İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YILDIZELİ (SİVAS) VE ALMUS (TOKAT) İLÇELERİ ARASINDA YER ALAN SENOZOYİK YAŞLI MAGMATİK BİRİMLERİN PETROJENEZİ VE BÖLGENİN JEOTEKTONİK EVRİMİNİN ARAŞTIRILMASI

DOKTORA TEZİ

Gönenç GÖÇMENGİL

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jeoloji Mühendisliği Programı

ŞUBAT 2018

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YILDIZELİ (SİVAS) VE ALMUS (TOKAT) İLÇELERİ ARASINDA YER ALAN SENOZOYİK YAŞLI MAGMATİK BİRİMLERİN PETROJENEZİ VE BÖLGENİN JEOTEKTONİK EVRİMİNİN ARAŞTIRILMASI

DOKTORA TEZİ

Gönenç GÖÇMENGİL
(505112302)

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jeoloji Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zekiye Karacık

ŞUBAT 2018

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 505112302 numaralı Doktora Öğrencisi Gönenç GÖÇMENGİL, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "YILDIZELİ (SİVAS) VE ALMUS (TOKAT) İLÇELERİ ARASINDA YER ALAN SENOZOYİK YAŞLI MAGMATİK BİRİMLERİN PETROJENEZİ VE BÖLGENİN JEOTEKTONİK EVRİMİNİN ARAŞTIRILMASI" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Zekiye KARACIK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Ş. Can GENÇ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Mehmet KESKİN
İstanbul Üniversitesi

Prof. Dr. Ercan ALDANMAZ
Kocaeli Üniversitesi

Prof. Dr. Okan TÜYSÜZ
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 30 Ocak 2018
Savunma Tarihi : 26 Şubat 2018

Aileme ve dostlarıma,

ÖNSÖZ

Öncelikle bu tezin yazılması süresince benden desteğini hiç bir zaman esirgemeyen eşim Gülce Tüzüner Göçmengil, abim Kıvanç Göçmengil ve annem Sevil Göçmengil ve babam Yiğit Göçmengil'e teşekkür etmek istiyorum. Yıllarca tez danışmanlığımı yapan ve tezmin her aşamasında bilgisi ve sabrıyla bana yol gösteren danışmanım Zekiye Karacık'a; yıllarca aynı ofisi paylaştığım ve kader ortaklığı yaptığım arkadaşlarım Fatma Gülmez ve Hatice Ünal Ercan'a teşekkürü bir borç bilirim. Bunun yanı sıra doktora hayatım boyunca dostlukları ve yardımlarını esirgemeyen, Ş. Can Genç, Cengiz Zabcı, Nalan Lom, Semih Can Ülgen, Emir Altıntaş, Mutlu Özkan, Dursun Acar, Pınar Gutsuz, Doğuşhan Kılıç, Oğuz Göğüş ve Tuna Eken'e minnet borçluyum. Bunun yanı sıra arazi çalışmaları ve laboratuvar çalışmaları sırasında canla başla çalışan Cansu Doğa Topbay, İsmailcan Sever ve Hasan Işkın'a teşekkür ediyorum. İnce kesitlerimin yapımındaki emekleri için Mehmet Ali Oral'a teşekkür ediyorum. Ayrıca bilimsel olarak gelişmemde ve akademik dünyada hayatta kalmam için maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen Gültekin Topuz, A.M.C Celal Şengör, M. Sezai Kırıkoğlu, Şenel Özdamar, Alper Ünal ve Tayfun Kindap'a teşekkür ederim.

Bunun yanı sıra tez izleme sürecinde ve tezin savunulması sırasında kısa sürede görüşlerini bildirerek tezin ciddi biçimde gelişmesine yardım eden Okan Tüysüz ve Ercan Aldanmaz'a; yıllardır tez izleme komitesinde tezimi dikkatle takip edip önerileriyle beni yönlendiren Mehmet Keskin'e de şükran borçluyum.

Bu tezin yazımı sırasında yapılan işin temel gereksinimi olan maddi imkânları oluşturan TÜBİTAK ÇAYDAG proje programı, TÜBİTAK 2214-A yurt dışı doktora sırası araştırma burs programı ve İTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Destek Programına şükranlarımı sunuyorum.

Yıllar boyunca bana akademik ortamda etik olarak dürüst ve dünyada hakim olan bilimsel sorunlara yakın konularda çalışmam için yol gösteren, çalışma ortamı oluşturan ve bunu korumak için uğraşan ismini sayamadığım hoca ve arkadaşlarımı da sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Ocak 2018

Gönenç Göçmengil
Jeoloji Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **vii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
KISALTMALAR ..... **xi**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xiii**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xv**
ÖZET ..... **xxiii**
SUMMARY ..... **xxvii**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Tezin Amacı 2
1.2 Literatür Araştırması 3
1.3 Hipotez 8
1.4 Metod ve Yötemler 9
1.4.1 Genel jeolojik çalışmalar 9
1.4.1.1 Jeolojik haritalama çalışmaları 9
1.4.1.2 Stratigrafik kesit alımı 9
1.4.1.3 Örnekleme çalışmaları 10
1.4.2 Laboratuvar çalışmaları 10
1.4.2.1 Petrografi 10
1.4.2.2 Tüm kaya jeokimyası ve izotop jeokimyası 10
1.4.2.3 Mineral kimyası analizleri 11
1.4.2.4 Radyometrik yaş tayini analizleri 11
2. VERİ SUNUMU **13**
2.1 Genel Jeoloji 13
2.1.1 Almus bölgesi 13
2.1.1.1 Temel birimler 14
2.1.1.2 Almus volkanitleri 18
2.1.1.3 Gökköy formasyonu 24
2.1.1.4 Alüvyon ve yamaç molozları 24
2.1.2 Yıldızeli bölgesi 25
2.1.2.1 Temel birimler 25
2.1.2.2 Yıldızeli grubu 30
2.1.2.3 Neojen ve daha genç birimler 36
2.1.3 Yıldızdağ bölgesi 36
2.2 Volkano Stratigrafi 40
2.2.1 Almus bölgesi 40
2.2.2 Yıldızeli bölgesi 46
2.3 Petrografi 54
2.3.1 Lav grupları 54
2.3.1.1 Sulu lav serileri (V1) 54
2.3.1.2 Susuz lav serileri (V2) 57

