. Bazalt - andezit ve Dasit - I'de yukarıda formülle açıklanmaya çalışılan durum söz konusu, yani serizit oluşuktan sonra kloritleşme meydana geldiği için ikisi birlikte görülmektedir. Dasit - II'de ise bu durum çok az gelişmiş olduğundan serizit köşesine doğru bir yönelim söz konusudur. Şekil 3.51b'deki grafikten de anlaşıldığı gibi, Dasit - II'nin K içeriği daha fazladır. Ayrıca bu kayalardan yapılan mikroskop çalışmaları, kil örneklerine ait difraktogramlar ve SEM çalışmaları Dasit - II'lerde serizitleşmenin fazla, kloritleşmenin ise az olduğunu göstermektedir.



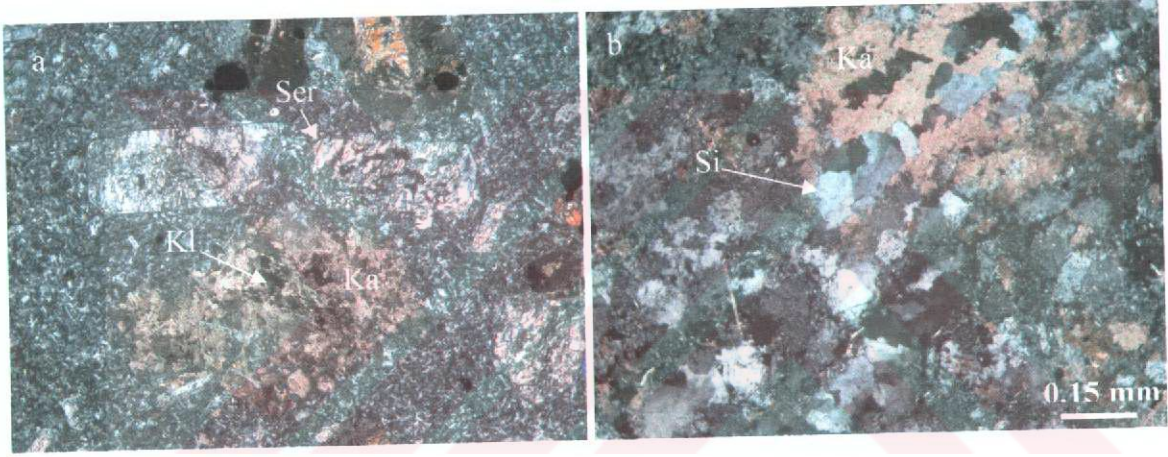
Şekil 3.51. Volkanitlerin AI'ya karşı a) Na_2O ve b) K_2O diyagramlarındaki konumları (Large vd., 2001'den değiştirilerek). Simgeler 3.46 ile aynı.

3.3.1.4. Karbonatlaşma

Ayrışma sonucu volkanitlerdeki feldispat, klinopiroksen ve amfibol minerallerinde ve kırık zonları boyunca karbonat mineralleri oluşmuştur (Şekil 3.49c, 50b,c ve 52). Karbonatlaşma bazalt ve andezitlerde kalsiyumlu plajiyoklas, klinopiroksen ve amfibollerin, dasitlerde feldispat ve amfibollerin ve hamurun ayrışma ürünü şeklindedir

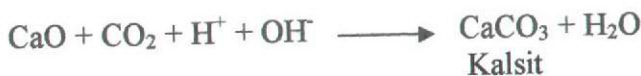
(Şekil 3.49 ve 52). Ayrıca kayaçları kesen kırık ve çatlaklar boyunca gelişen pembe (rodokrozit) ve beyaz (kalsit) renkli karbonat damarcıkları mevcuttur. Karbonat mineralleri damarcıklarda kuvarsla birlikte veya tektir.

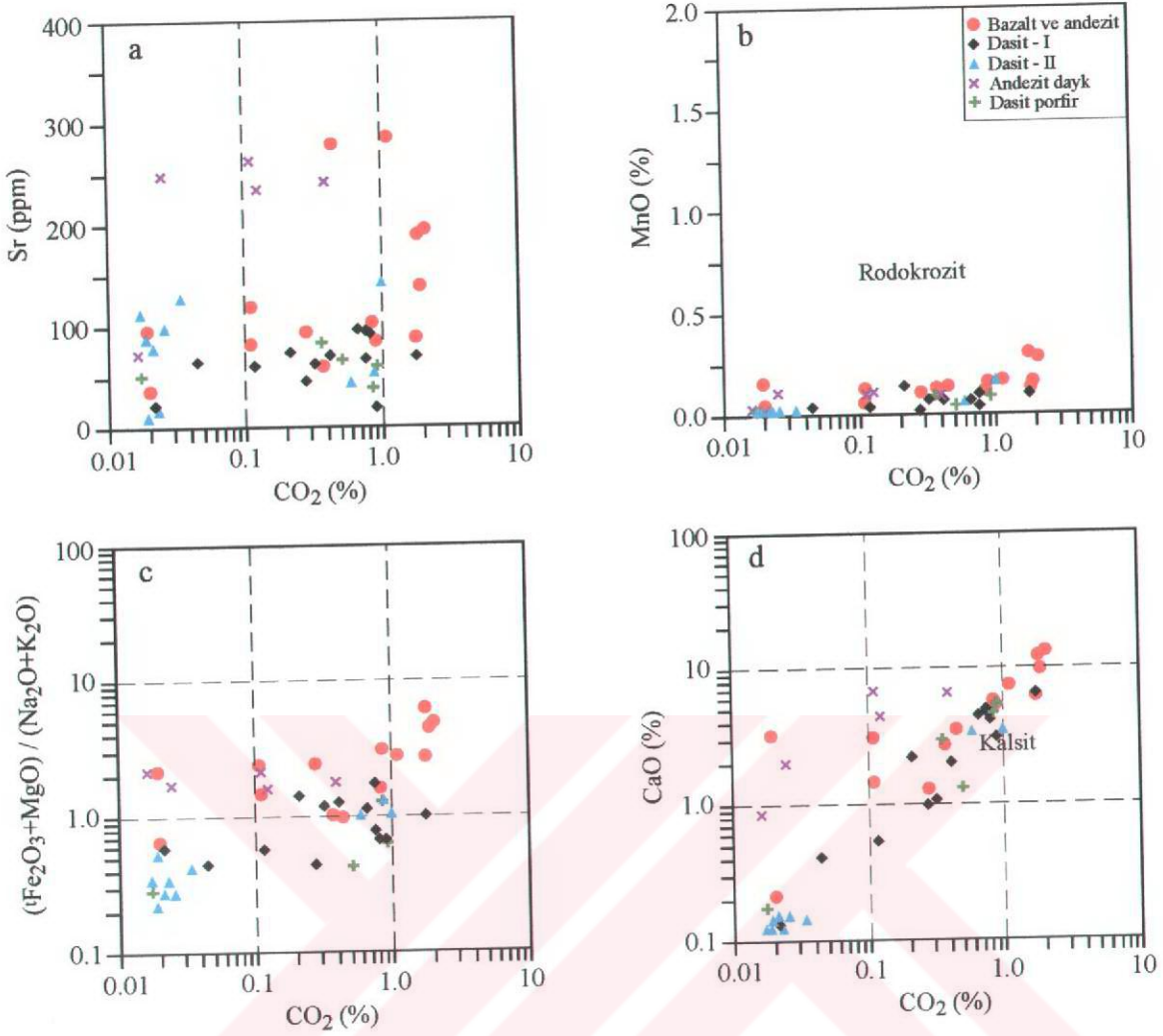
Bazalt, andezit, Dasit - I, Dasit - II, andezit dayk ve dasit porfirlerden alınan örneklerde ölçülen CO₂ miktarına göre, oluşan karbonatların türü kalsit, ankerit ve çok az rodokrozit olarak bulunmuştur (Şekil 3.53). Şekil 3.53c'de Lentz ayrışma indeksi (L_{AI}) ilâ CO₂ arasında göreceli olarak düzenli bir ilişki olduğu görülmektedir. Volkanitlerdeki CO₂ ilâ CaO arasında ise pozitif yönde düzgün doğrusal bir ilişki vardır (Şekil 3.53d). Bu çizgisellemeler volkanitlerde daha çok kalsit fazının baskın olduğunu işaret etmektedir. Sr ise CO₂'e karşı bir değişim göstermemektedir (Şekil 3.53a).



Şekil 3.52. Volkanitlerde ayrışma sonucu oluşan karbonat minerallerinin mikroskopta çift nikoldeki görünüşleri. a) Andezit daykındaki karbonat minerali (Örn. Nu.: DE1), b) Dasitik tüfte hamurda ve kırık zonu boyunca karbonat minerali oluşumu (Örn. Nu.: 131).

Karbonatlar oluşurken kayaçların su (H₂O) içerikleri artmaktadır. Bu durum, yani CO₂ ilâ H₂O arasındaki değişim bir diyagrama aktarıldığında aralarındaki pozitif ve hemen hemen doğrusal olan ilişki daha iyi görülmektedir (Şekil 3.54). Yani, kayaçların H₂O içeriğinin belli bir değere erişmesinden sonra CO₂ kayaçta görülüyor. Kayaçların CO₂ içeriği dolayısıyla karbonat minerali içerikleri artarken, su içerikleri de artmaktadır. Bu olay, kalsit oluşturan tepkime ile de açıklanabilmektedir.





Şekil 3.53. Volkanitlerin içerdikleri CO₂ değerlerine karşı oluşturulan a) Sr, b) MnO, c) Lentz ayrışma indeksi (L_{Al}) $(Fe_2O_3+MgO)/(Na_2O+K_2O)$ ve d) CaO değişim diyagramları (Lentz, 1999'dan değiştirilerek).

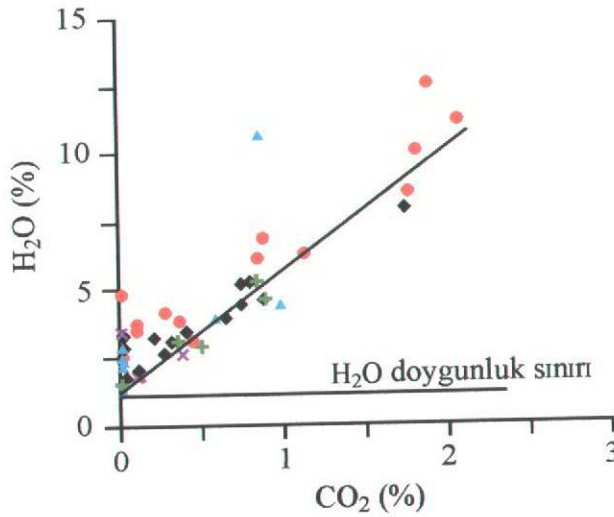
Ayrıca, kayalarda oluşan karbonat minerallerinin bazılarında mikrokimyasal analizler yapılmış ve sonuçlar Tablo 3.12'de verilmiştir. Karbonat minerallerinden yapılan kimyasal analiz sonuçlarına göre türleri kalsit, ankerit ve dolomit olarak bulunmuştur. Ayrıca minerallerin mikrokimyasal analiz sonuçları mol yüzdesi olarak $CaCO_3 - MgCO_3 - (FeCO_3 + MnCO_3)$ üçgen diyagramına aktarıldığında dolomit - $(FeCO_3 + MnCO_3)$ arasında değişim görülmektedir (Şekil 3.55). Dolayısıyla bu sonuç, kayaların CO₂ içeriği kullanılarak bulunan karbonat türleri ile aynıdır. Fakat bu üçgen diyagramda karbonat minerallerinin iki guruba ayrılması dikkati çekmektedir. Bu durum, analiz edilen noktaların, mineralin kenar ve merkez kısmına ait olmasından kaynaklanmaktadır. Üçgen diyagramda A ile gösterilen alanda bulunan örnekler merkeze, B ile gösterilen alandakiler

ise kenar kısma aittir. Dolayısıyla oluşan karbonat minerallerinin sıcaklık farkından kaynaklanan dağılımları görülmektedir.

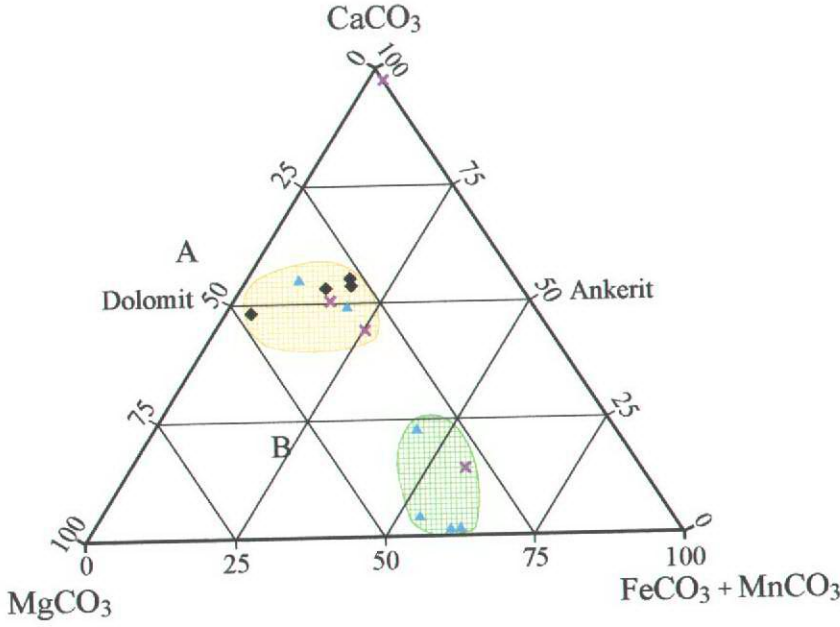
Tablo 3.12. Volkanitlerdeki karbonatlardan yapılan mikrokimyasal analizler ve yapısal çözümlenmeleri.

Örn. Nu.	50	161	161	161	86	86	86	86	131	131	93	E3	E3	E3
Kayaç T. Element	Dasit - I	Dasit - I	Dasit - I	Dasit - I	Dasit - II	Dasit - II	Dasit - II	Dasit - II	Dasit - II	Dasit - II	And. daykı	And. daykı	And. daykı	And. daykı
⁵⁶ FeO	1.88	9.46	12.97	13.65	40.44	39.95	12.56	37.91	30.02	5.53	a.s.a	11.75	36.87	18.32
MnO	1.52	1.35	a.s.a	a.s.a	1.02	0.95	2.07	a.s.a	1.06	1.35	1.79	0.78	0.75	a.s.a
MgO	21.97	13.76	11.46	11.63	13.66	14.41	13.05	16.41	12.69	15.87	a.s.a	13.86	10.74	12.50
CaO	30.86	31.39	31.54	30.69	0.88	0.68	28.33	1.69	12.31	33.32	54.19	29.57	7.61	25.15
CO ₂ *	43.75	44.01	44.01	44.01	44.00	44.00	44.00	44.00	43.89	43.89	44.02	44.01	44.01	44.01
Toplam	99.98	99.97	99.98	99.98	100.00	99.99	100.01	100.01	99.97	99.96	100.00	99.97	99.98	99.98
Atomik oranlar														
⁵⁶ Fe	0.025	0.125	0.175	0.185	0.605	0.590	0.170	0.545	0.430	0.070	-	0.155	0.555	0.255
Mn ²⁺	0.020	0.020	-	-	0.015	0.015	0.030	-	0.015	0.020	0.025	0.010	0.010	-
Mg ²⁺	0.475	0.325	0.275	0.280	0.365	0.380	0.315	0.420	0.325	0.365	-	0.330	0.290	0.305
Ca ²⁺	0.480	0.530	0.550	0.535	0.015	0.015	0.490	0.030	0.225	0.550	0.975	0.505	0.145	0.440
CO ₂	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Mol %														
Fe(CO ₃) ₂	2.50	12.50	17.50	18.50	60.50	59.00	17.00	54.50	43.00	7.00	-	15.50	55.50	25.50
MnCO ₃	2.00	2.00	-	-	1.50	1.50	3.00	-	1.50	2.00	2.50	1.00	1.00	-
MgCO ₃	47.50	32.50	27.50	28.00	36.50	38.00	31.50	42.00	32.50	36.50	-	33.00	29.00	30.50
Ca(CO ₃) ₂	48.00	53.00	55.00	53.50	1.50	1.50	49.00	3.00	22.50	55.00	97.50	50.50	14.50	44.00

*: Tüm kayaçta ölçülmüş CO₂ değerlerine aittir.



Şekil 3.54. Volkanitlerin H₂O (%) ve CO₂ (%) içerikleri arasındaki ilişki.

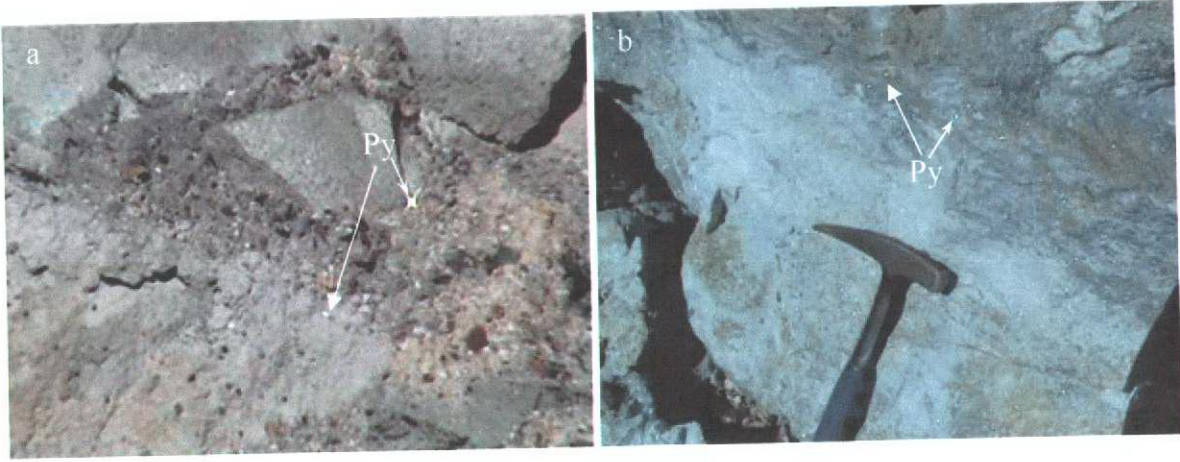


Şekil 3.55. Volkanitlerdeki karbonat minerallerinin mikrokimyasal analiz sonuçlarının CaCO_3 - MgCO_3 - $(\text{FeCO}_3 + \text{MnCO}_3)$ üçgen diyagramında mol yüzdesi olarak dağılımları.

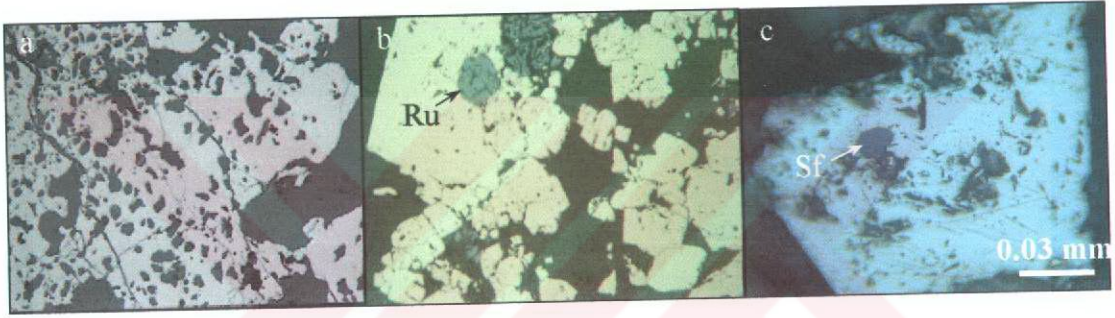
3.3.1.5. Piritleşme

Çalışma alanında, özellikle Tumbi civarındaki volkanitlerde farklı boyutlarda piritler gözlenmektedir. Boyutları 2 mm'den 1 cm'ye kadar değişmekte olan piritlerin şekilleri kübiktir. İri piritler koyu grimsi renkli dasitik tüfler ve aglomeralar içinde yer almaktadır (Şekil 3.56). Piritler, mikroskopda çatlaklı, kırıklı ve boşluklu olarak görülmektedir (Şekil 3.57a). Piritlerde kataklastik deformasyonun etkilerini gösteren kataklastik doku görülmektedir (Şekil 3.57a ve b). McClay ve Ellies (1984) piritler üzerine yaptıkları deneysel çalışmalarla, basınç lamelleri veya diğer basınç izlerini göstermediği için basıncın önemsiz olduğu örneklerde, kataklastik dokunun < 300 °C sıcaklıklarda geliştiğini belirtmektedir.

Piritlerin bazıları sfalerit, kalkopirit ve rutil içermekte (Şekil 3.57) ve bazıları ise kalkopirit tarafından çevrelenmektedir (Bölüm 3.1.2 ve Şekil 3.7). Piritlerden kimyasal analizler yapılmış ve sonuçlar Tablo 3.13'de verilmiştir.



Şekil 3.56. Tumbi (a) ve Savaşlı (b) civarındaki dasitik tüfler içinde bulunan iri piritlerin görünümü. Py: Pirit



Şekil 3.57. Piritlerdeki kırıklar, boşluklar (a), rutil (b) ve sfaleritin (c) mikroskoptaki görünümü. (Örn. Nu.: Sırasıyla 136, 22a ve 142) Ru: Rutil, Sf: Sfalerit

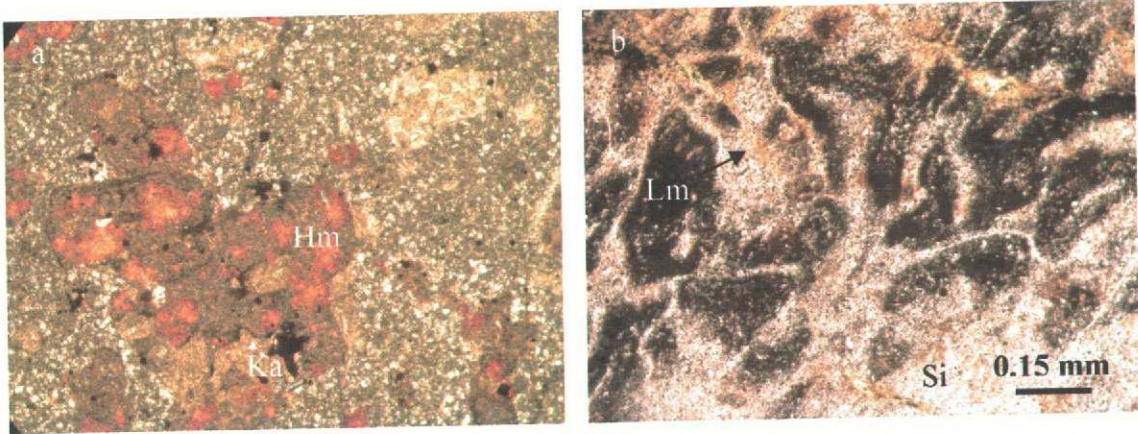
Tablo 3.13. Piritlerden yapılan kimyasal analizlerin sonuçları.

Örn. Nu.	139	133	38	557	T
Lokasyon	Tumbi	Divren	Kıranoba	Paşadüzü	Tumbi
Element			Y. Güneyi	Yaylâ	
Fe (%)	47.35	47.36	47.37	47.61	47.34
Mn	0.21	0.19	0.17	0.20	0.23
S	52.42	52.43	52.44	52.71	52.42
Toplam	99.98	99.98	99.98	100.52	99.99
Ag (ppm)	0.5	0.5	2.2	0.5	0.5
Au	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.
As	22.5	81.6	9.9	500	62.5
Sb	7.7	7.1	0.5	3.5	6.0
Zn	37.5	61.8	37.3	25.0	50.0
Cu	125.0	321.7	17.4	75.0	425.0
Pb	41.2	51.9	228.9	155.0	40.0

Piritlerin kimyasal analizleri incelendiğinde önemli miktarda iz element içerdikleri anlaşılmaktadır. Bu iz elementlerden Cu genel olarak, bir örnek hariç, yüksek değerdedir. As değeri ise bir örnekte (500 ppm) çok yüksektir (Tablo 3.13). Ag değeri As değerinin en az olduğu piritte fazla, diğerlerinde azdır. Piritlerin kimyası araştırılmış ve As içeriğinin sıcaklığın artmasıyla azaldığı belirtilmiştir (Güleç ve Erler, 1983). As'ın iyon yarıçapı küçük olduğundan pirit kafesinde yer alması için sıcaklığa ihtiyaç yoktur. Ayrıca sıcaklığın artmasına bağlı olarak As çözünmektedir. Buna göre, As içeriği düşük olan piritlerin (38 ve 139 nolu örnekler) sıcaklığın yüksek, yüksek (T, 133 ve 557 nolu örnekler) olanların ise sıcaklığın düşük olduğu alanlarda geliştiği düşünülmektedir.

3.3.1.6. Limonitleşme ve Hematitleşme

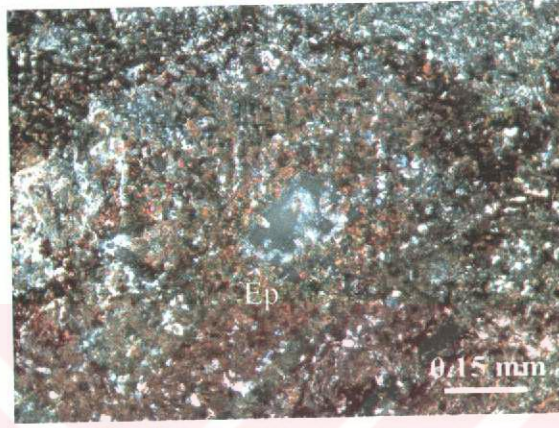
Bu ayrışma ürünleri, çalışma alanında piritin yaygın olduğu her yerde ve Fe'li minerallerin (amfibol, biyotit gibi) ayrışma ürünü olarak az veya çok oranda gözlenmektedir (Şekil 3.58). Ayrıca volkanik breşlerde breşlerin etrafında da hematit ve limonitleşme görülmektedir (Şekil 3.58b). Çalışma alanında kayaçları kesen fay ve kırık zonları boyunca oluşmuş masif piritlerin ayrışması sonucu yoğun limonitleşme ve hematitleşme meydana gelmiştir.



Şekil 3.58. Çalışma alanındaki kayaçlarda ayrışma sonucu oluşan hematitleşme ve limonitleşmenin mikroskoptaki görünüşleri. a) Andezitteki amfibollerin hematitleşmesi (Örn. Nu.: 77, + N) ve b) Andezitik breşteki limonitleşme (Örn. Nu.: 345, // N) Hm: Hematit, Lm: Limonit, Ka: Kalsit

3.3.1.7. Epidotlaşma

Epidotlaşma, çalışma alanındaki kayalarda yapılan mikroskop ve x - ışınları difraktogram çalışmaları ile çok az bir kısımda belirlenmiştir. Özellikle bazalt ve andezitlerde yaygın olup, bunların boşluklarında ve plajiyoklasların bazılarında epidot gelişmiştir (Şekil 3.59).



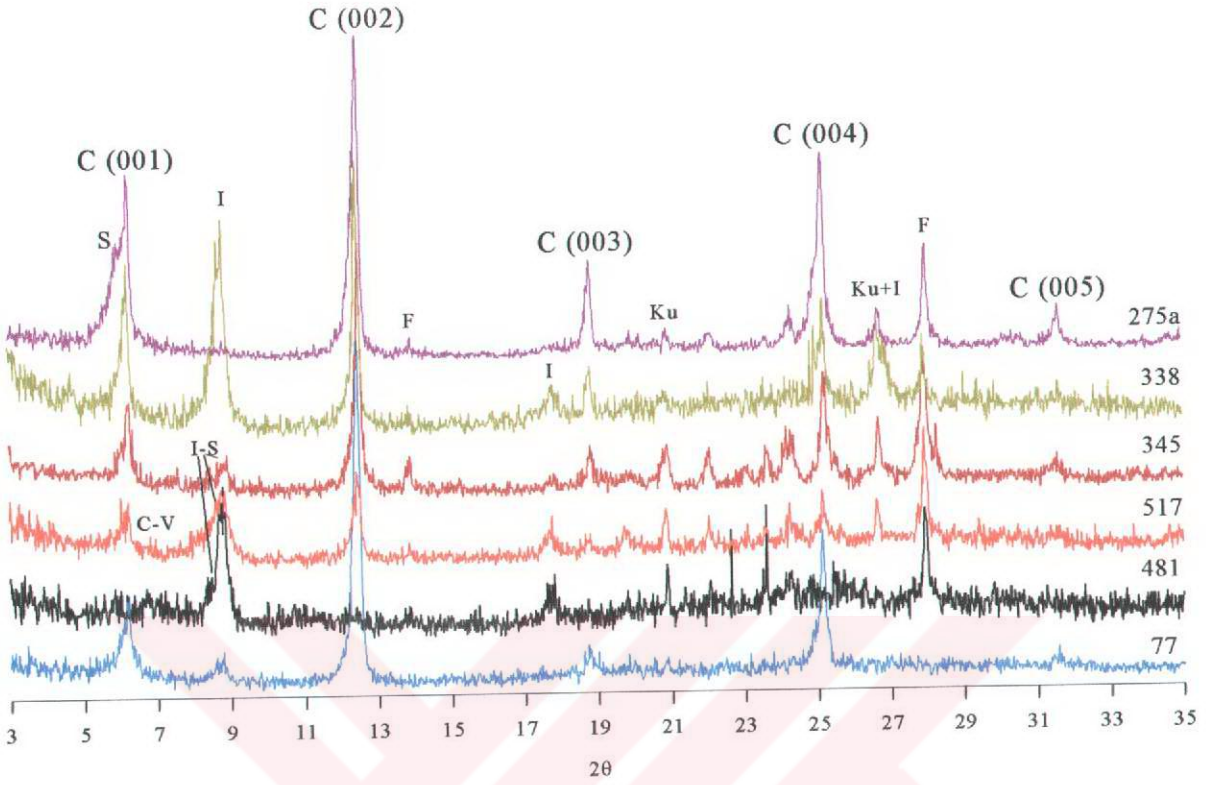
Şekil 3.59. Çalışma alanındaki bazaltlarda ayrışma sonucu oluşan epidotun mikroskopta görünümü (Örn. Nu.: 463, + N)

3.3.2. Volkanitlerde Gelişen Killerin Mineraloji ve Kimyaları

İnceleme alanındaki volkanitlerde hidrotermal ayrışma sonucu oluşan kil mineralleri tek tek ele alınarak, mineraloji ve kimyaları irdelenmiştir.

3.3.2.1 Bazalt ve Andezitlerde Gelişen Killerin Mineraloji ve Kimyası

Bazalt ve andezitlerin ayrışmasından oluşan killerin tür ve kimyalarını saptamak için 21 kayaç örneğinden, Gündoğdu ve Yılmaz'ın (1984) önerdiği şekilde killer ayrıştırılıp alınarak x - ışınları difraktogramları (doğal, etilen glikollü ve fırınlı) ve DTA'ları (Ek Şekil 4) çekilerek kil türleri, değişik araştırmacıların (Wilson, 1987; Eslinger ve Pevear, 1988; Moore ve Reynolds, 1989) çalışmalarından da yararlanılarak tespit edilmiştir. İlit, klorit, kaolinit, simektit, ilit - simektit ve klorit - vermikülittir (Şekil 3.60 ve 61).



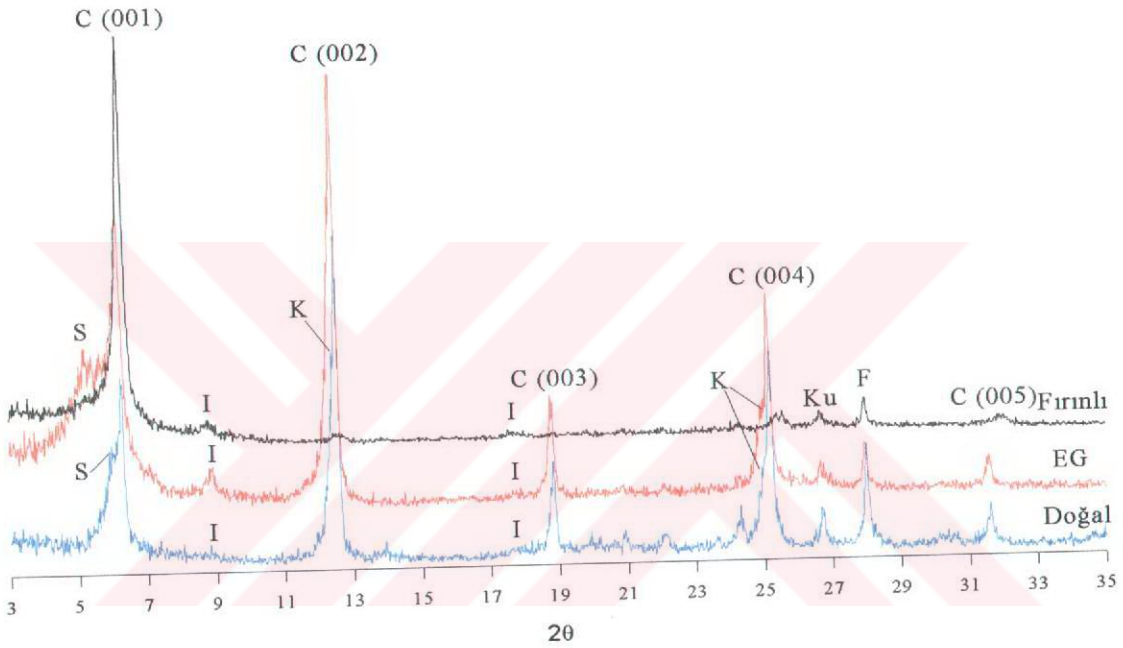
Şekil 3.60. Bazalt ve andezitlerden elde edilen kil fraksiyonuna ait x - ışınları difraktogramları (517 ve 338 nolu örnekler bazalt; 77, 481 ve 275a nolu örnekler andezit 345 nolu örnek andezitik breş, S: Simektit, C: Klorit, I: İlit, Ku: Kuvars, F: Feldispat, I - S: İlit - simektit aratabakalısı, C - V: Klorit - vermikülit aratabakalısı).

Kil minerallerinin x - ışınları grafikleri kullanılarak yarı nicel bileşimlerinin hesaplanması konusunda çeşitli çalışmalar vardır; bunlardan bazıları Müller (1967), Smith v.d. (1987), Moore ve Reynolds (1989 ve 1997) ve Środoń v.d. (2001)'dir. Burada, x - ışınları grafiklerinden kil minerallerinin yarı nicel bileşimlerinin yüzdelerinin hesaplanması (001) yansımalarına göre yapılmıştır (Tablo 3.14). Örnekler birden fazla türde kil minerali içerdiğinden hesaplamalarda etilen glikollü çekimler kullanılmıştır. Bu işlem için aşağıdaki

$$\% A = \frac{X_a \times \mu_a}{X_a \times \mu_a + X_b \times \mu_b + X_c \times \mu_c \dots} \quad (3)$$

formül kullanılmıştır. Formülde A: Kayaçtaki a kil mineralinin yüzdesini, X: Kil mineralinin difraktogramdaki (001) yansımasının cm cinsinden yüksekliğini, μ : Kil mineralinin adsorbsiyon katsayısını belirtir.

Killerin, x - ışınlarıyla çekilen grafiklerinden ilit ve klorit kristallik dereceleri (I_c ve C_c) (Kübler, 1968 ve 1984; Çelik, 1995), ilitin sivrilik oranı (W_i), $I(002) / I(001)$ değerleri ve minerallerin b_0 parametreleri (060) hesaplanmıştır (Tablo 3.15).



Şekil 3.61. Andezitlerden elde edilen kil fraksiyonuna ait yönlü çekilmiş bir difraktogram (EG: Etilen glikollü, Örn. Nu.: 275a). Simgeler Şekil 3.60 ile aynı.

★ İlitlerin Mineralojik Özellikleri

XRD incelemelerine göre, ilit minerali 10 Å (001) ve 5 Å'daki (002) temel yansımaları ile tanımlanmıştır. Etilen glikollü ve fırınlanmış örneklerden yapılan çekimlerde ilit yansıma değerlerinde belirgin bir farklılık görülmemiş, sadece simektit aratabakası içeren örneklerde etilen glikollü çekimlerde 10 Å'luk yansımada sola (11 Å'a) doğru bir kayma meydana gelmiştir (Şekil 3.62).

İlitlerin kristallinite (I_c) (10 Å'daki yansıma yüksekliğinin yarısının genişliği ölçülerek hesaplanmıştır (Müler, 1967). İlit kristaliniteleri bulunurken etilen glikollü

çekimler kullanılmıştır. Bu değer 0.90 - 2.60 mm arasındadır (Tablo 3.15). İlitlerin I (002) / I (001) oranı, başka bir deyişle Al / (Fe²⁺ + Mg) oranı 0.17 - 0.63 arasında değişmektedir (Tablo 3.15). Dunoyer de Segonzac (1972)'a göre epizondaki illitlerin Ic'si 0 - 3.75 mm arasındadır. Buna göre, bazalt ve andezitlerdeki illitler epimetamorfik karakterli ve illitlerin I (002) / I (001) oranı yüksek olanlar Al'ca, düşük olanlar ise (Fe²⁺ + Mg)'ca zengindir.

Tablo 3.14. Bazalt ve andezitlerdeki kil fraksiyonunun yarı nicel bileşim yüzdeleri.

Örn.Nu.	Kayaç T.	Kil Boyutundaki Mineral Parajenezi	Bileşenlerin yüzdesi
267	Bazalt	Klorit + kaolinit + illit + feldispat	% 48 C + % 39 K + % 11 I + % 2 F
338	Bazalt	İlit + klorit + feldispat + kuvars	% 56 I + % 42 C + % 2 F
463	Bazalt	Klorit + illit + feldispat + kuvars	% 63 C + % 32 I + % 4 F + % 1 Ku
517	Bazalt	İlit + klorit + feldispat + kuvars	% 52 I + % 43 C + % 4 F + % 1 Ku
345	And. breş	Klorit + illit + feldispat + kuvars	% 82 C + % 15 I + % 3 F
C	Andezit	İlit + kaolinit + feldispat + kuvars	% 70 I + % 26 K + % 3 F + % 1 Ku
77	Andezit	Klorit + illit + kuvars ± kaolinit	% 89 C + % 9 I + % 1 Ku ± % 1 K
112	Andezit	Klorit + illit + feldispat + kuvars	% 73 C + % 25 I + % 2 F
275a	Andezit	Klorit + kaolinit + smektit + İlit	% 50 C + % 31 K + % 15 S + % 4 I
371	Andezit	Klorit + illit + feldispat + kuvars	% 56 C + % 39 I + % 3 F + % 2 Ku
377	Andezit	Klorit + illit + feldispat + kuvars	% 81 C + % 14 I + % 5 F
K1	Andezit	Klorit + illit + feldispat + kuvars	% 54 C + % 41 I + % 5 F
K3	Andezit	Klorit + illit + kuvars	% 74 C + % 25 I + % 1 Ku
K5	Andezit	İlit + klorit + feldispat + kuvars ± kaolinit	% 54 I + % 40 C + % 5 F + % 1 Ku
L1	Andezit	İlit + klorit + feldispat + kuvars	% 50 I + % 47 C + % 3 F
L2	Andezit	İlit + klorit + feldispat + kuvars	% 56 I + % 38 C + % 4 F + % 2 Ku
L3	Andezit	Klorit + illit + feldispat + kuvars	% 50 C + % 44 I + % 5 F + % 1 Ku
470	Andezit	Klorit + illit + feldispat + kuvars	% 75 C + % 21 I + % 3 F + % 1 Ku
481	Andezit	İlit + klorit + feldispat + kuvars	% 80 I + % 16 C + % 3 F + % 1 Ku
506	Andezit	İlit + smektit + klorit + feldispat + kuvars	% 40 I + % 28 S + % 28 C + % 2 F + % 1 Ku
587y	Andezit	İlit + klorit + feldispat	% 65 I + % 33 C + % 2 F

I: İlit; C: Klorit; K: Kaolinit; S: Simektit, Ku: Kuvars; F: Feldispat

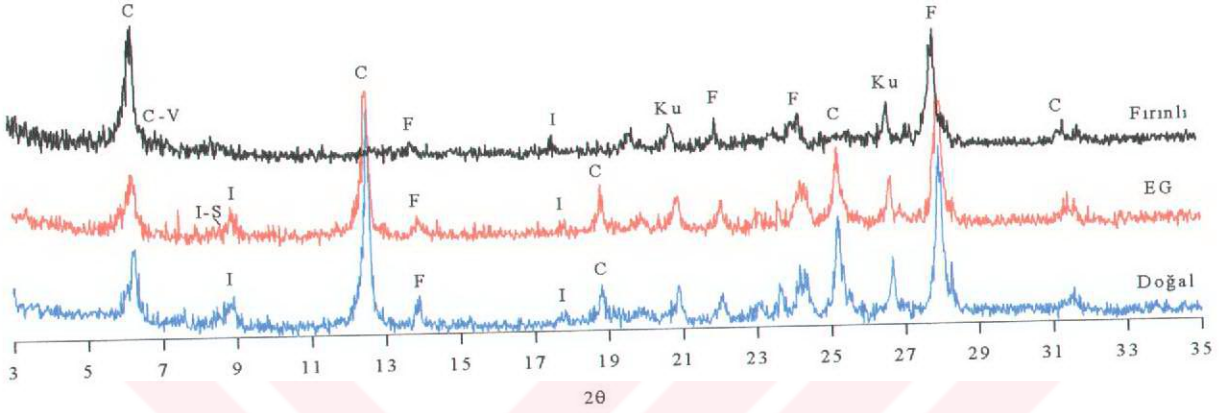
Tablo 3.15. Bazalt ve andezitlerdeki kil minerallerinin mineralojik özellikleri.

Örn. Nu.	Kayaç T.	Kil Mineralleri	Ic	Cc (14A)	W ₁	I(002)/I(001)	I _{bo}	C _{bo}
267	Bazalt	C + K + I	1.00	0.90	-	0.71	9.0054	9.2442
338	Bazalt	I + C	1.70	0.50	3.87	0.20	8.9976	9.2106
463	Bazalt	C + I	1.50	1.00	2.00	0.33	9.0114	9.2220
517	Bazalt	I + C	2.60	0.90	2.09	0.61	8.9664	9.2412
345	And. breş	I + C + C-V ± I-S	1.90	0.65	2.75	0.63	9.0264	9.2442
C	Andezit	I + K	2.00	-	3.50	0.24	8.9898	-
77	Andezit	C + C-V + I ± K	1.60	0.90	3.00	0.39	-	-
112	Andezit	C + I	1.20	1.25	3.85	0.63	9.0060	9.2190
275a	Andezit	C + K + S + I	1.50	1.00	3.60	0.30	-	9.2028
371	Andezit	C + I	2.00	0.90	4.46	0.24	-	9.2316
377	Andezit	C + I	1.50	0.40	4.00	0.33	-	-
K1	Andezit	C + I	1.50	0.50	2.13	0.32	8.9874	9.1758
K3	Andezit	C + I	2.00	1.00	3.33	0.43	8.9964	9.1884
K5	Andezit	I + C	2.40	0.95	3.43	0.50	8.9742	9.2094
L1	Andezit	I + C	2.00	0.60	2.32	0.43	8.9850	9.2244
L2	Andezit	I + C	1.80	1.00	3.08	0.32	-	-
L3	Andezit	C + I	1.80	0.50	2.78	0.30	-	-
470	Andezit	C + I	1.50	0.75	2.48	0.66	9.0264	9.2472
481	Andezit	I + C ± I-S	2.10	0.40	3.46	0.29	9.0126	9.2250
506	Andezit	I + S + C	1.30	0.30	2.56	0.39	8.9898	-
587y	Andezit	I + C	0.90	0.40	6.71	0.49	9.0084	9.2526

I: İlit, C: Klorit, K: Kaolinit, S: Simektit, I-S: İlit-simektit aratabakası, C-V: Klorit-vermikülit aratabakası
Ic: İlit kristalinite, Cc: Klorit kristalinite, W₁: Weaver indeksi, I_{bo}: İlite ait b₀ değeri, C_{bo}: Klorite ait b₀ değeri

Bazalt ve andezitlerdeki illitlerin Weaver İndeksi (W₁) olarak bilinen sivrilik oranları da bulunmuştur (Weaver, 1984). Bunun için illitin 10 Å'daki yansıma yüksekliğinin 10.5 Å'daki yansıma yüksekliğine oranı kullanılmıştır. Bu oran 2.00 - 6.71 arasında değişmektedir (Tablo 3.15). W₁ ile Ic arasında ilişki incelendiğinde düzensiz bir ilişki görülmektedir (Şekil 3.63a). Benzer şekilde, illitlerin I (002) / I (001) oranı ile W₁ arasında da dağınık bir ilişki vardır (Şekil 3.63b). Ayrıca, illit kristalinite değerleri ile I (002) / I (001) oranları arasında ise düzenli bir ilişki gözlenmemiştir. W₁ değerleri de illitlerin

epizyonik karakterli olduğunu desteklenmektedir. Şekil 3.63’de illitlerde görülen düzensiz dağılımlar birden fazla hidrotermal ayrışmanın etkisini göstermektedir.



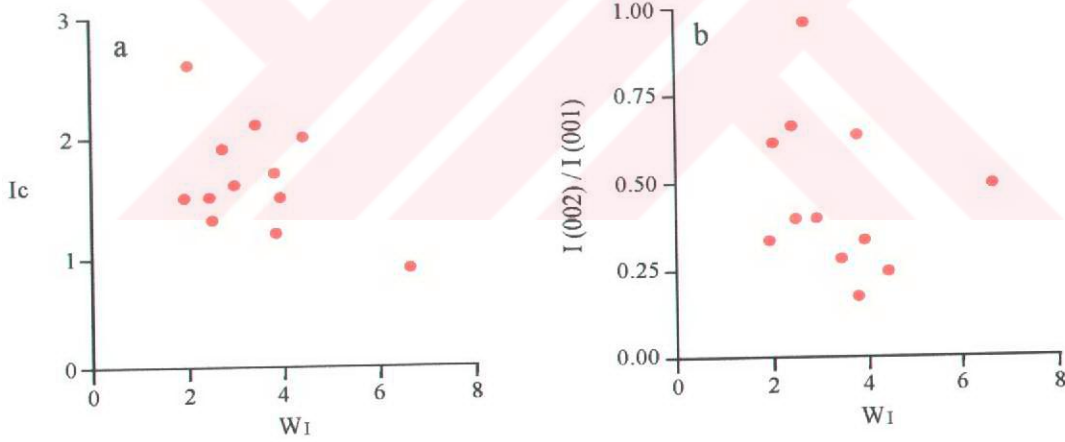
Şekil 3.62. Andezitik breş örneğindeki kil fraksiyonuna ait yönlü çekilmiş bir difraktogram (Örn. Nu: 345, simgeler Şekil 3.60 ile aynı)

Weaver (1984) $I(002) / I(001)$ oranının artması ile K içeriğinin, illit kristalinitesinin ve W_1 'nin arttığını belirtmektedir. Oysa Dunoyer de Segonzac (1972), metamorfizma derecesi ilâ $I(002) / I(001)$ oranının artması arasında sistematik bir ilişki olmadığına dikkat çekmektedir. Bazı epimetamorfik bölgelerde I_c ilâ $I(002) / I(001)$ arasında ilişki olmaması illitin tek tip bileşimli olmasından kaynaklanmaktadır (Larsen ve Chilingar, 1983).

Çekilen difraktogramlardan illitlerin $2M_1$ politipinde oldukları belirlenmiştir. Hidrotermal deneylerle $2M$ politipinin muskovitin duraylı bir şekli olduğu saptanmıştır (Yoder ve Eugster, 1955; Velde, 1965). Ayrıca, Velde (1965) tarafından $2M$ politipin 125°C 'ye kadar olan düşük sıcaklıklarda duraylı olduğunu belirlenmiştir. Dolayısıyla, illitler hidrotermal şartlar altında gelişmiştir.

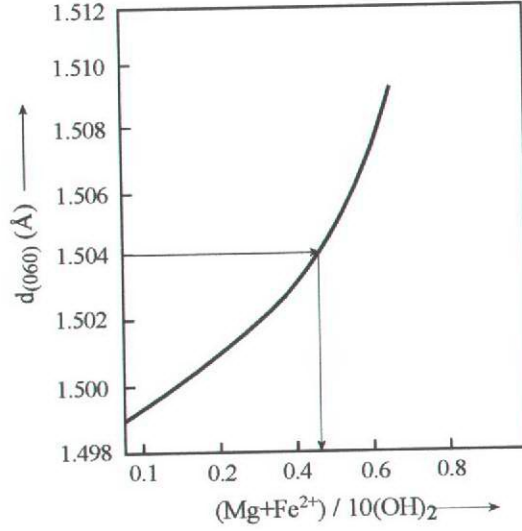
İllitlerin b_0 parametresi, yani (060) yüzeyindeki yansıma, ölçülmüştür. Bunun için yönlendirilmemiş kil fraksiyonlarının $49^\circ - 65^\circ (2\theta)$ arasında çekimleri yapılmış ve kuvarsın 1.817 \AA (112) ve 1.541 \AA (211)'deki yansımaları standart olarak kullanılmıştır. Bazı örneklerin kuvars içermesi nedeniyle 1.541 \AA 'daki yansıması trioktahedral türdeki silikatların (biyotit, klorit, vermikülit gibi) (060) yansımaları ile karışmaktadır. Dolayısıyla

bu sorunu çözmek için bu tür örneklerde kuvarsın 1.817 Å'daki yansıması kullanılmıştır (Moore ve Reynolds, 1989). Kayaçlarda illitlerin b_0 parametresinin 1.4944 - 1.5044 (veya 8.9664 - 9.0264, ortalama 8.9988) arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu değerler orta ve düşük basınç ortamına uygun düşmekte (Sassi ve Scolari, 1974; Sassi vd., 1976; Padan vd., 1982; Guidotti ve Sassi, 1986; Offler vd., 1987) ve basıncın 3 kbar'ı aşmadığını işaret etmektedir. Ayrıca b_0 değişim aralığı, illitlerin oktahedral tabakalarında toplam 0 - 0.46 arasında ($\text{Fe}^{2+} + \text{Mg}$) bulunduğunu vurgular (Maxwell ve Hower, 1967; Weaver ve Polard, 1973) (Şekil 3.64). Bu, aynı zamanda illitlerin oktahedral yapılarında bulunan Al'un yerine geçen Fe^{2+} ve Mg'un miktarının çok az olduğunu belirtir. Çünkü Al'un yerine oktahedral yapıya yerleşen Fe^{2+} ve Mg elementleri, iyon yarıçaplarının büyük olması sebebiyle, oktahedral tabakaların genişlemesine ve b_0 değerinin büyümesine neden olmaktadır. Buna karşılık illitlerin b_0 değerinin küçük olması da Al'un yerine geçen Fe^{2+} ve Mg miktarının çok az olduğunu vurgulamaktadır. Dolayısıyla, b_0 parametresine göre, illitler Fe^{2+} ve Mg'ca fakir ve feldispatların bozuşması sonucu oluşmuşlardır.

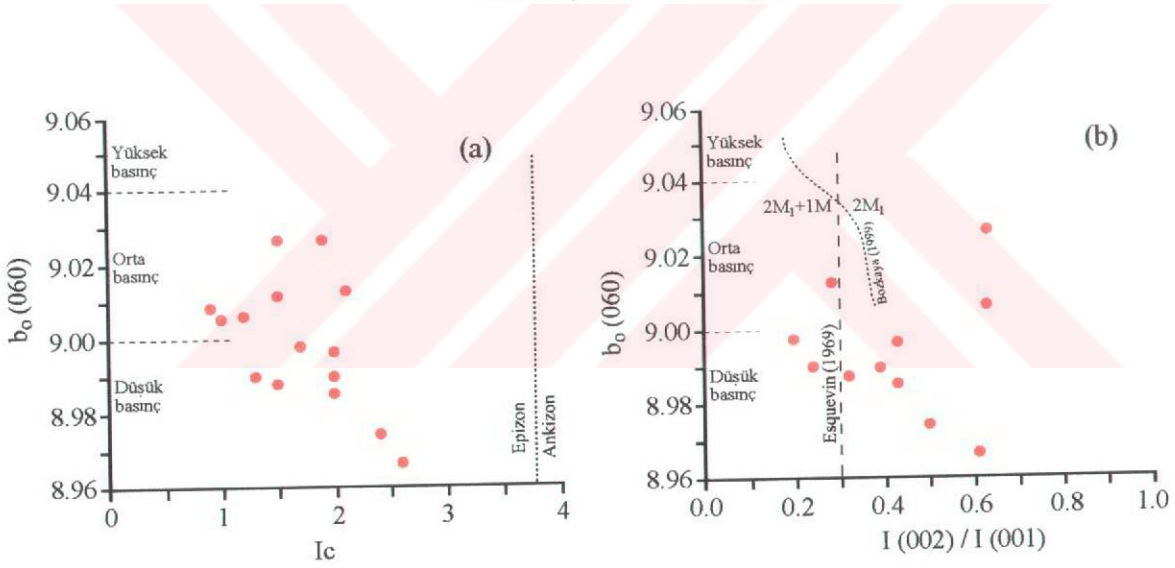


Şekil 3.63. Bazalt ve andezitlerde oluşan illitlerin sivrilik oranının (W_1) a) illit kristalinite indeksi (I_c) ve b) $I(002)/I(001)$ oranına göre değişimleri

İllitlerin kristalinite değerlerinin ve $I(002)/I(001)$ oranlarının b_0 parametresi ile ilişkisi irdelendiği zaman, genelde b_0 değerleri azalırken I_c ve $I(002)/I(001)$ oranlarının arttığı görülmektedir (Şekil 3.65). Bazalt ve andezitlerdeki illitlerin b_0 , I_c ve $I(002)/I(001)$ oranları birlikte değerlendirildiği zaman, örnekler orta ve düşük basınç alanında yer almaktadır. Buna göre, illitler 3 kbar basınç altında oluşmuşlardır.



Şekil 3.64. Bazalt ve andezitlerdeki ilitlerin $d_{(060)}$ yansıması ile oktahedral yapıda bulunan toplam $(Mg+Fe^{2+})$ arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram (Maxwell ve Hower, 1967'den değiştirilerek).



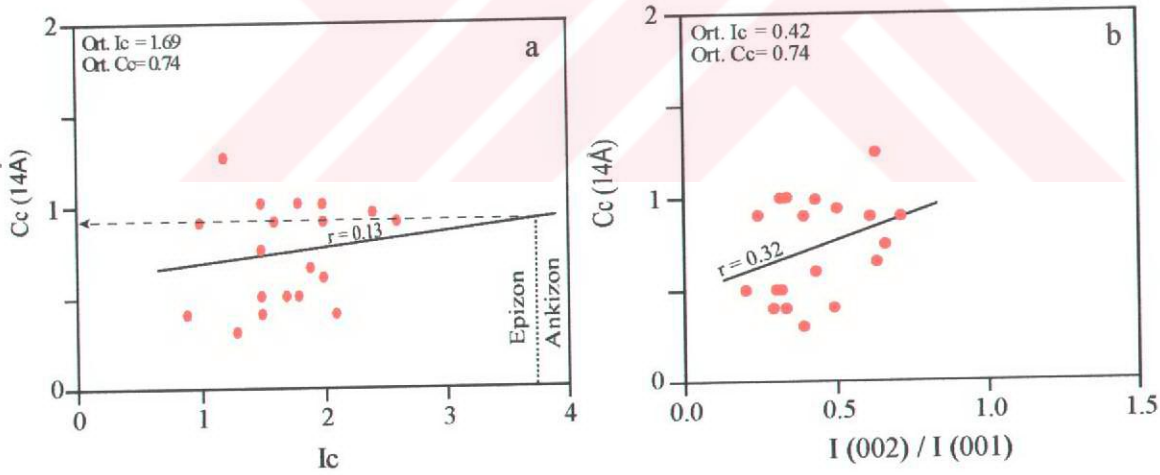
Şekil 3.65. Bazalt ve andezitlerdeki ilitlerin a) $I_c - b_0(060)$ ve b) $I(002) / I(001) - b_0(060)$ çizgisellemelerindeki konumları. (Epizon - ankizon sınırı Dunoyer de Segonzac, 1972 ve basınç sınırları Guidotti ve Sassi, 1986'dan alınmıştır).

★ Kloritlerin Mineralojik Özellikleri

Bazı parajenezlerde ana mineral olan klorit, difraktogramdaki 14 \AA , 7 \AA , 4.72 \AA ve 3.53 \AA 'daki temel yansımaları ile tanımlanmıştır (Şekil 3.60, 61 ve 62). Doğal ve etilen glikollü çekimlerde fark görülmemiş, ancak fırınlanmış ($\sim 450 \text{ }^\circ\text{C}$) çekimlerde (001)

yansımasının şiddetinde artma, diğer yansılarda ise azalma tespit edilmiştir (Şekil 3.61 ve 62). Kloritin (002), (003) ve (004) yansımalarının fırınlanma sonucu azalması göreceli olarak demir içeriğinin yüksek olduğunu gösterir (Weaver, 1984). Demirce zengin kloritlerde 14 Å (001) ve 4.72 Å (003) yansımaları 7Å (002) ve 3.53 Å (004)'daki yansılardan çok daha az (Şekil 3.62), magnezyumca zengin kloritlerde ise temel yansımalar hemen hemen eşit büyüklüktedir (Eslinger ve Pevear, 1988).

Klorit kristalinitesini (Cc) bulmak için 14 Å ve 7 Å'daki yansımaların yüksekliğinin yarısındaki genişliğin yarısı alınmıştır. Cc hem normal hem de etilen glikollü çekimlerde hesaplanmış ve aralarında belirgin bir fark görülmemiştir. Kloritlerin 14 Å ve 7 Å'daki kristaliniteleri arasında da fark yoktur. Bazalt ve andezitlerdeki klorit kristalinitesi ilâ ilit kristalinitesi ve I (002) / I (001) arasındaki ilişki incelenmiş (Şekil 3.66) ve Cc ilâ Ic arasında düzensiz bir ilişki görülmüştür (Şekil 3.66a). Aynı örneklerdeki kloritlerin kristalinitesi ilâ ilitlerin I (002) / I (001) arasındaki ilişki gösteren grafik incelendiğinde yine bir ilişki belirlenmemiştir (Şekil 3.66b). Dolayısıyla Cc ile Ic'si arasında bir ilişki yoktur.



Şekil 3.66. Bazalt ve andezitlerdeki kloritlerin kristallenme dereceleri (Cc) ile a) ilitlerin kristallenme dereceleri (Ic) ($Y = 0.08 X + 0.59$) ve b) I (002) / I (001) oranları arasındaki ($Y = 0.57 X + 0.49$) ilişkiyi gösteren çizgisellemeler (Çelik, 1995'ten değiştirilerek).

Bazalt ve andezitlerden alınan örneklerin bir kaçının, difraktogramında kloritle birlikte klorit - vermikülit (C - V) aratabakalısı (interstratifiyesi) tespit edilmiştir. Klorit - vermikülit aratabakalısının bulunduğu örneklerde kloritin (001) yansımasının ısıtılmış

çekim sonucu sağa doğru biraz genişlediği gözlenmiştir (Şekil 3.62).

Kloritin b_0 parametresi (060) ölçülmüş ve 1.529 - 1.542 arasında değiştiği belirlenmiştir. İlitlerin kristalinitesi (I_c) ve b_0 parametresi ile belirlenen orta - düşük dereceli metamorfizma koşullarında kloritin oluşması olağandır. Klorit, bu koşullarda oluşan metamorfik kayalarda yaygın olarak bulunur.

★ İlitlerin Kimyası

Bazalt ve andezitlerdeki illitlerin kimyasını tam olarak ortaya koyabilmek için yapılan mikro kimyasal analiz sonuçları ve 11 oksijene göre (Weaver ve Pollard, 1973) hesaplanan yapısal çözümlenmeleri Tablo 3.16'de verilmiştir.

Tablo 3.16. Bazalt ve andezitlerdeki illitlerin mikrokimyasal analiz sonuçları (% ağırlık) ve yapısal çözümlenmeleri.

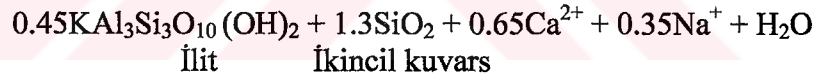
Örn.Nu. Elm.	K1	K5	345	74 (6A)	74 (7A)	74 (00A)	74 (3A)
SiO ₂	63.64	61.28	58.29	61.74	65.97	75.50	78.73
TiO ₂	0.57	0.17	0.55	0.08	0.06	a.s.a.	a.s.a.
Al ₂ O ₃	25.39	27.91	25.54	24.35	23.04	13.68	9.60
^t FeO	0.86	0.36	4.12	1.37	1.41	0.54	0.75
MnO	0.03	0.03	0.02	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.
MgO	0.20	0.54	1.16	1.71	a.s.a.	a.s.a.	1.03
CaO	0.37	0.30	2.14	1.24	1.38	2.05	0.36
P ₂ O ₅	0.06	0.06	0.09	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.
Na ₂ O	3.02	1.83	1.72	2.32	2.98	3.49	1.52
K ₂ O	5.84	7.49	6.21	7.19	5.16	4.74	8.01
Toplam	99.98	99.97	99.84	100.00	100.00	100.00	100.00
Tetrahedral yapı							
Si ⁴⁺	3.86	3.74	3.64	3.80	4.00	4.51	4.72
Al ³⁺	0.14	0.26	0.36	0.20	-	-	-
T.Y.	-0.14	-0.26	-0.36	-0.20	0.00	2.04	2.88
Oktahedral yapı							
Al ³⁺	1.68	1.75	1.53	1.57	1.65	0.96	0.68
Ti ⁴⁺	0.03	0.01	0.03	0.00	0.00	-	-
Fe ⁺²	0.04	0.02	0.22	0.07	0.07	0.03	0.04
Mg ²⁺	0.02	0.05	0.11	0.16	-	-	0.09
O.Y.	-0.72	-0.57	-0.63	-0.83	-0.91	-3.06	-3.70
T.O.K.	1.77	1.83	1.89	1.80	1.72	0.99	0.81
Yapraklararası							
Ca ²⁺	0.02	0.02	0.14	0.08	0.09	0.13	0.02
Na ⁺	0.35	0.22	0.22	0.28	0.35	0.40	0.18
K ⁺	0.45	0.58	0.49	0.57	0.40	0.36	0.61
Y.A.Y.	0.84	0.84	0.99	1.01	0.93	1.02	0.83
T.Y.Y.	-0.86	-0.83	-0.99	-1.03	-0.91	-1.02	-0.82

^tFeO: Toplam demir, T.Y.: Tetrahedral yük, O.Y.: Oktahedral yük, T.O.K.: Toplam oktahedral katyon sayısı, Y.A.Y.: Yapraklararası yük, T.Y.Y.: Toplam yaprak yükü, a.s.a.: Algılama sınırlarının altında

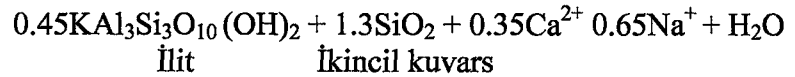
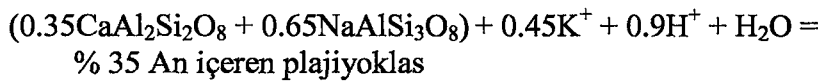
Söz konusu illitlerin K₂O içerikleri % 4.74 - 8.01 (ortalama 6.37) ve Na₂O içerikleri % 1.52 - 3.49 (ortalama 2.42) arasında ve yapraklar arasında bulunan K 0.36 - 0.61 ve Na 0.18 - 0.40 arasında değişmektedir. K içeriği düşük olan örneklerde Na içeriği nispeten yüksektir. Inoue (1983) tarafından yapılan deneysel çalışmalarla sıcaklık artışına bağlı olarak K içeriğinin arttığı ve 300 °C'de en üst seviyeye ulaştığı belirlenmiştir. Yapraklar arasında K ve Na dışında daha az oranda Ca bulunmaktadır. İlitlerde tetraeder ve oktaeder yapıda oluşan yükler, tabaka arasında bulunan, bu kanyonlarca dengelenmektedir (Tablo 3.16). SiO₂ içeriği normal değerlerden fazla, Al₂O₃ içeriği ise, iki örnek hariç, normal değerlere yakındır. Örneklerde, Si fazlalığına rağmen, yük dengesizliği tespit edilmemiştir (Tablo 3.16).

İlitlerde tabaka arasında K artarken tetrahedral yapıda Si miktarının azaldığı görülmektedir. Mikroskopik gözlemlere göre, bazalt ve andezitlerdeki feldispatlarda serizit / ilit oluşumuna ikincil kuvarslar eşlik etmektedir. Dolayısıyla feldispatlardan ilit oluşurken açığa çıkan Si ikincil kuvarsları oluşturmakta ve illitlerde K artarken Si'un azalmasını desteklemektedir. Bazalt ve andezitlerdeki plajiyoklaslardan ilit ve ikincil kuvars oluşumunu tepkime ile ifade edecek olursak;

Bazaltlarda;

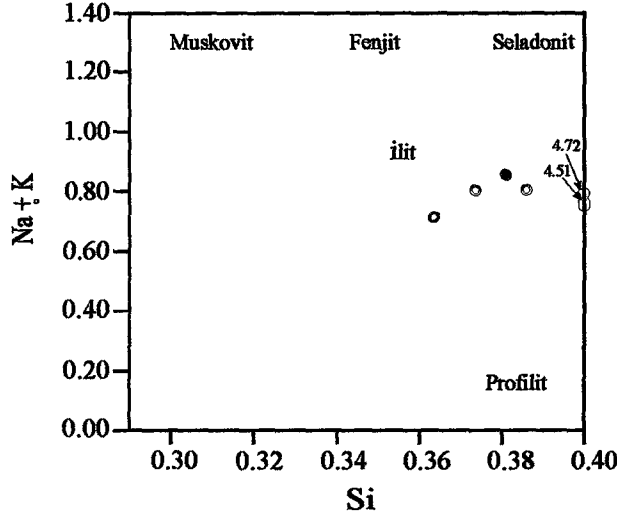


Andezitlerde;



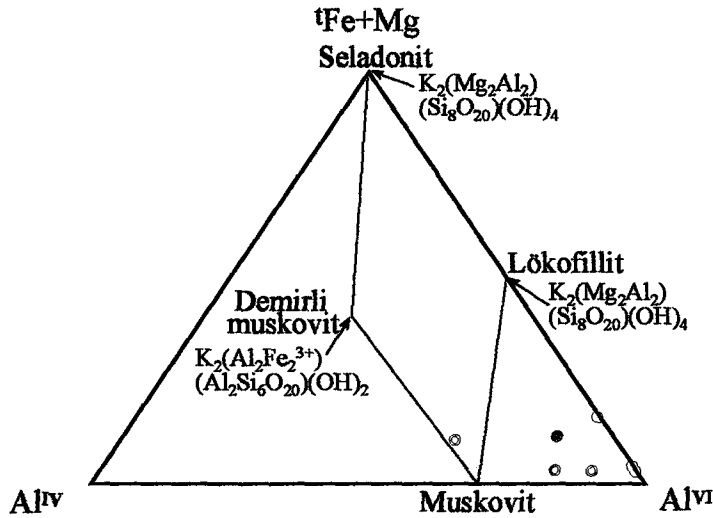
Dolayısıyla, ilitin muskovite dönüşümü arttıkça, K miktarı ve tabaka yüklerinde artış olmaktadır (Hunziker vd., 1986; Bozkaya ve Yalçın, 1999). İlitlerin K içeriği ile I_c arasındaki ilişki incelendiğinde, K içeriği arttıkça I_c değeri de artmaktadır. Bu durum, metamorfizma derecesinin artmasına bağlı olarak ilitin yapısında K yoğunlaşması olduğunu ve böylece kristalinite değerinin arttığını belirtmektedir (Foscolos, 1984; Çelik, 1991).

Bazalt ve andezitlerdeki illitler (Na + K)'a karşı Si diyagramına aktarıldığında da ilit bileşimi göstermektedirler (Şekil 3.67).



Şekil 3.67. Bazalt ve andezitlerdeki illitlerin (Na+K)'a karşı Si diyagramındaki dağılımları. Boş Daire: Andezit

İllitlerin tek tip bileşim göstermesi, I_c ilâ I (002) / I (001) arasında düzenli bir ilişki olmamasıyla da desteklenmektedir (Larsen ve Chilingar, 1983). Genel olarak illitlerdeki Si artıkça (Na + K) içeriği çok az değişmektedir. Ayrıca bu bazik volkanitlerdeki serizit / illitler bir örnek hariç oktahedral yapıda bulunan Al (Al^{VI})'ca zenginlik göstermektedirler (Şekil 3.68).



Şekil 3.68. İllitlerin ($Fe+Mg$)- Al^{IV} - Al^{VI} üçgen diyagramındaki konumları (Guidotti, 1984'ten değiştirilerek). Simgeler Şekil 3.67 ile aynı.

İlitlerin Mg (0 - 0.16) ve Fe^{2+} (0.02 - 0.22) içerikleri düşüktür. İlitlerin oktahedral yapısında bulunan ($Fe^{2+} + Mg$) değerleri 0.03 - 0.33 arasında değişmekte ve yaklaşık olarak ideal muskovite yakın bir bileşimi yansıtmaktadır. Oktahedral yapıda 0.0 - 0.16 arasında Mg içeren illitler düşük Mg'ludurlar. Düşük Mg'lu illitler esas olarak feldispatların ayrışmasından oluşur (Weaver ve Pollard, 1973). İlitlerin K / Na ve K / Mg oranları sırasıyla 3.36 - 19.00 ve 1.30 - 9.44 arasında değişmektedir. Bu yüksek K / Na ve K / Mg oranları önemlidir. Çünkü, illitlerin suların yüksek K^+ / H^+ orana sahip olduğu çevrelerde oluştuğu ve duraylı olduğu ve bu şartların ya okyanuslarda ya da kıtalarda oluşabildiği bilinmektedir (Garrels ve Christ, 1965). Bu şekilde yüksek K / Na ve K / Mg değerleri, denizel çevrelerden daha ziyade, kıtasal çevrelerde oluşmaktadır. Weaver ve Pollard (1973) ilitin okyanuslardan daha çok K - feldispatın ayrışmasıyla karalarda oluştuğunu belirtmektedir. Buna göre, bazalt ve andezitlerde oluşan illit plajiyoklasların ve hamurun hidrotermal bozuluşması sonucu oluşmuştur.

Bazalt ve andezitlerdeki illitlerin kimyasal analizlerinden hesaplanan genel formülleri

(K_{0.36-0.61} Na_{0.18-0.40} Ca_{0.02-0.13})_{0.81-0.93} (Al_{0.68-1.75} Mg_{0.02-0.16} Fe_{0.02-0.22})_{0.99-1.89}
(Si_{3.64-4.72} Al_{0-0.36})_{4-4.72} O₁₀ (OH)₂
şeklindedir.

★ Kloritlerin Kimyası

Çalışma alanında kloritler, en fazla bazalt ve andezitlerde hidrotermal ayrışma ürünü olarak bulunmakta ve bu kloritlerin kimyasal bileşimi belirlemek için bazı örneklerden mikro kimyasal analizler yapılmış ve yapısal formülleri 14 oksijene göre hesaplanmıştır (Tablo 3.17). Kloritlerin TiO₂ içeriği (% 0 - 0.08) çok düşüktür. Kloritlerin oktahedral yapısında bulunan Mg ve Fe^{2+} değerleri, sırasıyla 1.18 - 2.16 ve 0.95 - 2.05 arasında değişmektedir. Tetrahedral yapıdaki Si ise 3.32 - 4.32 arasındadır. Kimyasal analiz sonuçlarına göre sadece bir örnekte Si fazlalığı söz konusudur. Fakat tetrahedral ve oktahedral tabaka yükleri ile yapraklar arası yüklerine bakıldığında dengesizlik mevcut değildir (Tablo 3.17). Kimyasal analizlerden hesaplanan tetrahedral ve oktahedral Al içeriklerine ve x - ışınları toz örnek çekimlerine göre kloritler trioktahedral tip olarak tespit edilmiştir (Şekil 3.69).

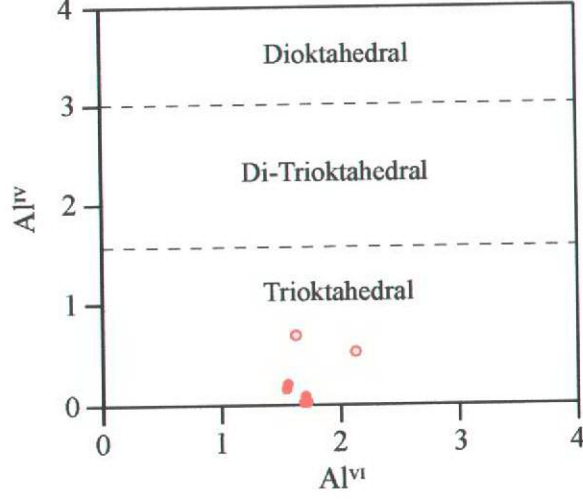
Kimyasal analiz sonuçlarına göre, kloritlerin türü diabantit olarak belirlenmiştir (Şekil 3.70). Kloritlerin $Fe^{2+} / (Fe^{2+} + Mg)$ oranları dikkate alındığında, bu oranın 0.33 -

0.59 (ortalama 0.43) arasında değiştiği görülmektedir. $Fe^{2+} / (Fe^{2+} + Mg)$ oranındaki bu değişim, kloriti oluşturan çözelti hakkında bilgi vermektedir. Teagle ve Alt'a göre (2004) kloritlerin $Fe^{2+} / (Fe^{2+} + Mg)$ oranının bu şekilde geniş bir aralıktaki değişimi, hidrotermal çözeltinin (Fe 'ce zengin sıvılar) ve deniz suyunun (Mg 'ca zengin sular) göreceli oranlarını yansıtılmak için yorumlanabilir. Fakat bu çalışmadaki kloritler daha çok ferro - magnezyen minerallerin (piroksen ve amfibol gibi) bozuşmasından oluşmuştur. Dolayısıyla, burada Mg 'un kaynağını daha çok ferro magnezyen minerallerin oluşturduğu düşünülmektedir. Bu nedenle, Mg 'un tamamen deniz suyundan kaynaklandığı düşünülemez.

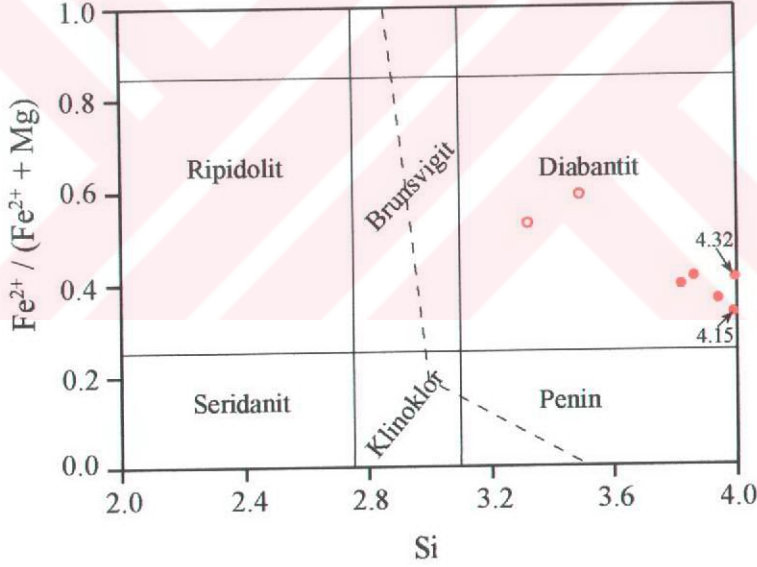
Tablo 3.17. Bazalt ve andezitlerdeki kloritlerin mikro kimyasal analiz sonuçları (% ağırlık) ve yapısal zmlenmeleri.

Elem./rn.Nu.	74 (4A)	74 (3A)	74 (7A)	74 (7A)	74 (7A)	L4(26A)	L4 (24A)
SiO ₂	50.11	46.59	44.27	44.66	51.27	36.97	39.55
TiO ₂	a.s.a.	0.05	0.03	0.03	a.s.a.	0.08	0.08
Al ₂ O ₃	17.67	17.77	17.14	16.64	17.03	21.85	25.31
^t FeO	13.68	17.25	19.19	20.64	14.02	27.31	22.93
MnO	a.s.a.	a.s.a.	0.32	0.54	a.s.a.	a.s.a.	0.65
MgO	15.44	17.17	16.62	16.64	11.50	13.59	8.98
CaO	0.81	0.86	0.97	0.88	0.46	0.28	a.s.a.
Na ₂ O	2.06	a.s.a.	1.50	a.s.a.	1.04	a.s.a.	a.s.a.
K ₂ O	0.23	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	4.68	a.s.a.	2.44
Toplam	100.00	99.69	100.04	100.03	100.00	100.08	99.94
Tetrahedral yapı							
Si ⁴⁺	4.15	3.94	3.82	3.86	4.32	3.32	3.49
Al ³⁺	0.00	0.06	0.18	0.14	0.00	0.68	0.51
T.Y.	0.60	-0.06	-0.18	-0.14	1.28	-0.68	-0.51
Oktahedral yapı							
Al ³⁺	1.73	1.71	1.56	1.55	1.69	1.63	2.13
Fe ²⁺	0.95	1.22	1.38	1.49	0.99	2.05	1.69
Mn ²⁺	-	-	0.02	0.04	-	-	0.05
Mg ²⁺	1.91	2.16	2.14	2.14	1.45	1.82	1.18
O.Y.	-1.09	-0.11	-0.24	-0.01	-2.05	0.63	0.23
T.O.K.	5.68	5.09	5.10	5.22	4.13	5.50	5.05
Yapraklar arası katyonlar							
Ca ²⁺	0.07	0.08	0.09	0.08	0.04	0.03	-
Na ⁺	0.33	-	0.25	-	0.17	-	-
K ⁺	0.02	-	-	-	0.57	-	0.27
T.A.Y.	0.49	0.16	0.43	0.16	0.75	0.06	0.27
T.T.Y.	-0.49	-0.17	-0.42	-0.15	-0.77	-0.05	-0.28
Fe ²⁺ / (Fe ²⁺ +Mg)	0.33	0.36	0.39	0.41	0.41	0.53	0.59

^tFeO: Toplam demir, T.Y.: Tetrahedral yk, O.Y.: Oktahedral yk, T.O.K.: Toplam oktahedral katyon sayısı, Y.A.Y.: Yapraklararası yk, T.Y.Y.: Toplam yaprak yükü, a.s.a.: Algılama sınırlarının altında



Şekil 3.69. Bazalt ve andezitlerdeki kloritlerin kimyasal analizlerine göre Al^{IV} - Al^{VI} diyagramındaki konumları. Simgeler Şekil 3.67 ile aynı



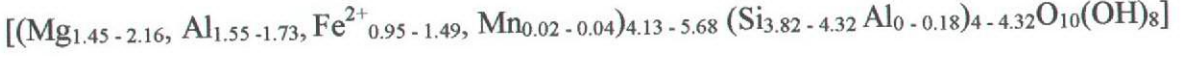
Şekil 3.70. Bazalt ve andezitlerde kloritlerin $Fe^{2+} / (Fe^{2+} + Mg)$ oranının Si'ye göre değişimi (Foster, 1962'den değiştirilerek). Simgeler Şekil 3.67 ile aynı.

Bazalt ve andezitlerdeki kloritlerde Si'ye karşı Mg ve Fe^{2+} ilişkisini incelemek için oluşturulan diyagramlarda Fe^{2+} ve Mg azaldıkça Si'nin arttığı tespit edilmiştir (Şekil 3.71). Kloritlerde genellikle $Fe^{2+} / (Fe^{2+} + Mg)$ 'un azalmasıyla Si'nin arttığı görülmektedir. Si'nin artışıyla $Fe^{2+} / (Fe^{2+} + Mg)$ 'da bu azalma Al'un devreye girmesi ile açıklanmaktadır. Ayrıca, bazalt ve andezitlerdeki illitlerin kristalinite değerlerine karşılık, aynı kayalarındaki

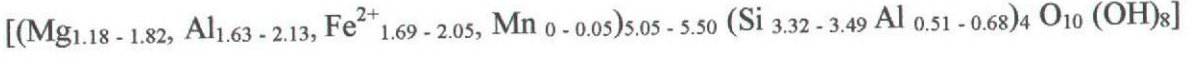
kloritlerin Fe^{2+} , Mg ve Al değerlerinin değişimleri irdelendiğinde, bu elementlerin Si'a karşı gösterdiği davranışların hemen hemen benzer olduğu görülmektedir.

Kloritlerin genel formülleri,

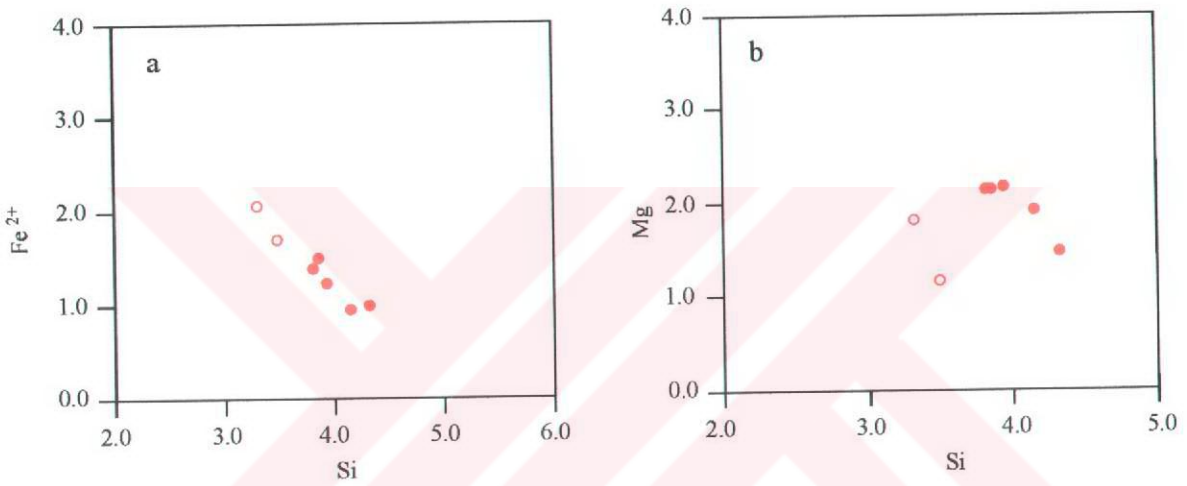
Bazaltlarda



Andezitlerde



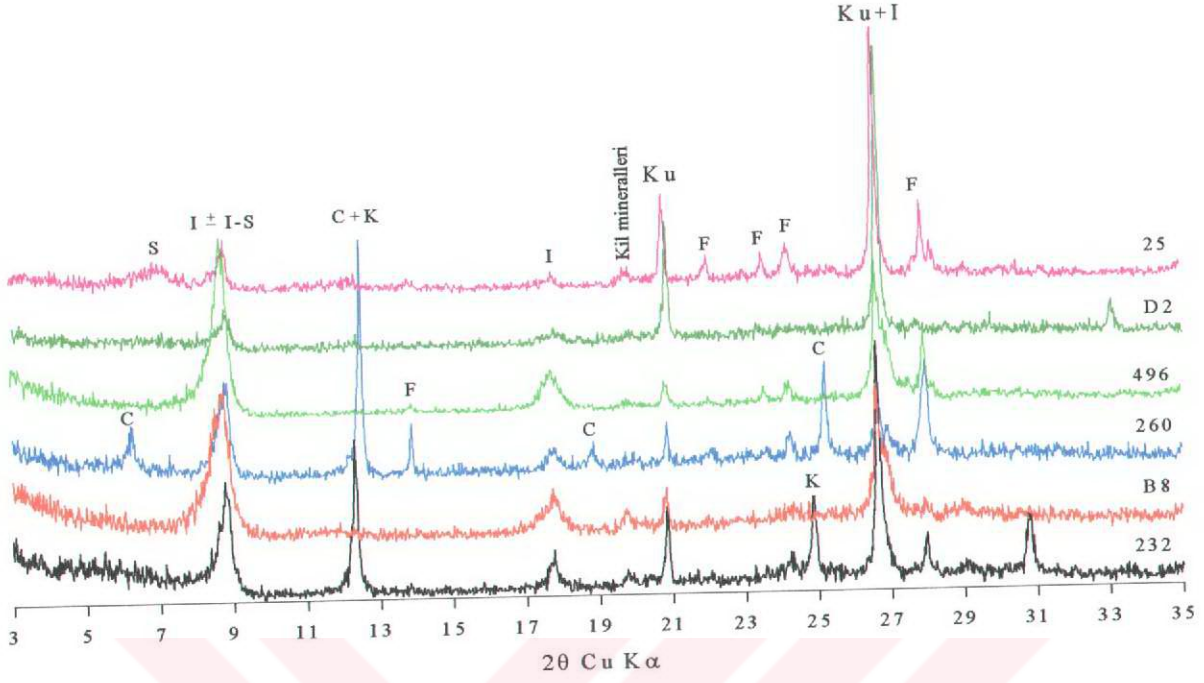
şeklindedir.



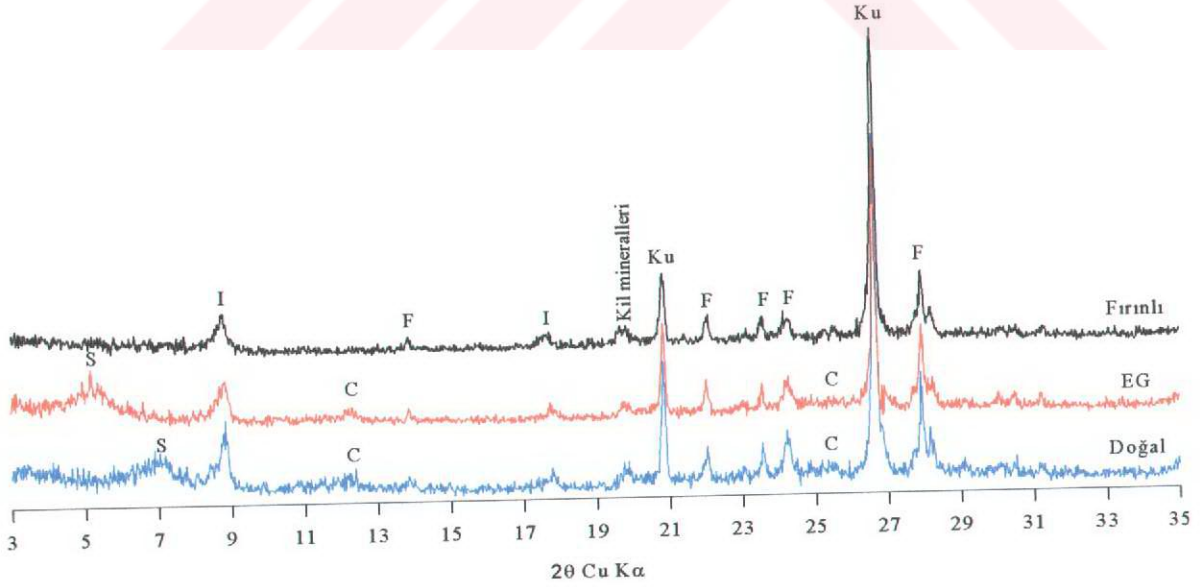
Şekil 3.71. Kloritlerdeki a) Si ilâ Fe^{2+} ve b) Si ilâ Mg arasındaki değişimleri gösteren çizgisellemeler. Simgeler Şekil 3.67 ile aynı

3.3.2.2. Dasitik Kayaçlarda Gelişen Killerin Mineraloji ve Kimyaları

Dasitik kayaçlardan derlenen toplam 50 örnekten (Dasit - I'den 30 ve Dasit - II'den 20 örnek) kil mineralleri alınarak x - ışınları difraktogramları (doğal, etilen glikollü ve fırınlı) çekilmiş ve ilit, ilit-simektit, klorit, kaolinit ve simektit olarak belirlenmiştir (Şekil 3.72 ve 73). Kil minerallerinin x - ışınları grafiklerinden yarı nicel bileşimlerinin yüzdelerinin hesaplanması (001) yansımalarına göre yapılmıştır (Tablo 3.18 ve 19). Bu hesaplamalarda etilen glikollü çekimler kullanılmıştır. Çünkü, örnekler birden fazla türde kil minerali içermektedir. Dolayısıyla, aynı veya yakın (001) yansıma değerine sahip killerin doğal çekimlerde ayırt edilmesi zor olabilir.



Şekil 3.72. Dasitik kayalardaki kil fraksiyonuna ait doğal ve yönlü çekilmiş x - ışınları difraktogramları (232, B8 ve 260 nolu örnekler dasit; 496 ve 25 nolu örnekler dasitik tüf; D2 nolu örnek aglomera).



Şekil 3.73. Dasitik tüf teki kil fraksiyonuna ait yönlü çekilmiş x - ışınları difraktogramı (S: Simektit, C: Klorit, I: İlit, Ku: Kuvars, F: Feldispat, EG: Etilen glikol, Örn. Nu: 25).

Tablo 3.18. Dasit - I'den alınan kayaçlardaki kil fraksiyonunun yarı nicel bileşim yüzdeleri.

Örn.Nu.	Kayaç T.	Kil Boyutundaki Mineral Parajenezi	Bileşenlerin Yüzdesi (%)
25	Dasitik tüf	İlit + simektit + kuvars + feldispat ± klorit	% 45 I + % 41 S + % 7 Ku + % 7 F
164	Dasitik tüf	İlit + kuvars + feldispat	% 96 I + % 2 Ku + % 2 F
A1	Aglomera	Klorit + ilit + feldispat + kuvars	% 74 C + % 13 I + % 10 F + % 3 Ku
A2	Aglomera	Klorit + ilit + kuvars + feldispat	% 52 C + % 43 I + % 3 Ku + % 2 F
A3	Aglomera	İlit + klorit + feldispat + kuvars	% 62 I + % 23 C + % 8 F + % 7 Ku
A4	Aglomera	İlit + klorit + feldispat + kuvars	% 54 I + % 38 C + % 4 F + % 4 Ku
A6	Aglomera	Klorit + ilit + kuvars + feldispat	% 63 C + % 32 I + % 3 Ku + % 2 F
A7	Aglomera	Klorit + ilit + feldispat + kuvars	% 78 C + % 15 I + % 5 F + % 2 Ku
A8	Aglomera	Klorit + ilit + feldispat + kuvars	% 49 C + % 36 I + % 9 F + % 6 Ku
D1	Aglomera	İlit + kuvars ± simektit	% 89 I + % 11 Ku
D2	Aglomera	İlit + kuvars	% 84 I + % 16 Ku
D4	Aglomera	İlit + kaolinit + kuvars + feldispat ± simektit	% 57 I + % 24 K + % 14 Ku + % 5 F
D6	Aglomera	İlit + kuvars + feldispat	% 78 I + % 15 Ku + % 7 F
D8	Aglomera	İlit + kaolinit + kuvars + feldispat ± simektit	% 79 I + % 11 K + % 6 Ku + % 4 F
50	Dasit	İlit + klorit + feldispat + kuvars	% 62 I + % 27 C + % 8 F + % 3 Ku
B3	Dasit	İlit + kuvars + feldispat	% 77 I + % 17 Ku + % 6 F
B5	Dasit	İlit + kuvars + feldispat	% 78 I + % 15 Ku + % 7 F
B6	Dasit	İlit + kuvars + feldispat	% 87 I + % 10 Ku + % 3 F
B8	Dasit	İlit + kuvars + feldispat	% 96 I + % 2 Ku + % 2 F
B9	Dasit	İlit + kaolinit + kuvars	% 76 I + % 14 K + % 10 Ku
B11	Dasit	İlit + kuvars	% 95 I + % 5 Ku
161	Dasit	İlit + kuvars + feldispat	% 92 I + % 4 Ku + % 4 F
232	Dasit	Kaolinit + ilit + simektit + kuvars + feldispat	% 49 K + % 36 I + % 11 S + % 2 Ku + % 2 F
241	Dasit	İlit + kaolinit + feldispat + kuvars	% 81 I + % 12 K + % 4 F + % 3 Ku
260	Dasit	Klorit + ilit + feldispat + kuvars	% 66 C + % 28 I + % 5 F + % 1 Ku
288	Dasit	İlit + feldispat + kuvars	% 97 I + % 2 F + % 1 Ku
528	Dasit	İlit + kuvars + feldispat	% 94 I + % 3 Ku + % 3 F
448	Dasit	İlit + Kaolinit + feldispat + kuvars	% 76 I + % 19 K + % 3 F + % 2 Ku
560	Dasit	İlit + kaolinit + feldispat + kuvars	% 65 I + % 31 K + % 2 F + % 2 Ku

I: İlit; C: Klorit; K: Kaolinit; S: Simektit, Ku: Kuvars; F: Feldispat

Tablo 3.19. Dasit - II'den alınan kayaçlardaki kil fraksiyonunun yarı nicel bileşim yüzdeleri.

Örn.Nu.	Kayaç T.	Kil Boyutundaki Mineral Parajenezi	Bileşenlerin Yüzdesi
65b	Dasitik tüf	İlit + kuvars	% 88 I + % 12 Ku
496	Dasitik tüf	İlit + kuvars + feldispat	% 96 I + % 2 Ku + % 2 F
X3	Dasitik tüf	İlit + kuvars	% 97 I + % 3 Ku
118	Aglomera	İlit + feldispat + kuvars	% 79 I + % 8 F + % 3 Ku
131c	Dasit	İlit + kaolinit + feldispat + kuvars	% 59 I + % 34 K + % 5 F + % 2 Ku
131d	Dasit	İlit + kaolinit + feldispat + kuvars	% 56 I + % 37 K + % 5 F + % 2 Ku
142	Dasit	İlit + kaolinit + feldispat + kuvars	% 67 I + % 26 K + % 5 F + % 2 Ku
301	Dasit	İlit + klorit + kuvars + feldispat	% 62 I + % 34 C + % 2 Ku + % 2 F
382	Dasit	İlit + kuvars + feldispat	% 90 I + % 6 Ku + % 4 F
396a	Dasit	İlit + kuvars + feldispat	% 95 I + % 3 Ku + % 2 F
397	Dasit	İlit + kuvars + feldispat	% 90 I + % 6 F + % 4 Ku
359	Dasit	İlit + kaolinit + kuvars	% 68 I + % 29 K + % 3 Ku
388	Dasit	İlit+kuvars+feldispat	% 90 I + % 6 Ku + % 4 F
431	Dasit	İlit + klorit + simektit + kuvars + feldispat	% 61 I + % 29 C + % 8 S + % 1 Ku + % 1 F
492	Dasit	İlit + kuvars + feldispat	% 92 I + % 4 Ku + % 4 F
494	Dasit	İlit + kuvars + feldispat	% 92 I + % 4 Ku + % 4 F
495	Dasit	İlit + kaolinit + kuvars + feldispat	% 61 I + % 30 K + % 5 F + % 4 Ku
495a	Dasit	Kaolinit + ilit + kuvars	% 81 K + % 17 I + % 2 Ku
499	Dasit	Kaolinit + klorit + ilit + kuvars	% 37 K + % 35 C + % 26 I + % 2 Ku
512	Dasit	İlit + kuvars + feldispat	% 96 I + % 2 Ku + % 2 F

I: İlit; C: Klorit; K: Kaolinit; S: Simektit, Ku: Kuvars; F: Feldispat

Dasitik kayaçlardaki ilit ve kloritlere ait ilit ve klorit kristallinite dereceleri (I_c ve C_c) (Kübler, 1968 ve 1984; Çelik, 1995), ilitin sivrilik oranı (W_I), I (002) / I (001) değerleri ve minerallerin b₀ parametreleri (060) hesaplanmıştır (Tablo 3.20 ve 21).

Tablo 3.20. Dasit -I'den alınan kayaçlardaki kil minerallerinin mineralojik özellikleri.

Örn. Nu.	Kil Mineralleri	Ic	Cc (14Å)	W ₁	(002)/(001)	I _{bo}	C _{bo}
25	I + S ± C	1.00	-	3.30	0.32	9.0156	-
A1	C + I	2.00	0.50	2.30	0.43	-	-
A2	C + I	1.50	0.50	1.70	0.46	-	-
A3	I + C	1.00	0.50	7.33	0.32	-	-
A4	I + C	1.80	0.40	2.58	0.46	8.9994	9.1920
A6	C + I	2.00	0.75	2.30	0.39	8.9796	-
A7	C + I	1.00	0.50	3.00	0.39	9.0006	9.2166
A8	C + I	1.20	1.00	3.10	0.45	-	-
D1	I + S	1.30	-	4.78	0.33	8.9664	-
D2	I	2.00	-	4.33	0.42	-	-
D4	I + K + S	1.70	-	4.75	0.58	8.9724	-
D6	I	1.00	-	5.20	0.52	-	-
D8	I + K + S	1.00	-	7.60	0.32	8.9862	-
50	I + C	1.30	0.40	6.50	0.36	9.0060	9.2280
B1	I + I-S ± K	2.00	-	3.14	0.45	-	-
B3	I + I-S	1.30	-	5.60	0.45	-	-
B5	I + I-S	2.00	-	3.75	0.53	-	-
B6	I + I-S	1.00	-	6.25	0.42	8.9774	-
B8	I + I-S	3.00	-	2.23	0.33	8.9742	-
B9	I + K + I-S	1.40	-	6.00	0.43	-	-
B11	I + I-S	2.00	-	2.78	0.51	8.9952	-
161	I	2.10	-	2.63	0.24	-	-
164	I + I-S	2.00	-	1.48	0.25	9.0108	-
232	K + I + S ± I-S	1.80	-	4.75	0.35	9.0054	-
241	I + K	0.80	-	6.82	0.26	8.9796	-
260	C + I	1.80	0.55	4.58	0.24	9.0030	-
288	I ± C	1.80	-	3.43	0.30	9.0042	-
448	I + K	1.20	-	3.00	0.31	8.9796	-
528	I ± I-S	2.40	-	2.05	0.30	8.9718	-
560	I + K ± I-S	2.10	-	2.16	0.30	8.9820	-

I: İlit, C: Klorit, K: Kaolinit, S: Simektit, Ic: İlit kristalinite, Cc: Klorit kristalinite, W₁: Weaver indeksi, I_{bo}: İlite ait b₀ değeri, C_{bo}: Klorite ait b₀ değeri

Tablo 3.21. Dasit - II'den alınan kayaçlardaki kil minerallerinin mineralojik özellikleri.

Örn. Nu.	Kil Mineralleri	Ic	Cc (14Å)	W ₁	(002)/(001)	I _{bo}	C _{bo}
65b	I	1.50	-	3.30	0.37	-	-
118	I	2.00	-	2.33	0.50	-	-
131c	I + K	2.00	-	2.60	0.43	8.9964	-
131d	I + K	2.00	-	2.50	0.34	8.9700	-
142	I + K	2.20	-	2.55	0.31	-	-
X3	I	2.00	-	2.30	0.21	8.9940	-
301	I + C	1.40	0.50	5.29	0.33	8.9796	9.1758
359	I + K	2.00	-	2.80	0.36	9.0168	-
382	I	2.30	-	2.46	0.45	-	-
396a	I	1.00	-	9.09	0.27	8.9832	-
397	I	1.00	-	6.55	0.34	-	-
431	I + C ± S	1.80	1.00	3.71	0.37	8.9616	-
492	I	1.40	-	2.57	0.66	9.0078	-
495	I + K + I-S	0.50	-	1.78	0.38	-	-
495a	K + I	1.20	-	1.93	0.79	8.9796	-
496	I	2.10	-	2.52	0.29	8.9820	-
499	K+C+I+I-S	4.00	0.70	1.52	0.46	8.9952	-
512	I	2.40	-	1.68	0.29	8.9808	-

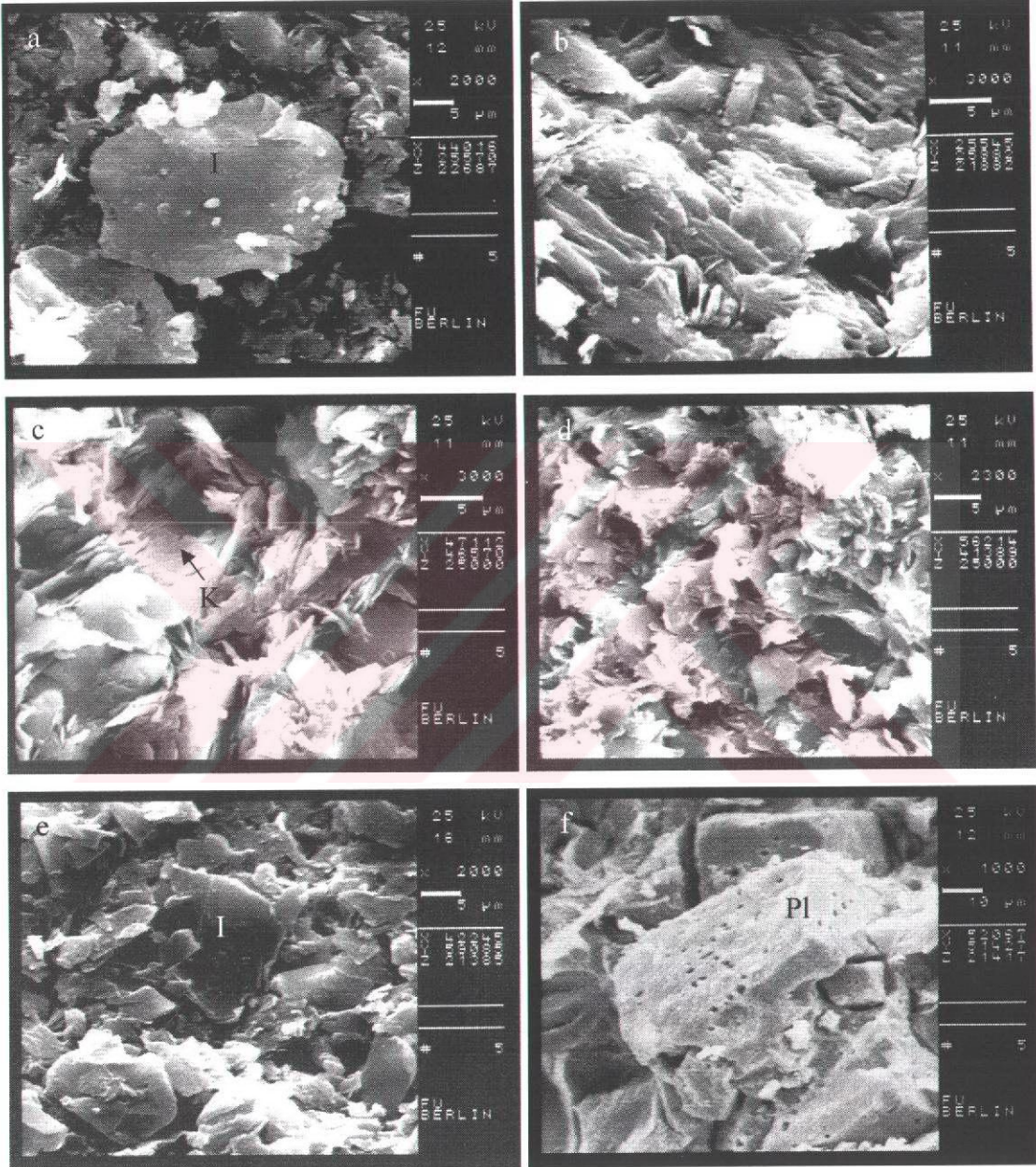
I: İlit, C: Klorit, K: Kaolinit, S: Simektit, Ic: İlit kristalinite, Cc: Klorit kristalinite, W₁: Weaver indeksi, I_{bo}: İlite ait b₀ değeri, C_{bo}: Klorite ait b₀ değeri

★ İlitlerin Mineralojik Özellikleri

Dasitlerdeki ilit minerallerinin morfolojilerini belirlemek için elektron mikroskobundan (SEM'den) yararlanılmıştır. SEM'de, bazı örneklerdeki ilitlerin kenarlarının oldukça düzgün, köşeli ve uzamış kristaller şeklinde; bazılarının ise düzgün olmayan kenarlara sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.74). İncelemelerde bir örnekte (Örn. Nu.: 496) gözenekli plajiyoklas mineraline rastlanmıştır. Bu gözenekler muhtemelen çözünme sonucu oluşmuş boşluklar olup, ayrışmanın plajiyoklaslardan itibaren geliştiğini göstermektedir (Şekil 3.74e).

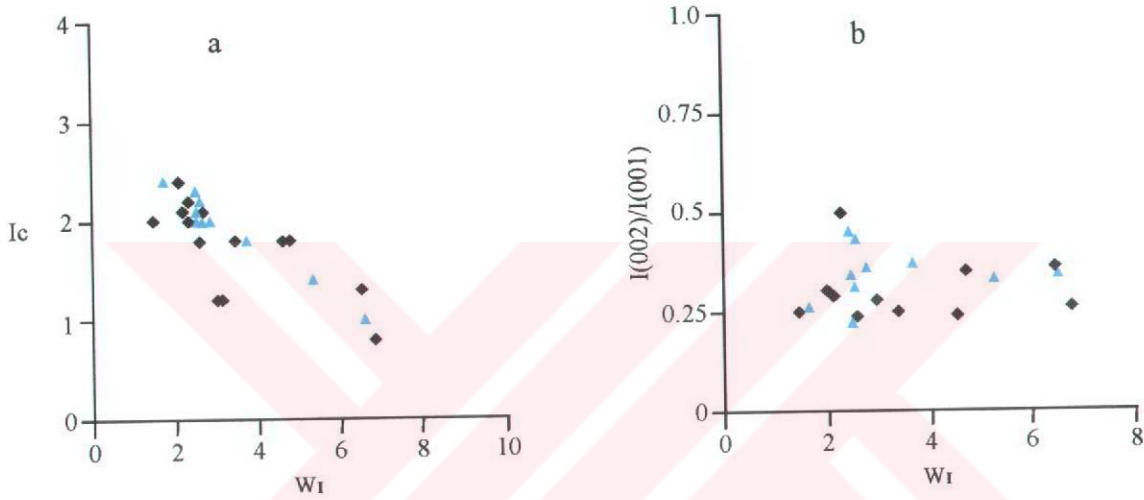
İlit minerali 10Å ve 5Å'daki temel yansımaları ile tanımlanmıştır. Etilen glikollü ve fırınlanmış örneklerde yapılan çekimlerde ilit yansıma değerleri belirgin bir farklılık göstermemiştir (Şekil 3.73). Ayrıca ilit içeren örnekler DTA incelemelerinde 155 °C, 560 °C ve 890 °C'de olmak üzere üç endotermik yansıma vermişlerdir. İlitlerin (001) yansıma eğrisi yüksekliğinin yarısındaki genişliği ölçülerek ilit kristalinite indeksi (Ic) bulunmuştur. Dasit - I'deki ilitlerin kristalinitesi 0.80 - 3.0 mm ve Dasit - II'deki ise 0.5 - 2.4 mm

arasında; (002) / (001) oranları, başka bir deyişle Al / (Fe²⁺ + Mg) oranları ise sırasıyla 0.24 - 0.46 ve 0.08 - 0.80 arasında değişmektedir (Tablo 3.19 ve 20). Dolayısıyla illitlerin I (002) / I (001) oranı yüksek olanlar Al'ca, düşük olanlar ise (Fe²⁺ + Mg)'ca zengindir.



Şekil 3.74. Zigana ve çevresinde yüzeyleyen dasitlerdeki kil minerallerinin elektron mikroskopundaki (SEM) görünüşleri. a) Dasit - I ve e) Dasit - II'de düzgün ve kenarları oldukça iyi gelişmiş ilit mineralleri (Örn. Nu.: D8 ve 496), b) Dasit - I ve d) Dasit - II'deki ilit mineralleri (Örn. Nu.: D8 ve 131), c) Dasit - II'de ilit mineralleri içinde kötü gelişmiş kaolinit mineralleri (Örn. Nu.: 131), f) Dasit - II'de Plajiyoklas mineralindeki çözülme boşlukları (Örn. Nu.: 496). I: İlit, K: Kaolinit, Pl: Plajiyoklas

İlit kristalinite değerleri ve $I(002) / I(001)$ oranları ile kayaçlardaki illitler epizot karakterini yansıtmaktadırlar. İlitlerin Weaver İndeksi (W_1) olarak bilinen sivrilik oranları da bulunmuş ve bu oran Dasit - I'de 1.48 - 7.60; Dasit - II'de ise 1.52 - 9.09 arasında değişmektedir. Her iki kayaç gurubunda W_1 ilâ I_c arasında negatif yönde bir ilişki görülmektedir (Şekil 3.75a). Bu durum, illit kristalinitesi azalırken W_1 'nin arttığını belirtmektedir. İlitlerin $I(002) / I(001)$ oranı ilâ W_1 (Şekil 3.75b) ve I_c arasında ise sabit bir sabit bir ilişki görülmektedir. Dasitlerde W_1 artarken $I(002) / I(001)$ sabit kalmaktadır.

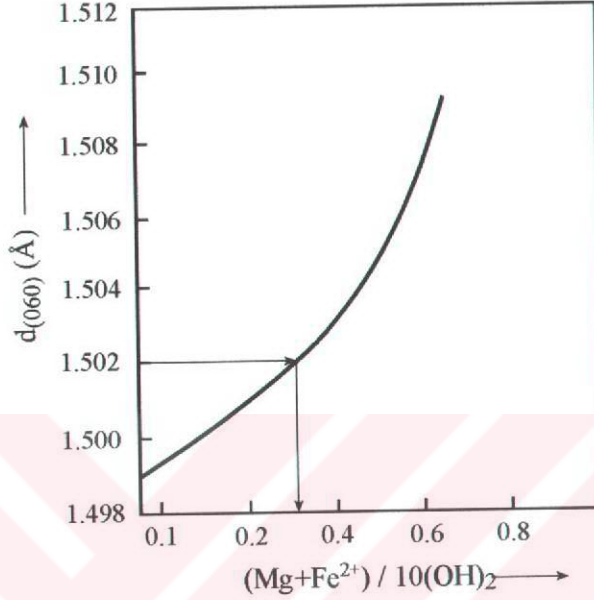


Şekil 3.75. Dasit - I ve Dasit - II'deki illitlerin sivrilik oranının (W_1) a) illit kristalinite indeksi (I_c) ve b) $I(002)/I(001)$ oranına göre değişimi.

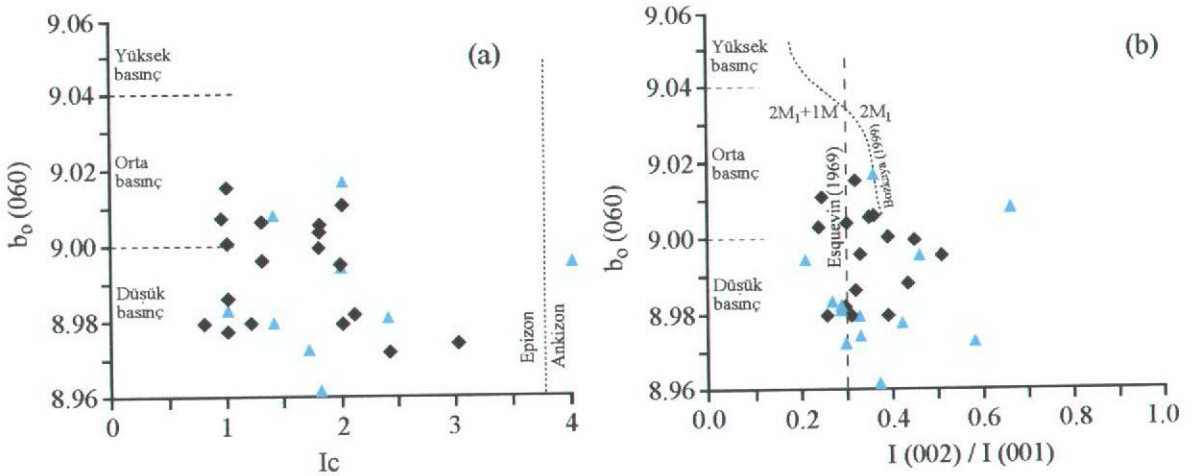
Difraktogramlardan illitlerin $2M_1$ tipinde oldukları bulunmuştur. Yoder ve Eugster (1955) ve Velde (1965) hidrotermal deneylerle $2M$ tipin muskovitin duraylı, $1Md$ 'nin ise duraysız bir türü olduğunu saptamışlardır. Ayrıca, Velde (1965) $2M$ tipinin 125°C 'ye kadar olan düşük sıcaklıklarda duraylı olduğunu belirlemiştir. Bu illitlerin hidrotermal şartlar altında ve 125°C 'nin üzerinde geliştiğini ifade etmektedir.