2.3.1.3 V3 grubu 62
2.3.2 İntrüzif seriler 67
2.3.2.1 Olivinli gabro 67
2.3.2.2 Kenar zonu gabrosu (monzogabro-diyorit) 68
2.3.2.3 Troktolitik otolit 69
2.3.2.4 Dayk kümesi (monzogabroik-diyoritik dayklar) 70
2.3.2.5 Kontak metamorfik kayalar 71
2.4 Radyometrik Yaş Tayinleri 73
2.5 Mineral Kimyası 76
2.5.1 Volkanik seriler 77
2.5.2 Gabroik kayalar 80
2.6 Tüm Kaya Jeokimyası 84
2.6.1 Volkanik gruplar 84
2.6.1.1 V1-V2 grupları 84
2.6.1.2 V3 grubu lavları 89
2.6.2 Yıldızdağ gabrosu ve dayk kümesi 95
2.7 İzotop Jeokimyası 102
3. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE TARTIŞMA 105
3.1 Manto Kaynak Alanının Genel Özellikleri 105
3.2 İzotopik Verilerin Değerlendirilmesi 106
3.3 Tüm Kaya Jeokimya Verilerinin Değerlendirilmesi 107
3.3.1 Ana oksitler yardımıyla kaynak alanın incelenmesi 107
3.3.2 İz elementler yardımıyla kaynak alanın incelenmesi 110
3.3.3 Kısmi ergime koşulları 114
3.3.4 Kısmi ergime süreçlerinin modellenmesi 115
3.4 Magmatizmanın Kıtasal Kabuk İçerisindeki Evrimi 116
3.4.1 V1-V2 grupları ve Yıldızdağ gabrosu magmatiklerinin kıtasal kabuk içerisindeki evrimi 117
3.4.1.1 Ana oksit ve iz elementlerin değerlendirilmesi 117
3.4.1.2 Fraksiyonel kristallenme, asimilasyon ve magma karışımı modellemesi 119
3.4.1.3 Mineral kimyası ile yapılan sınırlamalar 122
3.4.1.4 Yıldızdağ bölgesi intrüzif kayaları ve Almus-Yıldızeli V1-V2 gruplarının karşılaştırılması 125
3.4.1.5 İlk evre magmatik sistemin basınç-sıcaklık gelişimi 128
3.4.1.6 İlk evre magmatik sistemin sentezi 131
3.4.2 V3 grubu lavlarının kıtasal kabuk içindeki evrimi 133
3.4.2.1 V3 grubu lavlarının jeokimyasal özellikleri 134
3.4.2.2 V3 grubu lavlarının kaynak alanı hakkında sınırlamalar 136
3.4.2.3 V3 grubu lavlarının kıtasal kabuk içerisindeki evrimi 138
3.4.2.4 V3 grubu lavlarının fraksiyonlaşma ve asimilasyon Süreçleri 139
3.5 Orta Eosen Magmatiklerinin Geç Kretase-Erken Senozoyik Jeodinamik Evrimi İçerisindeki Yeri 142
3.6 Almus, Yıldızeli ve Yıldızdağ Bölgelerinde Gelişen Orta – Eosen Magmatizmasının Tektono-Magmatik Gelişimi 150
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 153
KAYNAKLAR 159
EKLER 173
ÖZGEÇMİŞ 235

KISALTMALAR

A : Andezit
Ab : Albit
Amf : Amfibol
An : Anortit
B : Bazalt
BA : Bazaltik andezit
BTA : Bazaltik trakiandezit
Bt : Biyotit
Cal : Kalsit
CHUR : Kondtiritk tekil rezervuar
CIA : Kimyasal alterasyon indeksi
CiMACİ : Akdeniz anorjenik Senozoyik magmatik birliği
Cpx : Klinopiroksen
D : Dasit
E-MORB : Zenginleşmiş okyanus ortası sırtı bazaltı
EC-AFC : Enerjisi sınırlandırılmış asimilasyon ve fraksiyonel kristallenme
En : Enstatit
Fs : Forsterit
Gpa : Gigapaskal
Grt : Granat
HREE : Ağır nadir toprak elementi
HFSE : Yüksek alan şiddetli elementler
İdg : İddingsit
İAESZ : İzmir Ankara Erzincan Sütur Zonu
K-Fel : Potasyum feldspat
Kbar : Kilobar
LILE : Büyük iyon litofil elementler
LREE : Hafif nadir toprak elementleri
M.y. : Milyon yıl
Mg# : Magnezyum numarası
MORB : Okyanus ortası sırtı bazaltı
N-MORB : Normal okyanus ortası sırtı bazaltı
Mpa : Megapascal
MREE : Orta ağırlıklı nadir toprak elementleri
OAKK : Orta Anadolu Kristalen Kompleksi
OIB : Okyanus ortası sırtı bazaltı
Ol : Olivin
Opx : Ortopiroksen
Plj : Plajioklas
O.b.b. : Ortalama blok boyutu
San : Sanidin
SCLM : Kıta altı litosferi

T : Trakit
TA : Traki-andezit
TAS : Total alkaliye karşı silika
TB : Traki-bazalt
TYS : Toplam yerküre silikatı
Wo : Wollastonit

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Almus ve Yıldızeli bölgelerinde yer alan lav akıntıları, ksenolit ve anklavların modal bolluk oranları **64**
Çizelge 2.2 : Yıldızdağ bölgesinde yer alan magmatik birimlerin modal bolluk oranları **72**
Çizelge 2.3 : Almus, Yıldızeli ve Yıldızdağ bölgelerinde yer alan Eosen magmatik birliklerinin ^{40}Ar-^{39}Ar yaş verileri ve Sr-Nd izotopik değerleri **104**
Çizelge 3.1 : GERM katılım katsayısı veri bankasından alınan değerler (Url-1) **119**
Çizelge 3.2 : V1-V2 lav gruplarında, EC-AFC modellemesi için kullanılan termal ve bileşimsel parametreler. **121**
Çizelge 3.3 : Almus ve Yıldızeli bölgelerinde yer alan lav gruplarının P-T hesaplamaları (Mpa: megapascal) **129**
Çizelge 3.4 : Yıldızdağ bölgelerinde yer alan gabro ve dayk kümesi serilerinden P-T hesaplamaları (Mpa: megapascal) **131**
Çizelge 3.5 : Modal olmayan ergime modellemesinde kullanılan değerler. Dağılım katsayıları McKenzie ve O'Nions (1991)'den. Kaynak modu için mineraller Scambelluri ve diğ., (2006). **137**
Çizelge 3.6 : V3 lav grubunda EC-AFC modellemesi için kullanılan termal ve bileşimsel parametreler. **140**
Çizelge B.1 : V1a serisi kayalarının Ar-Ar yaş tayinlerinin analitik veri seti. **177**
Çizelge B.2 : V1b serisi kayalarının Ar-Ar yaş tayinlerinin analitik veri seti. **178**
Çizelge B.3 : V2b serisi kayalarının Ar-Ar yaş tayinlerinin analitik veri seti. **179**
Çizelge B.4 : V3 grubu kayalarının Ar-Ar yaş tayinlerinin analitik veri seti. **179**
Çizelge B.5 : Olivin gabrokayalarının Ar-Ar yaş tayinlerinin analitik veri seti. **180**
Çizelge C.1 : Olivin minerallerin mineral kimyası sonuçları. **181**
Çizelge C.2 : Piroksen minerallerin mineral kimyası sonuçları. **190**
Çizelge C.3 : Amfibol minerallerin mineral kimyası sonuçları. **202**
Çizelge C.4 : Feldspat minerallerin mineral kimyası sonuçları. **210**
Çizelge C.5 : Biyotit minerallerinin mineral kimyası sonuçları. **225**
Çizelge D.1 : Tüm kaya jeokimyası sonuçları. **226**

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : (a) Türkiye'nin kuzey kesiminde yer alan Eosen yaşlı magmatik birliklerin genel dağılımı. **(b)** Almus, Yıldızeli ve Yıldızdağ bölgeleri ve çevresinde yer alan Eosen yaşlı birimlerin genel dağılımı (Her iki harita da MTA, 2002 Türkiye Jeoloji Haritasından sadeleştirilmiştir).....3
Şekil 2.1 : Almus bölgesi ve çevresinin jeoloji haritası.....14
Şekil 2.2 : Almus bölgesinde bulunan temel birimlerinin genel görünümü. **(a)** Bakımlıdağ Kompleksi içerisinde yer alan gabroik kayalar ve bunları kesen dolerit daykları. **(b)** Tokat Masifi içerisinde yer alan ve krenülasyon klivajı sergileyen metasedimanter kayalar.....15
Şekil 2.3 : Almus Bölgesinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (ölçeksiz)..... 16
Şekil 2.4 : (a) Metamorfik çakıllardan türeme taban çakıltaşı. **(b)** Volkanik bloklarca zengin epiklastik çakılıtaşı (bloklar andezit türünde).....17
Şekil 2.5 : (a) Küresel ayrışma gösteren kumtaşı-şeyl birimi. **(b)** Plajioklas ve piroksen minerallerince zengin fosilli kumtaşı.....18
Şekil 2.6 : (a) Almus volkanitlerinde gözlenen lav akıntısı ve breşik lav akıntısı ardalanması **(b)** Lav akıntıları içerisinde gözlenen porfirik doku. **(c)** Breşik lav akıntısının genel görünümü (iri mineraller piroksenlerden oluşmakta). **(d)** Kaotik yapılı volkanoklastik akma breşinin genel görünümü **(e) ve (f)** Breşik lav akıntılarının arasında yer alan epiklastik kumtaşı seviyesi. **(g)** Gabroik temel birimini kesen amfibollü bazaltik andezit daykları. **(h)** Amfibollü bazaltik andezit dayklarında yer alan iri amfibol fenokristalleri.....21
Şekil 2.7 : **(a)** Kalın katmanlı kumtaşı-çakıltaşı ardalanması. **(b)** Kötü yuvarlaklaşmış, kötü boylanmış andezit blokları içeren çakıltaşı. **(c)** Epiklastik kırmızı kumtaşları ile Tokat Masifi metamorfitleri arasındaki dokanak ilişkisi.....22
Şekil 2.8 : **(a)** Breşik lav akıntılarının üzerinde yeralan yataya yakın konumlu kumtaşı-şeyl ardalanmasının genel görünümü. **(b)** Kömür düzeyleri içeren, gri-sarı renkli, ince katmanlı kumtaşı şeyl ardalanması.....23
Şekil 2.9 : **(a)** Lav akma breşi ve epiklastik kırmızı kumtaşlarını kesen trakit birimi. **(b)** Porfirik dokulu, sanidin mineralleri içeren altere trakit.....23
Şekil 2.10 : **(a)** Gökköy formasyonu içerisinde yer alan kabuklu fosiller. **(b)** Gökköy formasyonu içerisinde yer alan kıvımlı yapılar 24
Şekil 2.11 : Yıldızeli bölgesinin genel jeoloji haritası (haritanın batı kesimi Topbay, 2016'dan alınarak revize edilmiştir) 25
Şekil 2.12 :Yıldızeli bölgesinin genelleştirişmiş stratigrafik kesiti (ölçeksiz) 26
Şekil 2.13 : **(a)** Yıldızeli bölgesinde yer alan IAESZ birimlerine ait ofiyolitik melanjın genel görünümü. **(b)** IAESZ birimleri ile Eosen yaşlı Yıldızeli Grubu kayaları arasındaki bindirmeli tektonik dokanak. **(c)** Hıdırnalı

Grubu İçerisinde yer alan kumtaşı-şeyl ardalanmasının genel görünümü. **(d)** Hıdırnalı Grubu içerisnde yer alan kıvımlı mikritik kireçtaşları…...**29**

Şekil 2.14 : (a) Tokuş Formasyonu içerisnde yer alan kuvarsit çakıllarınca zengin taban konglomerası. **(b)** İnce ve orta tabakalara sahip kumtaşı birimleri **(c)** Foraminfierli kireçtaşı birimlerinin genel görünümü. **(d)** Trakitik dayklar tarafından silisifiye edilen kireçtaşları.....**31**

Şekil 2.15 : **(a)** Lav akıntılarında gözlenen akma foliasyonu. **(b)** Andezitik lav akıntılarında gözlenen sütunsu soğuma çatlakları. **(c)** Lavlarda yer alan iğnemsi amfibol mineralleri. **(d)** Dasitik lavlarda gözlenen akma foliasyonu…..**33**

Şekil 2.16 : **(a)** Yıldızeli Volkanitlerinde yer alan breşik lavların genel görünümü. **(b)** Epiklastik kumtaşı ve lav akıntısı ardalanması. **(c)** Volkanoklastik akma breşleri içerisinde yer alan dev bloklar. **(d)** Piroklastik birimlerin içerisinde yer alan kül, kül tüfü ve blokların genel görünümü. **(e)** Trakitik lavlarda bulunan iri sanidin fenokristalleri. **(f)** Trakitik lavlarda yer alan monzonitik anklavlar…..**35**

Şekil 2.17 : Yıldızdağ Gabroik sokulumu ve çevre kayalarının genel jeoloji haritası…..**37**

Şekil 2.18 : **(a)** Yıldızeli bölgesinin genelleştirişmiş stratigrafik kesiti (ölçeksiz) Koni şekilli Yıldızdağ gabrosunun Çırçır Ovasından genel görünümü. **(b)** Yıldızdağ gabroik kütlesinin eteklerinde yer alan buzul çökelleri.....**38**

Şekil 2.19 : **(a)** Mikroritmik katmanlanma gösteren piroksence zengin gabro. **(b)** Piroksence fakir, anortozitik gabro. **(c)** Monzogabroik-diyoritik gabro (kenar zonu kayaları). **(d)** Gabroik kayalar içerisinde yer alan troktolotik otolit. **(e)** Hıdırnalı Grubu kayalarını kesen monzogabroik-diyoritik dayk (kalınlık 2,5 metre). **(f)** Dayklarn içerisinde yer alan yıldız şekilli amfibol mineralleri…..**39**