Dasit - I ve II'de illitlerin b_0 parametresi ölçülmüş, sırasıyla 1.494 - 1.502 (veya 8.966 - 9.012, ortalama 8.990) ve 1.4936 - 1.5028 (veya 8.962 - 9.017, ortalama 8.9872) arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu her iki kayaçtaki illitlerin b_0 değeri aynı ve bunların oktahedral tabakalarında 0 - 0.31 arasında toplam ($\text{Fe}^{2+} + \text{Mg}$) olduğunu gösterir (Maxwell ve Hower, 1967; Weaver ve Polard, 1973) (Şekil 3.76). b_0 parametresinin düşük olması, daha önce de belirtildiği gibi, Al'un yerine geçen Fe^{2+} ve Mg'un miktarının çok az olduğunu gösterir. Ayrıca illitlerin b_0 değerleri orta basıncın alt kısımlarını ve düşük basınç

ortamını yansıtmaktadır (Sassi ve Scolari, 1974; Sassi vd., 1976; Padan vd., 1982; Guidotti ve Sassi, 1986; Offler vd., 1987). Guidotti ve Sassi'ye (1986) göre ilitlerin b_0 değerleri basıncın 3 kbar'ı aşmadığını vurgulamaktadır. Dolayısıyla, b_0 parametresine göre Fe^{2+} ve Mg fakiri olan bu ilitler feldispatların hidrotermal şartlarda bozulmasıyla oluşmuşlardır.



Şekil 3.76. Dasitlerdeki ilitlerin $d_{(060)}$ yansıması ile oktahedral yapıda bulunan toplam $(Mg + Fe^{2+}) / 10 (OH)_2$ arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram (Maxwell ve Hower, 1967'den değiştirilerek).

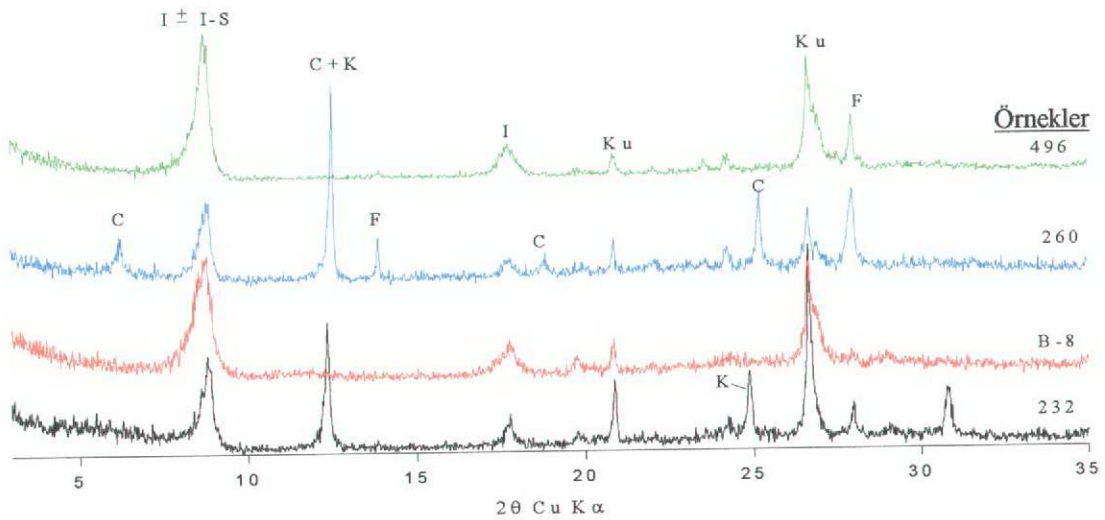


Şekil 3.77. Dasit - I ve Dasit - II'deki ilitlerin a) $I_c - b_0 (060)$ ve b) $I (002) / I (001) - b_0 (060)$ grafiklerindeki dağılımları. (Epizon-ankizon sınırı Dunoyer de Segonzac, 1972 ve basınç sınırları Guidotti ve Sassi, 1986'dan alınmıştır). $2M_1+1M - 2M_1$ sınırı Esquevin (1969) ve Bozkaya (1999)'a göre çizilmiştir.

Dasitlerdeki illitlerin kristalinite değerlerinin ve I (002) / (001) oranlarının b_0 parametresi ile ilişkisi irdelendiğinde, düzensi bir ilişki görülmektedir (Şekil 3.77). İllitlerin b_0 , I_c ve I (002) / I (001) oranları birlikte değerlendirildiği zaman, Dasit - I'deki örnekler orta basıncın alt kısmı ve düşük basınç alanında yer alırken, Dasit - II'ye ait iki örnek hariç, düşük basınç alanında bulunmaktadır (Şekil 3.77a ve b). Ayrıca, bir örnek hariç, diğerleri epizonek karakteri işaret etmektedir. Şekil 3.77b'de örneklerin bir kısmı $2M_1 + 1M$ alanına düşmektedir. Halbuki difraktogramlardan tüm örnekler $2M_1$ olarak bulunmuştur. Bu durum, bazı örneklerde mikroskopta gözlenen biyotit mineralinin varlığı ile açıklanabilir.

★ Kloritlerin Mineralojik Özellikleri

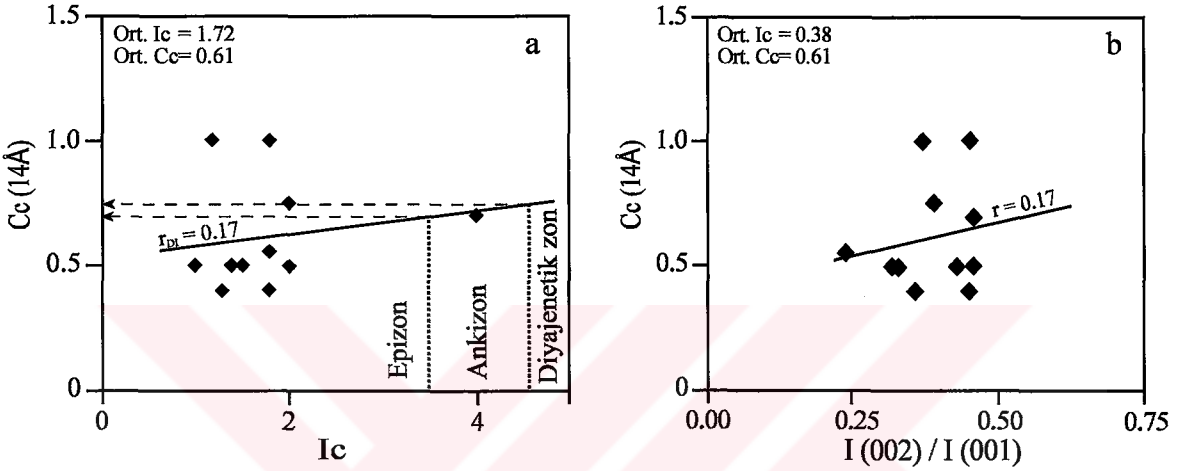
Klorit, inceleme arazisinde, illitten sonra en bol bulunan mineral olup, Dasit - I'de daha yaygın Dasit - II'de ise birkaç örnekte ve az miktardadır (Şekil 3.72, 71 ve 78). Klorit kristalinitesi (C_c) hem normal hem de etilen glikollü çekimlerden hesaplanmış ve kloritlerin 14 Å ve 7 Å'daki kristaliniteleri arasında fark tespit edilmemiştir. Bu değer Dasit - I'de 0.40 - 1 mm ve Dasit - II'de 0.50 - 1.00 mm arasında değişmektedir (Tablo 3.20 ve 21).



Şekil 3.78. Dasit - I (Örn. Nu.: 260, B-8 ve 232) ve Dasit - II'deki (Örn. Nu.: 496) kil fraksiyonuna ait yönlü çekilmiş doğal difraktogramlar. Simgeler Şekil 3.71 ile aynı.

Dasitlerdeki kloritlerin kristallenme dereceleri (C_c) ilâ aynı örneklerdeki ilitlerin kristallenme dereceleri ve $I(002) / I(001)$ oranları arasındaki ilişkiler incelenmiş ve aralarında düzensiz bir değişimin mevcut olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.79).

Kloritlerin (060) parametresi ölçülmüş ve 1.532 - 1.538 arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu parametreye göre örneklerin demir içeriği yüksektir. Bu, yapılan kimyasal analizlerle de teyit edilmektedir (Bölüm 3.3.2.2.).



Şekil 3.79. Dasitlerdeki kloritlerin kristaliniteleri ilâ a) ilit minerallerinin kristallenme dereceleri ve b) $I(002) / I(001)$ oranları arasındaki ilişkiyi gösteren grafikler (Çelik, 1995'ten değiştirilerek).

b. Killerin Kimyası

Dasitlerde gelişen ilit ve kloritin kimyasal içerikleri incelenerek, kimyasal özellikleri ve bileşimleri ortaya konulmuştur.

★ İlitlerin Kimyası

Dasit - I ve Dasit - II'deki ilitlerin mikro kimyasal analiz sonuçları ve 11 oksijene göre (Weaver ve Pollard, 1973) hesaplanan yapısal formülleri Tablo 3.22 ve 23'de verilmiştir. İlitlerde yapraklar arasında bulunan katyonların (K^+ , Na^+ ve Ca^{++} gibi), oktahedral ve tetrahedral yapılarda oluşan yük eksikliğini dengelediği görülmektedir (Tablo 3.22 ve 23). Dasitlerdeki ilitlerin SiO_2 ve Al_2O_3 içerikleri incelendiğinde normal değerlere

Tablo 3.22. Dasit - I' deki illitlerin mikrokimyasal analiz sonuçları (% ağırlık) ve yapısal çözümlenmeleri.

Örn. Nu.	A6	A6	A6	A6	A6	A6	A6	A6	A6	161	161	161	161	161	50
SiO ₂	59.12	59.85	54.70	60.91	56.12	61.14	59.25	64.57	61.86	57.94	58.57	57.43	60.16	57.23	65.38
TiO ₂	0.44	0.34	4.23	a.s.a.	0.39	a.s.a.	0.33	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	0.19
Al ₂ O ₃	26.62	26.20	25.38	26.43	26.07	26.34	26.92	24.41	25.18	27.39	27.35	27.34	27.80	26.81	19.86
FeO	0.78	0.74	0.87	0.80	1.50	a.s.a.	0.65	0.61	0.86	1.76	2.06	1.98	1.49	3.60	2.62
MnO	a.s.a.	a.s.a.	0.35	a.s.a.	0.24	a.s.a.	0.18	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	0.04
MgO	4.36	3.51	4.27	1.89	6.88	2.55	1.89	1.62	1.87	0.96	1.21	1.59	a.s.a.	1.24	2.25
CaO	a.s.a.	a.s.a.	0.24	a.s.a.	0.10	0.36	0.30	a.s.a.	0.21	0.54	0.52	0.56	0.80	0.60	0.52
Na ₂ O	1.03	0.81	0.84	a.s.a.	1.19	0.42	a.s.a.	1.17	0.73	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	5.93
K ₂ O	7.55	8.55	7.64	9.72	5.86	9.19	9.71	7.62	9.29	10.67	10.29	11.10	9.75	10.52	3.20
P ₂ O ₅	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	0.47	a.s.a.	a.s.a.	0.72	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	0.02
Toplam	99.90	100.00	98.52	99.75	98.35	100.00	99.70	100.00	100.00	99.98	100.00	100.00	100.00	100.00	100.01
Tetrahedral															
Si ⁴⁺	3.65	3.69	3.46	3.76	3.52	3.76	3.67	3.92	3.81	3.62	3.66	3.61	3.72	3.62	3.99
Al ³⁺	0.35	0.31	0.54	0.24	0.48	0.24	0.33	0.08	0.19	0.38	0.34	0.39	0.28	0.38	0.01
T.Y.	-0.35	-0.31	-0.54	-0.24	-0.48	-0.24	-0.33	-0.08	-0.19	-0.38	-0.34	-0.39	-0.28	-0.38	-0.01
Oktahedral															
Al ³⁺	1.59	1.59	1.35	1.68	1.44	1.67	1.64	1.67	1.64	1.64	1.67	1.64	1.75	1.62	1.42
Ti ⁴⁺	0.02	0.02	0.20	-	0.02	-	0.02	-	-	-	-	-	-	-	0.01
Fe ²⁺	0.04	0.04	0.05	0.04	0.08	-	0.03	0.03	0.04	0.09	0.11	0.10	0.08	0.19	0.13
Mn ²⁺	-	-	0.02	-	0.01	-	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg ²⁺	0.40	0.32	0.40	0.17	0.64	0.20	0.17	0.15	0.17	0.09	0.11	0.15	-	0.14	0.21
O.Y.	-0.27	-0.43	-0.21	-0.54	-0.14	-0.59	-0.58	-0.63	-0.66	-0.72	-0.55	-0.58	-0.59	-0.52	-1.02
T.O.K.	2.05	1.97	2.02	1.89	2.19	1.87	1.87	1.85	1.85	1.82	1.89	1.89	1.83	1.95	1.77
Yapraklararası															
Ca ²⁺	-	-	0.02	-	0.01	0.02	0.02	-	0.01	0.04	0.03	0.04	0.05	0.04	0.03
Na ⁺	0.12	0.10	0.10	-	0.14	0.04	-	0.14	0.09	-	-	-	-	-	0.70
K ⁺	0.52	0.67	0.62	0.77	0.47	0.76	0.77	0.59	0.73	0.85	0.82	0.89	0.77	0.85	0.25
P ³⁺	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.04	-	-	-	-	-
Y.A.Y.	0.64	0.77	0.76	0.77	0.63	0.84	0.91	0.73	0.84	1.13	0.88	0.97	0.87	0.93	1.01
T.Y.Y.	-0.62	-0.74	-0.75	-0.78	-0.62	-0.83	-0.91	-0.71	-0.85	-1.10	-0.89	-0.97	-0.87	-0.90	-1.03

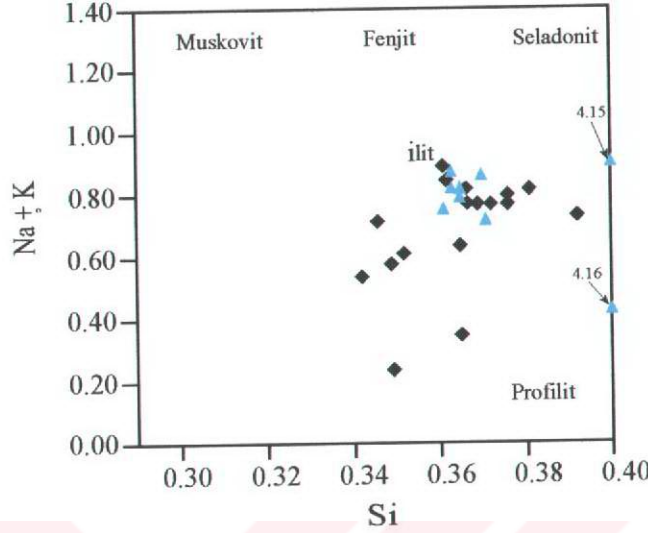
FeO: Toplam demir, T. Y.: Tetrahedral yük, O. Y.: Oktahedral yük, T. O. K.: Toplam oktahedral katyon sayısı, Y. A. Y.: Yapraklararası yük, T. Y. Y.: Toplam yaprak yükü, a.s.a.: Ağırlama sınırlarının altında

Tablo 3.23. Dasit - II'deki illilere mikro kimyasal analiz sonuçları (% ağırlık) ve yapısal çözümlenmeleri.

Örn. Nu.	86	86	86	131	131	131	131	131	131	131	131	131
SiO ₂	69.53	59.88	57.73	59.17	58.67	69.28	58.37	58.02	58.07	58.59	57.69	57.69
TiO ₂	a.s.a.	a.s.a.	2.37	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.
Al ₂ O ₃	20.27	25.25	25.72	27.48	27.76	19.84	27.34	27.81	27.69	27.25	27.68	27.68
FeO	1.49	2.38	2.36	1.95	1.47	0.84	1.83	1.20	1.76	1.96	2.09	2.09
MnO	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	0.19	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.
MgO	a.s.a.	1.76	2.04	a.s.a.	1.61	1.14	1.40	1.46	1.68	1.66	1.58	1.58
CaO	0.87	0.79	0.44	0.65	0.54	a.s.a.	0.59	0.59	0.47	0.39	0.48	0.48
Na ₂ O	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	5.49	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	0.24	a.s.a.	a.s.a.
K ₂ O	5.61	9.11	9.35	10.76	9.94	3.41	10.27	10.91	10.32	9.91	10.53	10.53
P ₂ O ₅	1.43	0.83	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.
Toplam	99.20	100.00	100.01	100.01	99.99	100.00	99.99	99.99	99.99	100.00	100.05	100.05
Tetrahedral												
Si ⁴⁺	4.16	3.71	3.61	3.70	3.65	4.15	3.65	3.63	3.63	3.65	3.61	3.61
Al ³⁺	-	0.29	0.39	0.30	0.35	-	0.35	0.37	0.37	0.35	0.39	0.39
T.Y.	0.64	-0.29	-0.39	-0.30	-0.35	0.60	-0.35	-0.37	-0.37	-0.35	-0.39	-0.39
Oktahedral												
Al ³⁺	1.43	1.56	1.51	1.72	1.68	1.40	1.66	1.68	1.67	1.65	1.65	1.65
Ti ⁴⁺	-	-	0.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe ²⁺	0.07	0.12	0.12	0.10	0.08	0.40	0.10	0.06	0.09	0.10	0.11	0.11
Mn ²⁺	-	-	-	-	-	-	0.01	-	-	-	-	-
Mg ²⁺	-	0.16	0.19	-	0.15	0.10	0.13	0.14	0.16	0.15	0.14	0.14
O.Y.	-1.57	-0.76	-0.41	-0.64	-0.50	-1.52	-0.54	-0.56	-0.49	-0.55	-0.55	-0.55
T.O.K.	1.50	1.84	1.93	1.82	1.91	1.90	1.90	1.88	1.92	1.90	1.90	1.90
Yapraklararası												
Ca ²⁺	0.06	0.05	0.03	0.04	0.04	-	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
Na ⁺	-	-	-	-	-	0.64	-	-	-	0.03	-	-
K ⁺	0.43	0.72	0.75	0.86	0.79	0.26	0.82	0.87	0.82	0.79	0.84	0.84
P ⁵⁺	0.07	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Y.A.Y.	0.90	1.02	0.81	0.94	0.87	0.90	0.90	0.95	0.88	0.88	0.90	0.90
T.Y.Y.	-0.93	-1.05	-0.80	-0.94	-0.85	-0.92	-0.89	-0.93	-0.86	-0.90	-0.90	-0.90

FeO: Toplam demir, T. Y.: Tetrahedral yük, O. Y.: Oktahedral yük, T. O. K.: Toplam oktahedral katyon sayısı, Y. A. Y.: Yapraklararası yük, T. Y. Y.: Toplam yaprak yükü, a.s.a.: Algılanma sınırlarının altında

yakın olduğu tespit edilmiştir. İlitler, (Na + K)'a karşı Si diyagramında, Dasit - I'de ilit - profilit arasında ve Dasit - II'de ise genel olarak ilit bileşimi göstermektedirler (Şekil 3.80).



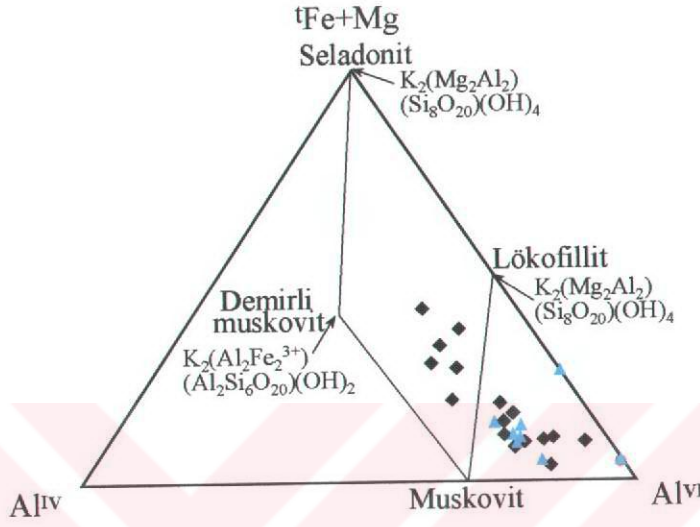
Şekil 3.80. Dasitlerdeki ilitlerin (Na+K)'a karşılık Si diyagramındaki dağılımı. Simgeler Şekil 3.75 ile aynı

Dasit - I'deki ilitler Al^{VI} ve kısmen de $(Fe^{2+} + Mg)$ 'ca, Dasit - II'dekiler ise Al^{VI} 'ca zenginlik göstermektedirler (Şekil 3.81). İlitlerin oktahedral yapıdaki $(Fe^{2+} + Mg)$ değerleri Dasit - I'de 0.08 - 0.45 ve Dasit - II'de ise 0.07 - 0.31 arasında değişmektedir. Görüldüğü gibi, her iki kayaç grubundaki $(Fe^{2+} + Mg)$ içerikleri yaklaşık aynı aralıklarda ve ideal muskovite yakın bir bileşimi yansıtmakta olup, b_0 parametresinin kullanıldığı diyagramdan bulunan toplam $(Fe^{2+} + Mg)$ değerleri ile de uyumaktadır. İlitlerdeki Mg içeriği Dasit - I'de, bir örnek hariç, 0.09 - 0.40; Dasit - II'de 0.10 - 0.19 arasında değişmekte ve ilitlerin oktahedral yapılarında 1.43 - 1.75 arasında Al bulunmaktadır. Bu sonuçlardan anlaşılacağı gibi ilitler düşük Mg içeriğine sahiptir. Weaver ve Pollard'a (1973) göre düşük Mg'lu ilitler esas olarak feldispatların ayrışmasından oluşurlar.

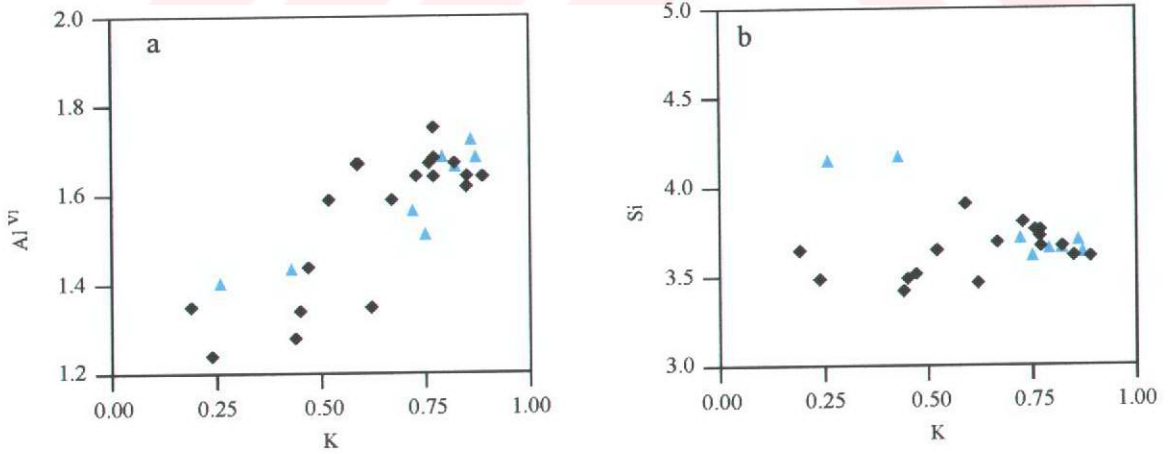
İlitlerin K / Na ve K / Mg oranları sırasıyla 3.36 - 19.00 ve 1.30 - 9.44 arasında değişir. Buna göre, söz konusu ilitlerin, feldispatların ve / veya camın hidrotermal bozuşmasından oluştuğu varsayılabilir.

Dasitlerdeki ilitlerin K, Al^{VI} ve Si miktarları arasındaki ilişki incelendiği zaman, her iki kayaç grubunda K içeriği artarken, Al^{VI} içeriği artmaktadır. Dasit - I'de K'un artmasına bağlı olarak Si miktarı değişmezken, Dasit - II'de azalma eğilimindedir (Şekil 3.82). İlitin

K içeriğindeki artış ve buna bağlı olarak I_c değerindeki artış, metamorfizma derecesindeki artış belirtmektedir. Bu kayalarındaki illitlerde ($Fe^{2+} + Mg$) içeriği artarken Al^{VI} miktarı azalmaktadır. Ayrıca, oktahedral Al'un azalmasına karşılık ($Fe^{2+} + Mg$)'un artması metamorfizmanın arttığını belirtmektedir.



Şekil 3.81. Dasitlerdeki illitlerin ($Fe^{2+} + Mg$) - Al^{IV} - Al^{VI} üçgen diyagramındaki konumları (Guidotti, 1984'ten değiştirilerek). Simgeler Şekil 3.75 ile aynı



Şekil 3.82. Dasitlerdeki illitlerde bulunan a) K ilâ Al^{VI} ve b) K ilâ Si arasındaki ilişkiyi gösteren grafikler. Simgeler Şekil 3.75 ile aynı

Dasitlerdeki illitlerin genel formülü,

Dasit - I'de

(K 0.47 - 0.89, Na 0 - 0.70, Ca 0 - 0.04) 0.62 - 0.93 (Al 1.35 - 1.68, Mg 0.09 - 0.64, Fe 0.03 - 0.19, Mn 0 - 0.02, Ti 0 - 0.02) 1.77 - 2.19 (Si 3.46 - 3.92, Al 0.08 - 0.54) 4 O₁₀ (OH)₂

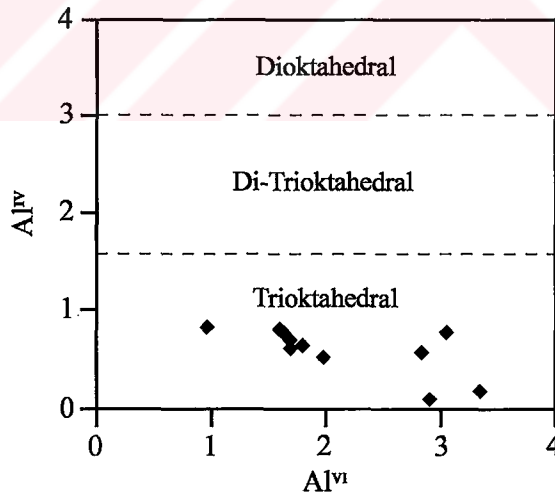
Dasit - II'de

(K 0.26 - 0.87, Na 0 - 0.64, Ca 0.03 - 0.06) 0.49 - 0.91 (Al 1.43 - 1.72, Mg 0 - 0.19, Fe 0.06 - 0.04, Mn 0 - 0.01, Ti 0 - 0.11) 1.50 - 1.93 (Si 3.61 - 4.16 Al 0 - 0.39) 4 - 4.16 O₁₀ (OH)₂

olarak bulunmuştur.

★ Kloritlerin Kimyası

Dasit - I'de hidrotermal ayrışma ürünü olarak oluşan kloritlerden mikro kimyasal analiz yapılmış ve bunların yapısal formülleri 14 oksijene göre hesaplanmıştır (Tablo 3.24). Kimyasal analizlerden hesaplanan tetrahedral ve oktahedral yapıdaki Al içeriklerine (Şekil 3.83) ve XRD toz örnek çekimlerine göre kloritler trioktahedral olarak tespit edilmiştir. Bu kayaç grubunda, kloritlerin türü brunsvigit ve penin olarak bulunmuştur (Şekil 3.84).



Şekil 3.83. Dasitlerdeki kloritlerin kimyasal analizlerine göre Al^{IV} - Al^{VI} diyagramındaki konumu.

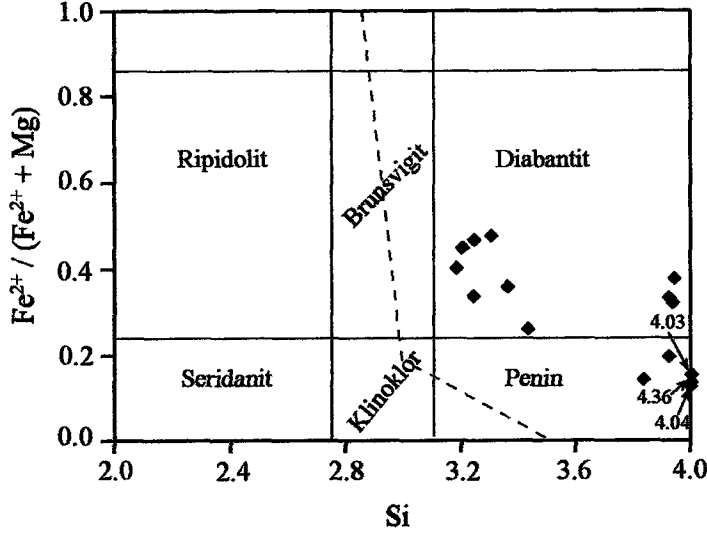
Kloritlerin Fe²⁺ / (Fe²⁺ + Mg) oranları 0.12 - 0.48 (ortalama 0.30) arasında değişir. Bunların Si içerikleri de Fe²⁺ / (Fe²⁺ + Mg) azalmasıyla artmaktadır. Bu kloritler de, bazalt ve andezitlerdeki kloritlerle aynı özellikleri göstermektedir.

Tablo 3.24. Dasit - I'deki kloritlerin mikro kimyasal analiz sonuçları (% ağırlık) ve yapısal çözümlenmeleri.

Örn. Nu.	A6 K1	A6 M1	A6M	A6 K1	A6 M1	A6M	A6M	50 M	50 K1	50 M1	50 M	50 M	A1M
SiO ₂	37.20	47.44	51.39	47.43	48.50	50.37	46.01	36.42	35.97	39.32	41.47	38.61	43.05
TiO ₂	0.43	0.22	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	0.28	a.s.a.	0.31	a.s.a.	0.27	a.s.a.	a.s.a.	0.93
Al ₂ O ₃	22.57	22.27	23.63	21.46	22.56	23.55	28.25	22.70	22.69	24.08	25.10	22.01	36.05
FeO	22.13	11.85	4.91	15.67	8.05	5.38	5.00	23.75	24.11	17.78	15.47	22.69	7.70
MnO	1.34	0.85	0.51	0.88	0.55	0.60	0.61	0.97	0.61	0.63	a.s.a.	0.98	a.s.a.
MgO	13.72	13.94	18.49	14.57	18.26	16.54	19.88	15.32	16.60	17.92	17.60	15.43	12.20
CaO	0.16	0.18	0.29	a.s.a.	a.s.a.	0.09	0.20	0.27	a.s.a.	0.21	0.32	0.23	a.s.a.
Na ₂ O	1.23	1.27	a.s.a.	a.s.a.	1.49	1.18	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.
K ₂ O	0.22	0.76	0.78	a.s.a.	0.61	1.06	0.05	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	0.06	a.s.a.
P ₂ O ₅	0.64	0.43	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	0.35	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.
Toplam	99.64	99.21	100.00	100.01	100.02	99.40	100.00	99.74	99.98	100.21	99.96	100.01	99.93
Tetrahedral													
Si ⁴⁺	3.30	3.93	4.04	3.94	3.92	4.03	3.65	3.24	3.20	3.36	3.48	3.39	3.43
Al ³⁺	0.70	0.07	-	0.06	0.08	0.12	0.35	0.76	0.80	0.64	0.52	0.61	0.57
T.Y.	-0.70	-0.07	0.16	-0.06	-0.08	0.12	-0.35	-0.76	-0.80	-0.64	-0.52	-0.61	-0.57
Oktahedral													
Al ³⁺	1.66	2.11	2.19	2.04	2.07	2.22	2.29	1.62	1.57	1.78	1.96	1.68	2.81
Ti ⁴⁺	0.03	0.01	-	-	-	0.02	-	0.02	-	0.02	-	-	0.06
Fe ²⁺	1.64	0.82	0.32	1.09	0.54	0.36	0.33	1.77	1.79	1.27	1.09	1.67	0.51
Mn ²⁺	0.10	0.06	0.03	0.06	0.04	0.04	0.04	0.07	0.05	0.05	-	0.07	-
Mg ²⁺	1.81	1.72	2.17	1.81	2.20	1.97	2.35	2.03	2.20	2.28	2.20	2.02	1.45
O.Y.	0.20	-0.43	-0.30	0.04	-0.23	-0.52	0.31	0.68	0.79	0.62	0.46	0.56	0.59
T.O.K.	5.24	4.72	4.71	5.00	4.85	4.61	5.01	5.51	5.62	5.40	5.26	5.44	4.83
Yapraklararası													
Ca ²⁺	0.02	0.02	0.02	-	-	0.01	0.02	0.03	-	0.02	0.03	0.02	-
Na ⁺	0.21	0.20	-	-	0.23	0.18	-	-	-	-	-	-	-
K ⁺	0.02	0.08	0.08	-	0.06	0.11	0.01	-	-	-	-	0.01	-
P ⁵⁺	0.05	0.03	-	-	-	0.02	-	-	-	-	-	-	-
Y.A.Y.	0.52	0.47	0.12	0.00	0.29	0.41	0.05	0.06	0.00	0.04	0.06	0.05	0.00
T.Y.Y.	-0.50	-0.50	-0.14	-0.02	-0.31	-0.40	-0.04	-0.08	-0.01	-0.02	-0.06	-0.05	0.02
Fe ²⁺ /(Fe ²⁺ +M)	0.48	0.32	0.13	0.38	0.20	0.15	0.12	0.47	0.45	0.36	0.33	0.45	0.26

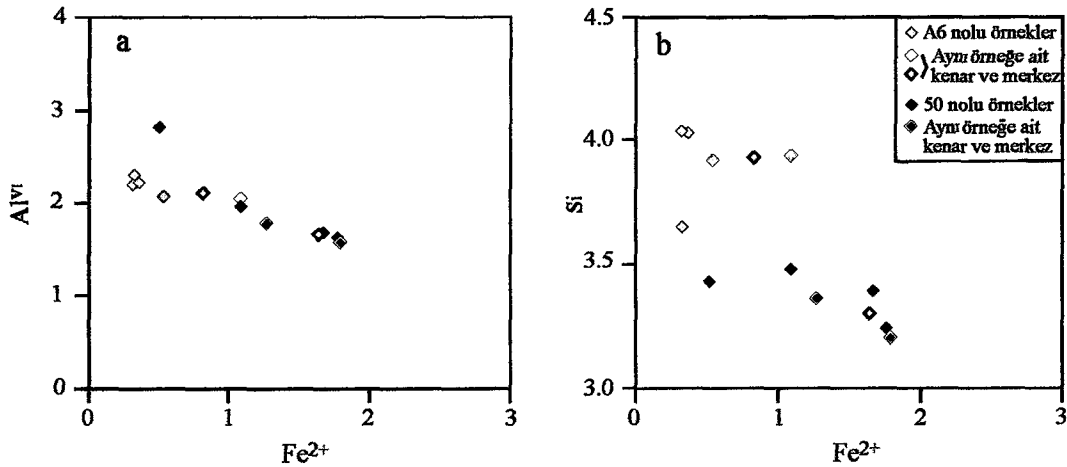
FeO: Toplam demir; T.Y.: Tetrahedral yük; O.Y.: Oktahedral yük; T.O.K.: Toplam oktahedral katyon sayısı; Y.A.Y.; Yapraklararası yük; T.Y.Y.: Toplam yaprak yükü, a.s.a.: Algılama sınırlarının altında K: A mineralinin kenar kısmı, M: A mineralinin merkez kısmı

Kloritlerin Al, Fe²⁺ ve Mg değerleri, aynı kayadaki ilit kristalinite değerlerine göre kıyaslandığı zaman epizon karakteri yansıtmaktadırlar. Dolayısıyla Dasit - I'deki kloritlerde ilitler gibi epimetamorfik özellik göstermektedirler.



Şekil 3.84. Dasitlerdeki kloritlerin $Fe^{2+} / (Fe^{2+} + Mg)$ oranının Si'ye göre değişimi (Foster, 1962'den değiştirilerek).

Dasitlerdeki kloritlerin kimyasal bileşimleri incelendiğinde genelde benzer davranışları sergiledikleri tespit edilmiştir (Şekil 3.85). Aynı mineralde farklı yerlerden yapılan analizlerin sonucuna göre Si ve Al^{VI} sabit kalırken Fe^{2+} artmaktadır. Kloritin kenar kısmından yapılan analizlerde Fe^{2+} içeriği merkeze göre daha fazladır. Bu da kloritlerin kimyasında sıcaklığın etkili olduğunu belirtmektedir. Farklı minerallerde ise Fe^{2+} 'ya karşı Al^{VI} ve Si çizgisellemeleri irdelendiğinde Fe^{2+} artınca Al^{VI} ve Si azaldığı görülmektedir. Bu oktahedral yapıda Fe^{2+} 'nin artmasına bağlı olarak Al^{VI} 'un azaldığı ve tetrahedral yapıda Al^{IV} arttığını ifade etmektedir.



Şekil 3.85. Dasit - I'de oluşan kloritlerdeki a) Fe^{2+} ile Al^{VI} ve b) Fe^{2+} ile Si arasındaki değişimleri gösteren diyagramlar.

Dasit - I'deki kloritlerin kimyasal analizlerinden hesaplanan genel formülleri

(Mg 1.45 - 2.35, Al 1.57 - 2.81, Fe²⁺ 0.32 - 1.79, Mn 0 - 0.10, Ti 0 - 0.06) 4.61 - 5.62 (Si 3.20 - 4.04, Al 0 - 0.80) 4 - 4.04 O₁₀ (OH) 8 şeklindedir.

3.3.2.3. Andezitik Dayklarda Gelişen Killerin Mineraloji ve Kimyaları

Andezit dayklardan derlenen toplam 7 örnekten kil mineralleri alınmış ve x - ışınları difraktogramları (doğal, etilen glikollü ve fırınlı) çekilerek türleri tespit edilmiştir (Şekil 3.86). Kil minerallerinin yarı nicel bileşimlerinin yüzdelерinin (001) yansımalarına göre, x - ışınları grafiklerinden hesaplanmıştır (Tablo 3.25).

Killerin, difraktogramlarından ilit, klorit ve kaolinit kristallinite dereceleri (I_c, C_c ve K_c) (Kübler, 1968 ve 1984; Çelik, 1995; Hinckley, 1963), ilitin sivrilik oranı (W₁), I(002) / I(001) değeri ve minerallerin b₀ parametreleri (060) hesaplanarak Tablo 3.26'de verilmiştir.

Tablo 3.25. Andezitik dayklarda bulunan kil fraksiyonuna ait yarı nicel bileşim yüzdeleri

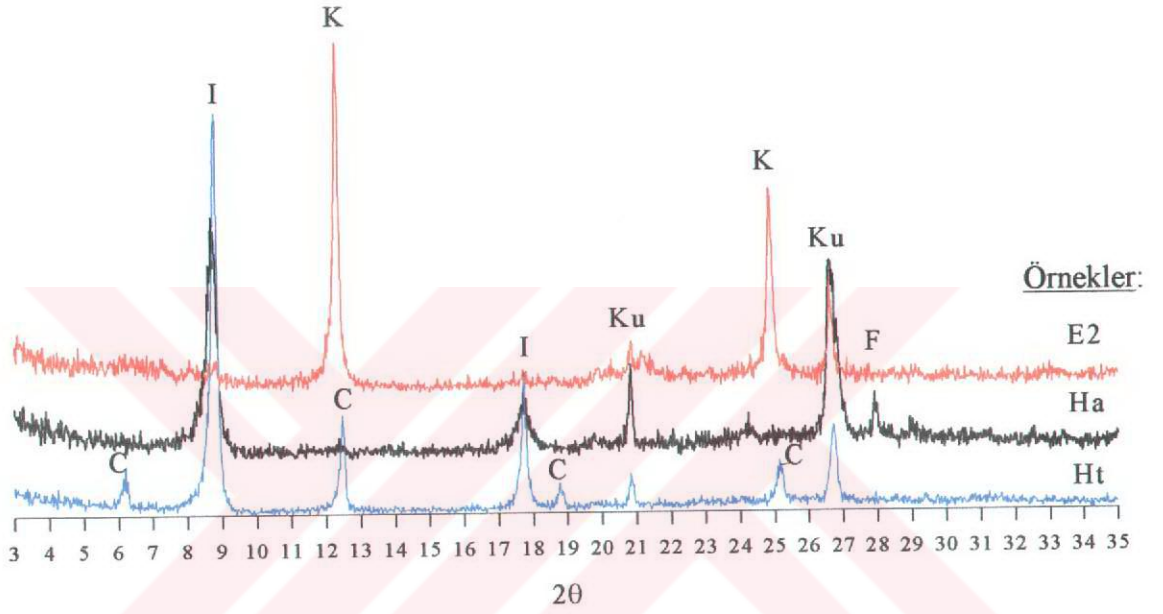
Örn.Nu	Kayaç.T.	Kil Boyutundaki Mineral Parajenezi	Bileşenlerin yüzdesi
591	Andezit	Klorit + ilit + feldispat + kuvars	%73 C + %24 I + %2 F + %1 Ku
E1	"	Kaolinit + ilit + feldispat + kuvars	% 82 K + %17 I + %1F
E2	"	Kaolinit + ilit + kuvars	% 93 K + % 6 I + % 1 Ku
E3	"	Kaolinit + ilit + feldispat + kuvars	%75 K + %21 I + %2 F + % 1Ku
E5	"	Klorit + Kaolinit + ilit + feldispat + kuvars	%42 C + %30 K + %24 I + %3 F + %1 Ku
Ht	"	İlit + klorit + kuvars	% 80 I + % 19 C + % 1 Ku
Ha	"	İlit + kuvars + feldispat	% 95 I + % 3 Ku + % 2 F

Tablo 3.26. Andezitik dayklardaki killerin mineralojik özellikleri

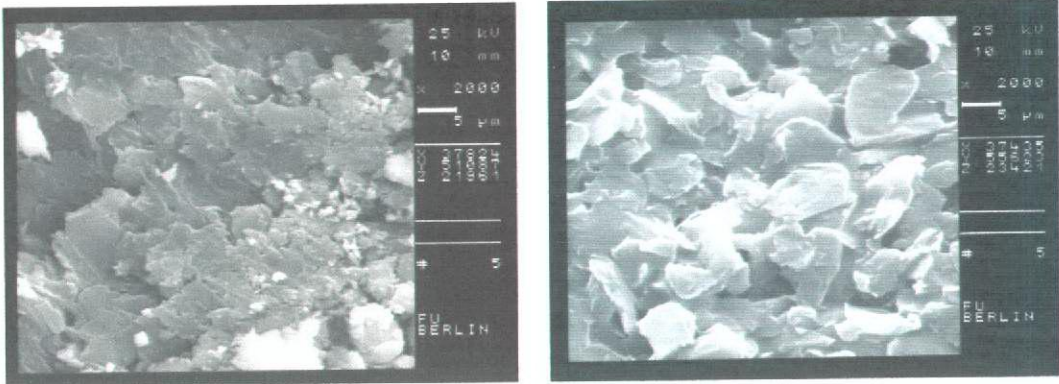
Örn. Nu.	Kayaç T.	Kil Mineral.	I _c	W ₁	(002)/(001)	C _c (14Å)	K _c	I _{bo}	C _{bo}
591	Andezit	C + I	1.70	2.33	0.55	0.60	-	8.9820	9.2352
E1	"	K + I	0.80	3.70	0.32	-	0.80	-	-
E2	"	K + I	0.60	2.32	0.75	-	0.83	-	-
E3	"	K + I	1.00	3.40	0.55	-	0.79	-	-
E5	"	I + C + C-V	0.70	3.80	0.43	0.55	-	8.9922	9.2094
Ht	"	I + C	1.00	5.88	0.33	0.50	-	8.9814	9.2322
Ha	"	I	1.50	4.77	0.24	-	-	-	-

★ İlitlerin Mineralojik Özellikleri

Andezitik daylardaki ilit minerallerinin morfolojileri elektron mikroskobundan (SEM'den) yararlanılarak belirlenmiştir. İlitlerin kenarları düzğüne yakın ve uzamış kristaller şeklindedir (Şekil 3.87).



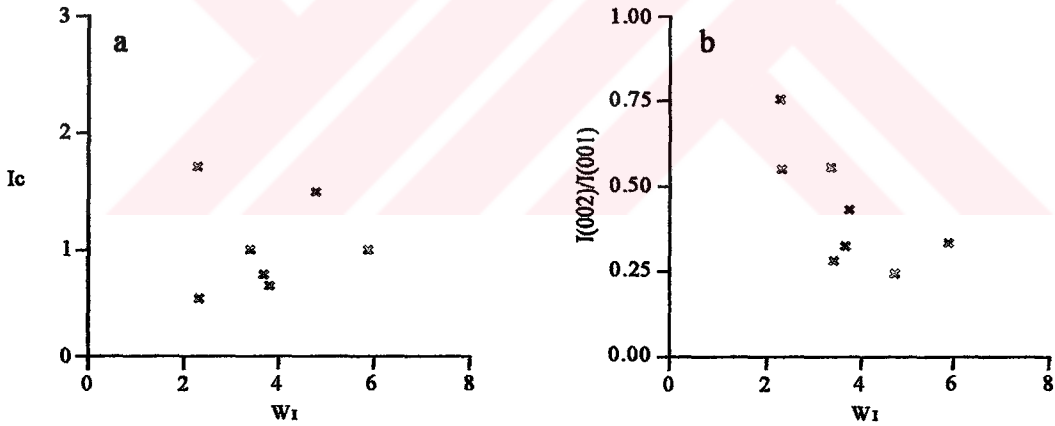
Şekil 3.86. Andezitik daylardaki kil fraksiyonuna ait yönlü çekilmiş doğal x-ışınları difraktogramları. (C: Klorit, K: Kaolinit, I: İlit, Ku: Kuars, F: Feldispat).



Şekil 3.87. E3 nolu andezit dayındaki ilitlerin elektron mikroskobundaki (SEM) görünüşleri.

İlit kristaliniteleri bulunurken daha önce olduğu gibi etilen glikollü çekimler kullanılmış ve bu değerler 0.60 - 1.70 mm arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 3.26). Dunoyer de Segonzac (1972)'a göre epizondaki illitlerin I_c 'si 0 - 3.75 mm arasındadır. Dolayısıyla andezitlerdeki illitlerde epizon karakterlidir. İlitlerin $I(002) / I(001)$ oranı (veya $Al / (Fe + Mg)$ oranı) 0.24 - 0.75 arasında değişmektedir (Tablo 3.26). Epimetamorfik karakterli olan illitler, hesaplanan $I(002) / I(001)$ oranlarına göre bir kısmı Al 'ca, bir kısmı ise $(Fe + Mg)$ 'ca zengindir.

Andezitlerdeki illitlerin Weaver İndeksi (sivrilik oranı) 2.32 - 5.88 arasında değişmektedir (Tablo 3.26). İlitlerin W_1 ilâ I_c arasındaki ilişkileri düzenlidir (Şekil 3.88a). Fakat andezitlerden alınan E ve H örnekleri kendi içinde incelendiğinde I_c artarken, W_1 azalmaktadır. İlitlerin $I(002) / I(001)$ oranı ilâ W_1 arasında negatif yönde bir ilişki vardır (Şekil 3.88b). Andezitlerde bulunan illitlerin $I(002) / I(001)$ oranı azalırken W_1 artmaktadır. İlit kristalinite değerleri ilâ $I(002) / I(001)$ oranları arasındaki ilişki de oldukça düzenlidir. İlit kristalinite değerleri artarken $I(002) / I(001)$ oranları azalmaktadır.

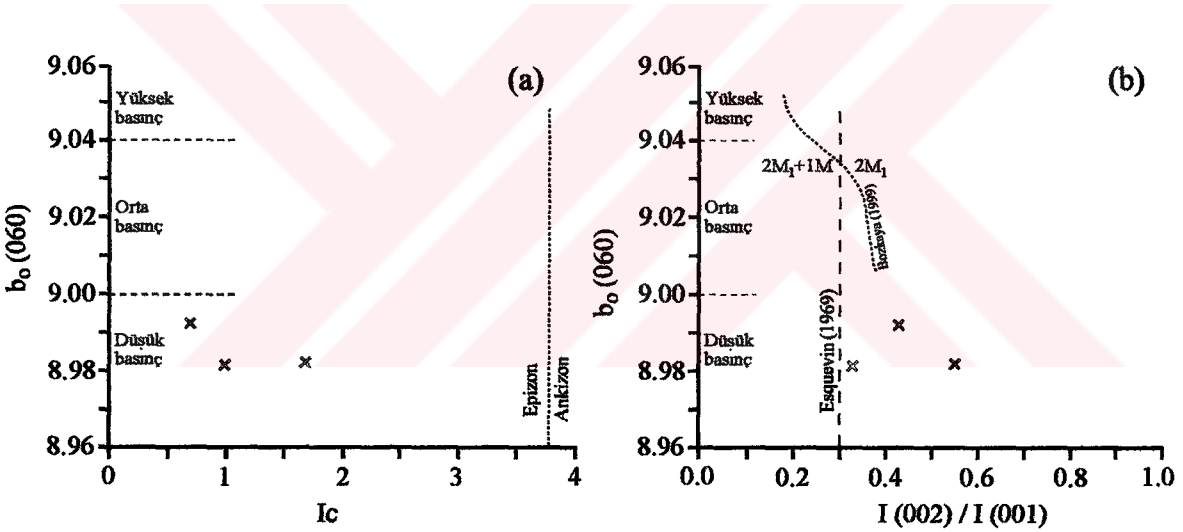


Şekil 3.88. Andezit dayklardaki illitlerin a) I_c 'ne karşı W_1 ve b) I_c 'ne karşı $I(002) / I(001)$ oranına göre değişimlerini gösteren çizgisellemeler.

İlitlerin b_0 parametresi yani, (060) yüzeyindeki yansıma ölçülmüş ve 1.4969 - 1.4987 (veya 8.9814 - 8.9922, ortalama 8.9852) arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu değerler düşük basınç metamorfizması (Şekil 3.85) değerlerine uygun düşmektedir (Sassi ve Scolari, 1974; Sassi vd., 1976; Padan vd., 1982; Guidotti ve Sassi, 1986; Offler vd., 1987). Ayrıca b_0 değişim aralığı, illitlerin oktahedral tabakalarında yok denecek kadar az $(Fe^{2+} + Mg)$ bulunduğunu vurgular (Maxwell ve Hower, 1967; Weaver ve Polard, 1973). Bu, aynı

zamanda ilitlerin oktahedral yapılarında bulunan Al'un yerine geçen Fe^{2+} ve Mg'un miktarının çok çok az olduğunu belirtir. Çünkü oktahedral yapıda Al'un yerine yerleşen Fe^{2+} ve Mg elementleri iyon yarıçaplarının büyük olması nedeniyle, oktahedral tabakaların genişlemesine ve b_0 değerinin büyümesine yol açmaktadır. Dolayısıyla, ilitlerin b_0 değerinin küçük olması çok az miktarda Fe^{2+} ve Mg'un Al'un yerine geçtiğini vurgulamaktadır. Sonuç olarak, b_0 parametresine göre, ilitler Fe^{2+} ve Mg'ca fakir olup, feldispatların bozuşması sonucu oluşmuşlardır.

İlitlerin kristalinite değerleri ve $I(002) / I(001)$ oranları b_0 parametresine göre değerlendirildiğinde, genelde b_0 değerleri azalırken Ic ve $I(002) / I(001)$ oranları artmaktadır (Şekil 3.89). Andezitlerdeki ilitlerin b_0 , Ic ve $I(002) / I(001)$ oranları birlikte yorumlandığında, düşük basınç alanında yer almakta ve epizonik karakteri belirtmektedirler.

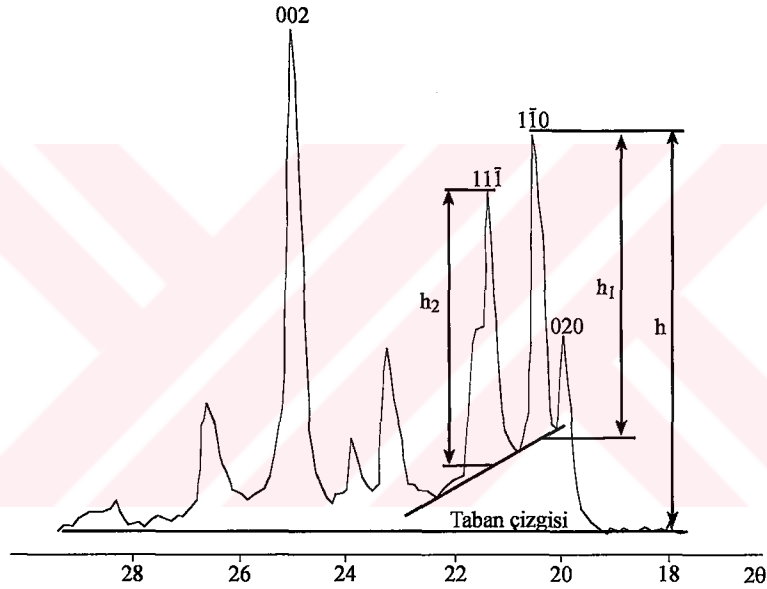


Şekil 3.89. Andezit dayklardaki ilitlerin a) $Ic - b_0$ (veya 060) ve b) $I(002) / I(001) - b_0$ (veya 060) çizgisellemelerindeki konumları. (Epizon – ankizon sınırı Dunoyer de Segonzac, 1972 ve basınç sınırları Guidotti ve Sassi, 1986'dan alınmıştır).

★ Kaolinitlerin Mineralojik Özellikleri

Andezit dayklardaki killerden hazırlanan yönlü örneklerden yapılan x - ışınları difraktogram çekimleri (doğal, etilen glikollü ve fırınlanmış) sonucu bunların kaolinit minerali içerdiği belirlenmiştir (Şekil 3.90). Bu grafiklerden kaolinit minerali 7.15 \AA (001) ve 3.57 \AA (002)'daki temel yansımaları ile tanımlanmış (Şekil 3.90) olup, etilen glikollü ve

fırınlanmış örneklerden çekimler yapılmış ve fırınlanmış çekimlerde (001) yansıması hariç diğer yansılarda kaybolma görülmüştür. Kaolinitin kristalinite indeksini ölçmek için yönlendirilmiş örnekler için x - ışınları difraktogram çekimleri kullanılmıştır. Bu grafiklerde kaolinitin (1 $\bar{1}$ 0) (4.36 Å) ve (11 $\bar{1}$) (4.17 Å) yansımalarının yükseklikleri ölçülerek ($h_1 + h_2 / h$) formülünden kaolinit kristalinitesi (Hinckley indeksi) hesaplanmıştır (Hinckley, 1963). Formülde h_1 4.36 Å ve 4.17 Å'daki yansımaların tabanı çizilerek bu tabandan itibaren 4.36 Å'daki yansımanın yüksekliği, h_2 ise aynı şekilde 4.17 Å'daki yansımanın yüksekliği ve h ise 4.36 Å'daki yansımanın, bütün yansımaların ortak taban çizgisinden olan yüksekliğidir (Şekil 3.90).

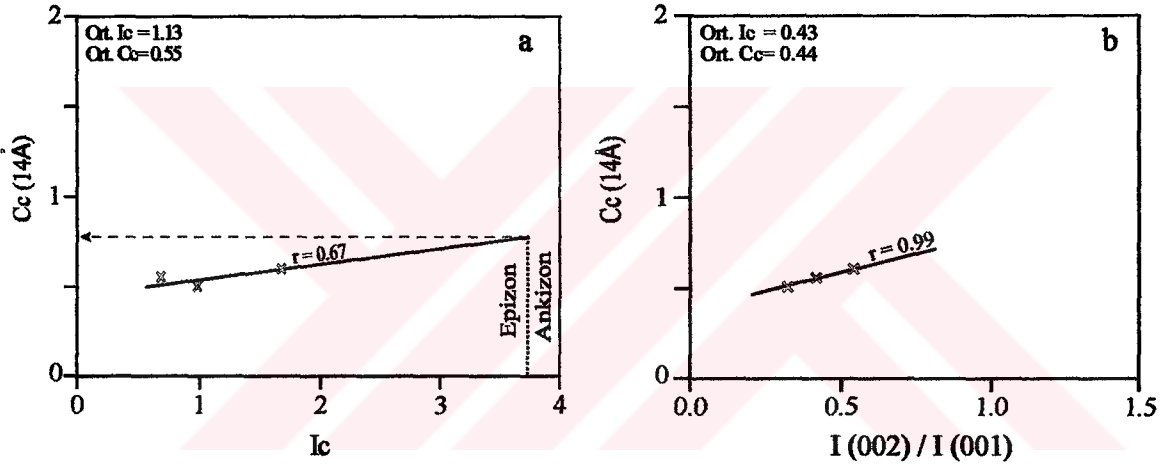


Şekil 3.90. Kaolinit kristalinitesinin x - ışınları difraktogramdan hesaplanmasını ifade eden grafik (Hinckley, 1963'ten alınmıştır).

Kristalinitesi iyi olan kaolinitlerin (001) yansımaları simetrik ve keskindir. Kötü kristallenmiş olanlarda ise yansıma şiddeti düşük, asimetrik ve geniş bir şekil söz konusudur (Weaver, 1989). Andezitlerdeki kaolinitlerde de simetrik şekilli (001) yansımaları mevcuttur. Ayrıca kaolinit kristalinitesi arttıkça (001) yansıma değerinin 7.10 Å'a yaklaştığı belirtilmekte (Brindley, 1980; Weaver, 1989) ve bu yansıma değerleri andezitlerdeki kaolinitlerin (001) yansıma değerleri ile uyuşmaktadır.