Şekil 2.20 : Almus bölgesinden alınan stratigrafik kesitlerin lokasyonları ve genel volkano-stratigrafik özellikleri (O.b.b: Ortalama Blok Boyutu…..**41**

Şekil 2.21 : (a) Bol foraminifer fosilli kumtaşı. **(b)** Breşik lav akıntıları arasında yer alan epiklastik kumtaşı seviyesi. **(c)** Breşik lav akıntısı seviyesi, blok boyları ortalama 20-30 cm civarında ve bazaltik andezitikce zengin, matriks plj ve piroksen minerallerinden oluşmakta. **(d)** Volkanoklastik akma breşi, blok boyları ortalama 30-50 cm aralığında yoğunlaşıyor.....**42**

Şekil 2.22 : (a) Koyu gri ve yeşil renkli, yer yer sütunsu soğuma çatlakları içeren bazaltik/bazaltik andezitik lav akıntısı. **(b)** Volkanoklastik akma breşi birimi; blokların boyutları ortalama 15-30cm aralığında, köşeli-yarı yuvarlaklaşmış bazaltik andezitlerden oluşuyor. **(c)** Akma foliasyonu gösteren lav akıntısı. **(d)** Kaotik değişik tane boyutlarında bloklar içeren volkanoklastik breşik lav akıntısı.....**43**

Şekil 2.23 : Metamorfik çakıllarca baskın, blok boyutları 2-3 cm ile 30-35 cm arasında değişen çakıltaşı. **(b)** Blokları minimum 1-2, maksimum 15cm olan piroksen+plajioklas+olivin? fenokristalli içeren bazik bloklar, blokların içinde 6-7cm'lik ksenolitler bulunuyor **(c)** Blok boyutları minimum 2-3cm, ortalama 10-15cm arasında değişen breşik lav akıntısı ile piroksen+± olivin içeren lav akıntısının ondüleli ardalanması.....**44**

Şekil 2.24 : (a) A4-A4* kesitinin taban ve orta kesimlerinde yer alan breşik lav akıntıları. **(b)** Breşik lav akıntıları içerisinde yer alan iri piroksenli lav blokları. **(c)** Piroksenli lav akıntıları ile breşik lav akıntısı ardalanmasını genel görünümü. **(d)** İstifin en üst kesiminde yer alan volkanoklastik akma breşi içerisindeki köşeli bloklar **45**
Şekil 2.25 : Yıldızeli bölgesinden alınan stratigrafik kesitlerin lokasyonları ve genel stratigrafik özellikleri (O.b.b: Ortalama blok boyutu). **47**
Şekil 2.26 : (a) Sütunsu andezitik lav akıntılarının genel görünümü. **(b)** Sütünsu lav akıntılarında gözlenen çatlak ve eklem takımları. **(c)** Epiklastik kumtaşı-silttaşı istifi- ile epiklastik çakıltaşı istifi ardalanması. **(d)** Kül tüfü, litik tüf ve kül blok akıntısından meydana gelen piroklastik akıntı birimi..... **48**
Şekil 2.27 : Yıldızeli Y1-Y1* kesitinde yer alan piroklastik seviyenin detaylı stratigrafik kesiti. **48**
Şekil 2.28 : (a) Breşik lav akıntıları içerisinde yer alan andezitik lav bloğu. **(b)** Piroklastik istifi kesen ortaç? dayk. Daykın kalınlığı 50 cm civarında. **(c)** İstifin üst kesimlerde yer alan breşik lav akıntısının genel görünümü....**49**
Şekil 2.29 : (a) İstifin tabanında yer alan OAKK'den türeme mermerlerce zengin taban çakıltaşı. (b) İstifin orta kesimklerinde yer alan piroklastik kesimde yer alan Lapilli tüf-kül tüfü ardalanması. (c) Piroklastik kesimin üst kısmında yer alan kül-blok akıntısının genel görünümü. Bloklar bazalt/bazaltik andezit bileşimininde ve ve bol oranda amigdal içermekte. (d) İstifin üst kesiminde yer alan breşik lav akıntısının genel görünümü.....**50**
Şekil 2.30 : (a) İstifin tabanında yer alan OAKK'den türeme mermerlerce zengin taban çakıltaşı. (b) İstifin orta kesimklerinde yer alan piroklastik kesimde yer alan Lapilli tüf-kül tüfü ardalanması. (c) Piroklastik kesimin üst kısmında yer alan kül-blok akıntısının genel görünümü. Bloklar bazalt/bazaltik andezit bileşimininde ve ve bol oranda amigdal içermekte. (d) İstifin üst kesiminde yer alan breşik lav akıntısının genel görünümü.....**51**
Şekil 2.31 : (a) İstifin tabanında yer alan IAESZ biriminden türeme çakıllar içeren taban çakıltaşı. **(b)** Volkanoklastik akma breşi birimi içerisinde gözlenen iri lav blokları, bloklar bazaltik andezitik-andezit bileşimli, çapları maksimum 2-3 metre boyutlarında. **(c)** Breşik lav akıntısı birimini kesen sutunsü yapılı olivinli bazalt daykları. **(d)** Breşik lav akıntısını kesen olivinli bazalt dayklarının kıvrılarak yataya yakın akma pozisyonu aldığı kesimler. **52**
Şekil 2.32 : Almus ve Yıldızeli bölgelerinde yer alan lav serilerinin litolojik özelliklerine göre korelasyonu.....**53**
Şekil 2.33 : **(a)** Hamur tarafından absorbe olmuş plajioklas mineralleri ve özşekilli hornblend mineralleri. **(b)** Zonlu amfibol mineralleri. **(c)** V1a lavları içerisinde yer alan klinopiroksen-hornblendit ksenolitinin genel görünümü. **(d)** Ksenolit içerisinde yer alan klinopiroksen ve amfibol mineralleri (Plj: plajioklas; Amf: amfibol; Opk: opak mineral; Cpx: klinopiroksen).....**56**
Şekil 2.34 : (a) Andezitik lavlarda gözlenen porfirik ve intersertal doku. Amfibol mineralleri tamamen veya kısmen opaklaşmış durumda. **(b)** Plajioklas fenokristallerinde gözlenen elek dokusu. **(c)** Opak harelerce çevrilmiş, belirgin baklava dilinimi gösteren amfibol mineralleri. **(d)** Dasitik

lavlarda gözlenen biotit mineralleri (Plj: plajioklas, Amf: amfibol, Bio: biotit)..... **58**
Şekil 2.35 : (a) Piroksenli bazaltik andezitlerde gözlenen mikrolitik doku. **(b)** Plajioklas minerallerinde gözlenen elek dokusu. **(c)** Plajioklas fenokrsitallerinde olasılıkla magma karışımı sonucu oluşmuş zonlu dokular. **(d)** Klinopiroksen fenokristallerinde yer alan ikizli ve zonlu yapılar. (Plj: plajioklas, cpx: klinopiroksen). **60**
Şekil 2.36 : (a) Fenokristalce zengin V2b bazaltik kayalarının genel görünümü. **(b-c)** Klinopiroksen, opak mineral ve olivinlerce zengin glomerokristlerin genel görünümü. **(d)** İddingistleşmiş ve serpantinleşmiş olivin fenokristalleri. **(e)** Klinopiroksenlerde gözlenen kum saati dokusu. **(f)** Hamur ile denge halinde olmayan klinopiroksen fenokristali. **(g)** Klinopiroksen tarafından zarflanmış ortopiroksen fenokristali. **(h)** Zonlu plajioklas fenokristali. **61**
Şekil 2.37 : (a) V3 grubu lavlarında gözlenen trakitik akma dokusu. **(b)** Sanidin fenokristallerinde gözlenen karslpad ikizlenmesi. **(c)** Akma sonucu gerçekleşen bükülme ile dalgalı bir hal kazanan biyotit fenokristalleri. **(d)** Hamur tarafından ornatılmış klinopiroksen minerali. **(e)** Hamur ile reaksiyon halinde olan ksenokristik kuvars minerali. **(f)** Trakitik lavlarda yer alana monzonitik-monzodioritik anklav (san: sanidin, bt: Biyotit, cpx: Klinopiroksen, amf: amfibol). **63**
Şekil 2.38 : Piroksence fakir ve zengin gabronun ince kesit ölçeğinde görüntüsü.... **67**
Şekil 2.39 : (a) Tipik kümülat dokulu piroksence zengin gabronun genel görünümü. **(b)** Piroksen minerallerinin seyrek olarak izlendiği gabro örneğinin genel görünümü. **(c)** Klinopiroksen ve olivin minerallerinin üzerinde ve ortasında büyümüş kahve renkli amfibol mineralleri. **(d)** Opak minerallerin etrafında gelişen özşekilsiz biyotit mineralleri. **69**
Şekil 2.40 : (a) Solidus-altı koşullarda gelişen özşekilsiz amfibol mineralleri, klinopiroksen minerallerini kuşatıyor. **(b)** Bileşimsel zonlanma gösteren amfibol minerali. **(c)** Farklı bileşimsel zonlanma gösteren plajioklas mineralleri. **70**
Şekil 2.41 : (a) Poligonal dokuya sahip troktolit otoliti. **(b)** Troktolit otolitleri içerisinde yer alan klinopiroksen ve plajioklas oikristleri (Ol: Olivin, Cpx: Klinopiroksen, Pl: Plajioklas). **70**
Şekil 2.42 : (a) Porfirik dokulu monzogabroik örnek. **(b)** Sub-ofitik doku içerisinde gözlenen asiküler amfibol mineralleri. **(c)** Gabro sokulumunun kontak zonunda gelişmiş metamorfik minerallerin genel görünümü. **(d)** Kontak metamorfik damarlar içerisinde gelişen özşekillli granat mineralleri (Ep: Epidot, Grt: Granat, Amf: Amfibol, Cpx: Klinopiroksen)..... **71**
Şekil 2.43 : (a-b) Karışık amfibol ve biyotit seperatları üzerinden gerçekleştirilen Ar-Ar yaş tayini sonuçları (MSWD: Mean Square Weighted Deviation (Ortalama Kare Ağırlıklı Sapma). **74**
Şekil 2.44 : (a-d) Volkanik birliklerden (V1a-V1b) elde edilen Ar-Ar yaş tayini platoları. **75**
Şekil 2.45 : (a-d) Volkanik birlikler (V2b, V3) ve kenar zonu gabrosundan elde edilen Ar-Ar yaş tayini platoları. **75**
Şekil 2.46 : Bütün magmatik topluluklardan elde edilen Ar-Ar yaş tayinlerinin genel görünümü. **76**
Şekil 2.47 : Olivin mineralinin geri saçınımlı elektron mikroskobu altındaki görünümü. Olivin mineralleri iddingsit tarafından ornatılmıştır. **77**

Şekil 2.48 : (a) Volkanik kayalarda gözlenen Klinopiroksen minerallerin (Wo:vollastonit, En:Enstatit, Fs: ferrosillit) aralıkları. **(b)** Plajioklas minerallerinin bileşimsel aralıkları (şeklinde koyu gri ve açık gri zonlar çekirdek ve kenar zonlarını ifade etmektedir (An: Anortit; Ab: Albit). **(c)** Amfibol minerallerin bileşimsel aralığı. **(d)** Biotit minerallerinin bileşimsel aralıkları. **78**

Şekil 2.49 : (a) V1a grubu ve **(b)** V1b grubu lavlarında yer alan homojen bileşimli klinopiroksen fenokristalleri. **(c)** Bileşimsel zonlanma gösteren (açık renkli çekirdek ve koyu renkli kenar zonları) V2a grubu klinopirosenleri. **(d)** Koyu renkli çekirdek ve açık renkli kenar zona sahip klinopiroksen mineralleri. **78**

Şekil 2.50 : Plajioklas fenokristallerinde görülen **(a-b)** normal zonlanma **(c-d)** yamalı zonlanma dokuları. **79**

Şekil 2.51 : (a) V1a grubu lavlarda yer alan bileşimsel zonlanma gösteren amfibol fenokristali. **(b)** V1b grubu lavlarda homojen bir görüntü sergileyen amfibol fenokristali. **80**

Şekil 2.52 : (a) Gabroik sokulum ve dayk kümesinde gözlenen klinopiroksen minerallerinin (Wo: vollastonit, En: Enstatit, Fs: ferrosillit) bileşimsel aralıkları. **(b)** Plajioklas minerallerinin bileşimsel aralıkları (An: Anortit; Ab: Albit; Or: Ortoz). **(c)** Amfibol minerallerin bileşimsel aralığı. **(d)** Biotit minerallerinin bileşimsel aralıkları. **82**

Şekil 2.53 : (a) Olivinli gabroda yer alan ve bileşimsel zonlanma gösteren klinopiroksen minerali. **(b)** Dayk kümesi içerisinde yer alan bileşimsel zonlanma gösteren klinopiroksen minerali. **(c)** Açık ve koyu renkli zonlar gösteren plajioklas minerali. **(d)** Olivin minerallerin etrafında büyümüş olan amfibol minerali. **(e)** Dayk kümesi içerisinde yer alan amfibol minerali. **(f)** Olivinli gabro içerisinde solidus altı koşullarda büyümüş olan biyotit minerali. **83**