★ Kloritlerin Mineralojik Özellikleri

Andezit dayklarda, demirce zengin kloritlerde 14 Å (001) ve 4.72 Å (003) yansımaları 7Å (002) ve 3.53 Å (004) yansımalarından daha az büyüklüktedir (Şekil 3.86, Örnek Nu: Ht) (Eslinger ve Pevear, 1988). Klorit kristalinitesini (Cc) hem normal hem de etilen glikollü çekimlerde hesaplanmış ve aralarında belirgin bir fark görülmemiştir. Andezitlerdeki kloritlerin kristaliniteleri 0.50 - 0.60 mm arasında değişmektedir (Tablo 3.26). Klorit kristalinitesi ile I_c ve $I(002) / I(001)$ arasındaki ilişki incelenmiş (Şekil 3.91) ve her ikisi ile de pozitif yönde bir değişim görülmüştür (Şekil 3.91). Cc artarken hem I_c hem de $I(002) / I(001)$ artmaktadır.



Şekil 3.91. Andezit dayklardaki kloritlerin a) Cc ilâ I_c dereceleri ($Y = 0.06 X + 0.47$) (Çelik, 1995'ten değiştirilerek) ve b) Cc ilâ $I(002) / I(001)$ oranları arasındaki ($Y = 0.45 X + 0.35$) ilişkiyi gösteren grafikler.

Andezitlerden alınan örneklerden birinde kloritle birlikte klorit - vermikülit (C - V) aratabakalı x - ışınları difraktogramında tespit edilmiştir. Kloriti içeren örneklerde b_0 parametresi (060) ölçülmüş ve 1.5349 - 1.5392 (veya 9.2094 - 9.2352) arasında bulunmuştur.

b. Killerin Kimyası

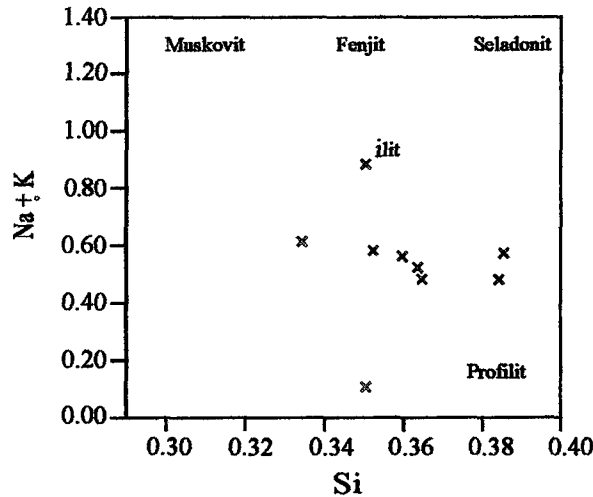
Andezitik dayklarda mevcut olduğu tespit edilen illit, klorit ve kaolinit gibi killerin kimyasal analizleri yapılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır. Aşağıda her birinin kimyasal

analizleri verilip irdelenecektir.

★ İlitlerin Kimyası

İlitlerin mikro kimyasal analiz sonuçları 11 oksijene göre değerlendirilerek yapısal formülleri (Weaver ve Pollard, 1973) hesaplanmıştır (Tablo 3.27). Ca içeriğinin 93 nolu örnekte yapılan üç analizde yüksek olduğu ve bunun K içeriğinin azalması ile bir ilgisi olmadığı anlaşılmıştır.

İlitlerde tetraeder ve oktaeder yapıda oluşan eksiklikler tabaka arasında bulunan K, Ca ve Na gibi katyonlarca dengelenmektedir (Tablo 3.27). SiO₂ içeriği % 52.70 - 63.73 ve Al₂O₃ içeriği % 22.89 - 28.26 arasında olup, normal değerlerdedir. İlitlerde tabaka yükü, tabakalar arası yük ile dengelenmiştir. Bazalt ve andezitlerde olduğu gibi Si miktarı arttıkça K içeriği azalmaktadır. Dolayısıyla, ilitin muskovite dönüşümü arttıkça K miktarı ve tabaka yüklerinde artış olmaktadır (Hunziker vd., 1986; Bozkaya ve Yalçın, 1999). İlitlerin kristalinite indeksi ile K içeriği arasındaki ilişkiye göre K içeriği arttıkça Ic değeri de artmaktadır. Bu, metamorfizma derecesinin artmasına bağlı olarak ilitin yapısında K yoğunlaşması olduğunu ve kristalinite indeksinin arttığını belirtmektedir (Foscolos, 1984; Çelik, 1991). Andezitlerdeki ilitler Si'a karşı (Na + K) diyagramına aktarıldığında ilit - profilit arasında bileşim göstermektedirler (Şekil 3.92). Bu durum, kayalarda gelişen hidrotermal ayrışmanın en az iki aşamalı olduğunu düşündürmektedir.



Şekil 3.92. Andezit dayklardaki ilitlerin Si'a karşı (Na + K) diyagramındaki konumları.

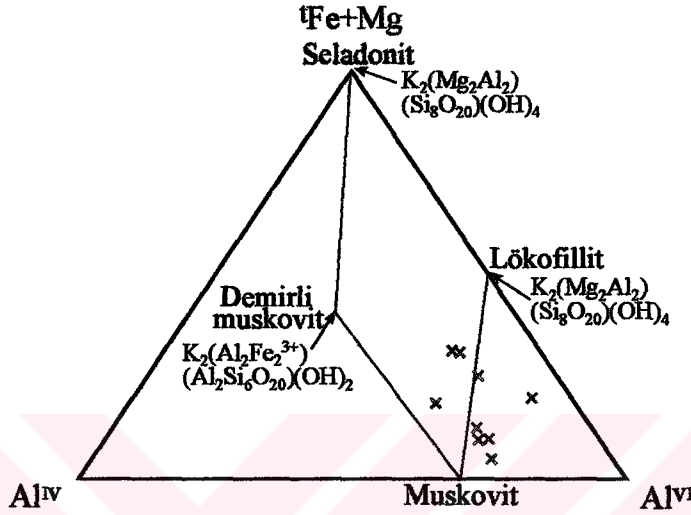
Tablo 3.27. Andezit dayklardaki illitlerin mikro kimyasal analiz sonuçları (% ağırlık) ve yapısal çözümlenmeleri.

Örn. Nu.	93*	93*	93(1)	93(2)	E3	E3	E3	E3	E3	Ha	Ht
SiO ₂	52.70	55.45	56.15	55.51	63.05	55.88	57.72	56.79	55.88	63.73	60.17
TiO ₂	0.40	a.s.a.	0.00	0.53	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	0.31	a.s.a.	0.34	0.46
Al ₂ O ₃	28.11	27.21	27.86	28.25	23.96	28.26	25.05	22.89	23.13	25.45	25.46
FeO	3.96	1.68	1.88	2.55	3.75	2.30	9.16	11.17	11.72	2.04	3.49
MnO	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	0.10	a.s.a.	0.14	a.s.a.	a.s.a.	0.05	0.03
MgO	2.89	1.32	a.s.a.	1.77	2.49	1.11	1.59	1.89	1.90	1.18	2.61
CaO	4.53	6.39	6.93	0.50	0.58	0.44	0.37	0.35	0.31	0.20	0.67
P ₂ O ₅	0.05	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	0.23	0.29	0.04	0.12
Na ₂ O	0.36	0.40	a.s.a.	a.s.a.	0.17	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	0.89	0.40
K ₂ O	6.99	6.89	7.18	10.89	5.90	12.01	5.97	6.36	6.76	6.09	6.60
Toplam	99.99	99.34	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.99	99.99	100.01	100.01
Tetrahedral yapı											
Si	3.35	3.51	3.53	3.51	3.85	3.54	3.65	3.64	3.60	3.86	3.71
Al	0.65	0.49	0.47	0.49	0.15	0.46	0.35	0.36	0.40	0.14	0.29
T.Y.	-0.65	-0.49	-0.47	-0.49	-0.15	-0.46	-0.35	-0.36	-0.40	-0.14	-0.29
Oktahedral yapı											
Al	1.46	1.54	1.59	1.61	1.58	1.65	1.51	1.37	1.36	1.68	1.56
Ti	0.02	-	-	0.03	-	-	-	0.02	-	0.02	0.02
Fe ⁺²	0.21	0.09	0.10	0.13	0.19	0.12	0.48	0.60	0.63	0.10	0.18
Mn	-	-	-	-	0.01	-	0.01	-	-	-	-
Mg	0.27	0.12	-	0.17	0.23	0.11	0.15	0.18	0.18	0.11	0.24
O.Y.	-0.58	-0.96	-1.03	-0.45	-0.40	-0.59	-0.19	-0.25	-0.30	-0.46	-0.40
T.O.K.	1.96	1.75	1.69	1.91	2.01	1.88	2.16	2.17	2.17	1.91	2.00
Yapraklararası											
P	-	-	-	-	-	-	-	0.01	0.02	-	0.01
Ca	0.31	0.43	0.47	0.03	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.04
Na	0.04	0.05	-	-	0.02	-	-	-	-	0.10	0.05
K	0.57	0.56	0.58	0.88	0.46	0.97	0.48	0.52	0.56	0.47	0.52
Y.A.Y.	1.23	1.47	1.52	0.94	0.56	1.03	0.54	0.61	0.70	0.59	0.70
T.Y.Y.	-1.23	-1.45	-1.50	-0.94	-0.55	-1.05	-0.54	-0.61	-0.70	-0.60	-0.69

FeO: Toplam demir, T.Y.: Tetrahedral yük, O.Y.: Oktahedral yük, T.O.K.: Toplam oktahedral katyon sayısı, Y.A.Y.: Yapraklararası yük, T.Y.Y.: Toplam yaprak yükü, a.s.a.: Algılama sınırlarının altında, *: EPMA

İllitlerin illit - profilit arasında bileşim göstermesi, Ic ilâ I(002) / I(001) arasında düzenli bir ilişki olmasıyla da desteklenmektedir. Genel olarak illitlerdeki Si artıkça (Na +

K) içeriği çok az azalmaktadır. Ayrıca, bu andezit dayklarındaki illitler ($\text{Fe}^{2+} + \text{Mg}$) - Al^{IV} - Al^{VI} üçgen diyagramına aktarıldığında oktahedral yapıda bulunan Al (Al^{VI})'ca zengin oldukları görülmektedir (Şekil 3.93). Sonuç olarak, illitlerin kimyasında görülen değişiklikler hidrotermal ayrışmanın birden fazla evrede geliştiğini belirtmektedir.



Şekil 3.93. Andezit dayklardaki illitlerin ($\text{Fe}^{2+} + \text{Mg}$) - Al^{IV} - Al^{VI} üçgen diyagramındaki dağılımları (Guidotti, 1984).

Andezit dayklardaki illitlerin Mg (0 - 0.27, ortalama 0.15) ve Fe^{2+} (0.09 - 0.63, ortalama 0.26) içerikleri bazalt ve andezitlere nazaran daha yüksektir. İllitlerin oktahedral yapısında bulunan ($\text{Fe} + \text{Mg}$) değerleri 0.10 - 0.81 arasında değişmektedir. Oktaeder yapıda 0.0 - 0.27 arasında Mg içeren illitler düşük Mg'ludur ve bunlar esas olarak feldispatların ayrışmasıyla oluşmuşlardır (Weaver ve Pollard, 1973). İllitlerin K / Na ve K / Mg oranlarının sırasıyla 4.70 - 23.00 ve 2.00 - 8.81 arasında değiştiği belirlenmiştir. Buna göre, daha önce de belirtildiği (Bölüm 3.3.2.1) gibi, söz konusu illitlerin feldispatların hidrotermal ayrışmasıyla oluştuğu düşünülmektedir.

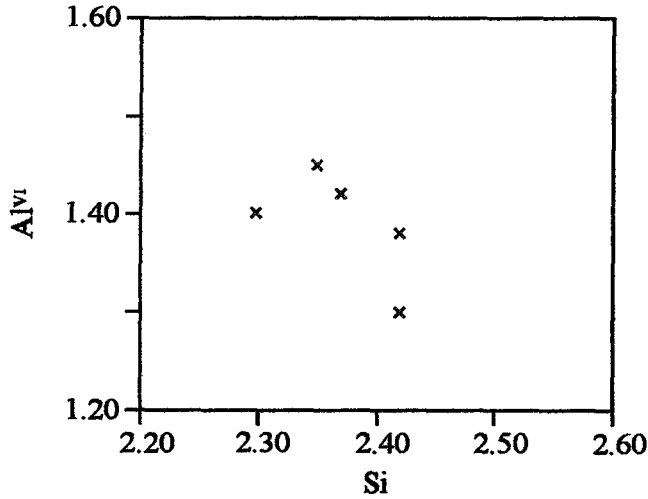
★ Kaolinitlerin Kimyası

Andezit dayklardaki kaolinitlerin kimyalarını ortaya koymak için örnekler analiz edilmiş ve 7 oksijene göre yapısal formülleri hesaplanmıştır (Tablo 3.28).

Kaolinitlerde Si ilâ Al^{VI} arasında düzensiz bir ilişki vardır (Şekil 3.94). Kaolinitlerin Fe^{2+} ve Mg içerikleri sırasıyla 0.02 - 0.12 ve 0.05 - 0.07 arasında değişmektedir.

Tablo 3.28. Andezitik dayklardaki kaolinitlerin mikro kimyasal analiz sonuçları (% ağırlık) ve yapısal çözümlenmeleri.

Örn. Nu.	E2	E3	E3	E3	E3
SiO ₂	61.75	63.70	64.35	64.03	65.48
TiO ₂	0.43	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	0.27
Al ₂ O ₃	31.82	33.41	29.40	32.64	31.57
FeO	2.91	0.79	3.75	1.19	1.16
MnO	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.
MgO	0.86	1.20	1.11	1.15	a.s.a.
CaO	0.56	0.32	a.s.a.	a.s.a.	0.26
P ₂ O ₅	0.17	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.
Na ₂ O	0.13	a.s.a.	0.44	0.37	a.s.a.
K ₂ O	1.38	0.57	0.96	0.62	1.25
Toplam	100.01	100.00	100.01	100.00	99.99
Tetrahedral yapı					
Si ⁴⁺	2.32	2.35	2.42	2.37	2.42
T.Y.	1.28	1.40	1.68	1.48	1.68
Oktahedral yapı					
Al ³⁺	1.41	1.45	1.30	1.42	1.38
Ti ⁴⁺	0.01	-	-	-	0.01
Fe ⁺²	0.09	0.02	0.12	0.04	0.04
Mg ²⁺	0.05	0.07	0.06	0.06	-
O.Y.	-1.45	-1.47	-1.74	-1.54	-1.74
T.O.K.	1.58	1.54	1.48	1.52	1.43
Yapraklar arası					
P ⁵⁺	0.01	-	-	-	-
Ca ²⁺	0.02	0.01	-	-	0.01
Na ⁺	0.01	-	0.03	0.03	-
K ⁺	0.07	0.03	0.05	0.03	0.06
Y.A.Y.	0.17	0.05	0.08	0.06	0.08
T.Y.Y.	-0.17	-0.07	-0.06	-0.06	-0.06

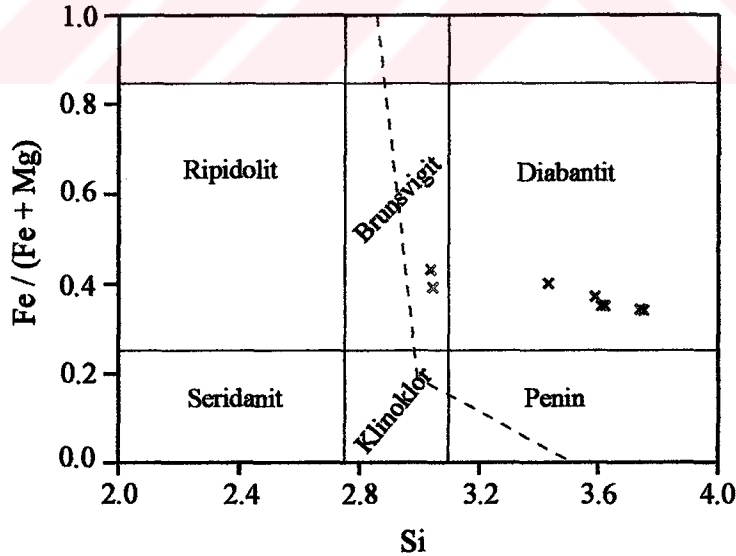


Şekil 3.94. Kaolinitlerdeki Si'un Al^{VI}'a karşı değişimini gösteren grafik.

Kaolinitlerde TiO_2 içeriği, iki örnek hariç, analiz limitlerinin altındadır. Weaver ve Pollard'a (1973) göre kaolinitin TiO_2 içeriği kaynağına bağlıdır. Buna göre, kaynak feldispat olduğu veya kil hidrotermal kökenli olarak oluştuğu zaman, kaolinitin TiO_2 içeriği (% 0.02) düşüktür. Dolayısıyla, andezitlerdeki kaolinitler feldispatların hidrotermal ayrışması sonucu oluşmuşlardır.

★ Kloritlerin Kimyası

Andezitlerdeki kloritlerin mikro kimyasal analiz sonuçları Tablo 3.29'de verilmiştir. Tetrahedral yapıdaki Si ise 3.04 - 3.75 arasındadır. Bu sonuçlara göre tetrahedral ve oktahedral tabaka yükleri toplamı ile yapraklar arası yüklere bakıldığında, dengesizlik mevcut değildir (Tablo 3.29). Kimyasal analizlerden hesaplanan tetrahedral ve oktahedral Al içeriklerine göre kloritler trioktahedral olarak tespit edilmiş ve türleri diabantit ve brunsvigit olarak belirlenmiştir (Şekil 3.95). Ayrıca Şekil 3.95'deki grafik incelendiğinde, kloritlerde Si artarken görülür ki, $Fe^{2+} / (Fe^{2+} + Mg)$ oranı zayıf da olsa, azalmaktadır. Dolayısıyla $Fe^{2+} / (Fe^{2+} + Mg)$ ilâ Si arasında negatif bir ilişki vardır.



Şekil 3.95. Andezit dayklardaki kloritlerin $Fe^{2+} / (Fe^{2+} + Mg)$ oranının Si'ye göre değişimi (Foster, 1962'den değiştirilerek).

Kloritlerdeki Si'un Mg ve Fe^{2+} 'ye karşı ilişkisini incelemek için oluşturulan diyagramlarda, Si'a karşı Fe^{2+} ve Mg benzer şekilde davranmaktadırlar (Şekil 3.96).

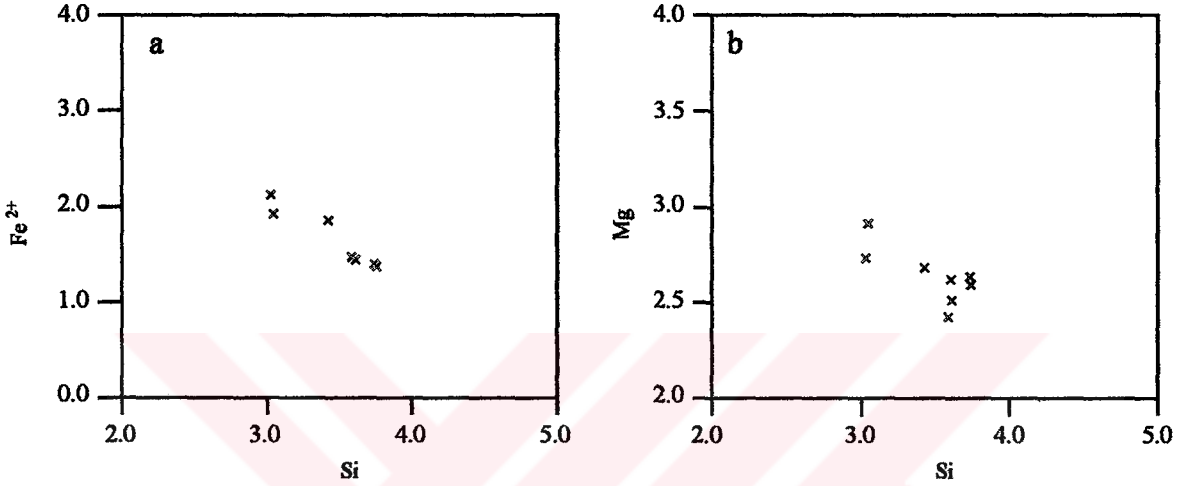
Kloritlerdeki Si ilâ Fe^{2+} ve Mg arasında negatif ilişki vardır. Dolayısıyla, Si artarken Fe^{2+} ve Mg azalmaktadır. Fe^{2+} ve Mg arasında ise pozitif yönde bir ilişki mevcuttur.

Tablo 3.29. Klorit mineraline ait mikro kimyasal analiz sonuçları (% ağırlık) ve yapısal çözümlenmeleri.

Örn. Nu.	93*	93*	93	93	93	93	93	93
SiO ₂	33.15	38.28	33.66	43.49	41.68	41.11	43.42	41.73
TiO ₂	0.11	a.s.a.	0.34	0.38	0.15	0.31	a.s.a.	0.46
Al ₂ O ₃	18.25	16.02	18.48	15.23	17.11	17.13	15.99	17.34
⁴ FeO	27.37	24.46	25.01	18.90	19.83	19.79	19.04	19.51
MnO	0.72	0.63	0.68	0.49	0.31	a.s.a.	0.36	0.46
MgO	19.95	20.06	21.49	20.15	20.30	18.60	20.47	19.51
CaO	0.23	0.33	0.17	1.13	0.40	2.87	0.41	1.10
P ₂ O ₅	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	0.05	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.
Na ₂ O	0.11	0.16	0.06	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.
K ₂ O	0.08	0.07	0.11	0.19	0.16	0.19	0.31	a.s.a.
NiO	0.03	a.s.a.	0.01	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.
Toplam	100.00	100.00	100.00	99.99	99.99	100.00	100.00	100.00
Tetrahedral yapı								
Si ⁴⁺	3.04	3.43	3.05	3.75	3.61	3.59	3.74	3.62
Al ³⁺	0.96	0.57	0.95	0.25	0.39	0.41	0.26	0.38
T.Y.	-0.96	-0.57	-0.95	-0.25	-0.39	-0.41	-0.26	-0.38
Oktahedral yapı								
Al ³⁺	1.02	1.12	1.03	1.30	1.36	1.35	1.36	1.39
Ti ⁴⁺	0.01	-	0.02	0.03	0.01	0.02	-	0.03
Fe ⁺²	2.10	1.83	1.90	1.36	1.44	1.44	1.37	1.41
Mn ²⁺	0.06	0.05	0.05	0.04	0.02	-	0.03	0.03
Mg ²⁺	2.73	2.68	2.91	2.59	2.62	2.42	2.63	2.51
O.Y.	0.88	0.48	0.89	0.00	0.32	-0.15	0.14	0.19
T.O.K.	5.92	5.68	5.91	5.32	5.45	5.23	5.39	5.37
Yapraklararası								
Ca ²⁺	0.02	0.03	0.02	0.10	0.03	0.27	0.04	0.10
Na ⁺	0.02	0.03	0.01	-	-	-	-	-
K ⁺	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.03	-
Y.A.Y.	0.07	0.10	0.06	0.22	0.07	0.56	0.11	0.20
T.Y.Y.	-0.08	-0.09	-0.06	-0.25	-0.07	-0.56	-0.12	-0.19
Fe/(Fe+Mg)	0.43	0.40	0.39	0.34	0.35	0.37	0.34	0.35

⁴FeO: Toplam demir, T.Y.: Tetrahedral yük, O.Y.: Oktahedral yük, T.O.K.: Toplam oktahedral katyon sayısı, Y.A.Y.: Yapraklararası yük, T.Y.Y.: Toplam yaprak yükü, a.s.a.: Algılama sınırlarının altında, *: EPMA

Oktahedral yapıdaki Al ilâ Fe^{2+} ve Mg arasındaki ilişki ise negatiftir. Buna göre, Al^{VI} azalırken Fe^{2+} ve Mg artmaktadır. Dolayısıyla Fe^{2+} ve Mg'a karşı Si ve Al^{VI} 'un davranışı benzerdir ve doğal olarak Si ilâ Al^{VI} arasında pozitif bir ilişki mevcuttur. Sonuç olarak, kimyasal analizlerden ve elementler arasındaki ilişkiden de anlaşıldığı gibi, kloritlerin yapısı trioktahedral olup, bu x - ışınlarından bulunan sonuçlarla uyumaktadır.



Şekil 3.96. Andezit dayklardaki kloritlerde bulunan a) Si ilâ Fe^{2+} ve b) Si ilâ Mg arasındaki değişimleri gösteren grafikler.

★ Andezit Daykları ve Bunlardaki Killerin İz ve Nadir Toprak Elementleri Açısından Karşılaştırılması

Çalışma alanındaki andezit daykından alınan örnekler ($Ht_{kayaç}$ ve $Ha_{kayaç}$) ve bunlardan alınan kil (Ht_{kil} ve Ha_{kil}) örneklerinin iz ve nadir toprak elementleri analiz edilmiştir (Tablo 3.30). Ht örneği kayaçın iç kısmına, Ha ise dış kısmına aittir. Ht az ayrılmış, Ha ise çok ayrılmıştır. Ht örneği kil mineralleri olarak % 80 ilit ve % 19 klorit içermekte ve Ha ise ilitten oluşmaktadır.

Kayaçlardaki ve killerdeki iz elementler Z - OOSB (Şekil 3.97a) ve nadir toprak element analizleri ise kondirite göre (Şekil 3.97b) normalleştirildiğinde, genelde benzer şekilde davranmakta ve paralellik sunmaktadırlar. Genel olarak kayaç örnekleri BİYE'lerce killere göre yüksek, YÇAE'lerce düşük değerler göstermektedir. Z - OOSB'na göre normalleştirme sonucu, kayaçlarla içerdikleri killer karşılaştırıldığında, killerde K_2O , Rb, Ba, Th, Ce, P_2O_5 , Sm, Y ve Yb daha az oranda, Sr, Ta, Nb ve Zr'da ise aynı oranda oldukları görülür. Az ayrılmış kayaç (Ht) ve çok ayrılmış kayaç (Ha) örnekleri

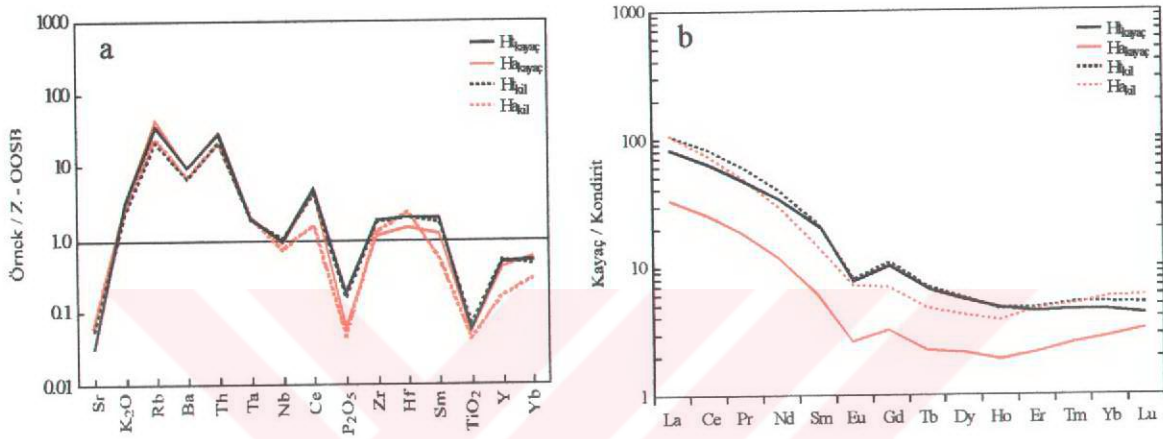
karşılaştırıldığında; her iki örnekteki BİYE, Rb hariç, aynı orandadır. Ayrıışmış örneğin Rb içeriği diğerininkinden daha yüksektir. YÇAE'e ise az ayrıışmış örnekte fazla, çok ayrıışmışta ise azdır. Bu durum, ayrıışma esnasında BİYE'lerin killere geçtiğini YÇAE'lerin ise kayaçta kaldığını vurgulamaktadır. Bu kayaçlardan alınan killer, Hf hariç, benzer özelliktedirler. Hf ise çok ayrıışmış örnekten alınan kilde zenginleşmektedir.

Tablo 3.30. Andezitlerin ve bunlardan alınan killerin iz ve NTE analiz sonuçları.

Elm./Kç.	Ht _{kayaç}	Ha _{kayaç}	Ht _{kil}	Ha _{kil}
Rb	108.00	121.00	177.00	213.00
Sr	9.00	10.00	5.27	11.10
Y	11.62	3.66	10.70	9.15
Zr	125.00	89.00	132.00	82.00
Nb	8.62	5.88	7.91	7.34
Cs	0.96	1.94	1.50	3.29
Ba	385.00	383.00	559.00	530.00
Hf	4.15	4.69	4.17	2.93
Ta	0.88	0.93	0.91	0.95
Pb	21.75	25.01	24.20	29.20
Th	12.90	11.90	16.50	17.00
U	4.41	3.22	5.56	3.97
La	32.11	12.28	36.80	37.80
Ce	61.79	23.68	74.00	67.10
Pr	6.79	2.47	7.82	6.43
Nd	24.49	8.24	27.40	20.20
Sm	4.44	1.37	5.07	3.15
Eu	0.72	0.22	0.66	0.59
Gd	3.20	0.96	3.22	2.07
Tb	0.39	0.13	0.40	0.27
Dy	2.21	0.81	2.14	1.62
Ho	0.41	0.16	0.41	0.32
Er	1.21	0.54	1.23	1.13
Tm	0.17	0.09	0.18	0.17
Yb	1.11	0.70	1.24	1.39
Lu	0.16	0.12	0.19	0.22

Bu kayaç ve kil örneklerinin NTE'i irdelendiğinde, az ayrıışmış kayaç örneği (Ht) çok ayrıışmış olandan (Ha) daha fazla oranda NTE içermektedir (Şekil 3.97b). Kayaçlardaki killerin NTE içeriklerine bakıldığında, alındıkları kayaca göre daha yüksek değerlere sahiptirler (Şekil 3.97b). Killerin kendi arasında NTE içerikleri incelendiğinde, Ha örneğinin NTE içerikleri, Yb ve Lu hariç, Ht'ninkinden azdır. La oranı ise her iki örnekte aynıdır. Az ayrıışmış kayaç (Ht) ile bunun içerdiği kil örneği birlikte değerlendirildiğinde

Sm, Eu ve Ho hariç, HNTE ve ANTE açısından killer daha zengindir. Sm, Eu ve Ho ise hem kayaçta hem de kilde aynı orandadır. Dolayısıyla, kayaçta bulunan HNTE ve ANTE'ler ayrışma sonucu daha çok killerin bünyesine geçmektedir. Çok ayrılmış örnek ile bundan alınan kil kıyaslandığında, H_{akil} örneği NTE'lerce zenginleşmiştir. $H_{akayaç}$ örneğinde 32 x kondirit olan HNTE'ler, H_{akil} örneğinde 100 x kondirit ve 3 x kondirit olan ANTE'ler 6 x kondirite yükselmişlerdir.

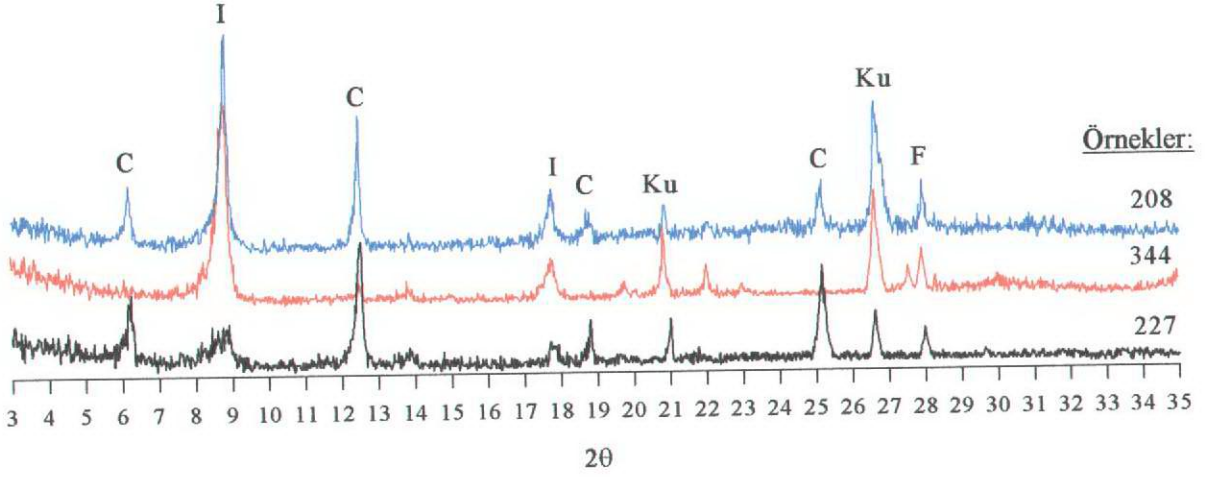


Şekil 3.97. Andezit daykı örnekleri ve bunlarda bulunan killerin Z - OOSB ve kondirite göre normalleştirilmiş a) Iz ve b) NTE çizgisellemeleri.

3.3.2.4. Porfirik Dasitlerde Gelişen Killerin Mineraloji ve Kimyaları

a. Killerin Mineralojisi

Porfirik dasitlerden derlenen örneklerin üç tanesinden kil mineralleri alınarak x - ışınları difraktogramları (doğal, etilen glikollü ve fırınlı) çekilmiş ve türleri tespit edilmiştir. Bunlar ilit, klorit ve kaolinitir (Şekil 3.98). Porfirik dasitlerdeki kil minerallerinin yarı nicel bileşimlerinin yüzdeleri hesaplanmış ve Tablo 3.31'da verilmiştir. Ayrıca bu kayaçlardaki kil minerallerinin ilit kristallik (I_c) (Kübler, 1968 ve 1984), ve klorit kristallik (C_c) dereceleri, ilitin sivrilik oranı (W_1), $I(002)/I(001)$ oranları ve minerallerin b_0 parametreleri (060) hesaplanmıştır (Tablo 3.32).



Şekil 3.98. Porfirik dasitlerdeki kil fraksiyonuna ait yönlü çekilmiş x ışınları difraktogramları

Tablo 3.31. Porfirik dasitlerdeki kil fraksiyonunun yarı nicel bileşim yüzdeleri.

Örn.Nu.	Kayaç T.	Kil Boyutundaki Mineral	Bileşenlerin yüzdesi
208	Porfirik dasit	İlit + klorit + feldispat + kuvars	% 75 I + % 22 C + % 2 F + % 1 Ku
227	“ “	Klorit + ilit + kuvars + feldispat	% 68 C + % 26 I + % 3 Q + % 3 F
344	“ “	İlit + kaolinit + kuvars + feldispat	% 88 I + % 8 K + % 2 Ku + % 2 F

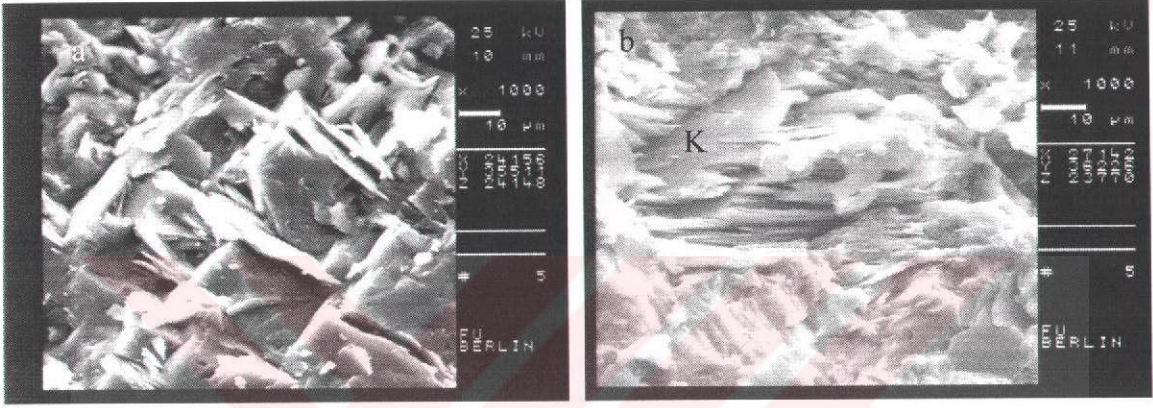
Tablo 3.32. Porfirik dasitlerdeki killerin mineralojik özellikleri.

Örn. Nu.	Kayaç T.	Kil Mineralleri	Ic	W ₁	(002)/(001)	Cc (14Å)	I _{bo}	C _{bo}
208	Porfirik dasit	I + C	1.00	5.13	0.27	0.40	8.9706	-
227	“ “	C + I	1.10	1.94	0.45	0.50	-	9.1824
344	“ “	I + K	1.90	4.82	0.21	-	-	-

★ İlitlerin Mineralojik Özellikleri

Porfirik dasitlerdeki ilit minerallerinin morfolojileri SEM'den yararlanılarak belirlenmiştir. İlitlerin kenarları düzğüne yakın şekildedir (Şekil 3.99). İlit minerali 10Å ve

5Å'daki temel yansımaları ile tanımlanmış olup, etilen glikollü ve fırınlanmış örneklerde yapılan çekimlerde ilit yansıma değerleri bir farklılık göstermemiştir (Şekil 3.98). Porfirik dasitlerdeki ilitlerin kristalinite indeksi 1.00 - 1.90 mm arasında bulunmuştur. İlitlerin (002) / (001) oranları (veya Al / (Fe²⁺ + Mg) oranları) ise 0.21 - 0.45 arasında değişmektedir (Tablo 3.32). Dolayısıyla, düşük I (002) / I (001) oranları ilitlerin (Fe²⁺ + Mg)'ca zengin olduğunu ifade etmektedir. Ayrıca, ilit kristalinite değerleri ve I (002) / I (001) oranları porfirik dasitlerin epizonik karakterli olduğuna dikkat çekmektedir.



Şekil 3.99. Porfirik dasitlerdeki ilit (a) ve kaolinitlerin (b) SEM'deki görünüşleri (Örn. Nu.: 208). K: Kaolinit

İlitlerin Weaver İndeksi (W₁) olarak bilinen sivrilik oranları 1.94 - 5.13 arasında değişmektedir. Ayrıca bir örnekte ilitin b₀ parametresi ölçülmüş ve 1.4951 (veya 8.9706) olarak belirlenmiştir. b₀ değeri bunların oktahedral tabakalarındaki toplam (Fe²⁺ + Mg)'un çok çok az olduğunu belirtmektedir (Maxwell ve Hower, 1967; Weaver ve Polard, 1973). b₀ parametresinin düşük olması, aynı zamanda Al'un yerine geçen Fe²⁺ ve Mg'un miktarının çok az olduğunu göstermektedir. Öyleyse, önceki bölümlerde bahsedilen kayalarda olduğu gibi, ilitler, b₀ parametresine göre, Fe ve Mg'ca fakir ve feldispatların hidrotermal bozuluşu sonucu oluşmuşlardır.

★ Kloritlerin Mineralojik Özellikleri

Porfirik dasitlerde kloritlerin varlığı mikroskopta belirlendikten sonra (Şekil 3.15) ve kil boyutu mineral ayrımı yapılarak difraktogramları çekilmiştir. Klorit 14 Å, 7 Å, 4.72 Å

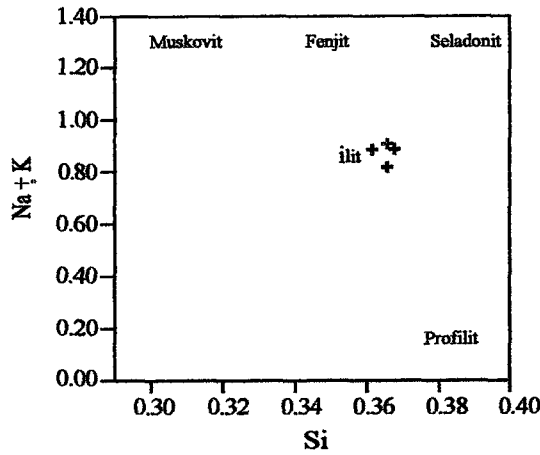
ve 3.53 Å'daki temel yansımaları ile tanımlanmıştır (Şekil 3.98). 14 Å (001) ve 4.72 Å (003) yansımaları 7Å (002) ve 3.53 Å (004) yansımalarından küçük olan bu kloritler demirce zengindirler (Şekil 3.98, Örnek Nu: 208 ve 227) (Eslinger ve Pevear, 1988). Porfirik dasitlerdeki kloritlerin kristaliniteleri 0.40 - 0.50 mm arasındadır (Tablo 3.32).

b. Killerin Kimyası

Porfirik dasitlerin ayrışmasıyla oluşan ilit ve kloritlerin kimyasal özelliklerini ortaya koymak için kimyasal analizler yapılmış ve bunlar aşağıda irdelenmiştir.

★ İlitlerin Kimyası

Porfirik dasitlerdeki ilitlerin mikro kimyasal analiz sonuçları 11 oksijene göre (Weaver ve Pollard, 1973) hesaplanmış ve Tablo 3.33'de verilmiştir. İlitlerde yapraklar arasında bulunan katyonlar (K, Na ve Ca gibi), oktahedral ve tetrahedral yapılar da oluşan yük eksikliklerini dengelemektedir (Tablo 3.33). Porfirik dasitlerdeki ilitlerin SiO₂ ve Al₂O₃ içerikleri normal değerlere yakındır. Söz konusu killer, Si'a karşı (Na + K) diyagramında da ilit alanına düşmektedirler (Şekil 3.100). Ayrıca bu ilitler oktahedral yapıda bulunan Al (Al^{VI})'ca zenginlik göstermektedirler.



Şekil 3.100. Porfirik dasitlerdeki ilitlerin Si'a karşı (Na + K) diyagramındaki konumları.

Tablo 3.33. Porfirik dasitlerdeki illitlerin mikro kimyasal analiz sonuçları (% ağırlık) ve yapısal çözümlenmeleri.

Örn. Nu.	227	227	227	227
SiO ₂	58.31	57.95	58.66	57.38
TiO ₂	a.s.a.	0.20	a.s.a.	a.s.a.
Al ₂ O ₃	26.49	26.02	27.58	26.82
⁴ FeO	2.94	3.01	2.65	2.98
MnO	a.s.a.	0.03	a.s.a.	a.s.a.
MgO	1.39	0.86	a.s.a.	1.31
CaO	0.63	0.87	a.s.a.	0.51
P ₂ O ₅	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.
Na ₂ O	a.s.a.	0.41	a.s.a.	a.s.a.
K ₂ O	10.24	10.66	11.11	11.00
Toplam	100.00	100.01	100.00	100.00
Tetrahedral yapı				
Si	3.66	3.66	3.68	3.62
Al	0.34	0.34	0.32	0.38
T.Y.	- 0.34	- 0.34	- 0.32	- 0.38
Oktahedral yapı				
Al	1.62	1.60	1.72	1.62
Ti	-	0.01	-	-
Fe ⁺²	0.15	0.16	0.14	0.16
Mn	-	-	-	-
Mg	0.13	0.08	-	0.12
O.Y.	- 0.58	- 0.68	- 0.56	- 0.58
T.O.K.	1.90	1.85	1.86	1.90
Yapraklararası				
P	-	-	-	-
Ca	0.04	0.06	-	0.03
Na	-	0.05	-	-
K	0.82	0.86	0.89	0.89
Y.A.Y.	0.90	1.03	0.89	0.95
T.Y.Y.	- 0.92	- 1.02	- 0.88	- 0.96

⁴FeO: Toplam demir, T.Y.: Tetrahedral yük, O.Y.: Oktahedral yük, T.O.K.: Toplam oktahedral katyonsayısı, Y.A.Y.: Yapraklararası yük, T.Y.Y.: Toplam yaprak yükü, a.s.a.: Algılama sınırlarının altında

Porfirik dasitlerdeki illitlerin Mg içerikleri 0.00 - 0.13 (ortalama 0.08) ve Fe²⁺ içerikleri 0.14 - 0.16 (ortalama 0.15) arasında olup, düşüktür. İlitlerin oktahedral yapısında bulunan (Fe + Mg) değerleri 0.14 - 0.28 arasında değişmektedir. Oktaeder yapıda 0.0 - 0.13 arasında Mg içeren illitler düşük Mg'ludur. Bu, feldispatların ayrışması sonucu oluştuklarını göstermektedir (Weaver ve Pollard, 1973). İlitlerin K / Na ve K / Mg oranlarının sırasıyla 17.2 ve 6.30 - 10.75 arasında değişmektedir. Dolayısıyla, porfirik dasitlerdeki illitler, daha önce bahsedildiği (Bölüm 3.3.2.1) gibi, feldispatların hidrotermal ayrışmasıyla oluşmuştur.

★ Kloritlerin Kimyası

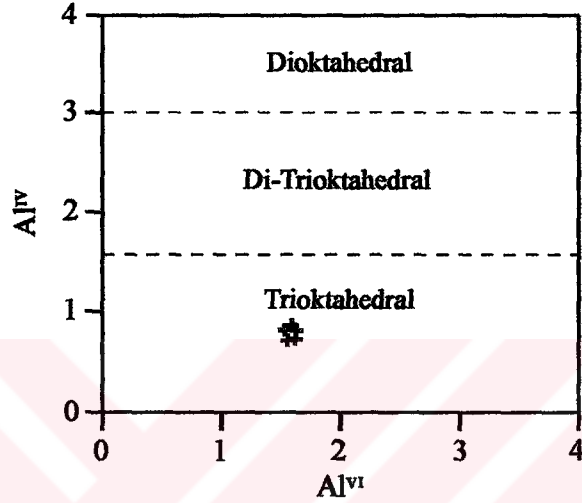
Porfirik dasitlerdeki kloritlerin, kimyasal analiz sonuçları Tablo 3.34'de verilmiştir. Kimyasal analizlerden 14 oksijene göre hesaplanan oktahedral yapıdaki Mg değerleri 1.59 - 1.87, Fe²⁺ değerleri 2.17 - 2.42 ve Al değerleri 1.53 - 1.63 arasında olup, Fe²⁺ / (Fe²⁺ + Mg) oranları ise 0.54 - 0.60 (ortalama, 0.56) arasında değişmektedir. Tetrahedral yapıdaki Si ise 3.11 - 3.27 arasındadır. Kloritlerin tetrahedral ve oktahedral tabaka yükleri toplamı ile yapraklar arası yük toplamına bakıldığında, dengede oldukları görülmektedir (Tablo 3.34).

Tablo 3.34. Porfirik dasitlerdeki kloritlerin mikro kimyasal analiz sonuçları (% ağırlık) ve yapısal çözümlenmeleri.

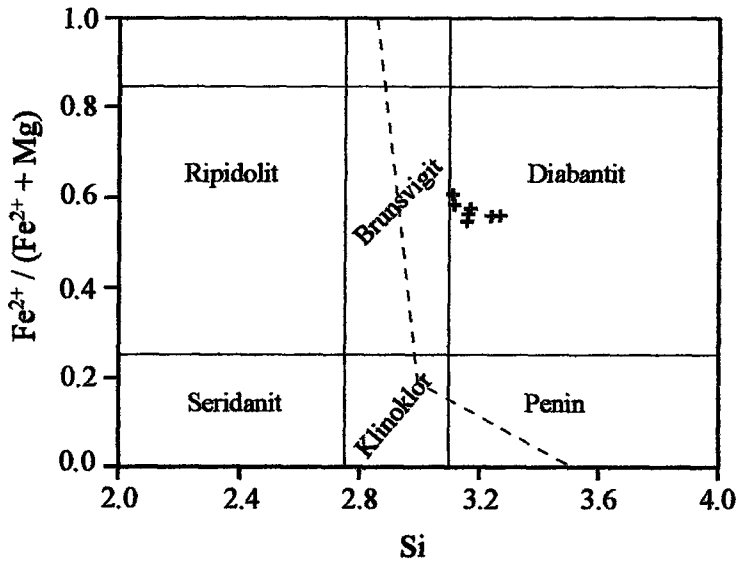
Örn. Nu.	227	227	227	227	227	227	227
SiO ₂	34.67	35.95	34.79	33.79	35.84	34.02	34.69
TiO ₂	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.
Al ₂ O ₃	22.65	21.39	22.74	22.83	22.37	22.97	21.97
⁴ FeO	29.25	29.39	29.67	31.40	28.60	30.06	29.58
MnO	0.63	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.
MgO	12.80	12.96	12.35	11.59	12.72	12.18	13.76
CaO	a.s.a.	0.31	0.46	0.40	0.47	0.77	a.s.a.
P ₂ O ₅	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.
Na ₂ O	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.
K ₂ O	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.	a.s.a.
Toplam	100.00	100.00	100.01	100.01	100.00	100.00	100.00
Tetrahedral yapı							
Si	3.16	3.27	3.17	3.11	3.24	3.12	3.16
Al	0.84	0.73	0.83	0.89	0.76	0.88	0.84
T.Y.	-0.84	-0.73	-0.83	-0.89	-0.76	-0.88	-0.84
Oktahedral yapı							
Al	1.60	1.56	1.62	1.59	1.63	1.60	1.53
Ti	-	-	-	-	-	-	-
Fe ⁺²	2.23	2.24	2.26	2.42	2.17	2.30	2.26
Mn	0.05	-	-	-	-	-	-
Mg	1.74	1.76	1.68	1.59	1.72	1.66	1.87
O.Y.	0.84	0.68	0.74	0.79	0.67	0.72	0.85
T.O.K.	5.62	5.56	5.55	5.60	5.52	5.56	5.65
Yapraklararası							
Ca	-	0.03	0.04	0.04	0.05	0.08	-
Y.A.Y.	0.00	0.06	0.08	0.08	0.10	0.16	0.00
T.Y.Y.	0.00	-0.05	-0.09	-0.10	-0.09	-0.16	0.01

FeO: Toplam demir, T.Y.: Tetrahedral yük, O.Y.: Oktahedral yük, T.O.K.: Toplam oktahedral katyon sayısı, Y.A.Y.: Yapraklararası yük, T.Y.Y.: Toplam yaprak yükü, a.s.a.: Algılama sınırlarının altında

Kimyasal analizlerden hesaplanan tetrahedral ve oktahedral Al içeriklerine göre kloritler trioktahedral (Şekil 3.101) olarak tespit edilmiş ve türleri brunsvigit olarak belirlenmiştir (Şekil 3.101). Ayrıca Şekil 3.101'deki grafik incelendiğinde $Fe^{2+} / (Fe^{2+} + Mg)$ oranı ilâ Si arasında negatif bir ilişki olduğu görülmektedir. Buna göre $Fe^{2+} / (Fe^{2+} + Mg)$ oranı azalırken Si artmaktadır.

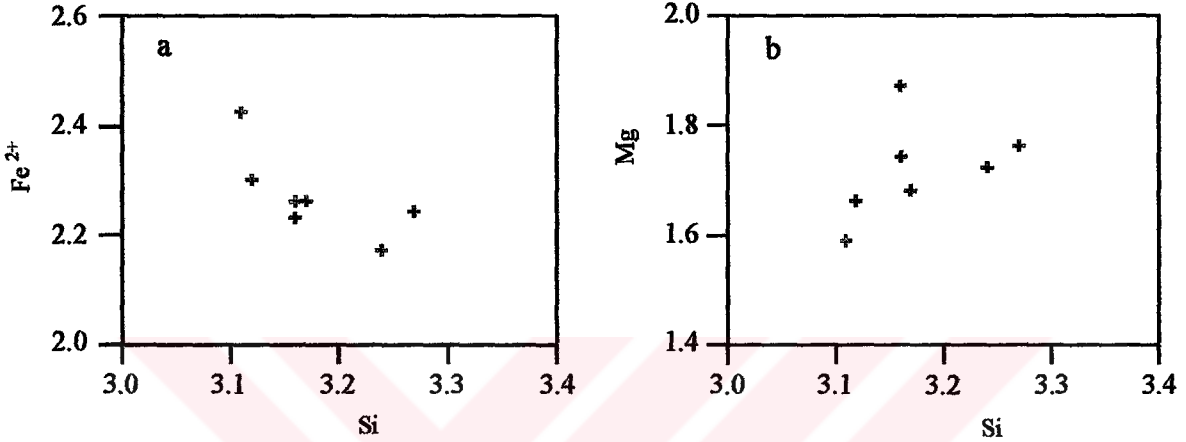


Şekil 3.101. Porfirik dasitlerdeki kloritlerin Al^{VI} 'a karşı Al^{IV} diyagramındaki konumları (Guidotti, 1984'ten değiştirilerek).



Şekil 3.102. Porfirik dasitlerdeki kloritlerin $Fe^{2+} / (Fe^{2+} + Mg)$ oranının Si'ye göre değişimi (Foster, 1962'den değiştirilerek).

Porfirik dasitlerdeki bulunan kloritlerdeki Si ilâ Mg ve Fe^{2+} arasındaki ilişkiden Si artıka Fe^{2+} 'in azaldığı ve Mg'un arttığı görülmektedir (Şekil 3.103). Fe^{2+} ve Mg arasında ise negatif yönde bir ilişki mevcuttur. Oktahedral yapıdaki Al ilâ Fe^{2+} ve Mg arasındaki ilişki irdelendiğinde ise Fe^{2+} ilâ pozitif, Mg ilâ negatif olduğu görülür. Buna göre, Al^{VI} azalırken Fe^{2+} azalmakta ve Mg artmaktadır.

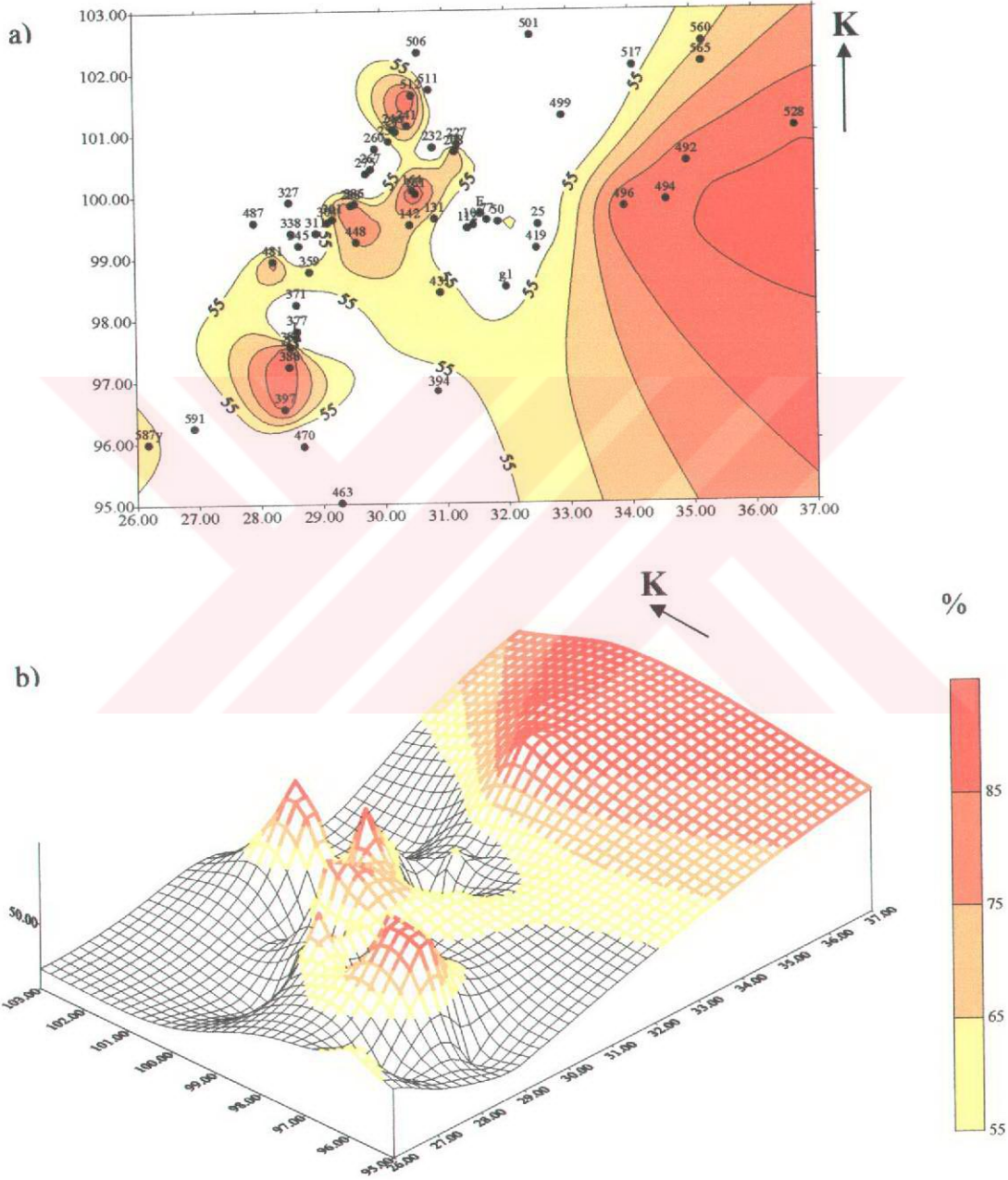


Şekil 3.103. Porfirik dasitteki kloritlerde bulunan a) Si ilâ Fe^{2+} ve b) Si ilâ Mg arasındaki değişimler.