Şekil 2.54 : (a) V1-V2 gruplarında yer alan lavların TAS (toplam alkaliye karşın silika) diyagramındaki konumları (Le Bas ve diğ., 1986; TB: traki-bazalt; BTA; bazaltik traki-andezit; TA:traki-andezit; T: trakit; B: bazalt; BA: bazaltik andezit; A: andezit D: dasit; IB: Irvine ve Baragar, 1971 ayrım çizgisi). **(b)** Miyashiro (1974)'ün FeO*/MgO vs SiO_2 yay toleyitleri ve kalk-alkalin lavlar ayrım diyagramı. **(c)** Lavların potasyum oranına bağlı olarak K_2O vs SiO_2 diyagramındaki konumları. **(d)** Peccerillo (2005)'in silika doygunluk oranına göre ayrım diyagramı ΔQ vs. K_2O/Na_2O (q:normatif kuvars; lc: normatif lösit; ne: normatif nefelin; kal: normatif kalsilite; ol: normatif olivin). **86**

Şekil 2.55 : (a-l) V1-V2 serisi lavlarının Harker diyagramlarındaki dağılımları. **87**

Şekil 2.56 : (a-d) Farklı lav serilerinin kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element desenleri (Normlaştırma Boynton, 1984'e göre). **88**

Şekil 2.57 : (a-d) V1-V2 grubu lav serilerinin primitif mantoya göre normalize edilmiş çoklu element desenleri (Normlaştırma Sun ve Mcdonough, 1989'e göre). **89**

Şekil 2.58 : (a) Kimyasal alterasyon indeks diyagramında (A-CN-K; Nesbitt ve Young, 1982) trakitik örneklerin dağılımı. **(b)** MFW istatistiki alterasyon yöntemi ile V3 grubu kayalarının konumu. **(c)** V3 grubunda yer alan lavların TAS (toplam alkaliye karşın silika) diyagramındaki konumları (Le Bas ve diğ, 1986; TB: traki-bazalt; BTA; bazaltik traki-andezit; TA: traki-andezit; T: trakit; B: bazalt; BA: bazaltik andezit; A: andezit D:

dasit; IB: Irvine ve Baragar, 1971 ayrım çizgisi;K: Kuno, 1966 ayrım çizgisi. **(d)** V3 grubu kayalarının potasyum oranına bağlı olarak K_2O vs SiO_2 diyagramındaki konumları. **(e)** Co-Th altere volkanik kaya ayrım diyagramında V3 grubu örneklerinin konumu (Hastie ve diğ, 2007). **(f)** Peccerillo (2005)'in silika doygunluk oranına göre ayrım diyagramı ΔQ vs. K_2O/Na_2O (q:normatif kuvars; lc: normatif lösit; ne: normatif nefelin; kal: normatif kalsilit; ol: normatif olivin) **91**
Şekil 2.59 : (a-g) V3 grubu lav ve anklalarının ana oksit Harker diyagramları. **93**
Şekil 2.60 : (a-g) V3 grubu lav ve anklavlarının iz element Harker diyagramları. ... **94**
Şekil 2.61 : (a) V3 grubu lav anklavlarının N-MORN'a göre normalize edilmş çoklu element desenleri (normlaştırma değerleri Sun ve McDonough 1989'a göre). **(b)** V3 grubu lav ve anklarının kondrite normalize nadir toprak element desenleri (Boynton, 1984'e göre)..... **95**
Şekil 2.62 : Toplam alkaliye karşın silika diyagramında Yıldızdağ gabrosu ve çevre kayalarının konumu (PG: Peridot gabro; G: Gabro, GD: Gabro-diyorit, D: Diyorit, GD: Granodiyorit MG: Monzogabro, MD: Monzodiyorit, M: Monzonit, S:Siyenit. Alanlar Middlemost, (1994)'ten alınmıştır (IB: Irvine ve Baragar 1971; K: Kuno, 1966). **96**
Şekil 2.63 : (a-g) Yıldızdağ gabroik sokulumu ve dayk kümesinde yer alan kayaların silikaya karşı ana oksit miktarlarının değişimi. **98**
Şekil 2.64 : (a-h) Yıldızdağ gabroik sokulumu ve dayk kümesinde yer alan kayaların silikaya karşı iz element oranlarının değişimi. **99**
Şekil 2.65 : (a-d) Yıldızdağ gabroik sokulumu ve dayk kümesinde yer alan kayaların silikaya karşı iz element miktarlarının değişimi Yıldızdağ gabroik sokulumu ve dayk kümesinde yer alan kayaların kondrite normalize edilmiş nadir toprak element davranışları, normlaştırma: Boynton, (1984). Kırmızı örnekler troktolitik anklavları temsil ediyor. **100**
Şekil 2.66 : (a-d) Yıldızdağ gabroik sokulumu ve dayk kümesinde yer alan kayaların çoklu element desneleri. Normlaştırma: Sun ve McDonough, (1989). Kırmızı örnekler troktolitik anklavları temsil ediyor..... **101**
Şekil 2.67 : (a) Almus, Yıldızeli ve Yıldızdağ bölgelerinde yer alan kayaların ilksel $^{87}Sr/^{86}Sr$ ve $^{143}Nd/^{144}Nd$ değerleri. MORB ve manto aralığı değerleri Gill, (1981); EMI (zenginleşmiş manto tip I), TYS (Toplam Yerküre Silikatı), CHUR (Kondritik Tekil Rezervuar); Sr ve Nd referans çizgileri Zindler ve Hart (1986). Doğu CiMACİ alanı (Lustrino ve Wilson, 2007). Doğu Pontidler Erken-Orta Eosen volkanik ve sokulum birimleri: Topuz ve diğ. (2011); Eyüboğlu ve diğ (2011; Karslı ve diğ. (2011); Arslan ve diğ.(2013); Temizel ve diğ. (2016 ve içerisindeki referanslar. **(b)** Çalışılan kayaların Sr-Nd izotopik değerlerinin daha yaşlı magmatik birimler ile karşılaştırılması. Jura yaşlı magmatik birimleri, (Nzegge ve diğ, 2006, Genç ve Tüysüz, 2010), IAESZ metabazik ve bazik birimler, (Çelik ve diğ, 2013, 2016), Doğu Pontid Granitoidleri (Delibaş ve diğ, 2016 ve içerisindeki referanslar). Doğu Pontidler Geç Kretase volkanik birimleri (Özdamar ve diğ, 2016, Delibaş ve diğ, 2016), OAKK Kretase granitoidleri (Boztuğ ve diğ, 2007, Köksal ve diğ, 2013)..... **103**
Şekil 3.1 : (a-c) V1a, V2b, dayk kümesi ve klinopiroksen-hornblendit ksenolit verileri ile literatürde yer alan deneysel hornblendit, cpx-hornblendit ve metasomatik damarlarda yer alan amfibol kimyası verileri ile karşılaştırılması (Bütün alanlar Pilet ve diğ, 2011'den alınmıştır). **108**

Şekil 3.2 : Lee ve diğ. (2009; Lee) ve Herzerg ve Asimow (2008, HA), ilksel magma hesaplama değerleri ile edilen FC3MS değerlerinin Mg#'a karşı iz düşümü. Grafiğin orta kesiminin yukarısında kalan örnekler, piroksenitik kaynak alanlardan türemeyi göstermektedir (Yang ve Zhou, 2013).**....109**

Şekil 3.3 : (a-b) Dy/Dy* - Dy/Yb ve Dy/Dy* - Ti/Ti* diyagramları (Davidson ve diğ, 2013; Reid ve diğ, (2017)'de belirtilen düzeltmelere göre). Doğu CiMACİ alanı Lustrino ve Wilson (2007)'dan alınmıştır. **(c)** Almus-Yıldızeli Volkanitleri ve Yıldızdağ dayk kümesi örneklerini içeren Th/Yb - Ta/Yb diyagramı (SiO_2 %60'dan küçük örnekler alınmıştır. **(d)** Dalma-batmaya uğrayan sedimanlar ve dalan altere okyanus kabuğu katkılarını ayırmak için kullanılan Nb/U - Ce/Pb diyagramı. Şekildeki alanlar Klein, (2003) ve içerdiği referanslardan alınmıştır. **(e)** Dalma-batmaya uğrayan sedimanlar ve dalan altere okyanus kabuğu katkılarını ayırmak için kullanılan $La/Sm_{(n)}$ - Ba/Th diyagramı. N-MORB verisi, ve (n;normalleştirme verisi; primitif manto) Sun ve McDonough (1989)'dan alınmıştır. **(f)** Kaynak alandaki sedimanter katkıları ayırmak için kullanılan $La/Yb_{(n)}$ - Zr/Nb diyagramı (n;normalleştirme verisi; primitif manto)**.....113**

Şekil 3.4 : **(a)** V1a, V2b ve dayk kümesi örneklerinden elde edilen olası kısmi ergiime basınç ve sıcaklık değerleri. Solidus çizgileri Katz ve diğ. (2003)'den, spinel-granat faz sınırı Klemme ve O'Neill (2000)'den. **(b)** Cpx-hornblendit örneğine göre hazırlanan kısmi ergime modelleme çizgileri. Modellemede kullanılan Kd değerleri Pilet ve diğ, (2011)'den alınmıştır. Primitif manto normalizasyon değeri Sun ve McDonough, (1989)'dan. **(c)** Th-Sc oranlarına göre hesaplanan teorik Rayleigh fraksyionel kristallenme eğrileri. Farklı mineraller için toplanan Kd değerleri Çizelge 3.1'de verilmiştir. Şekildeki her kalın işaret %5'lik kristallenme aralığına karşılık gelmektedir. **(d)** SiO_2 vs TiO_2 oranlarına göre MELTS algoritmasına göre hazırlanan karışım eğrileri **(e)** SiO_2 vs CaO oranlarına göre MELTS algoritmasına göre hazırlanan karışım eğrileri **(f)** $^{87}Sr/^{86}Sr$ vs. $^{143}Nd/^{144}Nd$ oranlarına göre EC-AFC karışım eğrileri. EC-AFC parametreleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.....**123**

Şekil 3.5 : Dört farklı lav serisinde (V1a, V1b, V2a ve V2b) yer alan klinopiroksen fenokristal ve mikrofenokristallerinden yapılan çekirdekten-kenara ölçüm hatları ve bu hatlar boyunca hesaplanan Mg# değerleri. Ölçümler ile ilgili açıklama metin içinde.**.....124**

Şekil 3.6 : Olivinli gabro, dayk kümesi ve V1-V2 gruplarında yer alan kayaların plajiyoklas anortit (An) ve klinopiroksen magnezum numarası (Cpx Mg#) değerlerinin karşılaştırılması. **.....126**

Şekil 3.7 : **(a)** V1a, V1b ve V2a klinopiroksenlerinin Yıldızdağ bölgesi örnekleri ile Rhodes diyagramında karşılaştırılması. **(b)** V2a manto kenar zonu örneklerinin Yıldızdağ örnekleriyle karşılaştırılması. **(c)** V2b örneklerinin Yıldızdağ örnekleriyle karşılaştırılması.**.....127**

Şekil 3.8 : V1a-Vb lav serileri ile olivinli gabro sokulumunun petrolojik evrimi. cpx: klinopiroksen, amf: amfibol, bt: biotit, pl: plajioklas, ol: olivin**.....132**

Şekil 3.9 : V2a-V2b lav serileri ile dayk kümesi kayalarının petrolojik gelişimi. Kısaltmalar Şekil 3.8'deki lejand ile aynıdır. **.....133**

Şekil 3.10 : **(a)** Ta/Yb - Th/Yb diyagramında V3 grubu lavlarının konumu (Pearce, 1983). **(b)** Dalan okyanusal levhadan ve sedimanter kayalardan gelen ergiyik ve akışkanları ayırtlamada kullanılan Th-Th/Ba diyagramı

(Hawkesworth ve diğ, 1997). **(c)** Benzer sedimanter kaynak ve okyanusal dalan levha kaynaklarını ayırtlamakta kullanılan Ba/La - Th/Yb diyagramı (Kirchenbaur ve diğ, 2012). **(d)** Kaynak alan zenginleşmesini ayırtlamada kullanılan La/Yb- Zr/Nb diyagramı (Kirchenbaur ve diğ,, 2012). **135**

Şekil 3.11 : **(a)** Kaynak alanda yer alan flogopit ve amfibol minerallerini ayırmak için kullanılan Ba/Sr - Rb/Sr diyagramı (Furman ve Graham, 1999). **(b)** Kaynak alandaki granat varlığını incelemek adına kullanılan La- La/Yb diyagramı (Vigouroux ve diğ, 2008). **(c)** Granatlı ve spinelli kaynak alanları incelemek için kullanılan La/Yb - Dy/Yb diyagramı (Prelević ve diğ, 2013). **(d)** La/Yb ve Tb/Yb oranlarına bağlı olarak kaynak alanın kısmi ergime modellemesi. Başlangıç bileşimi Scamberulli ve diğ., 2006'dan alınmıştır. Kd değerleri Çizelge 3.5'de verilmiştir. F: kısmi ergime oranı..... **137**

Şekil 3.12 : **(a)** Th-Sc diyagramı ve bu diyagram üzerinde üretilen teorik fraksiyonlaşma eğrileri. Söz konusu mineraller için Kd değerleri Url-1' den derlenmiştir. **(b)** Sr-Nd izotop değerleri ile hazırlanan EC-AFC modellemeleri. Kirletici değerleri Köksal ve diğ., 2013'den alınmıştır. Bileşimsel parametreler Çizelge 3.6'da verilmektedir. **139**

Şekil 3.13 : Trakitik magmatizmanın gelişimi için önerilen şematik evrim modeli. İlk evre magmatik birimlerin (44 M.y.) oluşturduğu bazaltik traki-andezitik magmatik ergiyik zonu; 40-41 M.y. lık dönemde yeniden aktive olarak fraksiyonal kristallenme ve az miktarda asimilasyon ile trakitik volkanik kayaları üretmektedir. **142**