3.3.3. Volkanitlerde Görülen Ayrışmanın Haritalanması

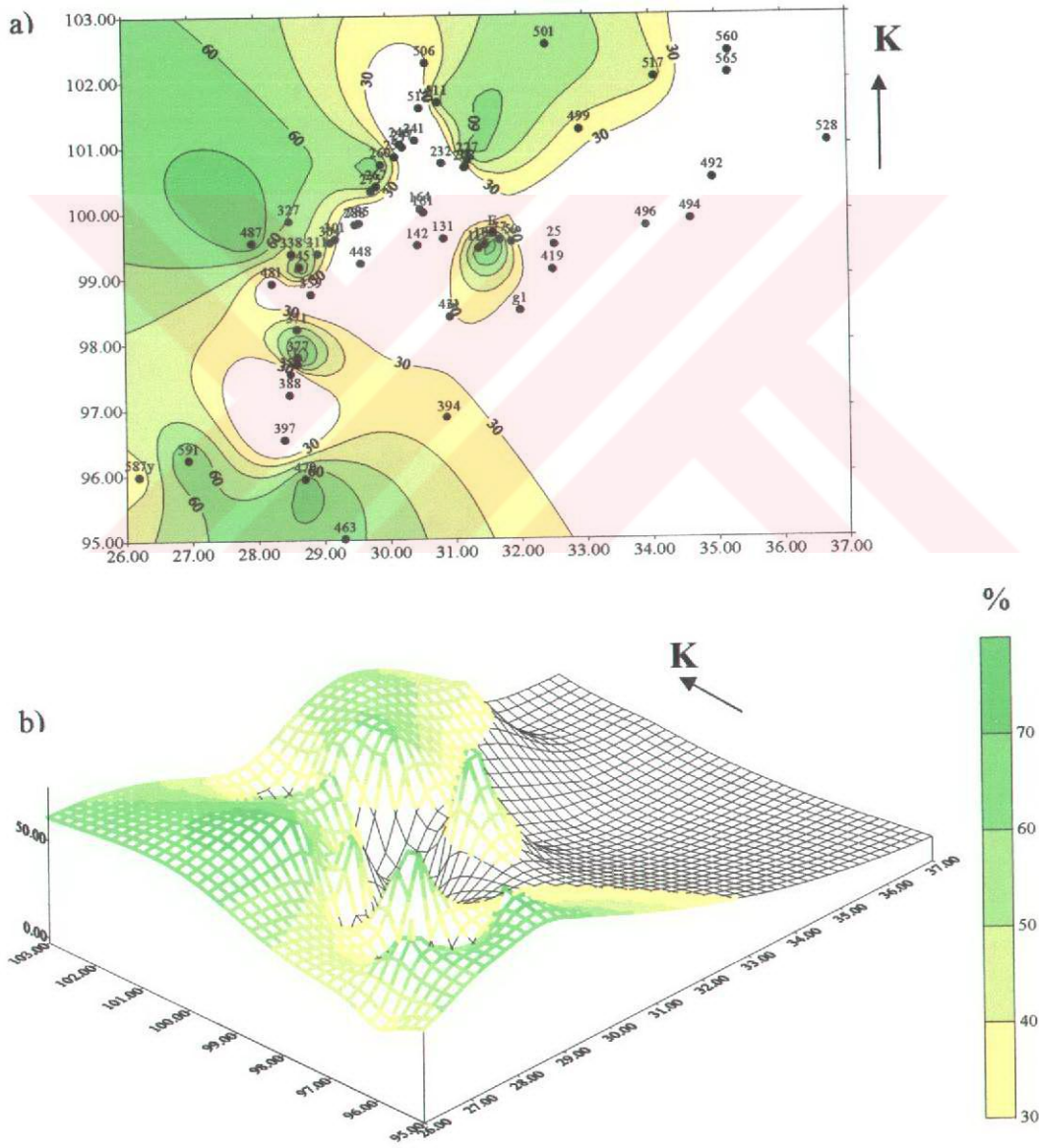
Zigana civarındaki volkanitlerde görülen ayrışmalar ve türleri makroskobik, mikroskobik, XRD, SEM ve kimyasal analizlerden giderek belirlendikten sonra, SURFER programı yardımıyla harita üzerine aktarılmaya çalışılmıştır. Bunun için çalışma alanından alınan örneklerin öncelikle topoğrafik haritadan koordinat noktaları bulunmuştur (Ek Tablo 6). Daha sonra bu örneklere ait kil parajenezinden hesaplanan mineral yüzdeleri ile örneklerin koordinat noktaları SURFER programına aktarılarak bu bileşenlere ait ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır (Tablo 3.35). Bu hesaplamalardan sonra ilit, klorit, kaolinit, kalsit (bunun için kayaların CO_2 içeriği kullanılmıştır), kükürt ve ateşte kayıp için ayrı ayrı değişim (kontur) haritaları ve blok diyagramları çizdirilmiştir (Şekil 3.104, 105, 106, 107, 108 ve 109). Değişim ve blok diyagramları çizilirken minerallere ait ortalama değerleri taban değeri olarak seçilmiştir. Her bir ayrışma mineraline ait kontur haritası çizildikten sonra, örneklerden yapılan kimyasal analizlerden ayrışma ile bağlantılı olan oksitler (K, Mg, Fe, Al, Si ve Na) seçilerek bu defa element bazında değişim haritası

oluşturulmuştur (Şekil 3.110). Ayrışma mineralleri ve bazı ana elementlerden oluşturulan kontur haritaları birlikte yorumlanarak benzerlikleri ve farklılıkları araştırılmıştır. Tüm bu değişim haritaları birlikte değerlendirilerek çalışma alanına ait ayrışma haritası oluşturulmuştur (Ek Şekil 5).



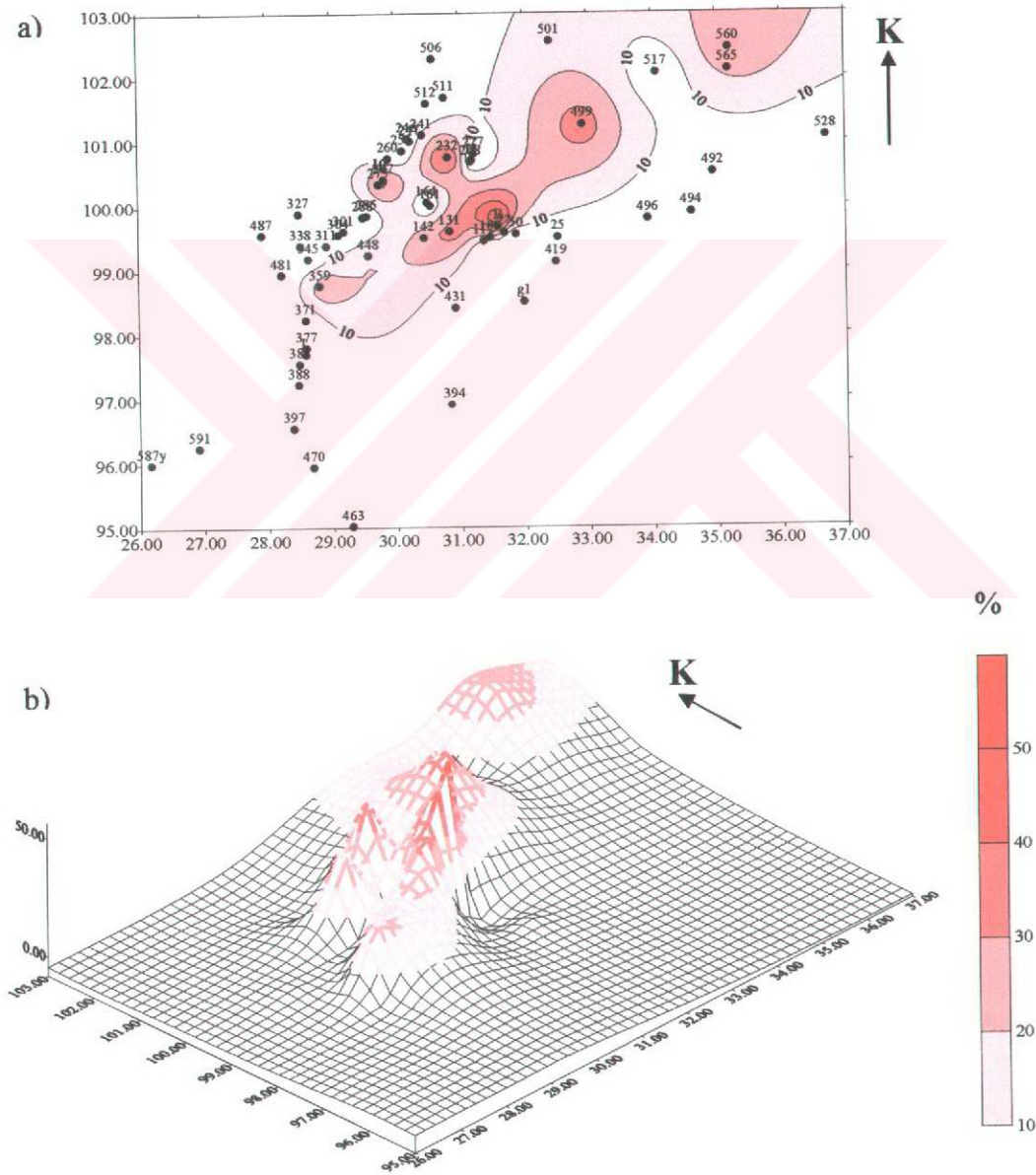
Tablo 3.35. Volkanitlerdeki illit, klorit, kaolinit, S, CO₂ ve AK için hesaplanmış istatistikî değerler.

Mineral	Örn. Say.	Örn. Top.	Ortalama	Stand. Sapma	Min. Değer	Maks. Değer
İlit	44	2472	56.1	29.4	4	97
Klorit	44	1235	28.0	29.7	0	89
Kaolinit	42	312	7.4	14.2	0	49
Kükürt	50	6.99	0.14	0.2	0	1.06
Kalsit (CO ₂)	36	99.89	2.8	2.9	0.08	9.7
AK	50	244.97	4.9	2.7	1.36	12.44



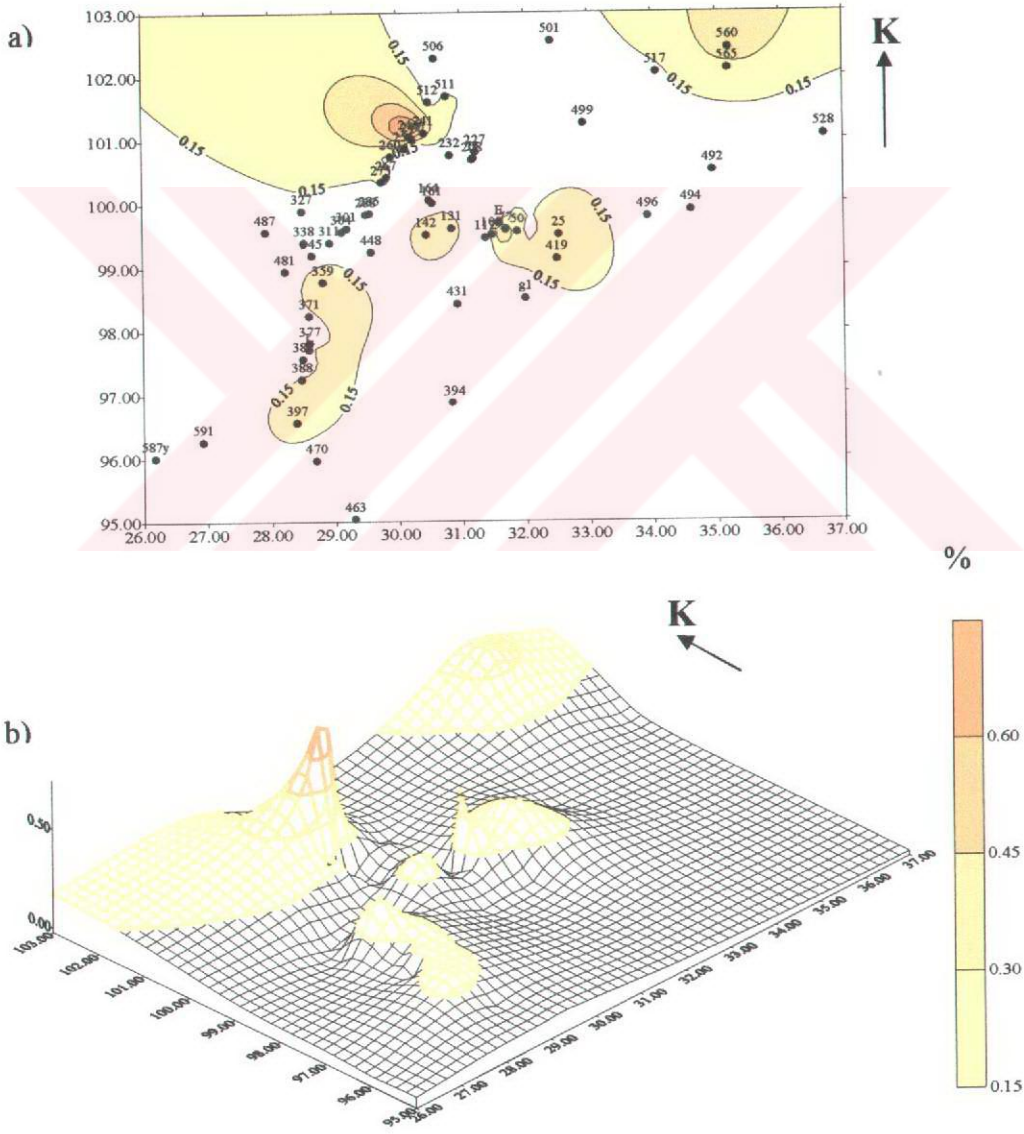
Şekil 3.105. Zigana ve civarındaki volkanitlerden alınan örneklerin içerdikleri klorit mineral yüzdelere göre SURFER programında çizdirilmiş klorit değişim haritası (a) ve blok diyagramı (b)

İlitler, çalışma alanında az veya çok miktarda her yerde bulunmaktadır. İlitler en yoğun olarak KD - GB yönünde dağılım göstermekte, yani belli bir kırık sistemini takip etmekte ve bunun dışındaki alanlarda daha azdır (Şekil 3.104). Klorit ve kaolinitler de ilitlerle hemen hemen aynı yönde dağılım göstermektedirler (Şekil 3.105 ve 106). İlit ve klorit çalışma alanının tümünde az veya çok miktarda belirlenmiştir. Ancak biri artarken diğeri azalmaktadır. Kaolinit ise çok az bir alanda görülmekte ve bazı örneklerde kloritle, bazılarında ise ilitle birlikte bulunmaktadır.



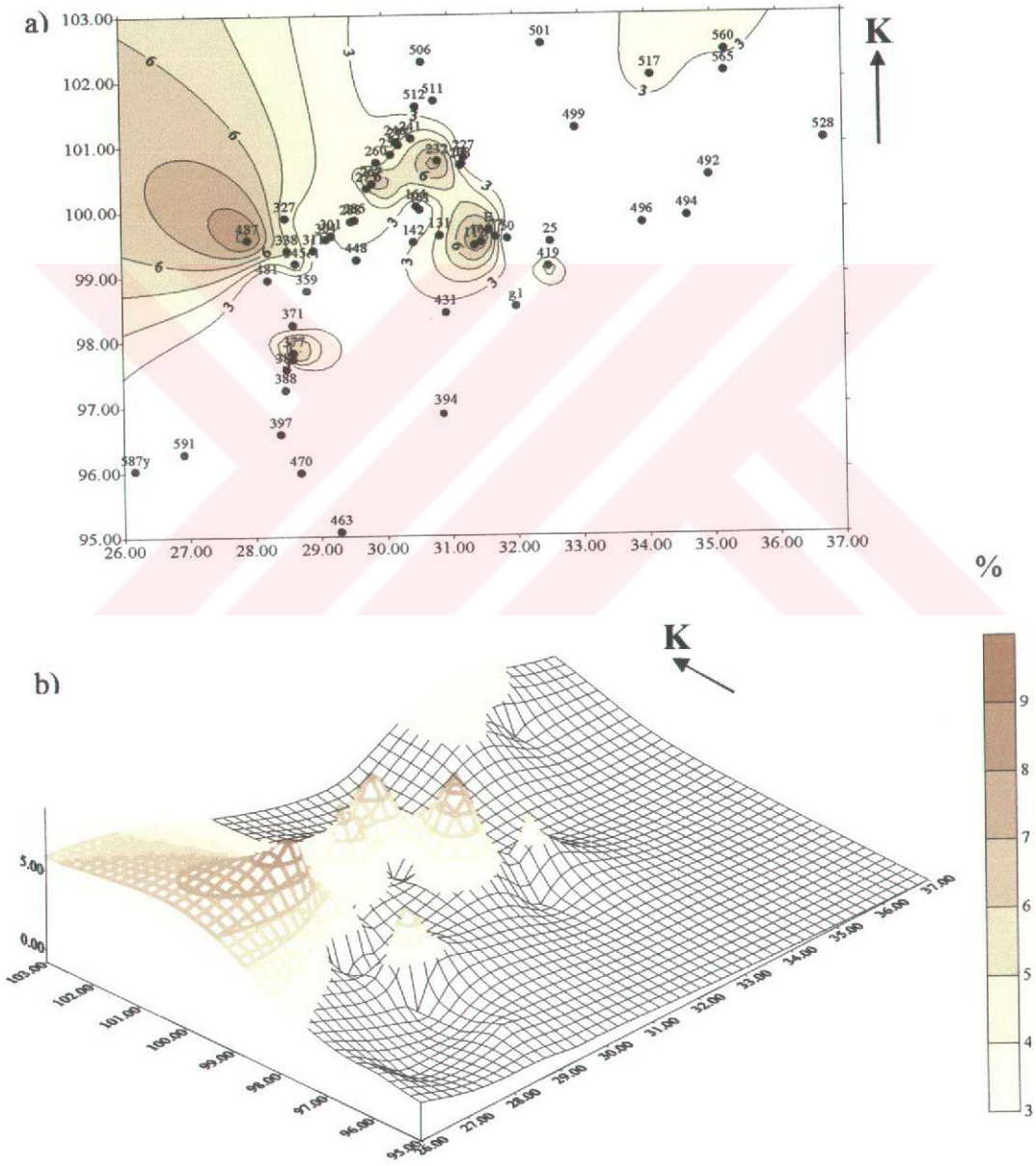
Şekil 3.106. Zigana ve civarındaki volkanitlerden alınan örneklerin içerdikleri kaolinit mineral yüzdelerine göre SURFER programında çizdirilmiş kaolinit değişim haritası (a) ve blok diyagramı (b)

Kayaçların kükürt içeriği genel olarak çok düşüktür (Şekil 3.107). Sadece iki alanda kükürt içeriği yüksek değerlerdedir. Bu alanlardan biri iri piritlerin bulunduğu Tumbi ve Istala madeninin alt kesimi, diğeri ise ayrıışmış ve ufak (1 - 3 mm) pirit içeren andezitlerin bulunduğu Köstere ve Balitane civarına denk düşmektedir. Dolayısıyla, çalışma alanında kükürtün dağılımı bir sülfat minerali olan piritler tarafından belirlenmektedir. Çünkü tüm kayaçlar az veya çok miktarda pirit içermektedir. Arazi genelinde kükürtün tek düze dağılım göstermesi, belirgin anomaliler vermemesi, kayaçların pirit içeriğinin birinden diğerine fazla değişmemesinden kaynaklanmaktadır.

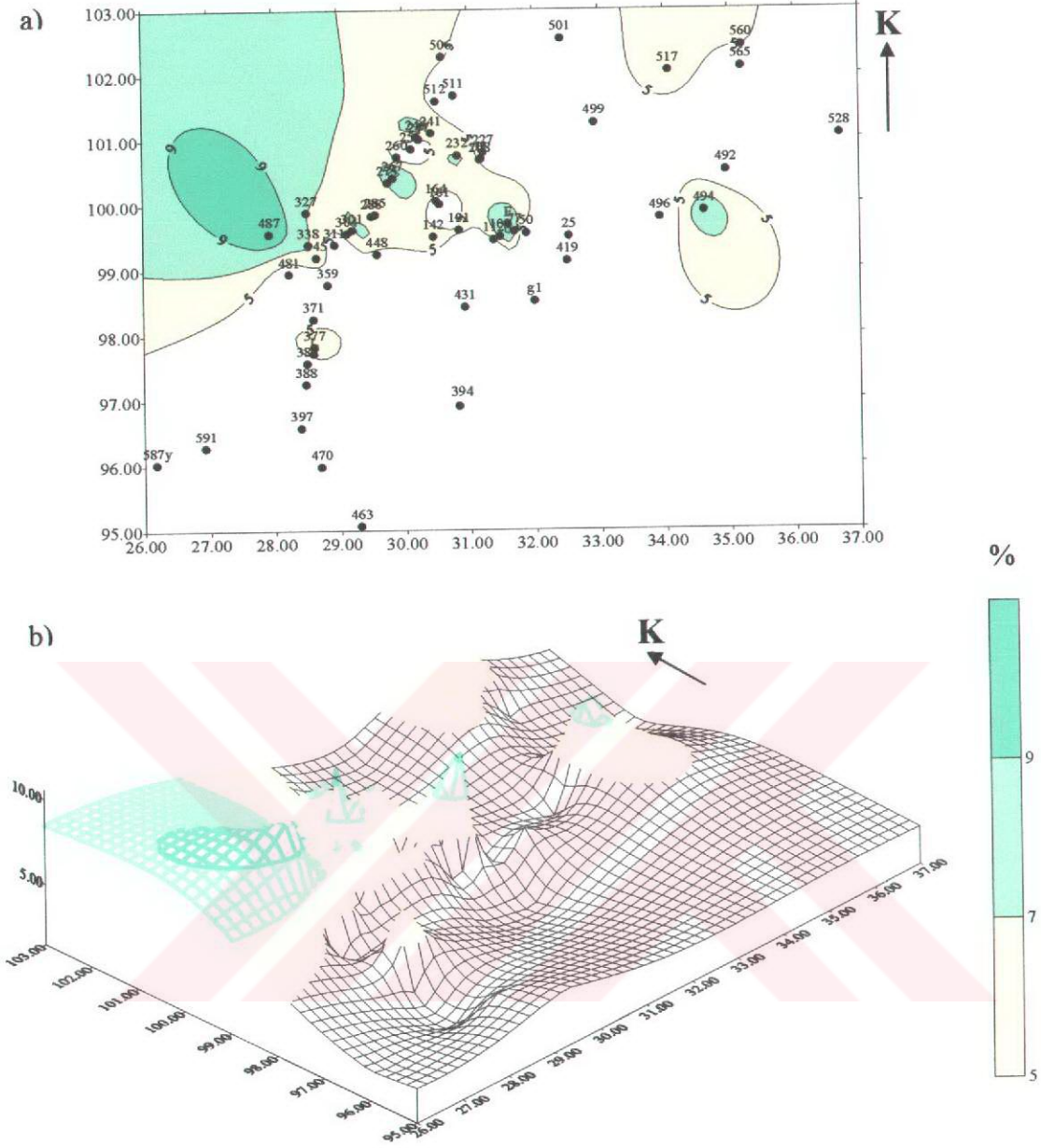


Şekil 3.107. Zigana ve civarındaki volkanitlerden alınan örneklerin içerdikleri kükürt (S) yüzdelere göre SURFER programında çizdirilmiş kükürt değişim haritası (a) ve blok diyagramı (b)

Kayaçların CO₂ ve ateşte kayıp (AK) içeriklerinden oluşturulan değişim haritaları benzer dağılımı göstermektedir (Şekil 3.108 ve 109). Bu durum CO₂ ile AK'nın birbirine paralel bir davranış sergilediğini yansıtmaktadır. Kayaçlarda karbonatlar oluşurken su içeriğinin de arttığı daha önce (Bölüm 3.3.1.4.) belirtilmişti. Buna göre, kayaçta karbonat mineralleri fazla ise AK içeriği de yüksektir. Dolayısıyla CO₂ ve AK'ın değişim haritalarının hemen hemen birbirine benzer dağılım göstermesi, bu durumun bir sonucudur.



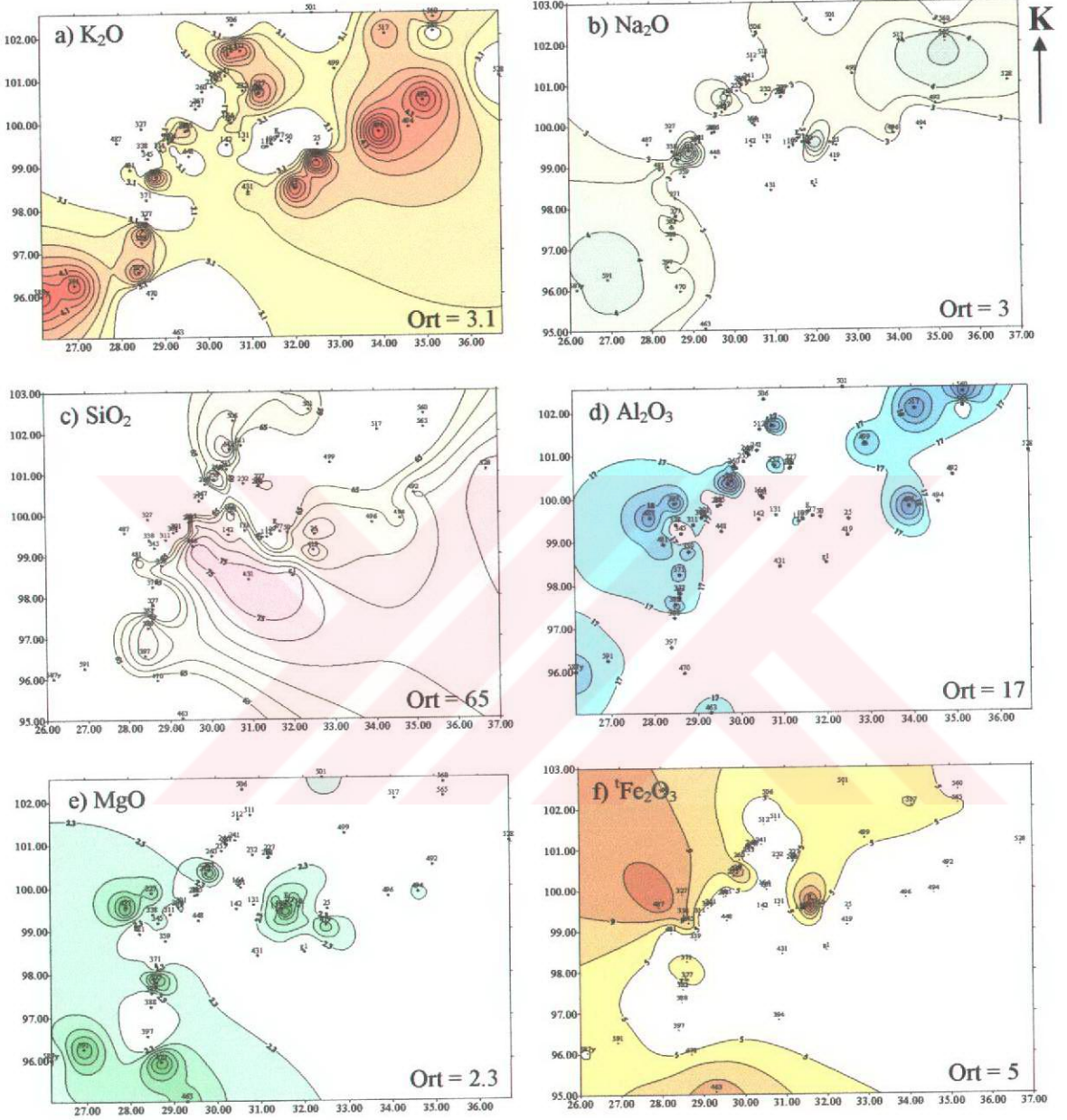
Şekil 3.108. Zigana ve civarındaki volkanitlerden alınan örneklerin içerdikleri CO₂ yüzdelere göre SURFER programında çizdirilmiş CO₂ değişim haritası (a) ve blok diyagramı (b)



Şekil 3.109. Zigana ve civarındaki volkanitlerden alınan örneklerin koordinatları ve içerdikleri AK (ateşte kayıp) yüzdelere göre SURFER programında çizdirilmiş AK değişim haritası (a) ve blok diyagramı (b)

İlit, klorit, kaolinit, karbonat mineralleri ve silisleşmeyi temsil edebilecek oksitler (K, Na, Mg, Fe, Al ve Si) seçilerek bu defa element bazında değişim haritaları oluşturulmuştur (Şekil 3.110). Bu elementlerden K, Na, Al ve Mg'a ait değişim haritalarında ilit, klorit ve kaolinitte olduğu gibi KD - GB yönünde en yüksek değerler görülmektedir (Şekil 3.110a, b ve d). Bu durum, bölgede hakim olan tektonizma ile ilişkili olabilir. Buna göre, kırıklar

boyunca hareket eden hidrotermal sıvılar kayaçların ayrışmasına katkıda bulunmuştur. Ayrıca, K_2O , Na_2O ve Al_2O_3 dağılımları genel olarak ilitinkine benzerdir.



Şekil 3.110. Zigana ve civarındaki volkanitlerden alınan örneklerin içerdikleri ana element yüzdelerine göre SURFER programında çizdirilmiş element değişim haritaları

SiO₂ dağılımı ise ikincil kuvarslardan (silisleşme) ziyâde genel olarak dasitik kayaçların yayılımı ile uyuşmaktadır (Şekil 3.110c). Bu durum çok normal bir sonuçtur. Çünkü burada kullanılan kimyasal değerler, kayaçlardan elde edilen analiz sonuçları ve

taban değeri olarak bunların ortalamasıdır. Dolayısıyla kayalarda (özellikle asitik kayalarda) oluşan ikincil kuvarsları bu şekilde belirlemek çok zor olup, sadece SiO₂ değerlerinin aşırı olduğu yerler hakkında bilgi vermektedir. Kayaların MgO ve Fe₂O₃ içeriklerinin değişim haritası (Şekil 3.110e ve f) kloritinki ile benzer dağılıma sahiptir.

Sonuç olarak oluşturulan ayrışma haritasındaki ayrışma alanları incelendiğinde belirli ve sistematik bir ayrışma zonlanması ayırt edilememiştir.

3.4. Mineral Jeotermometresi

Ayrışma sonucu oluşan minerallerde yapılan mikrokimyasal analizler neticesinde, ayrışma minerallerinin oluşum sıcaklığını belirleyebilmek için kloritte jeotermometre uygulaması yapılmıştır.

Klorit termometresi sıcaklığın bir fonksiyonu olarak tetrahedral yapıda bulunan Si⁺⁴'ün bir kısmının veya hepsinin yerini Al⁺³'ün alması esasına dayanır (Cathelineau, 1988). Sıcaklık arttıkça tetrahedral yapıdaki alüminyum miktarında yan kayaca bağlı olmaksızın bir artış meydana gelmekte ve dolayısıyla kloritin oluşum sıcaklığı değişmektedir. Tetrahedral yapıda bulunan Al⁺³ ve Si⁺⁴ arasında Cathelineau ve Nieva (1985)'nin belirlemiş oldukları bu ilişki daha sonra Cathelineau (1988) tarafından yeniden düzenlenerek

$$T (^{\circ}\text{C}) = 321.98 \times \text{Al}^{\text{IV}} - 61.92 \quad (4)$$

formülü önerilmiştir.

Kloritlerde uygulanan bir başka termometre ise Jowett (1991) tarafından geliştirilmiş ve kayacın bileşimini yansıması açısından kloritlerin $\text{Fe}^{2+} / (\text{Fe}^{2+} + \text{Mg})$ değeri göz önüne alınarak Cathelineau'in (1988) formülü yeniden düzenlenmiştir. Jowett (1991) 8 numaralı formüldeki Al^{IV} değerine $\text{Fe}^{2+} / (\text{Fe}^{2+} + \text{Mg})$ düzeltmesi yapmış

$$\text{Al}^{\text{IV}} = \text{Al}^{\text{IV}} + 0.1 \times [\text{Fe} / (\text{Fe} + \text{Mg})] \quad (5)$$

ve aşağıdaki formülü önermiştir:

$$T (^{\circ}\text{C}) = 319 \times \text{Al}^{\text{IV}} - 69 \quad (6)$$

Formül 8 ve 10'da verilen jeotermometrelere göre hesaplanan klorit oluşum sıcaklıkları istatistiksel hata sınırları içerisinde hemen hemen aynı olup, 100 ilâ 250 °C (Tablo 3.36) arasında değişmektedir. Bu yöntemle göre kloritlerde bulunan sıcaklık değerleri hidrotermal çözeltilerin aktivitelerine karşılık gelmektedir.

Tablo 3.36. Volkanitlerde Cathelineau (1988) ve Jowett'in (1991) önerdiği formüller kullanılarak hesaplanan klorit oluşum sıcaklığı değerleri.

Örn. Nu.	Kayaç Türü	Al ^{IV}	Fe ²⁺ /(Fe ²⁺ +Mg)	Formül (8)* (°C)	Ort. °C	Formül (10)** (°C)	Ort. °C
A1	Dasit - I	0.57	0.26	122	122	121	121
A6	Dasit - I	0.70	0.47	163	163	169	169
50	Dasit - I	0.76	0.46	183	152	188	156
50		0.80	0.44	195		200	
50		0.64	0.35	144		146	
50		0.61	0.45	134		140	
50		0.52	0.33	106		107	
50		0.64	0.45	144		150	
227		Porfirik dasit	0.84	0.56		209	
227	0.73		0.56	173	182		
227	0.83		0.57	205	214		
227	0.89		0.60	225	234		
227	0.76		0.55	183	191		
227	0.88		0.54	221	229		
228	0.84		0.54	209	216		
L4	Andezit	0.68	0.52	157	130	165	139
L4		0.51	0.58	102		112	
93	Andezit daykı	0.95	0.39	244	204	246	207
93		0.57	0.40	121		126	
93		0.96	0.43	247		250	

*Formül (8): Cathelineau (1988), **Formül (10): Jowett (1991)

3.5. Kayaçların ve Killerin pH Değerleri

Kayaçlarda ayrışma sonucu mineral oluşumlarını ve birlikteliklerini kontrol eden ana faktörlerden birisi pH'dır (Barnes, 1979). Dolayısıyla, çalışma alanında görülen ayrışma minerallerinin oluşum şartlarını belirlemek amacıyla kayaçların ve killerin pH'ları ölçülmüştür (Tablo 3.37). Bu işlem için Keller'in (1990) önerdiği yöntem kullanılarak örneklerin pH'ları bulunmuştur.

Tablo 3.37. Volkanitlerde ve bunlardan alınan killerde ölçülen pH değerleri.

Kayaçlar		Ölçüm Süreleri				Kil Türü
Kç. Türü	Örn. Nu.	2 saat	4 saat	24 saat	48 saat	
Bazalt	463	6.98	8.06	7.34	7.90	C + I
Bazalt	345	8.89	8.98	8.77	8.70	C+H+C-V
Dasit - I	25	3.76	3.68	3.74	3.83	I+S+C+K
Dasit - I	D4	4.30	4.25	4.25	4.25	I + K
Dasit - I	D6	3.92	3.84	3.84	3.95	I + K
Dasit - I	A4	3.90	3.75	3.82	3.91	I + C
Dasit - I	528	8.21	8.07	8.10	8.02	I
Dasit - I	T	9.16	8.97	8.74	8.57	I
Dasit - II	G1	8.29	8.48	8.55	8.42	I ± C
And. dayk	E1	8.32	8.35	8.20	8.35	K + I
And. dayk	Ht	8.18	8.70	8.83	8.70	I + C
And. dayk	Ha	4.60	4.61	4.73	4.71	I (Fe)
Killer						
	Örn. Nu.	2 saat	4 saat	24 saat	48 saat	Kil Türü
Bazalt	K345	8.26	8.74	8.46	8.33	C+H+C-V
Andezit	KL3	4.44	4.56	4.54	4.57	C+I (Fe)
Andezit	KK2	7.90	8.10	8.04	7.81	C+I (Mg)
Dasit - I	K50	7.35	8.09	7.79	7.80	I + C
Dasit - I	K25	3.40	3.40	3.51	3.64	I+S+C+K
Dasit - I	KA4	4.13	3.85	3.88	4.01	I + C (Fe)
Dasit - I	KD4	3.67	3.89	3.82	3.85	I + K
Dasit - I	KD6	3.58	3.71	3.67	3.71	I + K
And. dayk	KE2	6.46	7.05	6.73	7.02	K+I (Fe)

Kayaçlar ve kil mineralleri, 48 saat sonra ölçülen pH değerlerine göre, asidik (pH = 3.64 - 4.57) ve zayıf alkali (pH = 7.8 - 8.33) ortam şartlarında gelişmiştir. İlitlerin, K ve Al'ca zengin kayaçların yüksek pH (7 - 8) koşullarında, hidrotermal ayrışması veya yüzeysel bozuşmasıyla oluştuğu bilinmektedir. Klorit minerali de alkali (pH= 7.5 - 9.5) şartlarda oluşmaktadır (Large vd., 2001). Bu çalışmada klorit içeriği fazla olan (> % 80) kil örnekleri pH'nın 8.33'ten büyük olduğu ortamlarda, klorit % 70, ilit % 30 ve klorit %30, ilit % 70 olan örnekler pH'nın 7.80 olduğu ortam şartlarında gelişmiştir. Dolayısıyla kloritce zengin (> % 80) örneklerin illitlere nazaran daha alkali (pH > 8) ortam şartlarında geliştiği görülmektedir. Ortamın pH'sı azaldıkça klorit miktarı azalmakta ve ilit eşlik etmektedir. Ayrıca bazı örneklerde ilit ve klorit olmasına rağmen pH (3.64 - 4.57) değerleri düşüktür. Bazı kil örneklerindeki düşük pH değerleri ortamda bulunan Fe^{2+} veya ilit ve

klorite eşlik eden kaolinitten kaynaklanmış olabilir. Sonuç olarak, pH değerlerindeki değişiklikler kil oluşumunda farklı hidrotermal sıvıların rol oynadığını belirtmektedir.

3.6. Duraylı İzotop Analizleri

Çalışma alanında gözlenen ayrışmaya etkili olan sıvı/ sıvıların kökenini belirlemek için duraylı izotoplardan yararlanılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla sadece ilit içeren dasitlerden ilitler ayrılarak (Bölüm 2.1.2.3) bunlardan D / H ve $^{18}\text{O} / ^{16}\text{O}$ izotop oranları analiz edilmiş ve analiz sonuçları δD (‰) ve $\delta^{18}\text{O}$ (‰) değerleri şeklinde verilmiştir. Analizlerde “Okyanus Suyu Ortalaması (SMOW)” değeri standart olarak kullanılmıştır. Analizlerden elde edilen veriler denizel ($\delta^{18}\text{O} = 0$, $\delta\text{D} = 0$), meteorik ($\delta^{18}\text{O} \leq 0$, $\delta\text{D} \leq 0$), magmatik ($\delta^{18}\text{O} = 5.5 \text{‰} - 10.1 \text{‰}$, $\delta\text{D} = -50 \text{‰} - -85 \text{‰}$) ve metamorfik ($\delta^{18}\text{O} = 5 \text{‰} - 25 \text{‰}$, $\delta\text{D} = -20 \text{‰} - -65 \text{‰}$) kökenli sularla karşılaştırılarak kökenel ilişkileri araştırılmıştır. Ancak kökeni ne olursa olsun tüm hidrotermal sular, içinden geçtikleri kayalarla su / kayaç oranına bağlı olarak etkileşmekte ve özellikle ^{18}O izotopları bakımından değişimler göstermektedirler (Hoefs, 1973; Rye ve Ohmoto, 1974; Ohmoto ve Rye, 1979; Ohmoto, 1986; O’Neil, 1986; Faure, 1986).

3.6.1. İlitlerin Hidrojen ve Oksijen İzotop Analizlerinin Değerlendirilmesi

Dasitlerden kil ayırma yöntemi (Bölüm 2.1.2.3) ile alınan ilitlerin hidrojen ve oksijen izotopları analizleri yapılmış ve Tablo 3.38’de verilmiştir. Hidrojen izotopları ayırılma derecesi en çok olan ve doğal olaylar sırasında en hızlı ve kolay ayrımlanan izotoplardır (Gökçe, 1993). Ancak H izotopları sadece minerallerin H izotop değerini ve sıvı kapanım içindeki suyun H bileşimini belirlemek için kullanılır, jeotermometre olarak kullanılamaz. Zira sulu silikatların (kaolinit - serizit gibi) izotopik farklılaşma faktörleri sıcaklıktan bağımsız olup, minerallerin kimyasal bileşimlerine son derece duyarlıdır. Sıvı ilâ mineraller arasında H değişiminin düşük sıcaklıklarda bile çok kolaylıkla gerçekleşebilmesi, maden yatakları bünyesinde oluşmuş olan sulu silikatların H izotop bileşiminin sistem içerisinde daha sonra etkili olan çözeltiler tarafından kolaylıkla değiştirilebilmesi bu izotopun jeotermometre olarak kullanılmasını sınırlandıran bir etkidir (Cole ve Ohmoto, 1984).

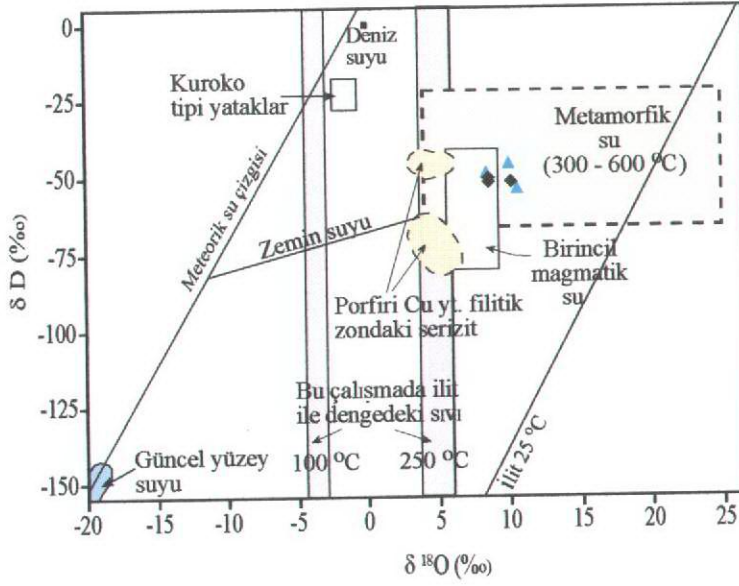
İlitlerden analiz edilen H izotopları dasitlerdeki illitlerin hafif hidrojen izotopları bakımından zengin olduğunu belirtmektedir. İlitlerdeki oksijen izotopları ise ağır oksijen izotopları bakımından zengindir. İlitlerden ölçülen D ve ^{18}O izotop değerleri $\delta^{18}\text{O}$ 'e karşı δD değişim diyagramına aktarılmış ve değişik kökenli sıvılarla karşılaştırılmıştır (Şekil 3.111). Dasit - I'deki illitlere ait veriler, bir örnek hariç, hidrojen ve oksijen açısından dar bir aralıkta değişmektedir. Örneklerin dar bir aralıkta değişmesi Dasit - I'deki illitlerin oluşumunda benzer özellikli sıvıların rol oynadığını göstermektedir. Dasit - I'deki veriler hafif oksijenden ağır oksijene doğru az da olsa bir değişim göstermektedir (Şekil 3.111). Bu değişim, mineral oluşumunda sıcaklığın etkisi olduğunu belirtmektedir (Zheng ve Hoefs, 1993). Dasit - I'deki iki örneğin magmatik alanda ve bir örneğin bu alan dışında (metamorfik alan) yer alması hidrojen ve oksijenin kaynağının önemli bir kısmının magmatik, az bir kısmının ise metamorfik olduğunu işaret etmektedir.

Tablo 3.38. Dasitlerdeki illitlerden ölçülen duraylı izotop analizlerinin sonuçları

Örn. Nu.	Kayaç Türü	Mineral	$\delta^{18}\text{O}_{(\text{VSMOW})}$	$\delta\text{D}_{(\text{SMOW})}$	İlit ile dengedeki sıvının bileşimi $\delta^{18}\text{O}_{\text{SIVI}} (1)$		$\text{H}_2\text{O} (\%)$
					100 °C	250 °C	
D6	Dasit - I	İlit	10.2	-52	- 3.02	5.39	1.6
161	Dasit - I	İlit	8.6	-52	- 4.62	3.79	3.6
288	Dasit - I	İlit	8.6	-51	- 4.62	3.79	1.3
397	Dasit - II	İlit	8.5	-49	- 4.72	3.69	1.3
512	Dasit - II	İlit	10.7	-54	- 2.52	5.89	3.2
496	Dasit - II	İlit	10.1	-46	- 3.12	5.29	2.7

1) O'Neil ve Taylor, 1969

Dasit - II'deki illitlerin D ve ^{18}O izotop değerleri incelendiğinde, örnekler Dasit - I'dekine göre biraz daha geniş bir alanda yer almaktadır. Hidrojen ve oksijen izotoplarının bu şekil de bulunması hidrojen ve oksijen izotop bileşimleri farklı özellikte olan sıvıları belirtmektedir. Dasit - II'deki illitlerde ölçülen hidrojen izotopları Dasit - I'e göre daha geniş bir aralıkta değişim göstermektedir (Şekil 3.111). Bu, hidrojen izotoplarının bileşiminin ağırlardan hafif izotoplara doğru olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla Dasit - II'deki illitlerin oluşumunda sıcaklığın etkisinin daha az olduğu düşünülmektedir.

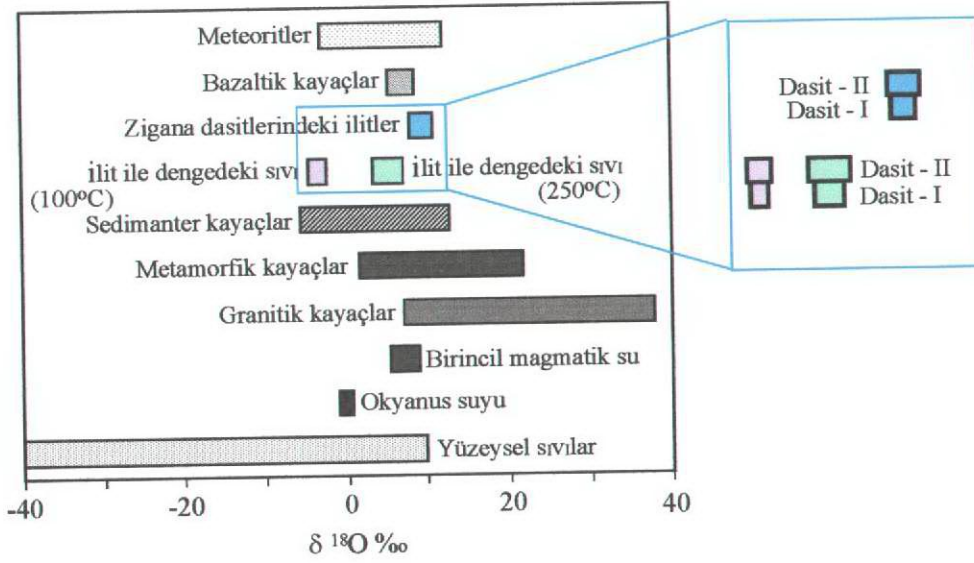


Şekil 3.111. Dasitlerdeki ilitlerde analiz edilen $\delta^{18}\text{O}$ değerlerinin δD değerlerine karşı değişimleri (Hoefs, 1973 ve 1987'ten değiştirilerek). Kare: Dasit - I'deki ilitler, Üçgen: Dasit - II'deki ilitler

İlit ile dengede olan sıvı / sıvıların $\delta^{18}\text{O}$ bileşimini hesaplamak için,

$$\Delta_{\text{ilit-sıvı}} = \delta^{18}\text{O}_{\text{ilit}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{sıvı}} = 2.38 \times (10^6 \times T^{-2}) - 3.89 \quad (\text{O'Neil ve Taylor, 1969}) \quad (7)$$

eşitliğinden yararlanılmıştır. Bunun için, ilitle birlikte bulunan kloritlerin kimyasından giderek hesaplanan klorit termometresi sıcaklık değerleri (100 - 250 °C) kullanılarak dengede olan sıvı / sıvıların oksijen izotop bileşimi belirlenmiştir (Tablo 3.38). Buna göre, Dasit II'deki ilitlerle dengede olan sıvının oksijen izotop bileşimi Dasit - I'dekinden daha geniş bir alanda değişmektedir (Şekil 3.112). Dasitlerdeki ilitler ile dengede buldukları sıvı / sıvıların oksijen izotop bileşimleri değişik çözelti ve kayaçların oksijen izotopları ile karşılaştırıldığında, oksijen izotop bileşiminde sıcaklığın etkisinin önemli olduğu anlaşılmıştır (Şekil 3.112). Ayrıca, ilit ile dengede olan sıvı / sıvıların δD bileşimini yaklaşık olarak belirleyebilmek için farklı sıcaklıklar için hesaplanmış sıvı / sıvıların $\delta^{18}\text{O}$ bileşimlerinin değişim aralıkları Şekil 3.111'e aktarılmıştır. Buna göre, ilit ile dengede olan sıvı / sıvıların δD bileşimi sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir.



Şekil 3.112. Dasitlerdeki ilitler ve dengede oldukları hesaplanan sıvının oksijen izotop bileşiminin farklı çözeltiler ve kayalara ait oksijen izotop bileşimlerine göre değişimi (veriler Hoefs, 1973'den alınmıştır).

3.7. İlitlerin K - Ar Yaşlandırması

Magmatik kayaların yaşlandırılması ve jeolojik geçmişlerinin yorumlanmasında radyometrik yaş tayinleri kullanılmaktadır. Bu amaçla inceleme alanındaki dasitlerden elde edilen ilitlerden K - Ar yöntemiyle yaş tayini yaptırılmıştır. K - Ar yöntemini çok yaygın olarak yeterince K (> % 3) içeren tüm kaya ve minerallere (mikalar, hornblend, feldispat ve glokon) uygulanmaktadır. Ancak pratikte bu yöntemin uygulanmasında bazı sınırlayıcı koşullar vardır (Göncüoğlu, 2001). Bunlar Ar'nun mineral kristal yapısından kolayca kaçmasını sağlayacak ısınma (rejyonel, kontak ve gömülme metamorfizması) ve deformasyon olayları, kısmî ergime, yeniden kristallenme, yüzey koşullarında kimyasal ayrışma veya hidrotermal - epitermal eriyiklerin yol açtığı bozulmalardır. Ayrıca magmatizma olayları sırasında, mineral oluşurken daha önce magma içine katılan Ar veya kısmî ergime sırasında magmaya katılan Ar istenmeyen durum olduğu için bu yöntemin avantajını azaltır. Dolayısıyla, bu yöntem bahsedilen sakıncalar yüzünden, magmatik kayaç veya minerallere uygulandığında, bulunan yaşların oluşum yaşını yoksa daha sonraki bir magmatik olay mı bunu anlamayı güçleştirmektedir. Fakat, bu çalışmadaki kayaçlar çok ayrışmış olduğu için kayacın ilksel yaşı değil de kayaçta meydana gelen hidrotermal ayrışmanın yaşının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun için, hidrotermal ayrışma sonucu oluşan ilitler tercih edilmiş ve sadece ilit içeren örnekler kullanılmıştır.

Kayaçlardan ilitlerin alınması sırasında kullanılan kimyasal malzemenin ilitlerdeki etkisi üzerine Clauer vd.'nin (1993) yaptığı çalışmalar sonucu, ilitlerin % 10'luk HCl ile yıkanmasının radyojenetik ^{40}Ar 'u etkilemediği ve bunun kullanılabilmesi belirtilmiştir. Değişik araştırmacılarda (Amirkhanov vd., 1961; Everden vd., 1961; Odin ve Bonhomme, 1982) K - Ar yaş değerlerinin 110 - 200 °C arasındaki sıcaklıklarda değişmeden kaldığını belirtmişlerdir. Everden vd. (1961) yaklaşık 220 °C'den daha düşük sıcaklıklarda K - Ar yaşında çok küçük bir değişme olduğunu, asıl değişimin 220 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda olduğunu, sedimanter şartlarda ise Ar açısından herhangi bir etkinin olmadığını belirtmişlerdir.

Bu çalışmada Dasit - I ve Dasit - II'de kil olarak sadece ilit içeren örnekler analiz ettirilmiştir. Dasitlerden ilitler alınırken (Bölüm 2.1.2.3.1.) çok hassas davranılmış ve kuvvetli asitler kullanılmamıştır. Ayrıca, ilitler dasitlerden alındıktan sonra x - ışınları difraktogramları çekilerek kontrol edilmiş ve saf örnek oldukları belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre, ilitlerin K - Ar yaş ortalamaları (Dasit - I için 78.7 ± 2.3 My ve Dasit - II için 75.3 ± 2.4 My) arasında çok az bir fark (yaklaşık 3 My) vardır ve Üst Kretase'yi temsil etmektedirler (Tablo 3.39). İlitlerin yaşları arasındaki fark bunların volkanizma oluşuktan sonraki son evrede kalan hidrotermal sıvılardan oluştuklarını belirtmektedir. Dasit - I ve Dasit - II'nin benzer magmatik kökenli olduğu ve magmanın farklılaşması sonucu oluştuğuna göre, bu kayaçlardaki ilitlerin yaşı da bu durumu göstermektedir.

Tablo 3.39. Dasitlerdeki ilitlerde K - Ar yöntemiyle yapılan yaş analiz sonuçları.

Örn. Nu.	Kayaç Adı	Mineral	^{40}K (%)	Ar_{rad} , nl/g	$^{40}\text{Ar}_{\text{air}}$ (%)	Yaş, My
D6	Dasit - I	İlit	3.92	12.5	7.2	81.7 ± 2.5
161	Dasit - I	İlit	4.05	12.25	8.1	77.7 ± 2.2
288	Dasit - I	İlit	3.42	10.26	12	76.9 ± 2.2
397	Dasit - II	İlit	3.32	10.11	8.7	78.2 ± 2.3
512	Dasit - II	İlit	4.55	12.85	4.8	72.6 ± 2.8
496	Dasit - II	İlit	4.61	13.51	5.2	75.3 ± 2.1

Sonuç olarak, Dasit - I'deki ilitlerin $76.9 (\pm 2.2) - 81.7 (\pm 2.5)$ My ve Dasit - II'dekilerin $72.6 (\pm 2.8) - 78.2 (\pm 2.3)$ My yaşında olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.39). Bu verilere göre, ilitlerin yaşı Kampaniyen - Daniyen olarak bulunmuştur.

3.8. Volkanitlerde Mineral, Element ve Kütle Değişim Hesaplamaları

Çalışma alanındaki volkanitler çok fazla kırılmış ve ayrıışmışlardır. Ayrıışmanın mineralojik, kimyasal ve kütleleşel değişimini ortaya koymak amacıyla, inceleme sahasından alınan tüm örneklerin element ve kütle değişimleri belirlenerek incelenmiştir. Kayaçlarda ayrıışma sonucu oluşan mineralleri ve mineral değişim yüzdesi Herrmann ve Berry (2002) tarafından geliştirilen MİNSQ yöntemiyle hesaplanmış olup, sonuçlar ince kesit ve x - ışınları difraktometre sonuçlarıyla da kıyaslanarak yorumlanmıştır.

3.8.1. MİNSQ Yönteminin Kullanılması ile Mineral Değişiminin Hesaplanması

MİNSQ adı verilen çözümlenme programının esası en küçük kareler yöntemine dayanmaktadır. Buna göre, bir kayacın içerdiği mineral (birincil ve ikincil) türlerinin yüzdeleri, o kayacın kimyasal analiz sonuçları kullanılarak hesaplanmaktadır (Herrmann ve Berry, 2002). Bunun için öncelikle kayaçların birincil ve ikincil mineral türleri belirlenmeli ve eğer mümkünse kimyasal bileşimleri ortaya konmalıdır (Böhlke, 1989). Bileşimleri belirlenemeyen minerallerin kimyasal bileşimleri literatürden (Deer vd., 1992; Dana, 1993) alınmıştır. Hesaplama yapılırken, kayaçların normatif mineralojisi ve kil minerallerinin cinsi daima göz önünde tutularak, kayaçta bolluğu belirlenmek istenen minerallerin (1 mol) kimyasal bileşenleri (ağrılıkça %) ile kayaca ait analiz sonuçları (ağrılıkça %) MİNSQ programına aktarılarak program çalıştırılır. Ancak, programa aktarılan mineral türü sayısı kimyasal bileşen (ana oksit ve iz element) sayısından daima az olmalı ve program birkaç kez çalıştırılarak artık değer (residuel, r^2) 1 veya 1'den küçük olana kadar işlem devam ettirilmelidir. Genellikle en iyi sonuç, artık değerin 0.5 veya daha küçük olduğu durumlardır. Eğer artık değer 1'den büyük çıkarsa, bu durumda işleme dahil edilmeyen başka ayrıışma minerallerinin olduğu anlaşılır (Herrmann ve Berry, 2002). Programın çalıştırılmasında bilgisayar hesap cetveli çözümlenecisi kullanılır.

Sonuç olarak, kayaçlardan alınan örneklerden belirlenen ayrıışma mineralojisine ve ince kesit incelemelerine göre MİNSQ yöntemiyle yapılan hesaplamalara ait sonuçlar tablolarda (Ek Tablo 7, 8, 9, 10 ve 11) verilmiştir.

3.8.1.1. MINSQ Yöntemi ile Volkanitlerde Mineral Değişiminin Hesaplanması

Volkanitlerdeki ayrışma mineralojisi, ince kesit ve x - ışınları difraktometre incelemeleri ile belirlenmiştir. Bu incelemelere göre ayrışma türü çoktan aza doğru;

Bazalt ve andezitlerde: Kloritleşme - silisleşme - ilitleşme (serizitleşme) - karbonatlaşma, hematitleşme ve epidotlaşma.

Dasit - I'de: Silisleşme - ilitleşme (serizitleşme) - karbonatlaşma - kloritleşme - kaolinitleşme ve hematitleşme.

Dasit - II'de: Silisleşme - ilitleşme (serizitleşme) - karbonatlaşma - kaolinitleşme - hematitleşme ve kloritleşme.

Andezit dayklarda: İlitleşme (serizitleşme) - silisleşme - kloritleşme - kaolinitleşme - karbonatlaşma ve hematitleşme.

Porfirik dasitlerde: İlitleşme - kloritleşme - kaolinitleşme - karbonatlaşma - silisleşme ve hematitleşme.

Ayrışma mineralojisi de dikkate alınarak volkanitlerdeki minerallerin (birincil ve ikincil) yüzdesi MINSQ yöntemiyle hesaplanmış ve Ek Tablo 7, 8, 9, 10 ve 11'de verilmiştir. Minerallerin yüzdeleri bilgisayar hesap cetvelinde 0.000001 kesinlik, % 0.1 tolerans ve 1000 döngü şartlarında hesaplanmıştır.

3.9. Kütle Değişiminin Hesaplanması

Hidrotermal ayrışma sonucunda kayaçların yapısında bulunan elementlerin oranında artma ya da azalma görülmektedir. Kayaçlarda meydana gelen kütle ve kimyasal değişimleri anlamak için, çeşitli araştırmacılar (Gresens, 1967; Grant, 1986; MacLean ve Kranidiotis, 1987; MacLean, 1990; Huston, 1993; Huston ve Cozens, 1994; Barret ve MacLean, 1994) tarafından farklı yöntemler geliştirilmiştir.

Çalışma alanındaki volkanitlerde gözlenen hidrotermal ayrışmanın oluşturduğu değişimi irdelemek amacıyla iki farklı kütle değişim yöntemi kullanılmış ve yöntemler karşılaştırılmıştır. Bu yöntemlerden birisi Grant'ın (1986) bulduğu ve Huston'un (1993) geliştirdiği "İzokon Yöntemi", diğeri ise fraksiyonel kristallenmeye uğramış volkanitler için MacLean (1990) tarafından geliştirilmiş yöntemdir.

Huston'un (1993) geliştirdiği İzokon Yöntemi'nde öncelikle ayrılmış ve ayrılmamış (ya da az ayrılmış) kayaçlarda, ilk önce hareketsiz elementler (Al, Ti, Y, Zr ve Nb gibi)

belirlenmektedir. Hareketsiz elementlerin belirlenmesinde elementler arası korelasyon katsayısından yararlanılmaktadır. Elementler arasında en yüksek korelasyonu gösterenler arasında hareketsiz element belirlenerek, hareketsizden hareketli elemente doğru sıralama yapılır. Daha sonra kayaçlarda ayrışmadan en fazla etkilenen elementleri merkeze (orjine) yakın, az etkilenenleri de merkezden uzak ve hareketsiz elementleri de bunların arasına dağıtarak sıralama yapılır. Bu sıralamada en hareketsiz element en sona yerleştirilir. Bu elementlerin her birine merkezden itibaren ayrı ayrı bir tam sayı ($n_i = 1, 2, 3, \dots$) verilerek ölçeklendirme yapılır. Az ayrışmış örnekteki her bir element konsantrasyonu C_i^O , ayrışmış örnekteki her bir element konsantrasyonu C_i^A ile ifade edilmekte olup, ölçeklendirilmiş ayrışmış örneğin konsantrasyonu (C_i^S)

$$C_i^S = n_i \times C_i^A / C_i^O \quad (8)$$

formülünden hesaplanır. Daha sonra, ölçeklendirilmiş ayrışmamış (veya az ayrışmış) örneklerin bileşenleri x - eksenine ve ayrışmış örneklerin bileşenleri ise y - eksenine yerleştirilerek grafik çizilir. Merkezle (orjinle) en hareketsiz elementi birleştiren doğru, izokon doğrusu olarak adlandırılır ve bu doğrunun eğimi (m) bulunur. İzokon doğrusunun üst kısmında yer alan örneklere ait elementlerin içeriklerinde artma, alt kısmında kalanların ise azalma gösterdiği kabul edilir. Hidrotermal ayrışma esnasında herhangi bir artış ya da azalma göstermeyen örnekler ise doğrunun üzerinde yer alır. İzokon doğrusunun eğimi (m) ayrışma sonucunda kayaçta meydana gelen kütle değişimini hesaplanmasında kullanılmaktadır. Eğer ayrışmamış (veya az ayrışmış) kayaca göre ayrışmış kayaçta kütle değişimi söz konusu değilse $m = 1$ 'dir. Kayaçta meydana gelen kütle artışı hareketli, elementlerin konsantrasyonunu düşüreceğinden $m < 1$, kütle kaybı ise hareketsiz elementlerin konsantrasyonunu arttıracığından $m > 1$ olacaktır. Dolayısıyla ayrışmamış (veya az ayrışmış) kayaca göre her ayrışmış kayacın göreceli kütle değişimi (%),

$$\Delta C_i^A (\%) = 100 \times [C_i^A / (m \times C_i^O) - 1] \quad (9)$$

formülünden hesaplanır. m izokonun eğimi (C^A / C^O)'dir. 100 g'a göre net kütle değişimi,

$$\Delta C_i^A (g / 100 g) = [\Delta C_i^A (\%) / 100] \times [C_i^A (g / 100 g)] \quad (10)$$

formülü ile hesaplanır.

Ayrışmamış kayaca göre meydana gelen net kütle değişimi ise,

$$\Delta M^A (\%) = 100 (1 / m - 1) \quad (11)$$

formülü ile hesaplanır (Huston, 1993).

C_i^A : i elementinin ayrışmış kayadaki konsantrasyonu,

C_i^O : i elementinin ayrışmamış (veya az ayrışmış) kayadaki konsantrasyonu,

ΔC_i^A : Ayrışmamış (veya az ayrışmış) kayaca göre ayrışmış kayadaki göreceli (%) ve net (g / 100 g) kütle değişimini belirtmektedir.

ΔM^A : Ayrışmamış kayaca göre ayrışmış kayada oluşan net kütle (%) değişimi

3.9.1. Volkanitlerde İzokon Yöntemine Göre Kütle Değişiminin Hesaplanması

Bazalt ve andezitlerde en yüksek korelasyonu gösteren elementler arasından Zr en hareketsiz, Dasit - I'de Ti, Dasit - II'de Ce, andezit dayklarda Zr ve dasit porfirlerde ise Ti hareketsiz element olarak belirlenmiş (Ek Tablo 1, 2, 3, 4 ve 5) ve kütle değişim hesapları (Ek Tablo 12, 13, 14,15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26 ve 27) bunlara göre yapılmıştır.

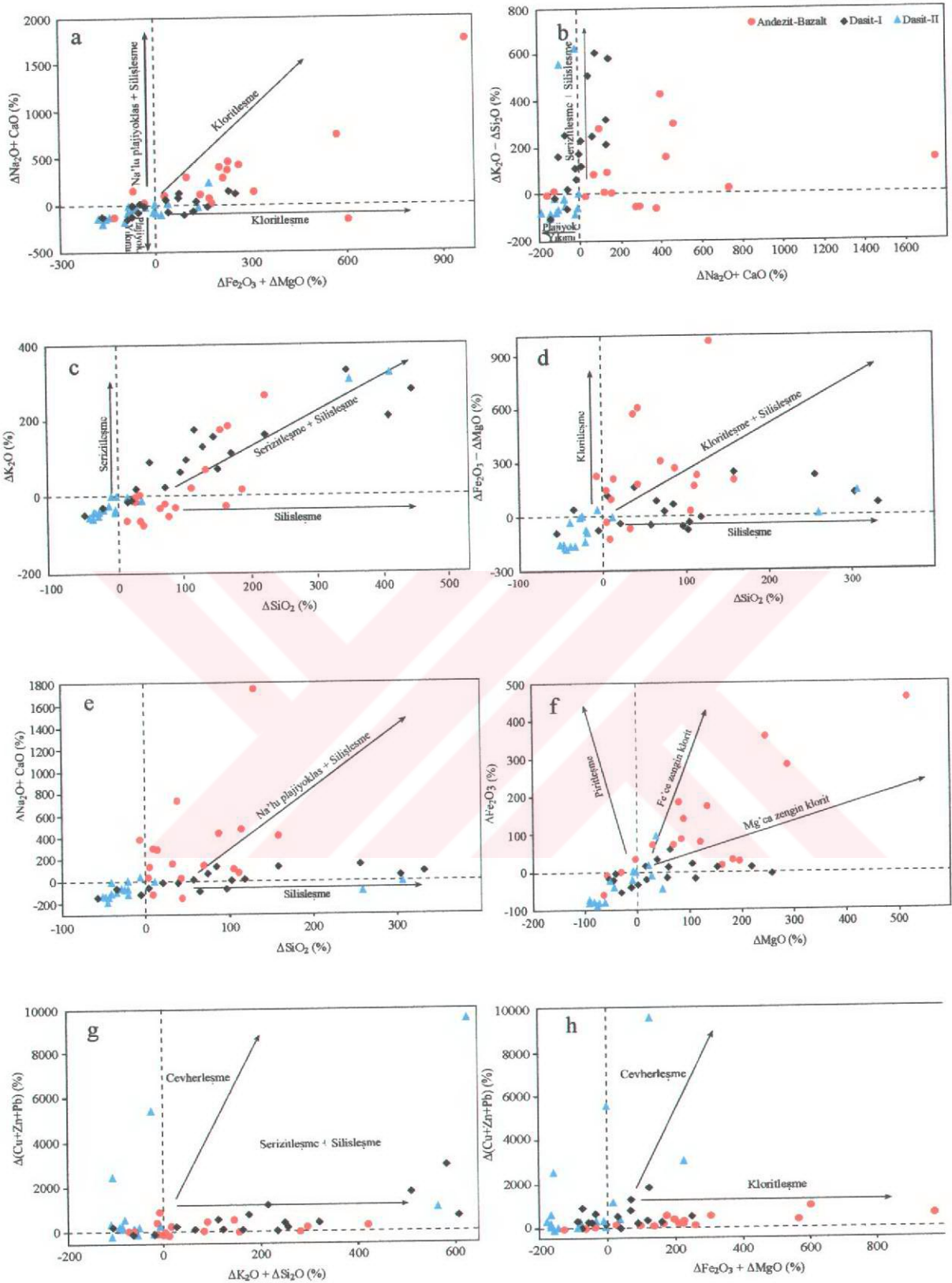
Çalışma alanındaki volkanitlerden alınan örnekler arasında az ayrışmış örnekler belirlenerek tüm kayaların izokon diyagramları hazırlanmış ve izokon doğrularının eğimleri bulunmuştur. Buna göre izokonun eğimi ($m = C^A / C^O$) bazaltlarda ve andezitlerde bir örnek (481 nolu örnekte $m = 1.04$) hariç 0.39 - 0.98, Dasit - I'de 0.29 - 1.42, Dasit - II'de 0.56 - 1.32, andezit dayklarda 1.20 - 1.83, dasit porfirlerde 0.48 - 1.76 arasında değişmektedir (Ek Tablo 11 - 26). Bu sonuçlara göre volkanitlerde C^A / C^O değerleri $m < 1$ ve $m > 1$ bulunmuştur. Başka bir ifâdeyle, volkanitlerde ayrışma sonucu hem kütle artışı ($m < 1$) hem de kütle kaybı ($m > 1$) meydana gelmiştir.

3.9.2. Volkanitlerde Göreceli (%) Kütle Değişimi

Volkanitlerde göreceli kütle değişim hesaplarına (5 nolu formül) (Ek Tablo 13, 16, 19, 22 ve 25) göre bazı elementlerde meydana gelen göreceli (%) değişimleri ve birbirleri

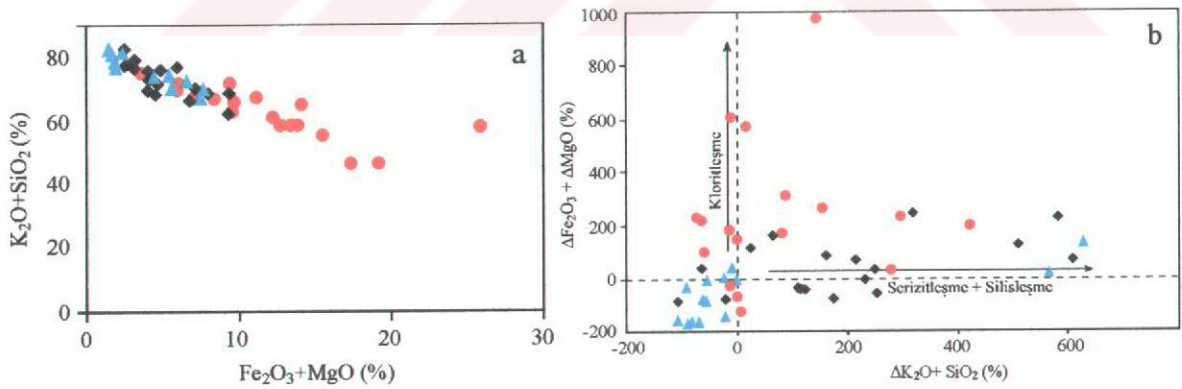
ile olan ilişkileri oluşturulan değişim diyagramlarından yararlanılarak irdelenmiştir (Şekil 3.113). Buna göre, volkanitlerde K_2O 'un artışı serizitleşmeye (ilitişmeye), SiO_2 'nin artışı silisleşmeye neden olmuştur (3.113b, c ve e). $\Delta(K_2O + SiO_2)$ 'ye karşı $\Delta(Na_2O + CaO)$ diyagramı incelendiğinde genel olarak $\Delta(Na_2O + CaO)$ 'in az bir değişimine karşılık $\Delta(K_2O + SiO_2)$ değerleri pozitif yönde artmaktadır (Şekil 3.113b). $\Delta(K_2O + SiO_2)$ artışı da serizitleşme ve silisleşme olayı ile gerçekleşmekte ve bununla birlikte plajiyoklaslar bozuşmaktadır. Volkanitlerde, plajiyoklasların bozuşmasına bağlı olarak Na ve Ca'un azalması ve silisleşme görülmektedir (Şekil 3.113e). Bu grafikte $\Delta(Na_2O + CaO)$ 'ce görülen kısmen zenginleşme kayaçların karbonat mineralleri içermesinden kaynaklanmaktadır. Çünkü bazalt - andezit ve Dasit - I'in CO_2 içerikleri yüksek, Dasit - II'nin ise iki örnek hariç düşüktür. Dolayısıyla bu kayaçlar Dasit - II'den daha fazla karbonat mineralleri (kalsit ve ankerit) içermektedir. Bu durum, kayaçların ayrıışmış olmasına rağmen, $\Delta(Na_2O + CaO)$ 'ce zenginleşmenin sebebini açıklamaktadır. Bazalt ve andezitlerde genel olarak Na + Ca artması % 700, azalması ise % 200 oranına varmaktadır. Bu, bazı örneklerde albitleşmeye bağlı olarak Na değerlerinde artış olmasından da kaynaklanabilir. Dasit - I'de Na + Ca değerlerinin % 200 oranında azalma ve % 200 oranında artma göstermesine karşılık, Dasit - II'de % 200 oranında azalması söz konusudur. Dolayısıyla dasitlerde Na ve Ca, muhtemelen hidrotermal ayrışma sonucu plajiyoklasların kısmen veya tamamen ortamdan ayrılmasına (yani bozuşmasına) bağlı olarak, azalmıştır (Şekil 3.113e). Grafiklerde görülen silisleşmiş örneklerin büyük bir kısmı serizitleşmiştir. Tüysüz (1999)'ün Artvin Ordu arasındaki masif sülfid yataklarında yapmış olduğu çalışmaya göre kayaçlar ne kadar fazla serizitleşmiş ve silisleşmiş ise o derece cevherleşmeye yaklaşmış demektir.

Volkanitlerde $\Delta(Fe_2O_3)$ 'e karşı oluşturulan değişim diyagramlarında bazı örneklerde yüksek Fe + Mg değerlerine rastlanmıştır (Şekil 3.113a, d, f, h). Bazalt ve andezitlerde Fe+Mg değerleri yaklaşık % 1000 kat artma % 150 kat azalma, Dasit - I'de yaklaşık % 250 oranında artma ve % 100 oranında azalma, Dasit - II'de ise yaklaşık % 50 artma ve % 200 oranında azalma vardır. Fe ilâ Mg arasındaki ilişki incelendiğinde iki farklı yönseme görülmektedir. Bu



Şekil 3.113. Volkanitlerde hidrotermal ayrışmaya bağlı olarak değişen bileşenlerin hesaplanan göreceli (%) kütle değişimlerinin birbirlerine göre dağılımları.

yönsemeye göre, Fe kloritlerin bünyesinde bulunmaktadır. Bazalt ve andezitlerde MgO ve ${}^4\text{Fe}_2\text{O}_3$ ilâvesi ile kloritleşme yaygınken dasitlerde daha azdır (Şekil 3.113d ve f). Volkanitlerde ($\text{K}_2\text{O} + \text{SiO}_2$) ilâ (${}^4\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}$) arasındaki ilişki incelendiğinde, negatif yönde olduğu görülmektedir (Şekil 1.114a). Yani ($\text{K}_2\text{O} + \text{SiO}_2$) azalırken, (${}^4\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}$) artmaktadır. Bu durum, elementlerin farklı hidrotermal sıvılarla getirilmiş olduğunu gösterebilir. Şöyle ki; eğer aynı sıvıdan kaynaklanmış olsalardı, bu elementlerin birbirleri ile pozitif bir korelasyon göstermeleri gerekirdi. Oysa burada durum tam tersidir. Ayrıca kütle değişim hesabıyla bulunan $\Delta(\text{K}_2\text{O} + \text{SiO}_2)$ ve $\Delta({}^4\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO})$ 'in birbirleri ile olan ilişkisine bakıldığında, farklı yönsemeler sundukları dikkat çekmektedir (Şekil 3.114b). Dolayısıyla $\Delta(\text{K}_2\text{O} + \text{SiO}_2)$ değişimi artarken, $\Delta({}^4\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO})$ değişimi azalmaktadır. Kayaçların içerdiği Cu, Zn ve Pb değişimlerinin serizitleşme, kloritleşme ve silisleşme ile olan ilişkisine bakıldığında genel olarak farklı davranmaktadırlar (Şekil 3.113g ve h). Kayaçlardaki $\Delta(\text{Cu} + \text{Zn} + \text{Pb})$ değerleri değişmezken, $\Delta(\text{K}_2\text{O} + \text{SiO}_2)$ ve $\Delta({}^4\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO})$ değerleri artmaktadır. $\Delta(\text{Cu} + \text{Zn} + \text{Pb})$ değerleri sabit kalırken $\Delta(\text{K}_2\text{O} + \text{SiO}_2)$ ve $\Delta({}^4\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO})$ değerlerinin artması, bunların farklı hidrotermal olaylarla geliştiğini belirtmektedir. Dolayısıyla serizitleşme ve kloritleşmeye yol açan sıvılar, bu metalleri arttırmamış ve hatta sıvıların bu metaller bakımından fakir oldukları dahi söylenebilir.



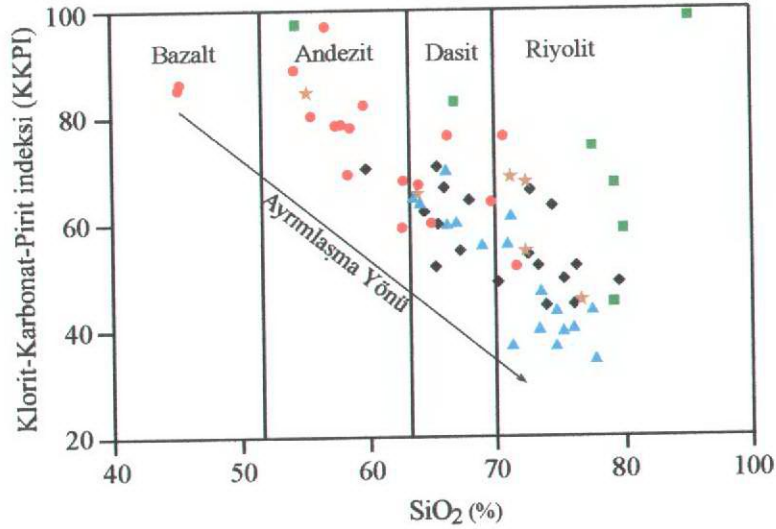
Şekil 3 114. Volkanitlerden alınan örneklerin a) (${}^4\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}$)'e karşı ($\text{K}_2\text{O} + \text{SiO}_2$) ve b) $\Delta(\text{K}_2\text{O} + \text{SiO}_2)$ 'e karşı $\Delta({}^4\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO})$ değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafiklerdeki dağılımları

3.10. Zigana Volkanitlerinde Görülen Ayrışmanın Masif Sülfid Yataklarındaki ile Karşılaştırılması

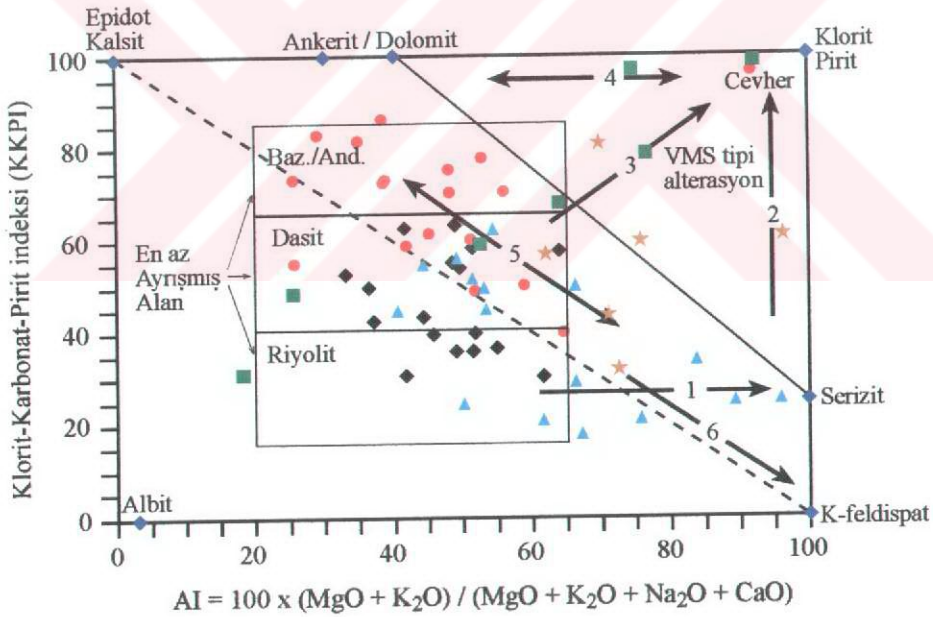
Volkanitlerde gözlenen ayrışmanın kimyasını ortaya koymak ve çok çeşitli amaçlarla (kayaçları tanımlamak, ayrışma mineralojisini ortaya koymak, ayrışmadan hareketle cevher içeren sahaları bulmak v.s.) kullanmak üzere bir çok yazar (Barrett vd., 1991 ve 1993; McLean ve Barrett, 1993; Lentz, 1999; Lentz v.d. 1999) tarafından çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Çalışma alanını da içine alan Doğu Karadeniz Bölümü'nde Geç Kretase yaşlı felsik volkanitlerde masif sülfid yataklarının bulunduğu bilinmektedir (Buser ve Cvetic, 1973; Altun, 1978 ve 1984; Nebioğlu, 1975; Tüysüz 1995 ve 1999; Akçay ve Arar, 1999). Bu nedenle, inceleme alanındaki volkanitlerle literatürdeki ve bölgedeki masif sülfid yataklarına eşlik eden benzer volkanitlerin kimyasal özellikleri ve ayrışması karşılaştırılarak benzer ve farklılıkların araştırılması düşünülmüştür. Bunun için, önce bu kayaçların kimyasal özellikleri irdelenmiştir. Eski ve güncel masif sülfid yataklarında yapılan çalışmalar, bunların yerleşiminin tektonizma ile ilişki olduğunu göstermektedir (Halbach v.d., 1989a, 1989b ve 1993a; Binns ve Scott, 1993). Eski ve güncel masif sülfidlerin içinde bulunduğu kayaçların genellikle toleyitik - geçiş ve kalk - alkali yay ortamında ve bimodal bir volkanizmanın ürünü olduğu daha önceki çalışmalarla (Altun, 1978 ve 1984; Buser ve Cvetic, 1973; Hutchinson, 1973; Nebioğlu, 1975; Sillitoe, 1982; Lentz, 1996; Tüysüz, 1999) bilinmektedir.

Doğu Karadeniz Bölümü'ndeki masif sülfid yatakları Geç Kretase yaşlı dasitik volkanitler içinde yer almakta olup, mercek şekilli masif kütle ve bunların alt kısmında bulunan ağsal cevherleşmeden oluşur. Ağsal ve saçınımlı cevher dasitik kayaçlar içinde bulunurken masif cevher dasitlerin üzerinde bulunur ve biyomikrit, çört, marn, volkaniklastik kayaçlar ve bazaltlarla uyumlu olarak örtülürler. Dasitler ve bazaltlar toleyitik karakterli olup, bimodal volkanizmanın ürünüdürler. İnceleme alanındaki volkanitler de toleyitik - geçiş - kalkalkali volkanik yay ortamında oluşmuş olup, yer yer biyomikrit, Fe'li çört ve andezitlerle örtülürler. Ayrıca, çalışma alanındaki volkanitler de bimodal volkanizmanın ürünüdürler.

Çalışma alanındaki volkanitler KKPI'ne (klorit - karbonat - pirit indeksi) karşı SiO_2 diyagramına aktarıldığında ayrımlaşma görülmektedir (Şekil 3.115). Bu durum, bölgedeki benzer kayaçların özelliği ile uyumaktadır. Ayrıca, KKPI değerleri aynı kayaçların Al değerlerine karşı, genel olarak negatif yönde doğrusal bir ilişki göstermektedir (Şekil 3.116).



Şekil 3.115. Volkanitlerin SiO₂ - KKPI diyagramındaki dağılımları (Large v.d., 2001). Dolu daire: Bazalt, Boş daire: Andezit, Baklava: Dasit - I, Üçgen: Dasit - II, Yıldız: Lentz, 1999, Kare: Tüysüz, 2000.

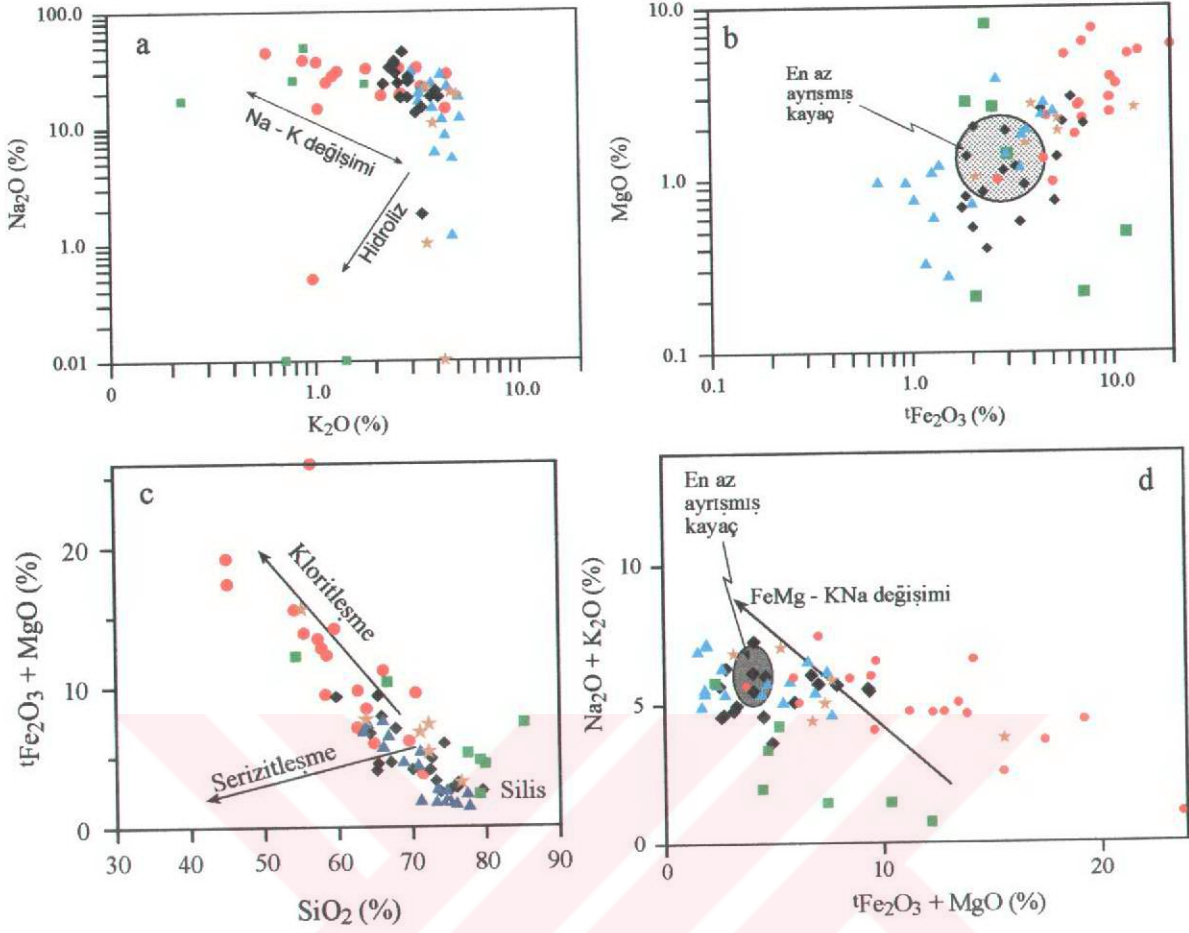


Şekil 3.116. Volkanitlerin AI değerlerinin KKPI değerlerine karşı değişimlerini gösteren grafik (Gemell ve Large, 1992'den değiştirilerek). Simgeler Şekil 3.115 ile aynı. 1: Serizitik ayrışma, 2: Serizit - klorit ± pirit ayrışması, 3: Klorit ± serizit ± pirit ayrışması, 4: Klorit - karbonat ayrışması, 5: Serizit - karbonat ayrışması, 6: K-feldispat - serizit ayrışması (Large v.d., 2001).

KKPI - AI diyagramında epidot + kalsitten K- feldispata doğru olan kesikli çizgi hidrotermal ayrışma ile diyajenetik ayrışma yönsemesini ayırmaktadır (Large v.d., 2001). Bu çizginin üst kısmı hidrotermal, alt kısmı ise diyajenetik ayrışmayı göstermektedir. Diyajenetik ayrışma, aynı zamanda düşük dereceli metamorfizmayı (albitleşme, kalsit ve epidot oluşumu gibi) belirtmektedir. Bu ayrışma yönsemeleri deniz altı volkanizması ve hidrotermal sistemler için oluşturulmuştur. Buna göre, çalışma alanındaki dasitlerin bir kısmında düşük dereceli metamorfizma görülmektedir. Volkanitlerde gözlenen en yaygın hidrotermal yönsemeler karbonat - serizit ve serizitik ayrışmadır. Daha az olarak klorit - serizit - pirit ve serizit - klorit - pirit ayrışması gözlenmektedir (Şekil 3.116). Şekil 3.116'de klorit - serizit - pirit ve serizit - klorit - pirit ayrışması çok belirgin değildir. Ancak yapılan mikroskop ve XRD inceleme sonuçları, klorit - serizit - pirit ve serizit - klorit - pirit ayrışmalarını desteklemektedir. Bölgedeki MSY içeren volkanitlerde en içte kuvars - ilit - serizit - cevher, dışa doğru serizit - kuvars - klorit (Fe'ce zengin) - karışık tabakalı ilit - albit ve yer yer kuvvetli ayrılmış plajiyoklas içeren serizit - klorit zonuna geçiş ve en dışta ise klorit (Mg ve Fe'li) - karışık tabakalı ilit - montmorilonit - kalsit zonu bulunur.

Ayrışma sonucu oluşan Na ve K değişimine bağlı olarak gelişen albitleşme ve serizitleşme bazalt, andezit ve Dasit - I'de yaygın iken, hidroliz sonucu feldispat bozuşması çok azdır (Şekil 3.117a). Dasit - II'de ise her iki olay da etkili olarak görülmektedir. Ayrılmış kayalarda ${}^4\text{Fe}_2\text{O}_3$ karşı MgO değişimi kloritleşmeyle ilgilidir (Şekil 3.117b). Kloritleşme ve serizitleşme silisleşmenin artmasıyla azalmaktadır (Şekil 3.117c). Ayrıca kloritleşmenin artmasıyla serizitleşme azalmaktadır. Dolayısıyla $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ azalmasına bağlı olarak ${}^4\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}$ 'in artması aralarındaki negatif ilişkiyi göstermektedir (Şekil 3.117d). Bu, masif sülfid yataklarında ve hidrotermal ayrışmaya uğramış kayalarda normal bir durumdur (Large vd. 2001).

Sonuç olarak, Zigana'daki volkanitler Doğu Karadeniz Bölümü'ndeki masif sülfid yataklarının gösterdiği ayrışma özelliklerine benzer ayrışmalar göstermektedir. Ancak bu ayrışmalar çalışma alanındaki kayalarda masif sülfid yataklarında olduğu gibi düzenli değildir. Bu durum, çalışma alanındaki yoğun tektonizmadan kaynaklanmış olabilir. Ayrıca Dasit - I MgO bakımından Dasit - II'ye oranla daha zengin, fakat K_2O 'ce daha fakirdir. Çalışma alanındaki volkanitlerin toleyitik - geçiş - kalkalkali volkanik yay ortamında, bimodal volkanizma özelliğinde oluştuğunu ve gösterdiği ayrışmalara göre masif sülfid yataklarını içerebileceği olasılığını düşündürmektedir.



Şekil 3.117. Zigana volkanitlerindeki a) tFe₂O₃'in MgO'ye, b) K₂O'ün Na₂O'ye, c) SiO₂'nin tFe₂O₃ + MgO'ye ve d) tFe₂O₃ + MgO'ün Na₂O + K₂O'ye göre değişimleri. Simgeler Şekil 3.115 ile aynı.

4. İRDELEME

Volkanitlerin petrografi, mineraloji, jeokimya ve hidrotermal ayrışma mineralojisi ile ilgili veriler önceki bölümlerde verilmiş ve tartışılmıştır. Bu bölümde hidrotermal ayrışma sonucu volkanitlerde oluşan killerin oluşum süreçleri ve koşulları, mineral jeotermometresi ve izotop jeokimyası ile elde edilen veriler birleştirilerek hidrotermal ayrışmayı oluşturan sıvıların özellikleri ve kökeni irdelenmiştir.

4.1. Kil Minerallerinin Oluşum Süreçleri ve Killeşmeye Neden Olan Sıvıların Özellikleri

Çalışma alanındaki volkanitlerde hidrotermal ayrışma sonucu oluşan killerin oranları kayalara göre farklılık göstermektedir. Bazalt ve andezitlerde klorit + illit + silis, Dasit - I'de İlit + klorit, Dasit - II'de illit ± klorit bulunması, birkaç volkanit örneğinde illitle ve kloritle birlikte kaolinitin varlığı, bunların farklı hidrotermal ayrışma koşullarına maruz kaldıklarını göstermektedir. Ayrıca, bu kayalar için tespit edilen hareketsiz elementlerin (Bazalt ve andezitte Zr, Dasit - I'de Ti, Dasit - II'de Ce) de farklı olması farklı hidrotermal koşullarını desteklemektedir.

Hidrotermal sıvılardan killerin oluşum sırası irdelendiğinde, kaolinit çok az görüldüğü için başlangıçta asidik olan sıvılardan ilk önce kaolinitin oluştuğu düşünülmektedir. Kaolinitin pH'nın 4 - 5 arasında olduğu asidik şartlarda ve illitin ise pH'nın 7 - 8 arasında olduğu alkali şartlarda oluştuğu bilinmektedir. Kaolinitlerin çoğu, alkali kayaların asitli çözeltilerle yıkanması sonucu oluşmakta ve çok genel bir kural olarak, volkanik kayalar daha fazla kaolinit içermektedirler (Weaver ve Pollard, 1973). Dolayısıyla, pH'sı düşük (pH < 4.6) asidik ortamda SiO₂ çözünür halde olup, kaolinit oluşmaktadır. Kaolinit oluşuktan sonra ortamın pH'sı artarak nötrleşme ve hafif alkali ortam şartları oluşmaya başlayarak bu yeni oluşan şartlarda kayaç içinde K⁺ ve (OH) varsa kalan malzemeden illit oluşmaktadır. Eğer ortamda Mg çok ise pH 7.5 - 9.5 kadar çıkar ve ortamın nötrleşmesiyle klorit oluşumu gerçekleşmektedir. Çalışma alanındaki kayalarda ve killerde ölçülen pH değerleride asidik (pH = 3.64 - 4.57) ve zayıf alkali (pH = 7.8 -

8.33) ortam şartlarını yansıtmakta ve kloritce zengin (> % 80) örneklerin ilitlere nazaran daha alkali (pH > 8) ortam şartlarında geliştiğini belirtmektedir. Ayrıca killerden ölçülen düşük pH (3.64 – 4.57) değerleri ortamda bulunan Fe^{2+} veya ilit ve klorite eşlik eden kaolinitten kaynaklanmaktadır.

Kloritlerden hesaplanan jeotermometre değerlerinin 100 - 250 °C arasında değişmesi, bunların geniş bir sıcaklık aralığında oluştuğunu göstermektedir. İlitlerin K içeriğine göre oluşum sıcaklığının < 300 °C'den düşük olduğu belirlenmiştir. Bu sıcaklık değerleri hidrotermal evrenin mezotermal (200 - 300 °C) ve epitermal (100 - 200 °C) aralığına denk düşmektedir (Guilbert ve Park, 1986). Bu da ilit ve kloriti oluşturan sıvıların mezo – epitermal evreye ait olduğunu belirtmektedir.

İlit ve kloritlerden bulunan sıcaklık değerlerine göre bunları oluşturan sıvıların yaklaşık derinliği tahmin edilebilmektedir. Barnes'e (1979) göre derinlere doğru inildikçe sıvılarda jeotermal ısı değişimi 40 °C / km'dir. Buna göre ayrılmaya sebep olan < 300 °C'den düşük (ilitler için) ve 100 - 250 °C (kloritler için) arasındaki sıvılar, sırasıyla 7.5 km'den düşük ve 2.5 - 6.2 km derinliğe kadar ulaşan bir hidrotermal çevrim sonucu oluşmuşlardır. Benzer hesaplama ilitlerin b_0 değerlerine göre belirlenen orta (1.5 - 3 kbar) ve düşük (< 1.5 kbar) basınç değerleri kullanılarak yapıldığında, (1 kbar \cong 2.7 km alınır) orta basınç için 4 - 8 km ve düşük basınç için 4 km'den düşük derinlikler hesaplanmıştır. İki yöntemle bulunan derinlik değerleri yaklaşık benzer olarak kabul edilebilir. Sonuçta bu mineral oluşum derinlikleri basınç açısından ele alındığında düşüktür ve mineral oluşumunda pH ve sıcaklık kadar etkili değildir (Barnes, 1979).

İlitlerin oluşumuna neden olan sıvıların kökeni belirlemek için H ve O izotop çalışmaları yapılmıştır. İlitlerin izotoplarının dar bir aralıkta değişmesi bunların aynı kökenden oluştuklarını göstermekle birlikte diğer kaynaklardan olan karışımların etkisini de yansıtmaktadır (Şekil 3.111). İlitin oksijen bileşimi ile ilitle dengede olan sıvının karşılaştırıldığında magmatik ve metamorfik suyun bileşimini yansıttıkları görülmektedir (Şekil 3.111 ve 3.112). Ayrıca ilit ile dengede olan sıvının bileşiminin sıcaklığa bağlı olarak değiştiği ve sıcaklığın sıvının oksijen izotop bileşiminde etkili olduğu anlaşılmıştır. Sonuç olarak iliti oluşturan sıvılar en fazla magmatik ve daha az diğer sıvılardan (deniz suyu, yer altı suyu v.s.) kaynaklanmaktadır.

Volkanitlerde $K_2O + SiO_2$ (serizitleşme + silisleşme) ilâ ${}^4Fe_2O_3 + MgO$ (Kloritleşme) arasındaki ilişki incelendiğinde, negatif yönde olduğu görülmektedir (Şekil 1.114a). Yani ($K_2O + SiO_2$) azalırken, (${}^4Fe_2O_3 + MgO$) artmaktadır. Bu durum, elementlerin farklı

hidrotermal sıvılarla getirilmiş olduğunu gösterebilir. Eğer aynı sıvıdan kaynaklanmış olsalardı, bu elementlerin biri artarken diğerinin de artması, yani birlikte davranmaları gerekirdi. Oysa burada durum tam tersidir. Ayrıca kütle değişim hesabıyla bulunan $\Delta(K_2O + SiO_2)$ ve $\Delta(^4Fe_2O_3 + MgO)$ 'in birbirleri ile olan ilişkisine bakıldığında, yine farklı yönsemeler sundukları dikkat çekmektedir (Şekil 3.114b). Dolayısıyla, oksitler arasında ilişkiler nasıl irdelenirse irdelensin sonuçta bunların farklı hidrotermal olaylarla geliştiği ortaya çıkmaktadır.

Sonuç olarak ayrışma minerallerinin oluşumunda,

- Ayrışmayı oluşturan hidrotermal sıvıların asidik ve alkali şartlara sahip olması,
- Sıcaklığın ilitler için 300 °C'den düşük ve kloritler için 100 - 250 °C arasında olması,
- İzotop değerlerinin magmatik ağırlıklı bir kökene sahip olması,
- Ayrışma mineralleri ile dengede olan sıvının oksijen izotop bileşiminde sıcaklığın etkili olması önemli rol oynamıştır.

6. KAYNAKLAR

- Abdioğlu, E. ve Arslan, M., 2003. Ünye - Fatsa (Ordu) Yöresi Geç Kretase Volkanitlerinin Petrografik ve Petrokimyasal Özellikleri, S.D.Ü. Müh.-Mim. Fak. 20.Yıl Jeoloji Sempozyumu, Mayıs, Bildiri Özleri, Isparta, 122 -123.
- Abdioğlu, E., 2002. Kavaklar (Ünye - Fatsa, Ordu) Yöresindeki Kil Oluşumlarının Mineralojik, Kimyasal ve Kökensele İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Adamia, S., Lordkipanidze, M. B. and Zakariadze, G. S., 1977. Evolution of an Active Continental Margine as Exemplified by the Alpine History of Caucasus, Tectonophysics, 40, 183 - 189.
- Akçay, M. ve Arar, M., 1999. Geology, Mineralogy and Geochemistry of the Çayeli Massive Sulphide Ore Deposit, Rize, NE Turkey, Mineral Deposits: Processes to Processing, Stanley et al.(Eds.), Balkema, Rotterdam, 459 - 462.
- Akçay, M. ve Tüysüz, N., 1997. Murgul Cu Madeni Çevresindeki Ağır Elementlerin Yanal Dağılımı ve Çevresel Kirlilik Üzerine Etkileri, Geosound, 30, 725 - 741.
- Akçay, M., 2003. Litojeokimyasal Veriler Işığında Hidrotermal Alterasyonun Tanımlanması ve Herhangi Bir Bölgenin Maden Potansiyelinin Belirlenmesi: Zerbanos Yayla Cu - Pb - Zn Cevherleşmesinden Bir Örnek Çalışma, S.D.Ü. Müh.-Mim. Fak. 20.Yıl Jeoloji Sempozyumu, Mayıs, Bildiri Özleri, Isparta, 169 - 171.
- Akçay, M., Lermi, A. ve Van, A., 1998. Biogeochemical Exploration for Massive Sulphide Deposits in Areas of Dense Vegetation: An Orientation Survey around the Kanköy Deposit (Trabzon - NE Turkey), Journal of Geochemical Exploration, 63, 173 - 187.
- Akın, H., 1979. Geologie, Magmatismus und Lagerstaettenbildung im Ostpontischen Gebirge / Türkei aus der Sicht der Plattentektonik. Geol. Rundschau, 68, 253 - 283.
- Akıncı, Ö. T., 1984. The Eastern Pontide Volcano - Sedimentary Belt and Associated Massive Sulphide Deposits, In: Dixon J.E., Robertson A.H.F. (Eds) The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean, Geol. Soc. Lond. Spec. Publ., 17, 415 - 428.
- Altun, Y., 1978. Çayeli - Madenköy Bakır - Çinko Yatağının Jeolojisi ve Cevherleşmeye İlişkin Sorunlar, MTA Dergisi, 89, 10 - 24.
- Amirkhanov, K. I., Brandt, S. B. ve Bartnitsky, E. I., 1961. Radiogenetic Argon in Minerals and Its Migration, In: Geochronology in Rock Systems. Ann, N. Y., Acad Sci., 235 - 275.

- Arslan, M., Tüysüz, N., Korkmaz, S. ve Kurt, H., 1997. Geochemistry and Petrogenesis of the Eastern Pontide Volcanic Rocks, Northeast Turkey, Chem. Erde, 57, 157 - 187.
- Aslaner, M. ve Gedikoğlu, A., 1984. Harşit Vadisi (Tirebolu - Giresun) Metalik Cevherleşme Tipleri, K.Ü. Dergisi, Jeoloji, 3, 1 - 2, 1 - 15.
- Aslaner, M., 1977. Türkiye Bakır, Kurşun, Çinko Yataklarının Jeolojik ve Bölgesel Sınıflamasıyla Plaka Tektoniği Yönünden İncelenmesi, KTÜ Yer Bil. Fak., Yayın No: 85.
- Aslaner, M., Gedikoğlu, A. ve Tülümen, E., 1982. Harşit Vadisi Polimetalik Mineralizasyonlarının Ayrıntılı Araştırılması, Tübitak, Matematik - Fizik ve Biyolojik Bilimler Araştırma Grubu, Proje No: TBAG - 390, Trabzon (Yayınlanmamış).
- Barnes, H. L., 1979. Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits. John Wiley and Sons Inc., New York, 798 s.
- Barret, T. J. ve MacLean, W. H., 1994. Mass Changes in Hydrothermal Alteration Zones Associated with VMS Deposits of the Noranda Area, Exploration and Mining Geology, 3, 131 - 160.
- Barret, T. J., Cattalani, S. ve MacLean, W. H., 1991a. Massive Sulfide Deposits of the Noranda Area, Quebec. I. The Horne Mine, Can. J. Earth Sci., 28, 465 - 488.
- Barret, T. J., Cattalani, S. ve MacLean, W. H., 1993. Volcanic Lithochemistry and Alteration at the Delbridge Massive Sulphide Deposits, Noranda Quebec, Journal of Geochemical Exploration, 48, 135 - 173.
- Barret, T. J., Cattalani, S., Chartrand, F. ve Jones, P., 1991b. Massive Sulfide Deposits of the Noranda Area, Quebec. II. The Aldermac Mine, Can. J. Earth Sci., 28, 1301-1327.
- Barret, T. J., MacLean, W. H., Cattalani, S., Hoy, L. ve Riverin, G., 1991c. Massive Sulfide Deposits of the Noranda Area, Quebec. III. The Ansil Mine, Can. J. Earth Sci., 28, 1699 - 1730.
- Barrett, T. J., Cattalani, S., Hoy, L., Riopel, J. ve Lafleur, P. -J., 1992. Massive Sulfide Deposits of the Noranda Area, Quebec. IV. The Mobrún Mine. Can. J. Earth Sci., 29, 1349 - 1374.
- Barrett, T.J. ve MacLean, W.H., 1984. Chemostratigraphy and Hydrothermal Alteration in Exploration for VHMS Deposits in Greenstone and Younger Volcanic Rocks. Geological Association of Canada Short Course Notes, 11, 433 - 467.
- Barrett, T.J. ve MacLean, W.H., 1991. Chemical, Mass, and Oxygen Isotope Changes During Extreme Hydrothermal Alteration of an Archean Rhyolite, Noranda, Quebec, Economic Geol., 86, 406 - 414.

- Bektaş, O., 1986. Paleostress Trajectories and Polyphase Rifting in Arc - Back Arc of Eastern Pontides, MTA Bulletin, 103 / 104, 1 - 15.
- Bektaş, O., Pelin, S. ve Korkmaz, S., 1984. Doğu Pontid Yay Gerisi Havzasında Manto Yükselimi ve Polijenetik Ofiyolit Olgusu, Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ketin Sempozyumu, Ankara, 175 - 188.
- Bektaş, O., Yılmaz, C, Taslı, K., Akdağ, K. ve Özgür, S., 1995. Cretaceous Rifting of the Eastern Pontide Carbonate Platform, NE - Turkey, the formation of Carbonate Breccias and Turbidites as Evidence of a Drowned Platform, Giornale di Geologia, 57, 1 - 2, 233 - 244.
- Binns, R. A. ve Scott, S. D., 1993. Actively Forming Polymetallic Sulfide Deposits Associated with Felsic Volcanic Rocks in the Eastern Manus Back - Arc Basin, Papua New Guinea, Economic Geology, 88, 2226 - 2236.
- Bozkaya, Ö. ve Yalçın, H., 1999. Doğu Toros Otoktonu'nda Diyajenez - Metamorfizma Derecesi ile Fillosilikatların Kimyası Arasındaki İlişkiler, 9. Ulusal Kil Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Eylül, İstanbul, 21 - 30.
- Böhlke, J. K., 1989. Comparison of Metasomatic Reactions Between a Common CO₂- rich Vein Fluid and Diverse Wall Rocks: Intensive Variables, Mass Transfers, and Au Mineralization at Alleghany, California, Economic Geology, 84, 291 - 327.
- Briggs, R. M. ve McDonough, W. F., 1990. Contemporaneous Convergent Margin and Intraplate Magmatism, North Island, New Zeland, Journal of Petrology, 31, 4, 813 - 851.
- Brindley, G. W., 1980. Order - Disorder in Clay Mineral Structures. In: G. W. Brindley and G. Brown (Eds.), Crystal Structures of Clay Minerals and Their X - Ray Identification, Mineralogical Soc., 125 - 196.
- Buser, S. ve Cvetic, S., 1973. Geology of the Environs from the Murgul Copper Deposits, Turkey, MTA Bull., 81, 22 - 45.
- Cathelineau, M. ve Nieva, D., 1985. A chlorite Solid Solution Geothermometer. The Los Azufres (Mexico) Geothermal System, Contribution to Mineralogy and Petrology, 91, 235 - 244.
- Cathelineau, M., 1988. Cation Site Occupancy in Chlorites and Illites as a Function of Temperature, Clay Mineralogy, 23, 471 - 485.
- Clauer, N., Chaudhuri, S., Kralik, M. ve Bonnot-Courtois, C., 1993. Effect of Experimental Leaching on Rb - Sr and K - Ar Isotopic System and REE Contents of Diagenetic Illite, Chem. Geol., 103, 1 -16.

- Cole, D. R. ve Ohmoto, H., 1984. Kinetics of İsoptpe Exchange Reactions at Elevated Temperatures and Pressures, Valley, J. W., Taylor, H. P. Jr., O'Neil, J. R. (Eds.), Stable İsoptpes in High Temperature Geological Processes, Reviews in Mineralogy, 16, Chapter 2.
- Cox, K. G. ve Hawkesworth, C. J., 1985. Geochemical Stratigraphy of the Deccan Traps at Mahabaleshwar, Western Ghats, India, with İmplications for Open System Magmatic Processes, J. Petrol., 26, 355 - 388.
- Çağatay, M. N., 1993. Hydrothermal Alteration Associated with Volcanogenic Massive Sulfide Deposits: Examples from Turkey, Economic Geology, 88, 606 - 621.
- Çamur, Z., Güven, İ. H., ve Er, M., 1996. Geochemical Characteristics of the Eastern Pontide Volcanics, Turkey: An Example of Multiple Volcanic Cycles in the Arc Evolution, Tr. J. of Earth Sci., 5, 123 - 144.
- Çelik, M., 1991. Ankara Melanjının Doğu Kesiminin Metamorfizma Özellikleri, Doğa - Tr. J. of Engineering and Environmental Sciences, 15, 366 - 375.
- Çelik, M., 1995. Klorit Kristallik Derecesinin Ankara ve Konya Civarındaki Paleozoyik Yaşlı Killere Uygulanması, Tr. Jour. of Earth Sciences, 4, 7 - 12.
- Çelik, M., Karakaya, N. ve Temel, A., 1999. Clay Minerals in Hydrothermally Altered Volcanic Rocks, Eastern Pontides, Turkey, Clay and Clay Minerals, 47, 6, 708 - 717.
- Dana, J. D., 1993. Manuel of Mineralogy, John Wiley and Sons, Inc. 21st. Eds., New York - Chichester - Brisbane - Toronto - Singapore, 681 s.
- Date, J., Watanabe, Y. ve Saeki, Y., 1983. Zonal Alteration around the Fukazawa Kuroko Deposits, Akita Prefecture, Northern Japan. Econ. Geology Monograph 5, 365 - 386.
- Deer, W. A., Howie, R. A. ve Zussman, J., 1992. An İntroduction to the Rock - Forming Minerals, John Wiley and Sons, Inc. 21st. Eds., New York, 696 s.
- Dixon, J. C. ve Pereira, J., 1974. Plate Tectonics and Mineralization in the Tethyan Region, Min. Deposita, 9, 185 - 198.
- Dulski, P., 2001. Reference Materials for Geochemical Studies: New Analytical Data by ICP-MS and Critical Discussion of Reference Values, The Journal of Geostandards and Geoanalysis, 25, 87 - 125.
- Dunham, R. J., 1962. Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture, in Ham, W. E. (Ed.), Classification of Carbonate Rocks, Am. Assoc. Petrologist Ged., Memoir 1, 108 - 121.
- Dunoyer de Segonzac, G., 1970. The Transformation of Clay Minerals During Diagenesis and Low - Grade Metamorphism. Sedimentology, 15, 281 - 346.

- Eastone, C. J., Solomon, M. ve Walshe, J. L., 1987. District - Scale Alteration Associated with Massive Sulphide Deposits in the Mount Read Volcanics, Western Tasmania. Economic Geology, 82, 1239 - 1258.
- Eslinger, E. ve Pevear, D., 1988. Clay Minerals for Petroleum Geologist and Engineers. SEPM Short Course Notes, No: 22, 451.
- Everden, J. F., Curtis, G. H., Obradovich, J. ve Kistler, R., 1961. On the Evaluation of Glauconite and Illite for Dating Sedimentary Rocks by the Potassium - Argon Method, Geochim. Cosmochim. Acta, 23, 78 - 99.
- Faure, G., 1986. Principles of İsotope Geology, Second Edition, John Wiley and Sons Inc., New York, 598 s.
- Folk, R. L., 1962b. Spectral Subdivision of Limestone Types, in Ham, W. E. (Ed.), Classification of Carbonate Rocks, Am. Assoc. Petrologist Ged., Memoir 1, 62 - 84.
- Foscolos, A. E., 1984. Catagenesis of Agillaceous Sedimentary Rocks, Geoscience Canada, 11, 2, 65 - 75.
- Foster, M. D., 1962. Interpretation of the Composition and a Classification of the Chlorites, USGS Professional Paper 414 - A, 1 - 33.
- Garrels, R. M. ve Christ, C. L., 1965. Solutions, Minerals, and Equilibria, Harper and Row, New York, 450 s.
- Gedikoğlu, A., Pelin, S. ve Özsayar, T., 1979. Tectonic Evolution of the Eastern Pontide in Mesozoic, Geocome - I, Abstracts, 68.
- Gemmell, J. B. ve Large, R. R., 1992. Stringer System and Alteration Zones Underlying the Hellyer Volcanogenic Massive Sulfide Deposit, Tasmania, Economic Geology, 87, 620 - 649.
- Gettinger, T.E., 1962. 1 / 500000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Trabzon Paftası ve Açıklaması, MTA Yayını, Ankara.
- Gill, J. B., 1981. Orogenic Andesites and Plate Tectonics. Springer - Verlag, Berlin - Heidelberg - New York, 390 s.
- Gökçe, A., 1993. Hidrotermal Maden Yataklarının Köken ve Oluşum Koşullarının Araştırılmasında Kararlı İzotoplar Jeokimyası İncelemeleri ve Türkiye'den örnekler, Jeoloji Mühendisliği, 42, 89 - 101.
- Göncüoğlu, M. C., 2001. Magmatik Kayaçlarda Radyometrik Yaş Tayini Yöntemleri, Boztuğ, D. ve Otlu, N. (Eds.), 2001, Magmatik Petrojenez, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını No, 61, Ankara, 366 - 375.

- Grant, J.A., 1986, The Isocon Diagram a Simple Solution to Gresens Equations for Metasomatic Alteration, Econ. Geol., 81, 1976 - 1982.
- Gresens, R. L., 1967. Composition - Volume Relationship of Metasomatism, Chemical Geology, 2, 47 - 65.
- Guidotti, C. V. ve Sassi, F.P., 1986. Classification and Correlation of Metamorphic Facies Series by Means of Muscovite b₀ Data from Low - Grade Metapelites, Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen, 153, 363 - 380.
- Guidotti, C.V., 1984. Micas in Metamorphic Rocks, In: Micas, Ed: Bailey, S.W., Reviews in Mineralogy (Publ. By Min. Soc. Amer.), 13, 357 - 468.
- Guilbert, J. M. ve Park, Jr. C. F., 1985. The Geology of Ore Deposits, W. H. Freeman and Company, New York, 985 s.
- Güleç, N. ve Erler, A., 1983. Masif Sülfidit Yataklarındaki Piritlerin Karakteristik İz Element İçerikleri, Türkiye Jeoloji Kurultayı Bült., 26, 145-153.
- Gündoğdu, M. N. ve Yılmaz, O., 1984. Kil Mineralojisi Yöntemleri, I. Ulusal Kil Konferansı, 319 - 330.
- Güven, İ. H., 1993. Doğu Pontidler'in 1 / 250.000 Ölçekli Kompilasyonu, MTA Gen. Müd., Ankara (Yayınlanmamış).
- Halbach, P., Nakamura, K., Wahsner, M., Lange, J., Sakai, H., Käselitz, L., Hansen, R. D., Yamano, M., Post, J., Prause, B., Seifert, R., Michaelis, W., Teichmann, F., Kinoshita, M., Märten, A., Ishibashi, J., Czerwinski, S. ve Blum, N., 1989a. Probable Modern Analogue of Kuroko - Type Massive Sulphide Deposits in the Okinawa Trough back - Arc Basin, Nature, 338, 496 - 499.
- Halbach, P., Pracejus, B and Karg, M., 2003. BANDAMIN - I projesi (yayınlanmamış).
- Halbach, P., Pracejus, B. ve Märten, A., 1993a. Geology and Mineralogy of Massive Sulphide Ores From the Central Okinawa Trough, Japan, Economic Geology, 88, 274 - 289.
- Halbach, P., Wahsner, M., Käselitz, L., Sakai, H. ve Hein, U., 1989b. The Jade Hydrothermal Field in the Okinawa Trough - First Discovery of Massive Sulphide in an Intracontinental Back - Arc Basin, In Miles, D. L. (Ed.), Water - rock - Interaction, 6, 279 - 283.
- Herrmann, W. ve Berry, R. F., 2002. MINSQ - A least Squares Spreadsheet Method for Calculating Mineral Proportions from Whole Rock Major Element Analyses (yayınlanmamış).
- Hinckley, D. N., 1963. Variabilitynin "Crystallinity" Values among the Kaolin Deposits of the Coastal Plain of Georgia and South Carolina, Clays and Clay Minerals, 11, 222 - 235.

- Hoefs, J., 1973. *Stable İsootope Geochemistry*, Springer Verlang, New york.
- Hunziker, J. C., Frey, M., Clauer, N., Dallmeyer, R.D., Friedrichsen, H., Flehming, W., Hochstrasser, K., Roggviller, P. ve Schwander, H., 1986. The Evolution of İllite to Muscovite: Mineralogical and İsotopic Data from the Glarus Alps, Switzerland, Contrib. Mineral. Petrol., 92, 157 - 180.
- Huston, D. L. ve Cozens, G. J., 1994. The Geochemistry and Alteration of the White Devil Porphyry İmplications to İntrusion Timing. Mineral Deposita, 29, 275 - 287.
- Huston, D. L., 1993. The Effect Of Alteration and Metamorphism on Wall Rock to the Balcooma and Dry River South Volcanic - Hosted Massive Sulfide Deposits, Queensland, Australia. Journal of Geochemical Exploration, 48, 277 - 307.
- Hutchinson, R. W., 1973. Volcanogenic Sulphide Deposits and Their Metallogenic Significance, Economic Geology, 68, 1223 - 1246.
- Inoue, A., 1983. Potassium Fixation by Clay Minerals During Hydrothermal Treatment, Clay and Clay Minerals, 31, 2, 81 - 91.
- Ishikawa, Y., Sawaguchi, T., Iwaya, S. ve Horuuchi, M., 1976. Delineation of Prospecting Targets for Kuroko Deposits Based in Modes of Volcanism of Underlying Dacite and Alteration Halos, Mining Mineralogy, 26, 105 - 117.
- J.C.P.D.S., 1990. Powder Diffraction Files, Alphabetical İndexes İnorganic Phases, Swarthmore, USA, 871.
- Jakes, P. ve Gill, J. B., 1970. Rare Earth Elements and the İsland Arc Tholeitic Series, Canadian Earth Planet Sci. Lett., 9, 17 - 28.
- Jenner, G. J., Longerich, L. P., Jackson, S. E. ve Fryer, B. J., 1990. ICP - MS a Powerful Tool for High Precision Trace - Element Analysis in Earth Sciences; Evidence from Analysis of Selected U. S. G. S. Reference Samples, Chem. Geology, 83, 133 - 148.
- Jowett, E. C., 1991. Fitting İron and Magnesium into the Hydrothermal Chlorite Geothermometer, GAC/MAC/SEG Joint Annual Meeting, Toronto, Program with Abstracts, 16, A62.
- Keller, W. D., 1990. The pH of Clay Suspensions in the Field and Laboratory and Methods of Measurment of Their pH, Applied Clay Science, 5, 123 - 133.
- Ketin, İ. ve Canitez, N., 1972, Yapısal Jeoloji, İTÜ Kütüphanesi, 520, İstanbul.
- Ketin, İ., 1966, Türkiye'nin Tektonik Birlikleri, MTA Dergisi, 66, Ankara.
- Kolaylı, H. ve Arslan, M., 2003. Güre (Giresun) Yöresi, Üst Kretase Volkanitlerinin Petrografik ve Petrokimyasal Özellikleri, S.D.Ü. Müh.- Mim. Fak. 20.Yıl Jeoloji Sempozyumu, Mayıs, Bildiri Özleri, Isparta, 119 - 120.

- Korkmaz, S., 1993. Tonya - Düzköy (GB - Trabzon) Yöresinin Stratigrafisi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 36, 151 - 158.
- Köksoy, M., 1991. Uygulamalı Jeokimya, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, 368 s.
- Kübler, B., 1968. Évaluation Quantitative du Métamorphisme par la Cristallinité de l'illite, Bul. Centre Recherches Pau - SNPA, 2, 385 - 397.
- Kübler, B., 1984. Les Indicateurs des Transformations Physiques et Chimiques dans la Diagenèse, Température et Calorimétrie. In: Thermométrie et Barométrie Géologiques, M. Lagache (Ed.), Société Française de Minéralogie et de Cristallographie, Paris, 489 - 596.
- Lambert, R. S. J. ve Holland, J. G., 1974. Yttrium Geochemistry Applied to Petrogenesis Utilizing Calcium - Yttrium Relationships in Minerals and Rocks, Geochim. Cosmochim. Acta, 38, 1393 - 1414.
- Large, R. R, Gemmel, J. B. ve Paulick, H., 2001. The Alteration Box Plot: A Simple Approach to Understanding the Relationship between Alteration Mineralogy and Litho-geochemistry Associated with Volcanic - Hosted Massive Sulfide Deposits, Economic Geology, 96, 957 - 971.
- Large, R. R, McPhie, J., Gemmel, J. B., Herrmann, W. ve Davidson, G. J., 2001. The Spectrum of Ore Deposit Types, Volcanic Environments, Alterations Halos, and Related Exploration Vectors in Submarine Volcanic Successions: Some Examples from Australia. Economic Geology, 96, 913 - 938.
- Large, R.R., Allen, R. L., Blake, M. D. ve Herrmann, W., 2001. Hydrothermal Alteration and Volatile Element Halos for the Rosebery K Lens Volcanic - Hosted Massive Sulfide Deposit, Western Tasmania. Economic Geology, 96, 1055 - 1072.
- Larsen, G. ve Chilingar, G. C., 1983. Diagenesis in Sediments and Sedimentary Rocks. 2: Developments in Sedimentology, 25B.
- Le Maitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre Le Bas, M.J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorenson, H., Streckeisen, A., Wooley, A.R. ve Zanettin, B., 1989. A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Term, Blackwell, Oxford.
- Lentz, D. R., 1996. Recent Advances in Litho-geochemical Exploration for Massive-Sulphide Deposits in Volcano - Sedimentary Environments: Petrogenetic, Chemostratigraphic, and Alteration Aspects with Examples from the Bathurst Camp, New Brunswick. New Brunswick Department of Naturel Resources and Energy, Minerals and Energy Division Mineral Resource, 96 - 1, 73 - 119.
- Lentz, D. R., 1999. Petrology, Geochemistry, and Oxygen Isotope Interpretation of Felsic Volcanic and Related Rocks Hosting the Brunswick 6 and 12 Massive Sulfide Deposits (Brunswick Belt), Bathurst Mining Camp, New Brunswick, Canada, Economic Geology, 94, 57 - 86.

- Lermi, A., 2003. Midi Pb - Zn Yatağı'nın Jeolojik, Mineralojik, Jeokimyasal ve Kökensele İncelemesi (Karamustafa / Gümüşhane), KD - Türkiye, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Ens., Trabzon.
- Longerich, H. P., Jenner, G. A., Fryer, B. J. ve Jackson, S. E., 1990. Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometric Analysis of Geological Samples: Case Studies, Chemical Geology, 83, 105 - 118.
- M.T.A. ve J.I.C.A., 1985. The Republic of Turkey Report on the Cooperative Mineral Expolaration of Gümüşhane Area, Phase 1, Metal Mining Agency of Japan.
- MacLean, W. H. ve Barrett, T. J., 1993. Lithochemical Techniques Using İmmobile Elements, Journal of Geochemical Exploration, 48, 109 - 133.
- MacLean, W.H. ve Hoy, L. D., 1991. Geochemistry of Hydrothermal Altered Rocks at the Horne Mine, Noranda, Quebec. Econ. Geology, 86, 3, 506 - 528.
- MacLean, W.H. ve Kranidiotis, P., 1987. Immobil Elements as Monitors of Mass Transfer in Hydrothermal Alteration: Phelps Dodge Massive Sulfide Deposit, Matagami, Quebec, Economic Geol., 82, 951 - 962.
- MacLean, W.H., 1990. Mass Change Calculations in Altered Rock Series, Mineral Deposita, 25, 44 - 49.
- Maxwell, D.T. ve Hower, J., 1967. High - Grade Diagenesis and Low - Grade Metamorphism of İllite in the Precambrian Belt Series, Am. Mineral., 52, 843 - 857.
- McClay, K. R. ve Ellis, P. G., 1984. Deformation of Pyrite. Economic Geology, 79, 400 - 403.
- Moore, D.M. ve Reynolds, R.C., 1989. X - Ray Diffraction and the İdentification and Analysis of Clay Minerals, Oxford University Press, New York, 332.
- Moore, D.M. ve Reynolds, R.C., 1997. X - Ray Diffraction and the İdentification and Analysis of Clay Minerals, Oxford University Press, Oxford.
- Myers, R. E. ve MacLean, W. H., 1983. The Geology of the New Inso Copper Deposit, Noranda District, Quebec, Canadian Jour. Earth. Sci., 20, 1291 - 1304.
- Nebiöglu, T. Y., 1975. Geologic Map of the Madenköy (1) Area (1: 1000 Scale) MTA Map 31134.
- Nesbitt, H. W., ve Young, G. M., 1982. Early Proterozoic Climates and Plate Motions İnferred from Major Element Chemistry of Lutites, Nature, 299, 715 - 717.
- Nesbitt, H. W., ve Young, G. M., 1984. Prediction of Some Weathering Trends of Plutonic and Volcanic Rocks Based upon Thermodynamic and Kinetic Considerations, Geochim. Cosmochim. Acta, 48, 1523 - 1534.

- Nicholls, I. A. ve Harris, K. L., 1980. Experimental Rare Earth Partition Coefficients for Garnet, Clinopyroxene and Amphibole Co - Existing with Andesitic and Basaltic Liquids, Geochim. Cosmochim. Acta, 44, 287 - 308.
- Odin, G. S. ve Bonhomme, M. G., 1982. Argon Behaviour in Clays and Glauconies During Preheating Experiments, In: Odin, G. S. (Eds.), Numerical Dating in Stratigraphy, John Wiley, New York, 333 - 343.
- O'Neil, J. R. ve Taylor, H. P., 1969. The Oxygen İsootope Fractionation between Muscovit and Water, Journal of Geophysical Research, 74, 6012 - 6022.
- O'Neil, J. R., 1986. Theoretical and Experimental Aspects of İsotopic Fractionation, In: Valley, W. and J. R. O'Neil (Eds.), Stable Isotopes in High Temperatures Geological Processes, Reviews in Mineralogy, 16, 1 - 40.
- Offler, R., Hand, M. ve Bale, R., 1987. b_0 and İllite Crystallinity Studies of K - White Micas in Rocks from Forearcs Basin and Accretionary Complex Sequences, Southern New England Fold Belt, N. S. W. Australia, Sci. Geol. Bull., 40, 3, 245 - 254.
- Ohmoto, H. ve Rye, R. O., 1979. Isotopes Sulfur and Carbon: In Barnes, H. L. (Ed.), Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits, Second Edition, 509 - 567, John Wiley and Sons Inc., New York.
- Ohmoto, H., 1986. Stable İsootope Geochemistry of Ore Deposits: In Valley, J. W., Taylor, H. P. And O'Neil, J. R. (eds.), Stable Isotopes in High Temperature Geological Processes, Reviews in Mineralogy, Mineralogical Society of America, 16, 491 - 560,
- Özsayar, T.; Pelin, S. ve Gedikoğlu, A., 1981. Doğu Pontidler'de Kretase, KTÜ Yer Bilimleri Der., 2, 66 - 115.
- Padan, A.; Kisch, H.J. ve Shagam, R., 1982. Use of the Lattice Parameter b_0 of Dioctahedral İllite/Muscovite for the Characterization of P / T Gradients of İncipient Metamorphism, Contribution to Mineralogy and Petrology, 79, 85 - 95.
- Pearce, J. A., 1996. A user's Guide to Basalt Discrimination Diagrams, in Wyman, D. A., ed., Trace Element Geochemistry of Volcanic Rocks: Applications for Massive Sulphide Exploration, Geological Association of Canada, Short Course Notes, 12, 79 - 113.
- Pearce, J. A. ve Norry, M. J., 1979. Petrogenetic İmplications of Ti, Zr, Y and Nb Variations in Volcaniv Rocks, Contribution to Mineralogy and Petrology, 68, 63 - 81.
- Pearce, J. A., Harris, N. B. W. ve Tindle, A. G., 1984. Trace Element Discrimination Diagrams for the Tectonic İnterpretation of Granitic Rocks, Journal of Petrology, 25, 956 - 983.

- Pearce, J. A., 1982. Trace Element Characteristics of Lavas from Destructive Plate Boundaries, in Thorpe R.S.(Eds.), *Andesites*, Wiley and Sons, 525 - 548.
- Pejatoviç, S., 1979. Metallogeny of the Pontid - Type Massive Sulfide Deposits, Spec. Publ. No: 177, *MTA Yayını*, Ankara, 98 s.
- Pelin, S., 1977. Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik İncelemesi, K.T.Ü. Doçentlik Tezi, Yayın No: 87, Trabzon, 103 s.
- Ringwood, A. E., 1990. Slab - Mantle Interactions, 3. Petrogenesis of Intraplate Magmas and Structure of the Upper Mantle, *Chemical Geology*, 82, 187 - 207.
- Rollinson, H. R., 1993. *Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation*, Longman Group, New York, 352 s.
- Rye, R. O. ve Ohmoto, H., 1974. Sulfur and Carbon İsootopes and Ore Genesis, A Review, *Economic Geology*, 69, 826 - 842.
- Ryerson, F. J., ve Watson, E. B., 1987. Rutile Saturation in Magmas: İmplications for Ti - Nb - Ta Depletion in İsland - Arc Basalts, *Earth and Planetary Science Letters*, 86, 225 - 239.
- Sadıklar, M.B., Goerg, U. ve Van, A., 1992. Terrestrial - Hydrogenetic Fe - Mn Occurrence in Trabzon Area, NE - Turkey: A New Genetical Type, *Beihefte zum EJM*, 4 / 1, 233.
- Sadıklar, M.B., Goerg, U. ve Van, A., 1995. Mineralogicche und Geochemische Eigenschaften der Terrestrisch - Hydrogenetischen Fe - Mn - Knollen von der Trabzon Region, NE - Türkei, *Chemie der Erde*, 55, 177 - 188.
- Sassi, F.P. ve Scolari, A., 1974. The b_0 Value of the Potassic White Micas as a Barometric İndicator in Low - Grade Metamorphism of the Pelitic Schists, *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 45, 143 - 152.
- Sassi, F.P., Krautner, H. G. ve Zirpoli, G., 1976. Recognition of the Pressure Character in Greenschist Facies Metamorphism, *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteliungen*, 56, 427 - 434.
- Saunders, A. D., Tarney, J. ve Weaver, S. D., 1980. Transverse Geochemical Variations across the Antarctic Peninsula: Implications for the Genesis of Calc - Alkaline Magmas, *Earth and Planetary Science Letters*, 46, 344 - 360.
- Schultze - Westrum, H. H., 1961. Giresun Civarındaki Aksu Deresi'nin Jeolojik Profili, *MTA Enstitüsü Yayını*, 57, 63 - 71.
- Shriver, N. A. ve MacLean, W. H., 1993. Mass, Volume and Chemical Changes in the Ateration Zone at the Norbec Mine, Noranda, Quebec, *Min. Deposita*, 28, 157 - 166.

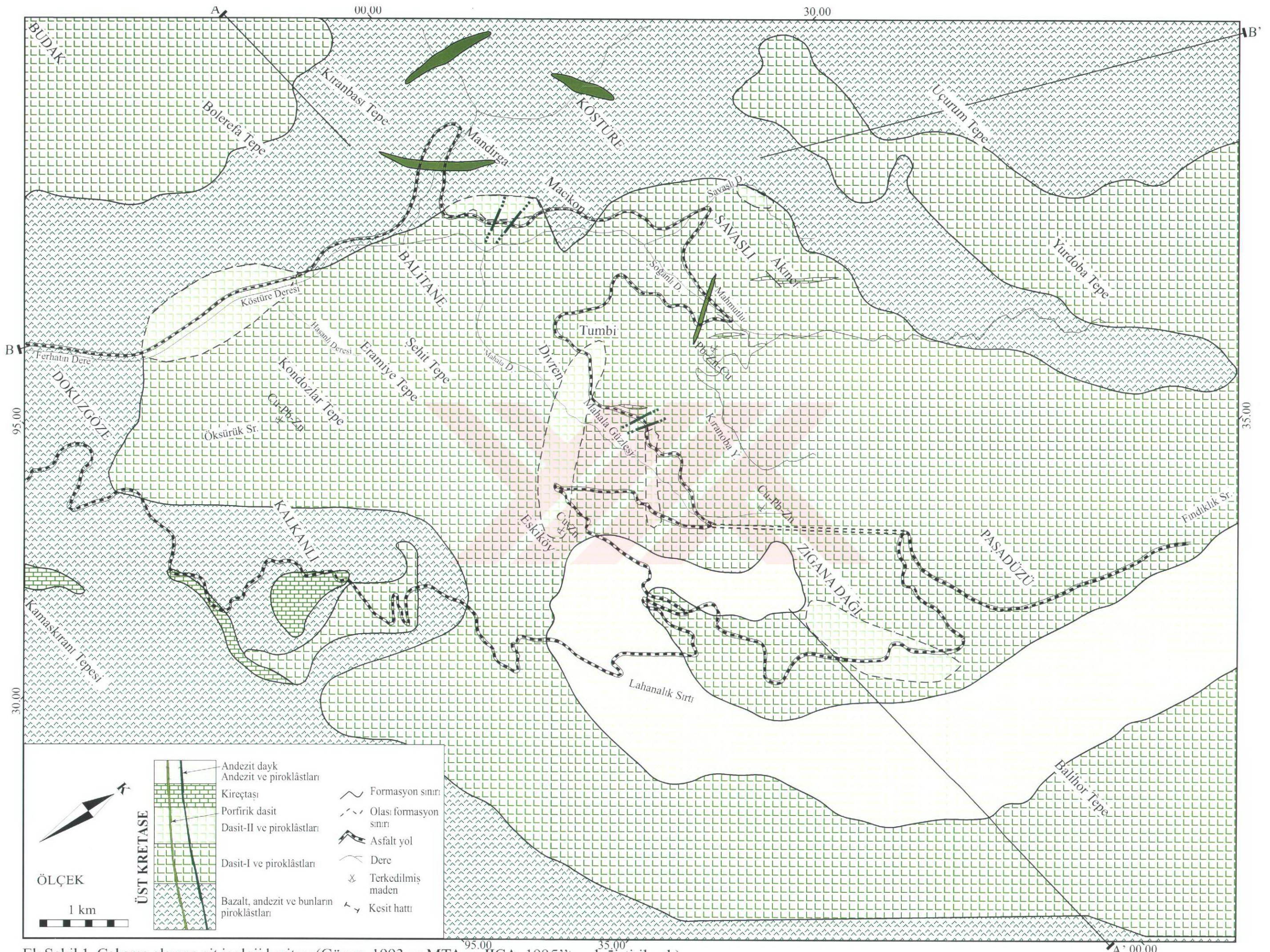
- Sillitoe, R. H., 1982. Extensional Habitats of Rhyolite - Hosted Massive Sulphide Deposits, Geology, 109, 403 - 407.
- Sipahi, F. ve Sadıklar, M. B., 2002. The Clay Mineralogy of Hydrothermally Altered Volcanic Rocks from Zigana Mountain (NE - Turkey), Eur. J. Mineralogy, Hamburg - Deutschland, Abstract, 14 / 1, 158.
- Sipahi, F. ve Sadıklar, M. B., 2003. Zigana Dasitik Kayaçlarında Hidrotermal Bozuşma Sonucu Oluşan Kil Minerallerinin Özellikleri, 11. Ulusal Kil Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Eylül, 99 - 107.
- Sipahi, F. ve Sadıklar, M. B., 2004. Chemical Properties and Discrimination of Dacites in Zigana Area (NE - Turkey) by Using Trace Elements Diagrams, Eur. J. Mineralogy, Karlsruhe - Deutschland, Abstract, 16 / 1, 134.
- Sipahi, F., 1996. Camiboğazi ve Sarıtış Yaylaları Arasındaki Bölgenin Petrografi ve Maden Yatakları Açısından İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Smith, D. K., Johnson, G. G., Jr., Scheible, W., Wims, A. M., Johnson, J. L. ve Ullmann, G., 1987. Quantitative X - Ray Powder Diffraction Method Using the Full Diffraction Pattern, Powder Diffraction, 2, 73 - 77.
- Şrondoń, J., Drits, V. A., McCarty, D. K., Hsieh, J. C. C. ve Eberl, D. D., 2001. Quantitative X - Ray Diffraction Analysis of Clay - Bearing Rocks from Random Preparations, Clays and Clay Minerals, 49, 6, 514 - 528.
- Sun, S.S. ve McDonough, W.F., 1989. Chemical and İstotopic Systematics of Oceanic Basalts: Implications for Mantle Composition and Processes, in Saunders A.D. and Norry, M.J. (Eds.), Magmatism in Ocean Basins. Geol. Soc. London. Spec. Pub., 42, 313 - 345.
- Sun, S.S., 1980. Lead İstotopic Study of Young Volcanic Rocks from Mid - Ocean Ridges, Ocean İslands and İsland Arcs, Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 297, 409 - 445.
- Şengör, A. M. C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach, Tectonophysics, 75, 181 - 241.
- Taylor, S.R. ve McLennan, S.M., 1981. The Composition and Evolution of the Continental Crust: Rare Earth Element Evidence from Sedimentary Rocks, Phil. Trans. R. Soc., A301, 381 - 399.
- Taylor, S.R. ve McLennan, S.M., 1985. The Continental Crust: Its Composition and Evolution, Blackwell, Oxford.
- Teagle, D. A. H. ve Alt, J., 2004. Hydrothermal Alteration of Basalts beneath the Bent Hill Massive Sulfide Deposit, Middle Valley, Juan de Fuca Ridge, Economic Geology, 99, 561 - 584.

- Tokel, S., 1977. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Eosen Yaşlı Kalk - Alkalen Andezitler ve Jeotektonizma, Türk. Jeol. Kurumu Bül., 20 / 1, 49 - 54.
- Tokel, S., 1981. Plaka Tektoniğindeki Magmatik Yerleşimler ve Jeokimya: Türkiye'den Örnekler, Yeryuvarı ve İnsan, 6, 53 - 65.
- Tüysüz, N., Özdoğan, K., Er, M., Yılmaz, Z. ve Ağanoğlu, A., 1994. Pontid Adayayı'nda Karlin Tipi Kaletaş (Gümüşhane) Altın Zuhuru, Türkiye Jeol. Bül., 37, 41 - 46.
- Tüysüz, N. ve Akçay, M. 2000. Doğu Karadeniz Bölgesindeki Altın Yataklarının Karşılaştırılmalı İncelenmesi, Cumhuriyetin 75. yılı Yer Bilimleri ve Madencilik Kongresi, Bildiriler Kitabı, 625 - 645.
- Tüysüz, N., 1995. Lahanos (Espiyе - Giresun) Masif Sülfid Yatağına Ait Cevher Mineralleri ve Dokularının Cevher Oluşumu Açısından İncelenmesi, Geosound / Yerbilimleri, 26, 79 - 92.
- Tüysüz, N., 1999. Artvin - Ordu Arasındaki Masif Sülfid Bakır, Kurşun, Çinko Yataklarının Jeokimyasal Yöntemlerle Araştırılması. Sonuç Raporu, KTÜ Araştırma Fonu Başkanlığı, Proje Kodu: 96.12.005.9.
- Tüysüz, N., 2000. Geology, Lithochemistry and Genesis of the Murgul Massive Sulfide Deposit, NE - Turkey. Chemie der Erde, 60, 231 - 250.
- Tüysüz, N., ve Er, M., 1995. Lahanos (Espiyе) ve İsraildere (Tirebolu) Masif Sülfid Cevherleşmeleri Çevresinde Görülen Hidrotermal Alterasyon Zonlarındaki Kimyasal ve Mineralojik Değişimler, Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 10, 104 - 113.
- Van Gerven, M., 1995. Geochemische Nebengesteinsalterationen und Erfassung Signifikanter Zonierungen im Bereich des Jade - Erzfeldes, Okinawa - Trog, Japan, Dipl. - Geol., Freie Universität, Rohstoff - und Umweltgeologie, Berlin, 186 s.
- Van, A., 1990. Pontid Kuşağı'nda Artvin Bölgesi'nin Jeokimyası, Petrojenezi ve Masif Sülfid Mineralizasyonları, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bil. Ens., Trabzon.
- Velde, B., 1965. Phengite Micas: Synthesis, Stability and Naturel Occurrence, Am. J. Sci., 263, 886 - 913.
- Weaver, C.E., 1984. Shale - Slate Metamorphism in Southern Appalachians, Elsevier, New York, 235 s.
- Weaver, C.E., 1989. Clays, Muds, and Shales. Developments in Sedimentology 44, Elsevier, Amsterdam - Oxford - New York - Tokyo, 819 s.
- Weaver, B. L. ve Tarney, J. 1984. Empirical Approach to Estimating the Composition of the Continental Crust, Nature, 310, 575 - 577.

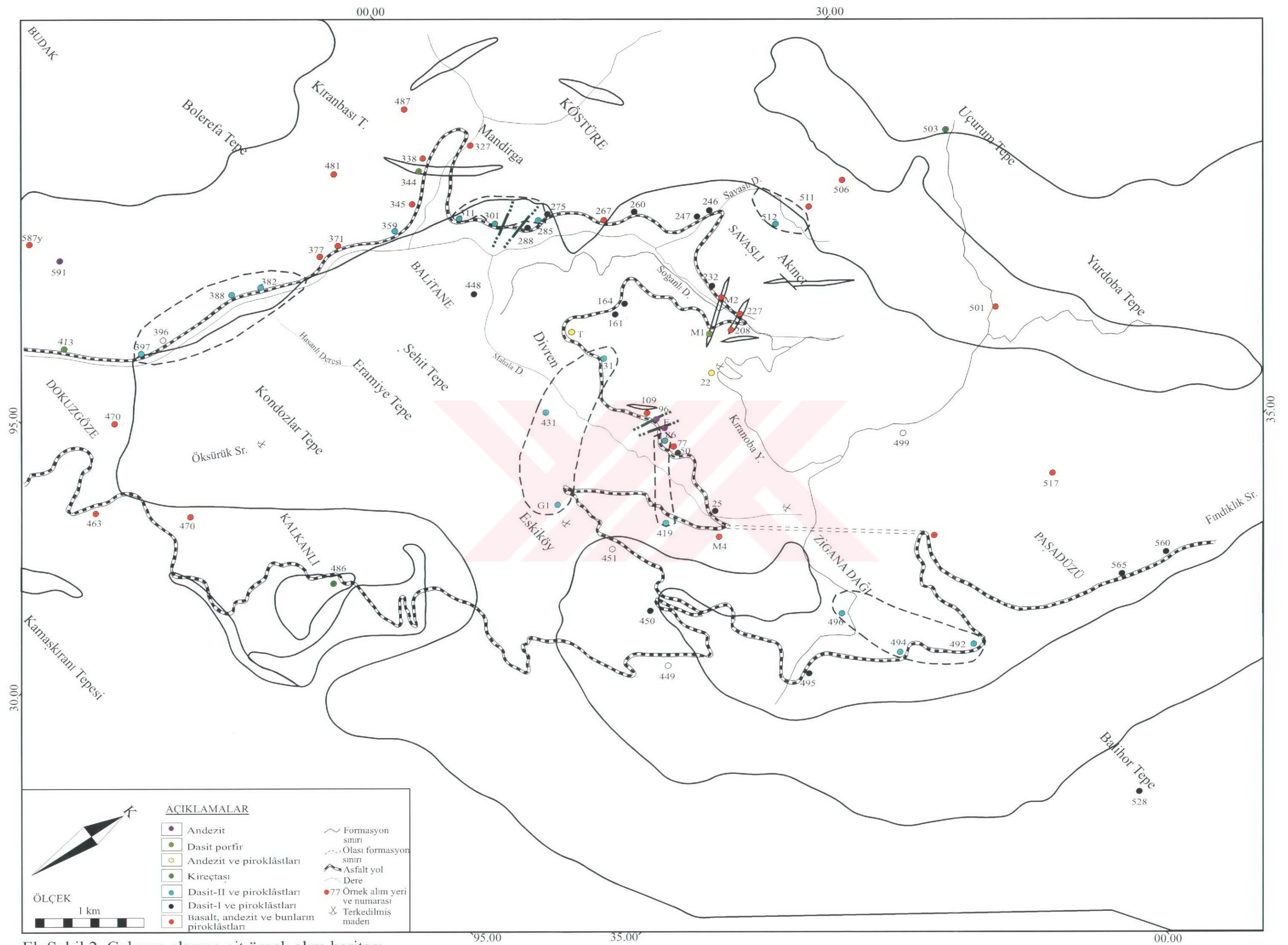
- Weaver, C.E. ve Polard, L.D., 1973. The Chemistry of Clay Minerals, Elsevier, New York, 213 s.
- Wilson, M.J., 1987. A Handbook of Determinative Methods in Clay Mineralogy, Blackie and Son (Chapman and Hall, N.Y), 384 s.
- Winchester, J.A. ve Floyd, P.A., 1976. Geochemical Magma Type Discrimination: Application to Altered and Metamorphosed Basic İgneous Rocks, Earth and Planetary Science Letters, 28, 459 - 469.
- Winchester, J.A. ve Floyd, P.A., 1977. Geochemical Discrimination of Different Magma Series and Their Differentiation Products Using İmmobike Elements, Chemical Geology, 20, 325 - 343.
- Yalçınalp, B., 1992. Güzelyayla (Maçka - Trabzon) Porfiri Cu - Mo Cevherleşmesinin Jeolojik Yerleşimi ve Jeokimyası, Doktora tezi, KTÜ Fen Bil. Ens., Trabzon.
- Yılmaz, C. ve Korkmaz, S., 1999. Basin Development in the Eastern Pontides, Jurassic to Cretaceous, NE - Turkey, Zbl. Geol. Palaeont. Teil I, 10 - 12, 1485 - 1494.
- Yılmaz, Y., 1984. Türkiye'nin Jeolojik Tarihinde Magmatik Etkinlik ve Tektonik Evrimle İlişkisi, Ketin sempozyumu, 63 - 81.
- Yoder, H. S. ve Eugster, H. P., 1955. Synthetic and Naturel Muscovites, Geochim. Cosmochim. Acta, 8, 225 - 280.
- Zankl, H., 1961. Magmatismus und Bauplan des Ost - Pontischen Gebiges im Querprofil des Harşit - Tales, NordOst Anatolien, Geologische Rundschau, 51, 218 - 240.
- Zheng, Y. F. ve Hoefs, J., 1993. Carbon and Oxygen İstotopic Covariations in Hydrothermal Calcite: Theoretical Modeling on Mixing Processes and Application to Pb - Zn Deposits in the Harz Mountains, Germany, Min. Deposita, 28, 2, 79 - 89.



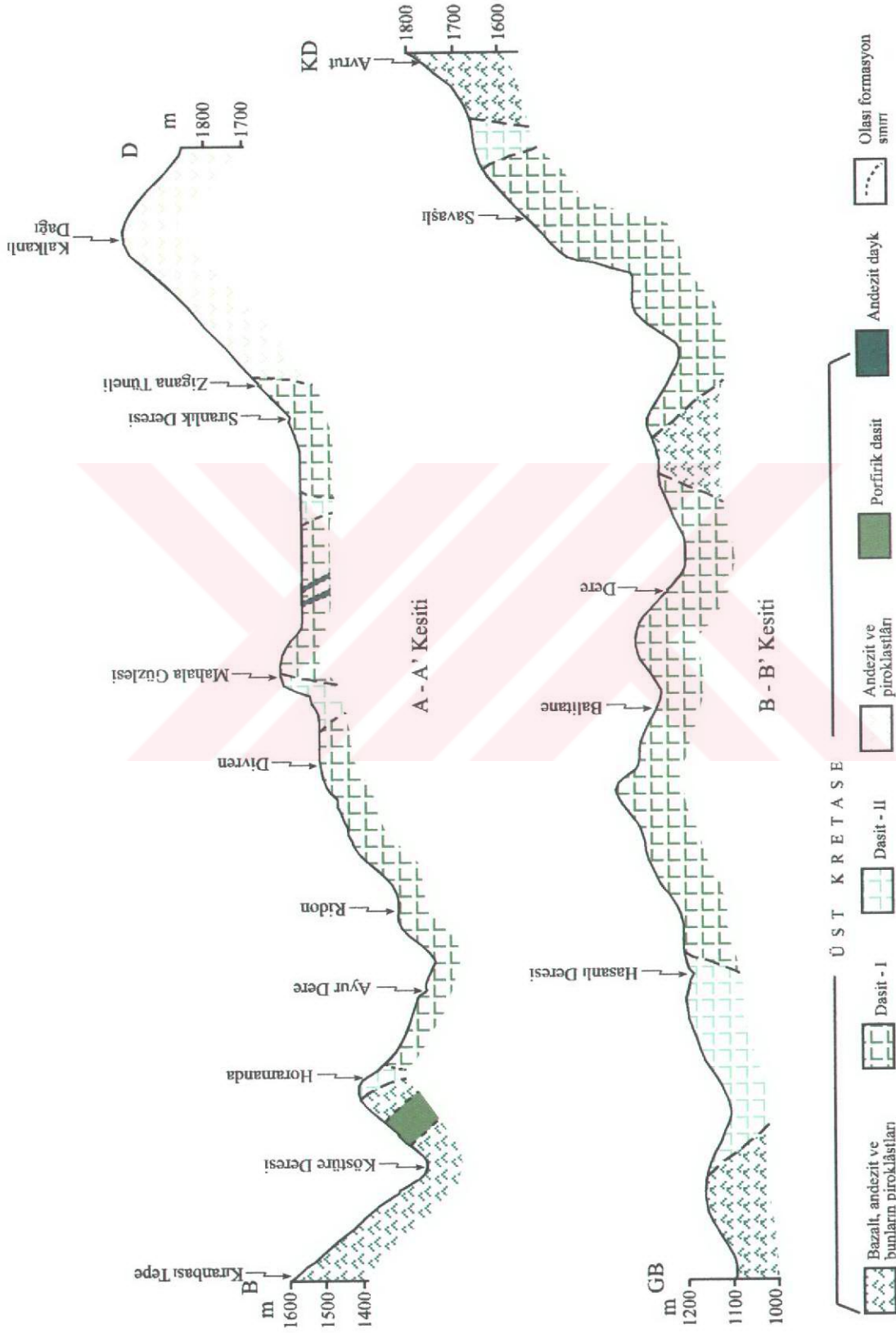
EKLER



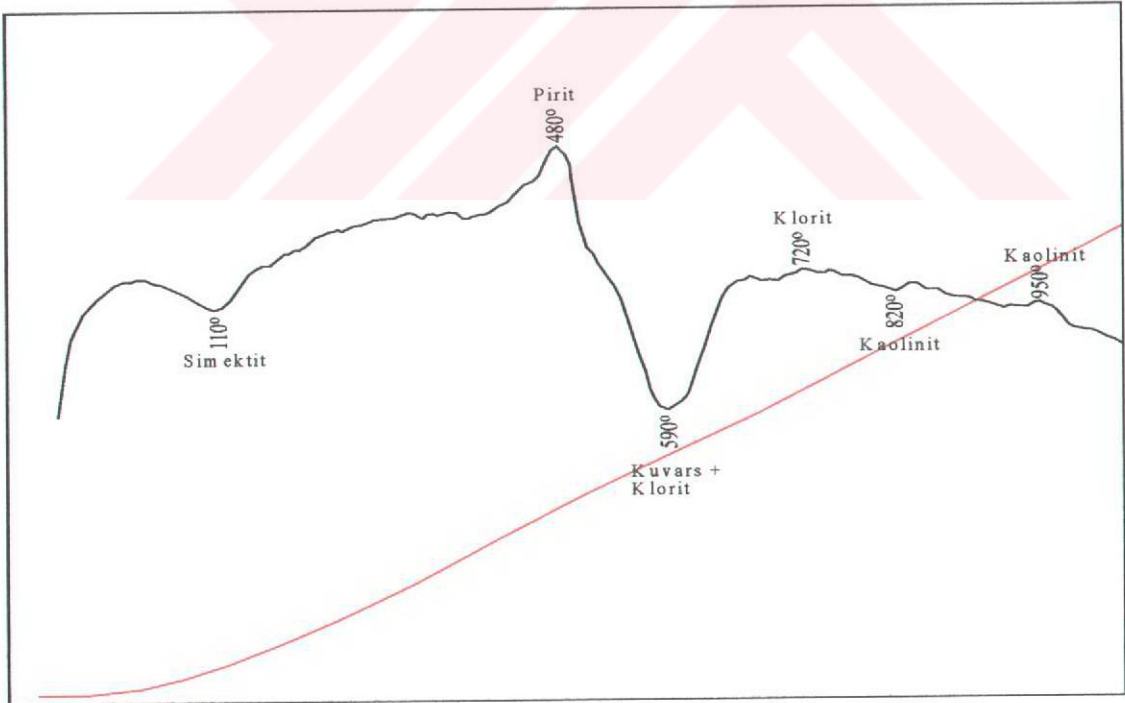
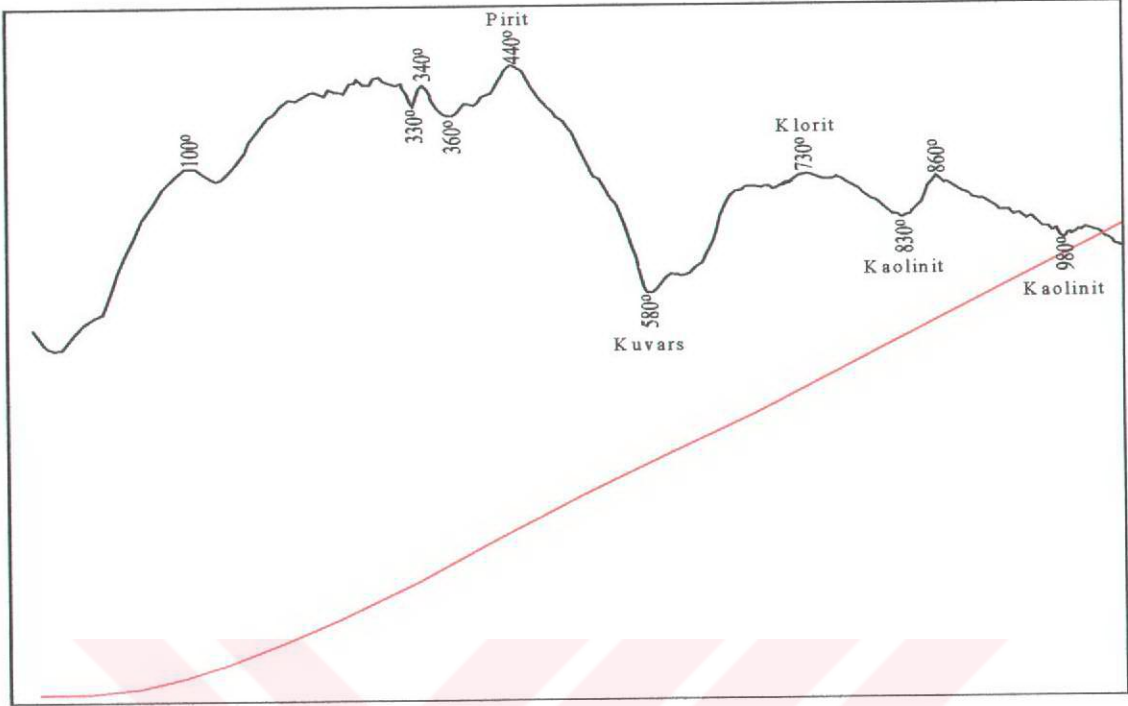
Ek Sekil 1. Çalışma alanına ait jeolojik haritası (Güven, 1993 ve MTA ve JICA, 1985'ten değiştirilerek)



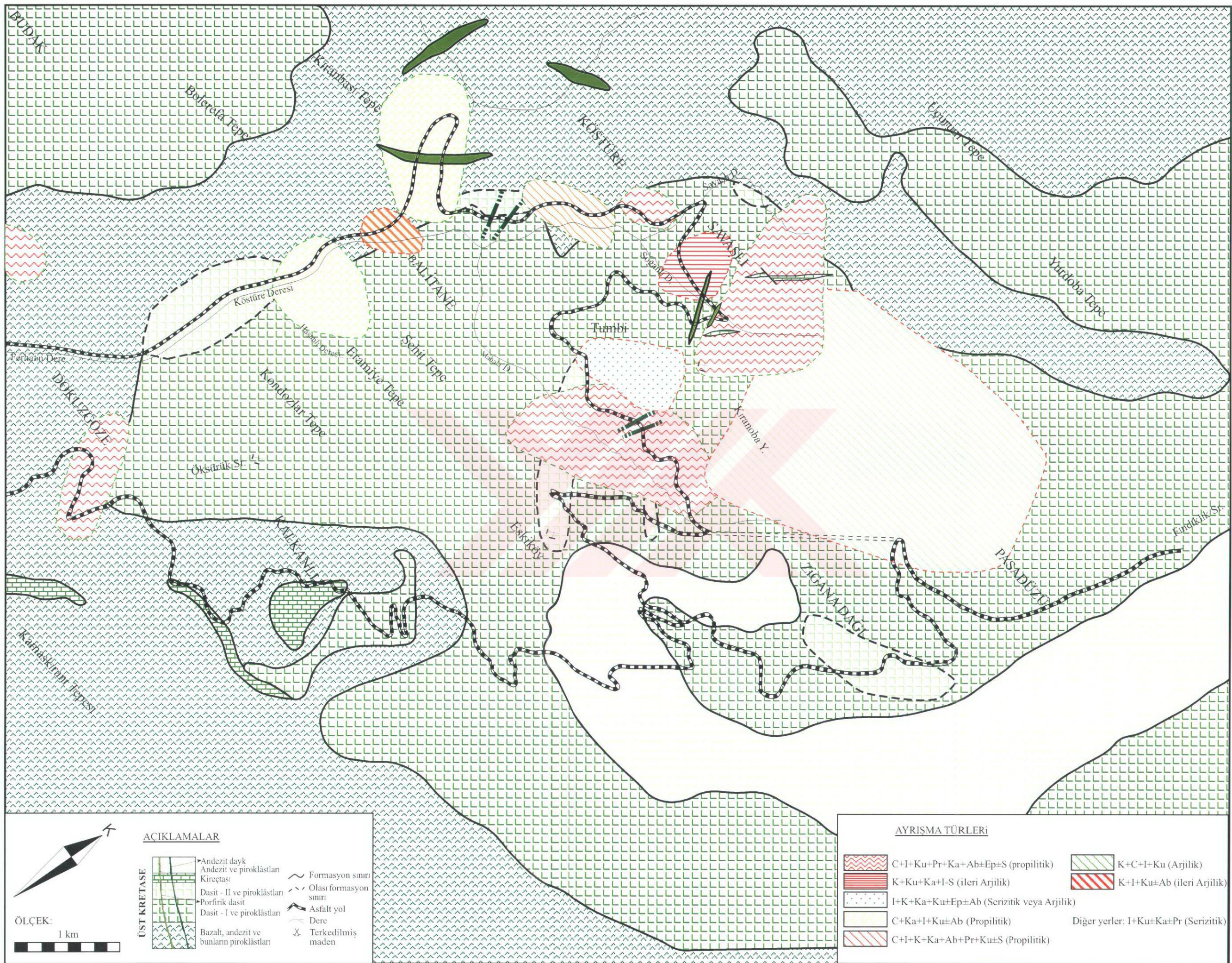
Ek Sekil 2. Çalışma alanına ait örnek alım haritası.



Ek Şekil 3. Çalışma alanına ait jeolojik kesitler



Ek Şekil 4. Çalışma alanındaki Dasit - l'lerden alınan kil fraksiyonuna ait DTA grafikleri. a) A6 ve b) 275a nolu örnek.



Ek Sekil 5. Çalışma alanına ait ayrışma haritası.

Ek Tablo 1. Bazalt ve andezitlerdeki bazı elementlere ait korelasyon matrisinin dağılımı (n= 17, p < 0.05 anlamlılık düzeyinde)

	Al	Ti	P	Y	Zr	Nb	Cs	La	Ce	Yb	Hf	Ta	Th	Ga	V
Al	1.00														
Ti	0.27	1.00													
P	0.07	0.53	1.00												
Y	-0.33	-0.21	-0.15	1.00											
Zr	-0.23	-0.40	-0.04	0.24	1.00										
Nb	-0.02	-0.28	0.10	-0.14	0.80	1.00									
Cs	0.06	0.16	-0.45	-0.23	-0.07	0.02	1.00								
La	0.30	-0.37	-0.14	-0.12	0.55	0.77	0.20	1.00							
Ce	0.27	-0.36	-0.03	-0.12	0.64	0.82	0.12	0.98	1.00						
Yb	-0.39	-0.27	-0.07	0.96	0.34	-0.03	-0.33	-0.10	-0.06	1.00					
Hf	-0.23	-0.34	-0.11	0.21	0.96	0.77	0.03	0.56	0.60	0.25	1.00				
Ta	0.07	-0.39	-0.23	-0.05	0.63	0.85	0.25	0.83	0.82	0.01	0.66	1.00			
Th	0.25	-0.36	-0.21	-0.20	0.36	0.69	0.17	0.88	0.83	-0.17	0.37	0.85	1.00		
Ga	0.44	0.26	-0.07	-0.02	-0.04	0.11	0.18	0.33	0.31	0.03	-0.05	0.31	0.39	1.00	
V	0.39	0.66	0.19	-0.21	-0.52	-0.33	0.33	0.03	-0.04	-0.31	-0.45	-0.18	0.10	0.47	1.00

Korelasyon matrisine göre bu volkanitlerde en hareketli elementten en hareketsiz elementten doğru sıralama aşağıdaki şekildedir;

Zr (Hf) < Nb < Ta < La (Ce) < Th < Yb < Y < V < Ti < P < Cs < Ga < Al

Ek Tablo 2. Dasit - I' deki elementlerden bazılarına ait korelasyon katsayılarının dağılımı (n=18, p < 0.05 anlamlılık düzeyinde))

	Al	Ti	P	Y	Zr	Nb	Cs	La	Ce	Sm	Yb	Hf	Ta	Th	U	Ga
Al	1.00															
Ti	0.23	1.00														
P	0.11	0.96	1.00													
Y	0.29	-0.13	-0.11	1.00												
Zr	-0.07	0.10	0.10	0.04	1.00											
Nb	0.51	0.65	0.61	0.14	0.28	1.00										
Cs	-0.35	0.02	0.05	-0.41	-0.27	-0.16	1.00									
La	0.32	-0.38	-0.40	-0.06	0.15	0.14	-0.18	1.00								
Ce	0.35	-0.35	-0.36	0.07	0.20	0.19	-0.27	0.98	1.00							
Sm	0.07	-0.16	-0.10	0.55	0.51	0.12	-0.53	0.42	0.56	1.00						
Yb	0.01	-0.39	-0.35	0.85	0.19	-0.15	-0.38	0.02	0.13	0.66	1.00					
Hf	-0.03	0.28	0.31	0.08	0.22	0.44	-0.37	-0.24	-0.18	0.10	-0.12	1.00				
Ta	0.11	0.19	0.21	-0.01	-0.16	0.40	-0.26	-0.12	-0.11	-0.12	-0.23	0.87	1.00			
Th	0.10	-0.56	-0.60	-0.21	-0.14	-0.18	-0.08	0.81	0.75	0.14	-0.06	-0.22	0.00	1.00		
U	-0.06	-0.16	-0.23	0.08	-0.15	-0.01	-0.25	0.31	0.33	0.18	0.06	0.12	0.18	0.59	1.00	
Ga	0.09	0.39	0.35	-0.19	0.53	0.26	-0.02	-0.16	-0.14	0.10	-0.02	-0.05	-0.15	-0.27	-0.18	1.00

Th < Ti < P < Nb < La < Ce < Sm < Yb < Y < Hf < Ta < Zr < U < Ga < Al < Cs.....

Ek Tablo 3. Dasit - II' deki elementlerden bazılarında ait korelasyon katsayılarının dağılımı (n=17, $p < 0.05$ anlamlılık düzeyinde)

	Al	Ti	P	Y	Zr	Nb	Cs	La	Ce	Sm	Yb	Hf	Ta	Th	U	Ga
Al	1.00															
Ti	0.45	1.00														
P	0.02	0.70	1.00													
Y	-0.38	-0.00	0.11	1.00												
Zr	-0.12	0.19	0.14	0.31	1.00											
Nb	-0.27	-0.45	-0.30	0.72	0.35	1.00										
Cs	-0.10	0.48	0.60	0.10	0.36	-0.22	1.00									
La	-0.63	-0.20	-0.08	0.63	0.28	0.64	-0.06	1.00								
Ce	-0.65	-0.23	-0.03	0.70	0.26	0.68	-0.04	0.99	1.00							
Sm	-0.54	0.10	0.41	0.81	0.27	0.55	0.19	0.81	0.87	1.00						
Yb	-0.50	0.23	0.36	0.74	0.45	0.46	0.12	0.78	0.80	0.91	1.00					
Hf	0.17	-0.03	-0.10	0.23	0.65	0.45	0.22	-0.02	-0.03	-0.06	-0.05	1.00				
Ta	-0.02	-0.56	-0.46	0.19	0.16	0.64	-0.15	0.05	0.06	-0.13	-0.26	0.71	1.00			
Th	-0.09	-0.06	-0.39	0.44	0.13	0.33	0.04	0.36	0.31	0.16	0.09	0.40	0.30	1.00		
U	-0.58	-0.15	-0.01	0.50	0.51	0.61	0.29	0.76	0.74	0.57	0.56	0.43	0.39	0.38	1.00	
Ga	0.46	0.70	0.55	0.00	0.18	-0.32	0.56	-0.32	-0.28	0.00	0.01	0.12	-0.29	-0.15	-0.19	1.00

Hareketsiz.....hareketli element

 $Ce < La < Sm < Yb < U < Y < Nb < Al < Ga < Zr < Ta < Hf < Ti < P < Cs < Th$

Ek Tablo 4. Andezit dayklardaki bazı elementlere ait korelasyon matrisinin dağılımı (n= 8, p < 0.05 anlamlılık düzeyinde)

	Al	Ti	P	Y	Zr	Nb	Cs	La	Ce	Sm	Yb	Hf	Ta	Th	U	Ga
Al	1.00															
Ti	0.92	1.00														
P	-0.38	-0.36	1.00													
Y	0.79	0.88	0.10	1.00												
Zr	0.64	0.71	0.32	0.94	1.00											
Nb	0.75	0.78	0.15	0.94	0.97	1.00										
Cs	0.61	0.70	-0.68	0.42	0.25	0.38	1.00									
La	0.55	0.55	0.39	0.83	0.95	0.94	0.12	1.00								
Ce	0.67	0.69	0.27	0.91	0.97	0.98	0.24	0.98	1.00							
Sm	0.78	0.83	0.17	0.96	0.91	0.91	0.35	0.82	0.89	1.00						
Yb	0.84	0.90	0.04	0.99	0.94	0.96	0.47	0.85	0.93	0.97	1.00					
Hf	0.56	0.59	0.49	0.88	0.96	0.92	0.07	0.93	0.93	0.91	0.87	1.00				
Ta	0.70	0.68	0.27	0.88	0.93	0.96	0.25	0.95	0.97	0.92	0.91	0.94	1.00			
Th	-0.05	-0.18	0.86	0.26	0.51	0.40	-0.55	0.63	0.51	0.31	0.24	0.66	0.51	1.00		
U	-0.35	-0.41	0.98	0.04	0.27	0.12	-0.72	0.37	0.24	0.14	-0.01	0.47	0.28	0.90	1.00	
Ga	0.38	0.18	-0.84	-0.23	-0.39	-0.18	0.41	-0.33	-0.25	-0.19	-0.12	-0.45	-0.17	-0.60	-0.72	1.00

Zr < Nb < Y < Yb < Sm < Hf < Ta < Ce < La < Ti < Al < U < P < Th < Cs < Ga <.....

Ek Tablo 5. Porfirik dasitlerdeki bazı elementlere ait korelasyon matrisinin dağılımı (n=6, p < 0.05 anlamlılık düzeyinde)

	Al	Ti	P	Y	Zr	Nb	Cs	La	Ce	Sm	Yb	Hf	Ta	Th	U	Ga
Al	1.00															
Ti	0.55	1.00														
P	0.51	1.00	1.00													
Y	-0.59	0.23	0.26	1.00												
Zr	0.03	-0.09	-0.09	0.34	1.00											
Nb	-0.16	-0.41	-0.43	0.15	0.78	1.00										
Cs	0.09	0.04	0.02	0.24	0.74	0.89	1.00									
La	-0.03	-0.50	-0.52	-0.13	0.68	0.96	0.81	1.00								
Ce	-0.23	-0.59	-0.61	-0.00	0.61	0.96	0.78	0.97	1.00							
Sm	0.23	0.15	0.17	0.22	0.70	0.13	0.11	0.05	-0.07	1.00						
Yb	0.03	-0.19	-0.17	0.07	0.55	0.06	-0.14	0.03	-0.06	0.91	1.00					
Hf	-0.55	-0.45	-0.46	0.06	-0.31	0.30	0.20	0.31	0.48	-0.86	-0.75	1.00				
Ta	-0.68	-0.80	-0.80	0.15	0.24	0.70	0.41	0.68	0.83	-0.36	-0.19	0.77	1.00			
Th	-0.63	-0.84	-0.84	-0.07	-0.09	0.46	0.14	0.50	0.65	-0.59	-0.33	0.86	0.93	1.00		
U	-0.89	-0.71	-0.69	0.28	-0.25	0.02	-0.32	-0.03	0.17	-0.36	-0.05	0.60	0.68	0.76	1.00	
Ga	0.63	0.95	0.93	0.16	0.06	-0.15	0.31	-0.22	-0.33	0.09	-0.30	-0.33	-0.65	-0.72	-0.79	1.00

Ti < P < Ta < Th < Ga < La < Ce < Nb < Cs < Sm < Yb < Hf < U < Al < Zr < Y <

Ek Tablo 6. Zigana volkanitlerinden alınan örneklerin koordinat noktaları, kil içerikleri, AK, CO₂, S, AI ve KKPI değerleri

Örn. Nu.	Koordinatlar	İlit	Klorit	Kaolinit	AK (%)	CO ₂ (%)	S (%)	AI	KKPI	
25	32.53	99.50	45	10	0	3.34	0.10	0.30	54.9	40.8
50	31.88	99.55	62	27	0	2.06	0.54	0.06	49.1	33.2
161	30.55	100.00	92	0	0	2.65	1.27	0.12	61.6	33.3
164	30.50	100.10	96	0	0	4.68	a.e.	a.s.a.	37.2	42.0
232	30.83	100.80	36	0	49	7.94	8.16	0.10	36.4	44.0
241	30.43	101.10	81	0	12	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.
246	30.20	101.00	a.e.	a.e.	a.e.	9.16	a.e.	1.06	48.8	63.0
247	30.24	101.00	a.e.	a.e.	a.e.	4.60	4.12	0.29	51.7	32.6
255	30.12	100.80	55	30	0	2.52	a.e.	a.s.a.	51.4	36.0
260	29.90	100.70	28	66	0	3.94	3.02	0.06	33.0	47.4
275	29.75	100.30	4	50	31	5.18	3.49	0.13	41.7	60.6
288	29.50	99.82	97	10	0	4.42	3.48	0.06	44.2	43.2
304	29.12	99.55	a.e.	a.e.	a.e.	3.43	1.91	0.05	48.6	56.1
448	29.58	99.23	76	0	19	4.42	a.e.	0.01	45.7	40.0
528	36.71	101.10	94	0	0	1.74	0.21	0.02	41.7	30.7
560	35.21	102.40	65	0	31	5.27	3.74	0.41	45.6	41.9
565	35.20	102.10	a.e.	a.e.	a.e.	3.24	0.98	0.24	51.3	51.7
131	30.85	99.60	57	0	38	5.36	a.e.	0.21	53.4	45.0
142	30.45	99.50	67	0	26	5.70	a.e.	0.23	40.7	45.0
285	29.56	99.84	75	0	0	6.31	a.e.	0.04	51.4	52.0
301	29.20	99.60	62	34	0	10.69	4.02	0.05	49.1	49.9
311	28.93	99.38	a.e.	a.e.	a.e.	3.98	2.73	0.03	52.9	34.4
359	28.82	98.76	68	0	29	3.02	0.09	0.35	83.8	35.9
394	30.82	96.80	48	36	0	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.
382	28.50	97.55	90	0	0	2.47	0.12	0.06	89.3	19.9
388	28.48	97.23	90	0	0	1.80	0.16	0.17	66.4	26.0

AK : Ateşte kayıp, AI : Ayrışma indeksi, KKPI : Klorit - karbonat - pirit indeksi, a.e.: Analiz edilmedi, a.s.a.: Algulama sınırlarının altında

Ek Tablo 6'nın devamı

Örn. Nu.	Koordinatlar	İlit	Klorit	Kaolinit	AK (%)	CO ₂ (%)	S (%)	AI	KKPI
397	28.40	96.55	90	0	1.66	0.12	0.20	61.6	25.9
419	32.50	99.12	a.e.	a.e.	4.44	4.60	0.27	66.3	51.2
431	30.93	98.41	61	29	1.95	a.e.	0.02	66.3	29.0
492	34.95	100.50	92	0	2.60	0.08	0.05	96.0	16.0
494	34.61	99.88	92	0	9.02	a.e.	0.04	54.4	62.0
496	33.93	99.78	96	0	2.28	0.10	0.04	75.8	21.3
512	30.50	101.60	96	0	4.16	a.e.	0.08	50.2	24.0
499	32.93	101.30	26	35	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.
G1	32.00	98.50	50	20	1.36	0.09	0.03	67.2	18.0
77	31.70	99.58	9	89	1	8.27	a.e.	91.8	96.0
109	31.48	99.50	30	45	25	9.94	8.52	0.10	38.6
112	31.38	99.45	25	73	0	2.25	a.s.a.	51.3	60.0
267	29.83	100.40	11	48	39	12.44	8.84	0.24	34.9
327	28.50	99.88	a.e.	a.e.	a.e.	6.84	4.12	0.12	48.0
338	28.53	99.38	56	42	0	7.17	a.e.	a.s.a.	38.8
345	28.65	99.18	15	82	0	6.25	5.29	0.04	25.8
371	28.60	98.23	39	56	0	3.72	2.27	0.11	41.8
377	28.61	97.80	14	81	0	8.46	8.27	0.09	38.9
463	29.30	95.03	32	63	0	4.83	0.09	0.09	52.9
470	28.70	95.95	21	75	0	4.15	1.31	0.08	56.1
481	28.23	98.93	80	16	0	2.54	0.09	0.01	64.7
487	27.93	99.55	10	80	0	11.08	9.70	0.07	29.1
501	32.43	102.60	20	60	0	3.48	0.51	0.08	48.1
506	30.60	102.30	40	28	0	5.17	a.e.	0.01	25.8
511	30.78	101.70	40	55	0	3.84	1.73	0.19	58.9
517	34.08	102.10	52	43	0	6.10	3.96	0.13	45.2
587y	26.18	96.00	65	33	0	3.08	2.09	0.03	51.9
									48.2

AK : Ateşte kayıp, AI : Ayrışma indeksi, KKPI : Klorit - karbonat - pirit indeksi, a.e.: Analiz edilmedi, a.s.a.: Algılama sınırlarının altında

Ek Tablo 7. Bazalt ve andezitlerin tüm kayaç analizlerinden MINSQ yöntemiyle hesaplanan mineralojik bileşimleri (% ağırlık)
(n = 15)

Örnek Nu.	77	109	112	338	267	371	377	463	470	481	501	506	511	517	587y
	Mineral/Kayaç And.	And.	And.	Baz.	Baz.	And.	And.	Baz.	And.	And.	And.	And.	And.	And.	And.
Albit	0.0	11.0	28.5	14.8	23.8	28.5	35.5	15.4	31.2	19.5	23.9	25.6	11.8	15.7	24.3
Anortit	0.0	3.2	7.4	14.5	16.0	8.7	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	12.3	2.5	3.9	4.0
Ojit	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Hornblend	0.0	4.3	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	0.0	1.8	0.0
Biyotit	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.7
2. Kuvars	28.9	16.4	19.1	25.9	3.8	22.2	9.9	19.1	23.8	26.5	36.6	37.0	22.6	14.9	18.6
Fe - Klorit	29.8	0.0	0.3	8.5	17.3	8.7	7.1	0.0	2.0	4.7	12.3	0.0	6.0	9.6	0.1
Mg - Klorit	9.1	32.0	9.2	4.1	0.6	0.0	10.9	16.7	23.1	0.0	3.5	0.0	0.0	0.9	7.0
İlit	8.0	7.1	26.6	20.5	9.3	22.0	3.6	17.0	7.4	27.9	9.6	11.7	36.4	31.5	29.2
Profilit	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kaolinit	13.2	6.7	0.0	0.0	1.3	0.0	11.6	11.2	6.5	0.0	3.7	0.0	13.1	8.3	1.9
Kalsit	0.3	15.3	0.0	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	3.1	7.1	3.8
Ankerit	0.0	0.0	0.0	0.0	17.1	3.8	15.3	0.2	2.3	0.2	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pirit	1.5	0.1	0.0	0.0	0.4	0.2	0.2	0.2	0.1	0.0	0.1	0.0	0.3	0.2	0.1
Epidot	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Apatit	0.1	0.0	0.0	0.0	0.7	0.1	0.6	0.2	0.0	0.1	0.3	1.0	0.3	0.2	0.4
Rutil	0.4	0.5	0.5	0.9	1.0	0.6	0.5	0.9	0.8	0.2	0.4	0.5	0.5	0.6	0.2
Magnetit	7.6	1.1	3.6	5.8	1.1	0.4	0.1	0.5	0.0	0.2	1.3	3.6	0.1	1.2	0.0
Hematit	0.8	0.0	0.0	0.0	3.7	2.2	0.2	4.3	0.0	0.5	0.8	0.0	1.6	1.5	0.0
Toplam	99.7	97.7	100.0	100.1	96.1	97.4	99.4	95.7	97.2	99.0	97.3	99.9	98.3	97.4	99.3
Kalıntı (r²)	0.1	0.0	0.0	0.7	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0

Ek Tablo 8. Dasit - I'lerin tüm kayaç analizlerinden MINSQ yöntemiyle hesaplanan mineralojik bileşimleri (% ağırlık) (n = 19)

Mineral/Örn.	50	255	528	260	288	25	161	260	164	T	X1	232	246	275	304	448	560	565	247
Kuars	19.7	46.3	36.9	20.3	20.8	35.6	25.2	16.7	37.6	43.5	37.5	22.1	24.8	15.4	26.6	43.9	13.3	22.5	33.9
K - feldispat	16.0	15.8	11.6	9.8	15.2	8.5	19.4	7.8	0.0	0.0	0.0	8.2	2.7	0.0	4.8	14.3	16.8	13.2	13.7
Albit	28.0	18.8	33.5	0.0	0.0	18.7	14.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Oligoklas	0.0	0.0	0.0	32.0	16.0	0.0	0.0	28.8	28.1	23.6	0.0	10.7	23.0	27.1	31.4	16.5	17.7	24.9	11.7
Hornblend	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	0.0	13.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fe - klorit	0.0	0.0	0.0	6.4	0.0	1.2	1.5	5.5	1.3	5.8	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mg - klorit	4.7	2.5	0.0	0.0	0.0	0.8	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.5	10.7	2.3	0.0	8.8	0.0
İlit	23.3	0.0	7.1	8.5	13.1	9.2	5.7	15.8	25.7	21.7	26.6	13.4	20.0	20.4	12.7	7.0	14.1	9.5	14.8
Proflit	6.8	14.5	8.7	11.1	19.2	0.0	23.2	9.5	3.4	0.0	23.5	0.0	0.0	0.0	6.9	0.0	16.2	0.0	0.0
Kaolinit	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.0	9.3	13.1	0.0	8.2	8.4	11.4	16.5
Simektit	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	7.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kalsit	0.0	0.6	0.0	0.0	6.2	0.0	0.8	2.1	0.0	0.0	2.6	5.1	0.3	0.0	0.0	1.6	3.0	2.1	1.5
Ankerit	1.0	0.0	0.0	4.3	0.0	0.2	1.5	3.3	0.0	2.6	0.0	9.4	0.0	6.1	3.3	0.0	3.7	0.0	5.8
Siderit	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pirit	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	0.2	0.1	0.0	0.3	0.0	0.2	1.9	0.2	0.1	0.0	0.8	0.5	0.1
Biyotit	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Epidot	0.0	0.0	0.0	7.6	1.7	0.0	0.0	8.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	2.3	0.0	0.0
Apatit	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Rutil	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.0	0.4	0.0	0.2	0.2	0.4	0.2	0.1	0.2	0.7	0.0
Hematit	0.6	1.5	2.0	0.0	1.9	0.3	0.2	0.6	1.4	1.1	0.6	0.7	4.1	2.2	1.4	1.0	1.0	3.4	0.4
Toplam	100.2	100.0	99.9	100.0	98.9	98.9	100.0	99.7	98.3	99.0	100.1	98.8	100.0	95.4	98.1	100.1	97.5	97.0	98.4
Kalıntı (r ²)	0.1	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.7	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0

Ek Tablo 9. Dasit - II'lerin tüm kayaç analizlerinden MINSQ yöntemiyle hesaplanan mineralojik bileşimleri (% ağırlık) (n = 17)

Mineral/Örnek	431	285	86	131	142	301	311	388	397	494	496	512	G1	359	382	492	419
Kuvars	40.9	37.8	22.8	30.9	28.7	27.5	31.0	36.4	36.1	35.4	33.1	43.9	39.1	25.9	23.2	30.8	24.5
K-feldispat	10.9	1.8	3.2	10.3	12.1	1.8	2.2	6.9	9.5	0.4	5.8	8.5	24.6	19.4	21.6	23.2	15.8
Albit	17.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Oligoklas	0.0	12.2	25.3	15.8	24.5	12.3	17.2	19.5	22.8	5.1	13.6	11.4	20.1	6.3	3.5	0.0	6.1
Hornblend	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.9	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
Muskovit	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	20.9	22.1	0.0	14.9	0.0	24.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fe-klorit	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	1.3	0.0	1.5	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
Mg-klorit	0.0	0.0	4.9	0.0	2.2	7.4	6.1	0.0	0.0	11.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	8.1
İlit	24.6	37.9	34.6	21.9	12.4	10.4	11.6	26.8	12.0	31.9	19.9	23.6	6.1	15.4	16.6	11.5	33.9
Proflit	4.9	0.0	0.0	15.0	12.6	0.0	0.0	7.1	0.0	0.0	0.0	3.4	0.4	23.6	31.0	30.1	0.0
Kaolinit	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8	4.3	2.1	0.0	0.0
Kalsit	0.1	4.4	5.1	1.5	4.2	6.8	4.1	0.0	0.2	2.4	0.2	2.0	0.0	0.0	0.0	0.2	3.3
Ankerit	0.0	0.0	1.1	2.2	0.0	0.4	0.8	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	4.9
Pirit	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1	0.3	0.4	0.0	0.1	0.0	0.1	0.7	0.1	0.1	0.2
Epidot	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.8	0.0	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Rutil	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.1	0.1	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.0
Hematit	1.0	3.0	3.0	2.1	2.7	0.6	1.5	0.9	0.2	0.7	0.0	0.0	0.9	1.3	0.8	0.0	0.0
Toplam	100.1	100.0	100.1	99.8	99.8	93.4	99.2	98.0	97.8	100.2	98.9	100.0	99.2	97.0	99.1	98.9	96.8
Kalıntı (r²)	0.3	0.4	0.7	0.3	0.2	0.0	0.0	0.3	0.0	0.2	0.0	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3

Ek Tablo 10. Andezit daykların tüm kayaç analizlerinden MİNSQ yöntemiyle hesaplanan mineralojik bileşimleri (% ağırlık) (n = 8)

Mineral/Örnek	591	DE1	M1	588	H	M4	93	96
Albit	21.1	23.5	36.1	0.7	0.8	19.7	27.6	18.7
Anortit	2.0	6.3	1.4	2.0	7.4	7.4	0.3	20.9
Ojit	2.5	12.9	13.6	0.0	0.0	19.2	13.7	11.4
Kuvars	16.2	14.9	8.8	14.3	48.1	14.0	9.4	15.4
Biyotit	6.4	5.7	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Muskovit	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0
Fe - klorit	0.0	0.1	0.7	2.5	5.7	2.3	0.0	0.0
Mg - klorit	19.4	7.0	8.1	0.0	2.4	1.8	7.3	10.8
İlit	28.8	22.2	19.2	49.2	32.1	22.5	30.5	15.1
Kaolinit	0.0	0.0	0.0	17.3	0.0	5.8	4.8	0.5
Kalsit	0.2	3.2	1.0	0.1	0.3	0.9	1.6	1.7
Pirit	0.1	0.1	0.1	0.0	0.2	0.1	0.0	0.1
Apatit	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.1
Rutil	0.3	0.4	0.4	1.0	0.4	0.6	0.5	0.6
Magnetit	0.0	0.4	0.3	1.9	0.0	0.0	4.3	4.8
Hematit	0.0	2.0	1.6	7.9	0.0	3.8	0.0	0.0
Toplam	97.3	99.0	98.9	97.1	100.0	98.4	100.3	100.1
Kalıntı (r ²)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Ek Tablo 11. Porfirik dasitlerin tüm kayaç analizlerinden MİNSQ yöntemiyle hesaplanan mineralojik bileşimleri (% ağırlık) (n = 6)

Mineral/Örnek	M2	M3	M5	344	208	227
Kuvars	16.4	26.5	28.3	43.3	15.0	16.5
K-feldispat	23.3	18.0	19.6	6.7	17.7	20.1
Albit	0.0	0.0	0.0	22.9	0.0	0.0
Oligoklas	18.2	21.5	15.3	0.0	14.0	24.8
Hornblend	3.4	0.0	0.0	0.0	2.7	6.1
Muskovit	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0
Fe -klorit	3.7	0.0	0.0	0.0	0.9	1.9
Mg - klorit	1.0	0.0	0.0	0.0	6.8	2.6
İlit	0.0	11.8	16.0	19.7	9.2	6.3
Profilit	25.4	13.0	7.9	0.0	20.6	14.3
Kaolinit	0.5	7.8	6.8	6.7	2.4	0.9
Kalsit	7.1	0.0	0.0	0.0	5.4	1.4
Ankerit	0.3	0.0	3.7	0.0	1.5	1.5
Pirit	0.3	0.1	0.3	0.0	0.2	0.0
Rutil	0.2	0.1	0.1	0.1	0.4	0.4
Hematit	0.0	0.9	0.4	0.7	1.8	1.9
Toplam	99.8	99.7	99.0	100.1	98.6	98.7
Kalıntı (r ²)	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0

Ek Tablo 12. Bazalt ve andezitlerden alınan en az ayrılmış ve ayrılmış örneklerin kimyasal analiz sonuçları ve izokon yöntemine göre ölçeklendirilmiş hali (n_i).

Örn. Elem.	C_i^O	n_i	C_i^A							
	112	Ölç.	470	327	463	511	501	481	517	487
Cr	15.0	1	6.0	6.0	2.0	12.0	6.0	3.0	26.0	17.0
Cu	520.0	2	169.0	11.3	17.0	13.4	43.0	13.0	7.0	14.0
Co	20.4	3	11.0	15.0	16.0	8.0	7.6	3.0	12.0	26.0
Zn	71.0	4	117.0	121.0	198.0	64.0	47.0	61.0	78.0	142.0
P ₂ O ₅	0.14	5	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Ba	1035.0	6	95.0	198.9	420.0	561.7	62.4	242.3	609.6	248.1
Al ₂ O ₃	17.8	7	15.4	19.4	17.7	19.9	13.8	18.6	19.7	19.3
Rb	92.3	8	19.8	74.8	34.6	120.6	16.1	71.1	120.0	26.8
K ₂ O	3.3	9	1.1	2.7	2.2	4.5	1.3	3.5	4.1	1.2
Ga	17.0	10	11.0	14.0	13.0	14.0	10.0	14.0	15.0	12.0
As	9.0	11	10.0	1.6	24.0	3.7	1.9	0.2	0.7	0.5
Cs	2.7	12	1.7	1.1	2.6	1.2	0.8	0.8	2.3	1.5
TiO ₂	0.6	13	1.0	1.1	1.0	0.5	0.5	0.2	0.7	0.9
Pb	27.0	14	7.9	2.8	23.5	9.5	7.0	3.8	22.2	5.9
V	157.0	15	84.0	70.0	226.0	83.0	51.0	0.0	125.0	223.0
Na ₂ O	3.2	16	3.7	1.9	1.9	1.4	2.8	2.2	1.9	2.5
Sr	264.9	17	94.4	82.0	92.9	59.4	81.9	36.4	102.1	193.1
U	4.3	18	1.0	0.3	1.0	3.6	0.3	1.1	2.7	1.5
Ni	11.0	19	3.8	2.5	2.8	9.5	4.3	2.8	8.0	9.0
Tl	0.4	20	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.
Y	20.7	21	26.9	29.7	38.0	14.3	20.5	41.1	14.2	20.5
Th	17.1	22	3.1	1.1	3.3	11.4	2.1	6.0	11.8	1.4
CaO	2.5	23	1.3	5.2	3.2	2.6	1.4	0.2	5.7	13.2
Hf	4.2	24	3.4	3.4	3.3	2.4	2.6	4.2	1.8	1.4
MnO	0.1	25	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3
SiO ₂	62.7	26	66.2	55.5	59.7	64.9	70.6	71.6	58.4	45.4
La	31.1	27	11.3	12.1	18.7	23.0	7.0	24.6	23.4	7.3
⁵⁶ Fe ₂ O ₃	7.0	28	5.9	10.0	10.6	4.6	6.9	2.7	7.2	12.2
Ce	33.4	29	24.0	27.6	28.6	41.6	14.5	49.3	43.1	13.2
NTE	10.5	30	7.6	6.1	5.0	7.0	3.7	10.2	7.3	3.4
Ta	0.9	31	0.5	0.4	0.4	0.6	0.2	0.5	0.5	0.1
MgO	2.7	32	5.2	3.9	3.5	1.3	2.7	1.0	2.2	5.3
Nb	9.5	33	6.4	6.6	4.0	6.2	3.4	6.1	6.1	1.9
Zr	155.8	34	115.0	131.0	87.0	78.4	83.2	163.4	67.8	49.0

C_i^O : En az ayrılmış örnek, C_i^A : Ayrılmış örnek, n_i : Elementlere verilen sayısal değerler

Ek Tablo 12'in devamı

Örn. Elem.	C _i ^A								
	587y	109	345	377	267	77	338	506	371
Cr	6.0	364.0	5.0	2.0	0.3	27.0	4.0	10.0	6.0
Cu	8.4	28.0	12.0	8.0	34.0	87.0	7.0	4.0	12.0
Co	9.6	23.0	11.0	5.1	34.0	29.1	15.6	2.9	4.5
Zn	108.0	103.0	97.0	176.0	122.0	356.0	67.0	52.0	97.0
P ₂ O ₅	0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.1	0.2	0.2	0.2
Ba	1784.8	418.3	177.1	262.3	105.0	30.0	283.0	215.0	210.4
Al ₂ O ₃	18.5	14.8	16.3	16.8	20.0	14.7	16.8	13.2	17.8
Rb	104.4	35.0	18.7	13.1	28.6	27.7	78.2	46.6	67.7
K ₂ O	4.6	1.1	0.9	0.6	1.4	1.0	2.8	1.9	2.7
Ga	12.0	12.0	14.0	8.0	15.0	14.4	19.2	15.2	16.0
As	0.5	1.2	0.5	0.3	0.8	22.0	1.0	5.0	0.4
Cs	0.7	3.3	0.3	0.2	0.9	1.0	1.1	0.7	0.6
TiO ₂	0.5	0.7	0.8	0.6	1.2	0.5	1.2	0.6	0.6
Pb	11.9	24.7	9.0	3.7	10.4	9.0	5.0	9.0	9.4
V	68.0	106.0	13.0	21.0	328.0	126.0	219.0	10.0	13.0
Na ₂ O	2.8	1.5	3.8	4.4	3.0	0.1	1.9	3.2	3.2
Sr	277.4	187.8	284.0	87.4	137.4	6.2	124.3	141.5	119.0
U	3.9	2.3	0.9	0.9	2.0	4.5	0.4	0.5	0.9
Ni	4.0	91.0	2.2	3.2	12.0	7.0	4.0	4.0	3.1
Tl	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	0.4	0.2	0.3	a.e.
Y	18.6	21.0	34.5	27.4	19.2	55.3	24.9	27.9	36.4
Th	21.0	8.2	3.5	3.4	7.7	10.3	1.4	2.4	1.8
CaO	3.6	12.0	7.3	6.2	9.6	0.6	6.2	4.9	3.0
Hf	1.9	3.8	3.5	3.3	2.1	2.4	2.2	3.3	4.0
MnO	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1
SiO ₂	62.7	54.3	58.0	57.6	45.2	56.4	58.6	69.6	63.9
La	46.5	23.7	16.5	18.5	22.6	17.8	10.5	16.5	17.0
⁵⁶ Fe ₂ O ₃	4.8	8.1	9.8	7.3	13.8	19.9	9.8	5.1	6.6
Ce	73.6	46.2	35.3	39.1	46.1	33.4	21.9	34.3	39.7
NTE	12.3	8.2	7.6	7.7	8.4	7.4	5.0	7.0	8.5
Ta	0.7	0.5	0.4	0.4	0.3	0.5	0.3	0.4	0.5
MgO	2.3	7.4	3.0	6.2	5.5	5.9	2.4	1.0	1.8
Nb	8.9	8.1	6.7	8.1	5.0	5.0	4.8	6.6	11.0
Zr	60.2	143.5	130.9	126.0	80.9	97.4	77.6	130.0	151.9

Ek Tablo 13. Bazalt ve andezitlerden alınan ayrılmış örneklerdeki elementlerin en az ayrılmış örneğe göre ölçüklendirilmiş değerleri.

Örn. Elm.	Cs																
	470	109	345	377	267	77	338	506	371	327	463	511	501	481	517	487	587y
	And.	And.	And.Br.	And.	Baz.	And.	Baz.	And.	And.	And.Br.	Baz.	And.	And.	And.	Baz.	Baz.Br.	And.
Cr	0.4	24.3	0.3	0.1	0.0	1.8	0.3	0.7	0.4	0.4	0.1	0.8	0.4	0.2	1.7	1.1	0.4
Cu	6.5	1.1	0.5	0.3	1.3	3.3	0.3	0.2	0.5	0.4	0.7	0.5	1.7	0.5	0.3	0.5	0.3
Co	1.6	3.4	1.6	0.8	5.0	4.3	2.3	0.4	0.7	2.2	2.4	1.2	1.1	0.4	1.8	3.8	1.4
Zn	6.6	5.8	5.5	9.9	6.9	20.1	3.8	2.9	5.5	6.8	11.2	3.6	2.6	3.4	4.4	8.0	6.1
P ₂ O ₅	6.0	2.9	6.3	8.9	11.4	4.3	6.4	7.1	7.0	8.7	3.4	3.8	4.8	1.6	3.6	3.2	6.0
Ba	0.6	2.4	1.0	1.5	0.6	0.2	1.6	1.2	1.2	1.2	2.4	3.3	0.4	1.4	3.5	1.4	10.3
Al ₂ O ₃	6.1	5.8	6.4	6.6	7.9	5.8	6.6	5.2	7.0	7.6	7.0	7.8	5.4	7.3	7.8	7.6	7.3
Rb	1.7	3.0	1.6	1.1	2.5	2.4	6.8	4.0	5.9	6.5	3.0	10.5	1.4	6.2	10.4	2.3	9.0
K ₂ O	2.9	2.9	2.5	1.7	3.7	2.7	7.5	5.1	7.4	7.4	6.0	12.4	3.5	9.4	11.0	3.2	12.6
Ga	6.5	7.1	8.2	4.7	8.8	8.5	11.3	8.9	9.4	8.2	7.6	8.2	5.9	8.2	8.8	7.1	7.1
As	12.2	1.5	0.6	0.4	1.0	26.9	1.2	6.1	0.5	2.0	29.3	4.5	2.3	0.2	0.9	0.6	0.6
Cs	7.6	14.7	1.3	0.9	4.0	4.4	4.9	3.1	2.7	4.9	11.6	5.3	3.6	3.6	10.2	6.7	3.1
TiO ₂	20.5	14.8	16.4	13.4	25.2	9.6	24.8	12.1	12.5	22.5	21.2	10.7	9.9	4.4	14.3	19.9	10.6
Pb	4.1	12.8	4.7	1.9	5.4	4.7	2.6	4.7	4.9	1.5	12.2	4.9	3.6	1.9	11.5	3.0	6.1
V	8.0	10.1	1.2	2.0	31.3	12.0	20.9	1.0	1.2	6.7	21.6	7.9	4.9	0.0	11.9	21.3	6.5
Na ₂ O	18.1	7.2	18.7	21.9	15.0	0.2	9.5	15.7	16.0	9.3	9.3	7.1	13.7	11.0	9.6	12.1	14.1
Sr	6.1	12.1	18.2	5.6	8.8	0.4	8.0	9.1	7.6	5.3	6.0	3.8	5.3	2.3	6.6	12.4	17.8
U	4.1	9.5	3.9	3.8	8.3	18.8	1.7	2.1	3.8	1.2	4.3	15.2	1.3	4.6	11.1	6.1	16.1
Ni	6.6	157.2	3.8	5.5	20.7	12.1	6.9	6.9	5.4	4.3	4.8	16.4	7.4	4.8	13.8	15.5	6.9
Tl	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	20.0	10.0	15.0	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.	a.e.
Y	27.3	21.3	35.0	27.8	19.5	56.1	25.3	28.3	36.9	30.1	38.6	14.5	20.8	41.7	14.4	20.8	18.9
Th	3.9	10.6	4.5	4.3	9.9	13.3	1.8	3.1	2.3	1.4	4.3	14.6	2.7	7.7	15.2	1.7	27.0
CaO	11.9	111.9	68.1	58.0	89.7	5.2	58.1	45.7	28.3	48.7	30.1	24.6	13.4	1.9	52.8	123.2	33.3
Hf	19.4	21.8	20.1	18.7	12.2	13.7	12.6	18.9	22.7	19.3	18.6	13.4	14.7	23.9	10.3	7.9	10.9
MnO	33.3	41.3	54.3	92.9	51.0	137.0	34.2	52.9	39.8	51.2	48.5	40.5	17.7	14.1	38.1	87.9	43.8
SiO ₂	27.5	22.5	24.0	23.9	18.8	23.4	24.3	28.9	26.5	23.0	24.7	26.9	29.3	29.7	24.2	18.8	26.0
La	9.8	20.6	14.3	16.1	19.6	15.5	9.1	14.3	14.8	10.5	16.2	20.0	6.1	21.4	20.3	6.3	40.4
Fe ₂ O ₃	23.7	32.6	39.5	29.2	55.2	80.0	39.5	20.6	26.6	40.0	42.5	18.5	27.6	10.9	29.0	48.8	19.1
Ce	20.8	40.1	30.6	33.9	40.0	29.0	19.0	29.8	34.5	24.0	24.8	36.1	12.6	42.8	37.4	11.5	63.9
NTE	21.6	23.3	21.6	22.0	23.9	21.2	14.3	20.1	24.2	17.4	14.4	20.0	10.4	29.1	20.7	9.6	35.2
Ta	16.9	17.6	14.1	14.8	9.0	17.2	10.3	13.8	18.3	12.7	14.5	20.0	7.2	16.2	17.2	4.1	24.1
MgO	61.8	87.6	34.8	73.0	64.5	69.4	28.6	11.3	21.4	45.7	41.8	15.5	31.3	11.8	26.4	62.1	27.3
Nb	22.2	28.1	23.3	28.1	17.4	17.4	16.7	22.9	38.2	22.9	13.9	21.5	11.8	21.2	21.2	6.6	30.9
Zr	25.1	31.3	28.6	27.5	17.7	21.3	16.9	28.4	33.2	28.6	18.9	17.1	18.2	35.7	14.8	10.7	13.2
m	0.74	0.92	0.84	0.81	0.52	0.62	0.50	0.83	0.98	0.84	0.56	0.50	0.53	1.04	0.44	0.32	0.39

Ek Tablo 16. Dasit - I' den alınan ayrılmış örneklerdeki elementlerin en az ayrılmış örneğe göre ölçeklendirilmiş değerleri.

Örn. Elm.	C _f																	
	260*	25	50	161	164	246	247	232	255	T	288	528	560	565	304	275	448	X1
Cr	1.0	1.3	1.3	7.5	2.3	3.0	2.0	1.5	4.5	1.5	2.0	0.3	0.8	0.5	1.4	5.3	1.8	1.8
Cu	2.0	5.0	2.1	1.1	0.9	3.5	4.3	1.7	1.5	0.9	2.1	5.0	5.3	6.8	2.7	2.2	0.9	1.5
Co	3.0	0.4	0.2	0.9	1.4	8.1	1.0	0.6	1.0	1.2	2.9	0.4	2.7	3.8	1.0	6.6	0.7	2.1
Zn	4.0	3.1	4.4	6.1	2.5	4.5	2.3	2.5	2.4	2.9	3.0	2.9	3.9	4.8	3.8	4.0	2.2	3.4
P ₂ O ₅	5.0	0.5	0.9	1.7	2.9	4.2	0.7	1.0	0.8	5.7	1.8	1.4	3.5	10.9	2.3	4.4	1.7	2.1
Ba	6.0	4.0	3.8	24.1	8.6	9.8	6.5	11.1	7.4	7.4	10.8	3.5	11.9	9.2	12.2	5.1	8.5	13.2
Al ₂ O ₃	7.0	6.7	6.9	6.5	5.5	6.0	6.0	7.3	4.6	5.0	6.8	5.5	7.8	6.7	6.6	7.7	5.0	6.1
Rb	8.0	10.7	11.6	16.5	16.3	14.4	12.3	14.2	12.2	16.5	15.7	15.0	15.5	12.0	11.5	8.3	15.7	19.8
K ₂ O	9.0	7.9	9.9	13.5	10.5	10.5	12.2	11.4	9.7	9.4	14.7	9.0	14.3	10.5	8.5	9.1	10.4	12.1
Ga	10.0	6.5	7.6	9.4	9.4	10.6	7.1	9.4	8.2	8.8	7.6	8.8	8.2	8.8	7.6	9.4	7.1	10.0
As	11.0	9.6	9.6	38.5	82.5	288.7	68.8	30.3	82.5	72.9	19.3	33.0	147.0	16.5	11.0	24.8	24.8	110.0
Cs	12.0	12.2	12.3	33.6	23.6	12.9	17.1	27.4	34.3	137.5	111.9	53.7	23.5	a.e.	9.5	12.1	27.9	42.9
Zr	13.0	7.2	10.5	8.4	12.7	13.1	8.8	14.7	9.9	10.1	7.7	10.1	8.4	9.6	13.0	11.9	13.2	13.4
Pb	14.0	37.4	13.3	11.5	28.4	34.1	105.9	94.5	19.9	16.4	35.8	45.1	48.1	106.2	13.0	9.8	11.4	14.2
V	15.0	11.5	11.5	21.9	9.2	10.4	11.5	11.5	4.6	27.7	11.5	11.5	21.9	40.4	11.5	83.1	4.6	9.2
Na ₂ O	16.0	10.8	20.4	8.4	11.5	11.3	6.8	6.1	8.3	11.0	8.4	17.0	9.5	12.3	15.1	13.5	8.3	0.8
Sr	17.0	4.0	10.8	8.1	13.5	10.4	3.4	12.3	9.3	11.1	11.8	11.5	16.3	13.0	12.5	16.7	8.3	2.9
U	17.9	72.3	66.4	54.5	31.0	34.1	34.1	50.3	34.1	19.6	21.1	70.5	30.5	a.s.a	26.1	18.4	49.7	65.2
Ni	19.0	9.1	22.0	67.6	30.4	30.4	31.9	31.9	30.4	17.5	60.8	12.9	20.5	28.1	22.8	60.0	30.4	30.4
Y	20.0	23.9	17.8	14.3	14.7	15.2	13.2	23.9	22.5	14.6	14.0	13.2	17.8	13.2	15.2	20.1	16.8	15.3
Th	21.0	54.5	77.4	55.9	49.9	42.8	39.6	49.6	32.5	21.6	56.8	55.2	60.2	a.e.	42.7	19.1	53.9	65.0
CaO	22.0	0.6	2.6	4.9	17.3	14.2	15.1	31.9	6.4	5.3	23.2	2.0	20.5	10.9	10.0	24.3	13.6	14.1
Hf	23.0	15.8	22.0	16.0	22.0	20.7	37.6	25.5	19.8	17.0	15.9	19.9	16.7	34.1	23.4	20.4	22.9	23.8
MnO	24.6	6.5	15.0	6.2	10.3	41.1	33.0	35.6	10.3	22.9	12.2	14.2	36.5	46.4	22.4	34.2	34.3	51.4
SiO ₂	25.0	29.2	27.2	28.7	28.1	25.4	28.5	25.4	30.9	28.9	26.1	29.5	25.3	25.6	26.4	23.2	29.6	28.2
La	26.0	29.7	37.9	29.7	26.4	32.2	24.5	34.0	24.8	23.2	32.0	27.3	37.1	24.5	33.2	23.0	34.0	34.0
Fe ₂ O ₃	27.0	9.5	10.4	9.0	18.6	41.3	9.5	16.7	10.2	26.1	18.5	12.0	14.6	28.9	22.5	31.9	11.5	14.9
Ce	28.0	30.7	38.2	29.2	26.0	32.9	25.6	34.4	27.1	24.2	30.8	27.7	35.7	26.5	33.5	24.8	33.3	33.7
NTE	29.0	30.8	35.7	26.5	25.8	32.2	0.0	34.4	29.4	23.6	27.9	25.9	32.8	0.0	30.9	26.2	31.9	31.4
Ta	29.9	25.4	34.4	31.9	32.7	27.3	74.2	35.8	27.3	21.9	30.2	25.9	37.0	61.6	31.1	24.8	27.3	43.6
MgO	31.0	18.3	46.6	15.7	13.1	48.2	31.4	27.2	12.2	17.3	21.5	9.1	26.0	49.8	59.4	68.9	19.5	44.3
Nb	32.0	23.2	28.0	27.1	25.8	28.3	28.1	41.0	22.2	28.6	28.1	22.3	33.4	48.0	34.4	28.3	25.8	30.4
TiO ₂	33.0	9.5	13.9	19.3	23.6	32.1	10.6	18.2	9.5	40.3	19.8	19.4	27.6	78.2	25.1	46.9	17.9	22.7
m	1.00	0.29	0.42	0.58	0.71	0.97	0.32	0.55	0.29	1.22	0.60	0.59	0.84	2.37	0.76	1.42	0.54	0.69

* En az ayrılmış örnek

Ek Tablo 19. Dasit - II'den alınan ayrılmış örneklerdeki elementlerin en az ayrılmış örneğe göre ölçeklendirilmiş değerleri.

Örn. Elm.	Cl ^s																
	311*	g1	301	512	492	496	359	382	388	397	419	86	131	285	431	142	494
Cr	1.0	3.7	4.0	1.3	4.5	3.3	a.e.	0.5	2.3	0.3	9.2	1.3	1.2	1.3	1.3	1.5	3.2
Cu	2.0	5.2	2.0	0.8	1.8	1.2	35.9	5.3	0.6	3.3	8.8	3.5	1.3	0.7	4.0	5.1	2.3
Co	3.0	a.e.	4.4	0.9	a.e.	a.e.	0.4	0.3	0.7	0.4	1.9	4.6	4.4	2.7	0.3	4.4	6.2
Zn	4.0	3.6	7.7	4.1	4.8	1.2	3.6	2.3	3.6	8.5	229.6	16.8	5.3	5.9	6.5	6.7	8.4
P ₂ O ₅	5.0	2.2	5.6	2.4	0.7	1.4	2.2	1.2	3.5	1.4	2.6	9.7	5.4	4.8	2.4	5.4	6.7
Ba	6.0	22.2	7.2	68.6	7.7	11.9	8.4	13.2	42.5	36.3	71.5	9.0	6.8	12.6	33.1	4.7	7.4
Al ₂ O ₃	7.0	5.2	7.0	5.2	6.4	7.3	6.8	7.3	6.1	6.1	6.2	6.5	6.3	5.6	5.3	6.1	6.1
Rb	8.0	7.2	7.4	7.3	7.9	8.0	6.5	5.3	5.5	5.7	4.1	6.0	6.8	7.5	6.9	6.3	9.0
K ₂ O	9.0	10.6	9.0	10.0	11.1	12.2	10.3	11.2	8.9	9.9	12.2	7.1	7.7	7.7	8.1	7.0	9.2
Ga	10.0	9.3	11.4	6.4	9.3	10.0	10.0	9.3	8.6	8.6	6.4	10.7	11.4	8.6	8.6	11.4	11.4
As	11.0	129.4	23.8	256.7	953.3	953.3	403.3	36.7	33.0	493.9	696.7	990.0	403.3	36.7	770.0	586.7	256.7
Cs	12.0	20.5	10.3	17.1	24.2	7.0	13.4	15.0	8.3	6.3	6.9	43.1	44.7	20.3	8.1	56.9	26.0
TiO ₂	13.0	3.3	14.3	5.4	10.4	12.8	6.5	4.0	5.4	3.8	6.5	15.6	12.3	9.6	4.2	12.0	14.1
Pb	14.0	106.0	41.8	41.7	88.6	23.8	111.2	13.5	11.3	160.5	208.6	29.5	12.2	7.0	794.4	19.1	48.7
V	15.0	a.e.	21.3	4.7	9.5	15.5	a.e.	2.9	a.e.	a.e.	8.7	18.9	16.3	11.1	1.1	15.5	18.7
Na ₂ O	16.0	19.2	12.6	10.0	1.0	15.5	7.3	4.6	20.4	24.3	10.3	25.9	16.9	14.4	18.5	23.0	5.2
Sr	17.0	34.9	21.1	76.8	44.6	30.9	3.9	6.4	50.4	38.9	56.5	80.4	17.6	14.3	35.6	32.2	12.0
U	17.9	26.9	16.4	34.6	28.0	23.6	9.0	21.6	25.5	26.9	18.6	28.0	30.5	19.8	32.5	25.4	23.9
Ni	19.0	12.4	27.6	13.8	85.7	5.2	1.0	9.0	11.1	3.5	35.9	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	17.3
Zr	20.0	30.6	17.7	32.1	32.4	43.7	30.3	27.4	26.6	22.2	25.3	42.1	39.0	25.3	41.6	30.5	36.3
Th	21.0	49.6	19.9	42.9	a.e.	31.8	3.8	39.6	42.6	37.1	33.9	30.8	31.2	21.2	47.2	28.3	30.8
CaO	22.0	0.8	33.4	22.6	0.8	1.0	1.0	0.8	0.9	1.0	22.8	28.5	14.3	21.1	0.9	22.8	32.0
Hf	23.0	31.5	21.5	35.7	48.7	42.7	30.6	59.2	31.1	28.7	22.8	48.6	40.7	27.8	44.6	29.7	40.7
MnO	24.6	6.7	46.5	16.4	7.3	6.9	17.1	7.4	7.3	7.7	65.0	53.2	41.0	53.2	8.2	41.0	57.3
SiO ₂	25.0	29.4	24.0	28.4	28.7	26.9	27.8	27.7	28.2	28.2	25.3	24.2	26.8	26.9	29.3	26.1	25.0
La	26.0	48.7	26.3	49.7	45.7	38.2	6.7	5.9	57.8	49.4	34.7	39.3	34.7	24.5	57.0	33.5	35.4
¹⁴⁷ Fe ₂ O ₃	27.0	8.3	32.1	11.3	4.9	6.8	14.4	7.4	9.9	9.2	19.2	33.3	21.4	25.6	9.1	26.5	36.7
Y	28.0	32.3	27.7	24.7	31.0	31.5	7.4	3.1	33.6	30.1	23.1	44.2	26.2	26.2	37.9	26.2	34.9
NTE	29.0	0.0	29.8	46.5	0.0	37.5	0.0	0.0	60.9	50.4	0.0	47.2	37.5	27.7	60.3	36.5	39.4
Ta	29.9	61.8	29.9	61.2	60.1	46.3	27.3	119.1	53.6	54.8	45.6	44.5	44.5	27.8	72.3	38.9	44.5
MgO	31.0	5.2	38.0	4.4	15.4	15.2	11.5	12.1	19.2	9.7	61.3	44.8	22.5	29.0	17.5	18.9	39.7
Nb	32.0	67.8	30.2	43.1	49.0	50.6	28.4	62.7	54.0	54.0	51.6	54.0	35.3	22.9	60.8	32.2	38.4
Ce	33.0	69.1	33.6	56.6	69.1	44.4	9.0	10.2	74.7	61.6	44.2	52.8	44.2	31.8	72.3	43.1	45.1
m	1.00	2.10	1.02	1.72	2.10	1.35	0.27	0.31	2.26	1.87	1.34	1.60	1.34	0.97	2.19	1.31	1.37

* En az ayrılmış örnek

Ek Tablo 22. Andezit daykından alınan ayrılmış örneklerdeki elementlerin en az ayrılmış örneğe göre ölçeklendirilmiş değerleri.

Örn. Elm.	C _i ^S							
	96*	591	DE1	M1	588	H	M4	93
Cr	1.0	0.4	0.3	0.4	0.1	0.5	0.6	0.6
Cu	2.0	2.1	1.5	1.1	1.6	1.6	1.3	2.0
Co	3.0	2.6	2.4	2.1	2.0	a.e.	3.2	2.9
Zn	4.0	10.0	2.5	2.8	2.9	7.3	26.8	4.2
P ₂ O ₅	5.0	7.8	7.2	7.2	5.0	5.6	7.2	7.2
Ba	6.0	11.0	10.9	8.0	16.7	5.3	11.1	15.2
Al ₂ O ₃	7.0	7.0	6.3	6.4	8.5	5.7	6.4	6.7
Rb	8.0	13.0	10.1	7.9	17.1	17.6	9.4	13.3
K ₂ O	9.0	20.1	15.8	14.6	29.1	19.7	13.1	17.6
Ga	10.0	7.9	6.3	6.8	10.0	10.0	6.3	8.4
As	11.0	4.1	28.4	5.3	0.6	1.8	18.3	37.6
Cs	12.0	3.0	12.7	1.1	22.0	8.9	10.4	6.8
TiO ₂	13.0	11.1	11.9	12.1	19.8	7.5	12.6	11.9
Pb	14.0	4.7	3.4	2.9	1.1	2.9	4.3	4.3
V	15.0	11.1	12.7	12.6	17.1	4.1	13.4	13.7
Na ₂ O	16.0	17.9	20.3	30.6	1.2	0.7	17.2	23.2
Sr	17.0	23.9	23.3	22.5	7.3	1.4	25.2	33.2
U	18.0	25.0	20.3	19.9	9.6	45.0	18.2	36.0
Ni	19.0	16.6	10.7	10.7	20.2	a.e.	14.3	13.1
Y	20.0	26.7	26.7	27.0	39.6	10.1	28.0	25.1
Th	21.0	54.3	35.7	37.5	32.1	39.0	41.5	45.0
CaO	22.0	5.3	17.6	11.8	2.2	5.4	18.0	11.9
Hf	23.0	35.2	33.0	32.2	36.3	19.9	30.4	32.2
MnO	24.0	24.0	19.6	24.0	6.5	28.4	21.8	30.5
SiO ₂	25.0	27.0	26.3	26.3	25.1	32.7	26.5	25.9
La	26.0	36.1	30.4	31.9	39.2	27.0	30.8	30.2
⁴ Fe ₂ O ₃	27.0	21.1	22.2	22.9	39.2	9.2	22.5	24.4
Ce	28.0	50.6	43.8	45.8	60.1	41.0	44.2	43.2
NTE	29.0	49.2	43.6	45.0	60.0	27.0	44.2	43.7
Ta	30.0	63.8	54.8	52.5	78.0	30.0	48.0	60.0
MgO	31.0	37.8	30.8	34.2	7.5	12.3	30.5	29.6
Nb	32.0	89.0	82.6	78.6	128.8	56.0	71.4	72.0
Zr	33.0	43.7	41.0	43.3	60.3	43.7	39.7	52.0
m	1.00	1.32	1.24	1.31	1.83	1.32	1.20	1.58

*: En az ayrılmış örnek

Ek Tablo 25. Porfirik dasitten alınan ayrılmış örneklerdeki elementlerin en az ayrılmış örneğe göre ölçeklendirilmiş değerleri.

Örn. Elm.	C_1^S					
	M2*	M3	M5	344	208	227
Cr	1.0	3.5	0.5	4.0	17.0	8.5
Cu	2.0	2.7	0.8	1.5	4.0	4.6
Co	3.0	0.6	0.4	4.1	6.3	6.7
Zn	4.0	3.0	2.0	1.6	5.1	5.1
P ₂ O ₅	5.0	2.5	2.5	2.5	7.5	8.3
Ba	6.0	3.9	12.8	4.9	6.3	5.8
Al ₂ O ₃	7.0	7.0	6.5	5.3	7.3	6.8
Rb	8.0	7.2	6.6	9.1	6.8	7.6
K ₂ O	9.0	8.4	9.9	7.6	8.3	8.6
Ga	10.0	9.2	10.0	8.3	12.5	12.5
As	11.0	49.8	11.9	165.0	5.5	3.7
Cs	12.0	11.0	37.4	10.8	18.4	22.2
Zr	13.0	11.2	13.8	11.8	11.9	12.2
Pb	14.0	33.7	10.7	49.9	35.9	81.8
V	15.0	a.e.	a.e.	6.2	39.3	36.7
Na ₂ O	16.0	20.7	15.4	23.0	13.2	22.0
Sr	17.0	14.7	19.3	21.1	11.1	24.0
U	18.0	23.1	22.0	41.3	17.4	13.3
Ni	19.0	32.0	4.3	a.e.	58.7	57.9
Y	20.0	15.7	20.7	22.8	20.3	21.6
Th	21.0	38.9	41.0	43.2	26.9	22.6
CaO	22.0	0.7	5.3	0.6	18.5	11.8
Hf	23.0	265.5	270.3	316.3	202.2	191.7
MnO	24.0	5.3	10.7	a.e.	29.3	24.0
SiO ₂	25.0	27.7	27.3	29.5	24.0	24.8
La	26.0	29.7	43.1	25.2	24.5	25.7
⁵⁶ Fe ₂ O ₃	27.0	11.5	14.4	11.8	42.7	44.5
Ce	28.0	33.4	49.0	32.5	28.3	28.8
NTE	29.0	32.6	47.7	37.1	29.8	30.8
Ta	30.0	42.1	56.0	51.9	32.3	32.3
MgO	31.0	19.3	39.6	10.0	80.6	65.8
Nb	32.0	31.9	56.5	33.4	31.2	32.7
TiO ₂	33.0	15.9	15.9	13.7	53.5	58.0
m	1.0	0.48	0.48	0.41	1.62	1.76

* : En az ayrılmış örnek

Ek Tablo 26. Porfirik dasitten alınan ayrılmış örneklerin en az ayrılmış örneğe göre hesaplanan göreceli (% ağırlık) kütle değişimleri.

Örn. Elm.	ΔC_i^A (%)				
	M3	M5	344	208	227
Cr	625.0	3.6	866.7	948.9	383.3
Cu	176.0	-14.5	86.8	24.0	31.8
Co	-60.8	-72.0	226.6	30.1	27.6
Zn	53.9	1.1	-2.9	-20.6	-26.8
P ₂ O ₅	3.6	3.6	20.8	-7.5	-5.2
Ba	34.9	342.9	96.9	-35.4	-44.6
Al ₂ O ₃	108.0	93.3	83.3	-35.7	-44.7
Rb	86.1	70.7	175.2	-47.4	-45.8
K ₂ O	92.7	128.5	104.6	-43.2	-45.7
Ga	89.9	107.1	101.4	-22.9	-28.9
As	837.3	124.4	3525	-69.2	-81.1
Cs	90.6	546.3	117.5	-5.6	5.2
Zr	78.8	120.2	118.8	-43.5	-46.7
Pb	399.0	58.2	760.7	58.2	232.1
V	a.e.	a.e.	0.0	61.7	39.2
Na ₂ O	168.0	99.7	247.6	-49.1	-21.7
Sr	78.6	135.7	200.0	-59.6	-19.6
U	166.1	153.2	454.3	-40.3	-58.0
Ni	248.4	-52.9	a.e.	90.7	73.2
Y	62.2	114.6	176.1	-37.3	-38.6
Th	283.3	304.6	396.9	-21.0	-38.9
CaO	-93.4	-50.0	-93.7	-48.0	-69.6
Hf	2290	2334	3222	442.5	373.9
MnO	-54.0	-7.9	a.e.	-24.6	-43.1
SiO ₂	129.5	125.9	185.7	-40.7	-43.7
La	136.7	243.5	133.9	-41.8	-43.8
^t Fe ₂ O ₃	-11.5	10.8	5.7	-2.5	-6.2
Ce	147.0	262.6	180.5	-37.7	-41.5
NTE	133.2	240.4	209.2	-36.6	-39.6
Ta	190.8	286.4	318.3	-33.6	-38.8
MgO	28.9	164.7	-22.1	60.4	20.7
Nb	106.8	265.7	152.2	-39.9	-42.0
TiO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Ek Tablo 27. Porfirik dasitten alınan ayrılmış örneklerin en az ayrılmış örneğe göre hesaplanan net (g / 100 g) kütle değişimleri

Örn. Elm.	ΔC_i^A (g / 100 g)				
	M3	M5	344	208	227
Cr	43.8	0.0	69.3	322.6	65.2
Cu	15.2	-0.4	4.3	3.1	4.8
Co	-0.4	-0.4	11.3	2.3	2.3
Zn	19.9	0.3	-0.6	-13.2	-17.2
P ₂ O ₅	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ba	106.7	3447	371.3	-174.2	-204.2
Al ₂ O ₃	19.3	15.5	11.2	-6.6	-7.7
Rb	83.5	62.9	215.5	-43.6	-47.1
K ₂ O	3.6	5.9	3.7	-1.7	-1.8
Ga	9.9	12.9	10.1	-3.4	-4.3
As	45.5	1.6	634.5	-0.4	-0.3
Cs	0.8	17.0	1.1	-0.1	0.1
Zr	64.6	121.4	102.1	-37.8	-41.6
Pb	67.5	3.1	190.2	10.5	95.2
V	a.e.	a.e.	0.0	46.9	27.8
Na ₂ O	4.2	1.9	6.9	-0.8	-0.6
Sr	39.3	89.6	144.0	-22.6	-16.1
U	9.3	8.2	45.4	-1.7	-1.9
Ni	9.2	-0.3	a.e.	6.2	4.9
Y	6.4	15.6	26.4	-5.0	-5.5
Th	56.1	63.7	87.3	-2.9	-4.5
CaO	-0.2	-0.6	-0.1	-2.2	-2.0
Hf	63.5	65.8	106.4	9.3	7.5
MnO	0.0	0.0	a.e.	0.0	0.0
SiO ₂	95.3	91.2	145.8	-26.0	-28.7
La	37.1	95.9	30.8	-9.4	-10.3
^t Fe ₂ O ₃	-0.1	0.2	0.1	-0.1	-0.3
Ce	71.0	186.2	84.8	-15.4	-17.3
NTE	9.9	26.2	17.7	-2.5	-2.8
Ta	1.4	2.8	2.9	-0.2	-0.2
MgO	0.2	1.9	-0.1	1.4	0.4
Nb	6.1	27.0	9.1	-2.2	-2.5
TiO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ÖZGEÇMİŞ

Ferkan SİPAHİ, 1970 yılında Rize ili Çayeli ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Trabzon'da tamamladı. 1989 - 1990 öğretim yılında kaydolduğu K.T.Ü Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden Temmuz 1993 tarihinde dördüncülükle mezun oldu. Aynı yıl yüksek lisans eğitimine başladı. 1993 - 1994 yılları arasında İngilizce hazırlık eğitimi gördü. Ocak 1997 tarihinde yüksek mühendis ünvanı alarak mezun oldu. 1995 - 1997 tarihleri arasında Fen Bilimleri Enstitüsünde Araştırma Görevlisi olarak çalıştı. 13 Kasım 1997 tarihinde KTÜ Gümüşhane Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde Mineraloji - Petrografi Anabilim Dalı'na araştırma görevlisi olarak atandı. Şubat 1998 tarihinde KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda doktora eğitimine başladı. 19 Kasım 1999 tarihinde Doktora Yeterlilik sınavını vererek teze başladı. 1 Ağustos 2002 - 31 Ocak 2003 tarihleri arasında DAAD bursu alarak Freie Üniversitesi'nde (Berlin - Almanya) doktora konusuyla ilgili olarak Prof. Dr. P. Halbach'ın yanında araştırma yaptı. Yabancı dili İngilizcedir.