Şekil 3.14 : Pontidlerin güney kenarının Kretase-Orta Eosen dönemindeki jeodinamik evriminin şematik gösterimi **143**

Şekil 3.15 : Keskin ve diğ. (2008) yayınına göre Kretase-Erken Senozoyik döneminde Pontidlerin güney kenarında gelişen tektono-magmatik süreçler. **145**

Şekil 3.16 : Vincent ve diğ. (2005) modeline göre yay ardı gerilmesi ile oluşan Eosen magmatizması. **146**

Şekil 3.17 : Doğu Anadolu bölgesinin batı ucunda yer alan Eosen yaşlı magmatik toplulukların genel dağılımı (a) Berit granülit fasiyesi metagabroları (Berit Metaofiyoliti), (b) Doğanşar-Karamazıdağı Granitleri, **(c)** Çöpler-Kabataş granitleri (d) Maden Kompleksi (Harita İmer ve diğ, 2013'den alınmıştır). **148**

Şekil 3.18 : Anadolu boyunca P hızı varyasyonlarını inceleyen sismik kesitler (Keskin, 2007'den alınmıştır)..... **149**

Şekil 3.19 : **(a)** Erken Eosen döneminde Almus-Yıldızeli ve Yıldızdağ bölgesinin şematik tektonik gelişimi. **(b)** Orta Eosen döneminin başında Rayleigh-Taylor süreksizliklerinin gelişmesi ve kıtasal kabuğun gerilemli ortamda çökerek sığ denizel sedimanter havzaların oluşması. **(c)** Kıta altı litosferinin soyularak magmatizmanın gelişimi tetiklemesi. **152**

Şekil A.1 : Almus bölgesinin genel jeoloji haritası..... **175**

Şekil A.2 : Yıldızeli bölgesinin genel jeoloji haritası..... **175**

Şekil A.3 : Yıldızdağ bölgesinin genel jeoloji haritası..... **176**

YILDIZELİ (SİVAS) VE ALMUS (TOKAT) İLÇELERI ARASINDA YER ALAN SENOZOYİK YAŞLI MAGMATİK BİRİMLERİN PETROJENEZİ VE BÖLGENİN JEOTEKTONİK EVRİMİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Türkiye'nin paleo-tektonik gelişimi birbirlerini üzerleyen dalma-batma, çarpışma ve magmatizma süreçleri ile şekillenmiş olup, bu süreçlerinin birbiri ile olan ilişkileri, hangi jeolojik birliğin hangi süreçle oluştuğu ve bu süreçler sonucunda oluşan magmatik kuşakların gelişim aşamaları halen iyi bir şekilde anlaşılmamıştır.

Anadolu Bloku'nun kütlesinin büyük bir kısmın oluşturan Pontidler ile Anatolid Torid ve Orta Anadolu Kristalen Kompleksi'nin (OAKK) birbirine yaklaştığı Kretase döneminden Erken Senozoyik dönemine geçişte dalma-batma, mikro-kıtasal blokların çarpışması ve bu blokların çarpışmasından sonra gelişen yaygın bir magmatik evrenin var olduğu bilinmektedir. Bununla beraber bu magmatik evrenin zaman ve mekân içindeki gelişimi tartışma konusudur.

Bu sorunu incelemek adına literatürde iyi bilinmeyen Almus (Tokat), Yıldızeli (Sivas) ve Yıldızdağ (Sivas) bölgelerinde yer alan ve İzmir-Ankara-Erzincan sütur zonunun (IAESZ) hem kuzeyinde, hem güneyinde ve hem de üzerine yer alan çarpışma sonrası magmatik topluluklar bu tez kapsamında incelenmiştir.

Almus, Yıldızeli ve Yıldızdağ bölgelerindeki magmatik birlikler, lav grupları ve gabroik plütonik kayalarla temsil edilir. Almus bölgesinde yer alan lav grupları Tokat Masifi metamorfitleri ve Mesozoyik ofiyolitik birimlerini uyumsuz olarak örtmektedir. Yıldızeli bölgesinde yer alan lav grupları ise OAKK ve Hıdırnalı Grubu ve IAESZ'nunda yer alan ofiyolitik birimlerin üzerine uyumsuzlukla gelmektedir. Yıldızdağ bölgesinde yer alan gabroik kayalar ise Hıdırnalı Grubu kayalarını sıcak dokanakla kesmektedir. Lav grupları Almus ve Yıldızeli bölgesinde volkano-sedimanter toplulukların içerisinde yer almaktadır. Volkano sedimanter topluluklar her iki bölgede benzer stratigrafik gelişim göstermekte olup, arazi çalışmaları ve stratigrafik kesitler yardımıyla incelenmiştir. İncelenen sekiz kesitte taban çakıltaşı, fliş benzer sedimanter birimler, sığ denizel kumtaşı ve kireçtaşı birimleri, lav akıntıları, breşik lav akıntıları, volkanoklastik akma breşleri, epiklastik kayalar ve piroklastik kaya birimleri ayrıtlanmıştır. Her iki alanda istiflerin alt kesimlerinde sığ denizel sedimanter birimler hâkimdir. İstiflerde alttan üste doğru üç seviyede lav grubu (V1-V2-V3) ve bunların alt serileri (V1a, V1b, V2a, V2b) ayırtlanmıştır. V1 grubu sulu mineraller içeren lavlardan meydana gelmekte olup, alt kesimlerinde traki bazalt, havaiit türü lavlar (V1a), üstte ise (V1b) bazaltik andezit, andezit ve dasitten oluşur. V2a grubu kayaları başlıca piroksenli bazaltik andezitlerden oluşmaktadır. En üstte ise olivinli bazatlardan oluşan V2b serisi lavları yer almaktadır. Bütün bu lav

serileri trakit ve trakiandezitlerinden oluşan V3 grubu dayk, stok ve tıkaçları tarafından kesilmektedir.

Yıldızdağ ana gabroik sokulumu içerisinde piroksence zengin ve fakir olivinli gabro, kenar zonunu oluşturan olivinsiz gabrol ile dayk kümesi serileri ayırtlanmıştır.

Ar-Ar radyometrik yaş tayinleri ile V1a-V2b arasındaki volkanik sistem için 44.4-44.8 milyon, V3 lavları için ise 40-41 milyon yıllık kristallenme yaşları vermektedir. Yıldızdağ bölgesinde bir adet kenar zonu gabrosundan ise 42.9 milyon yıllık bir yaş elde edilmiştir.

İzotopik veriler bakımından volkanik gruplar ve plütonik kayalar benzer alanlarda kümelenmektedir. Bütün lav serileri Erken ve Orta Eosen yaşlı Orta ve Doğu Pontid magmatik topluluklarla benzer Sr-Nd izotopik alanlarına izdüşmekte olup, OAKK ve Pontidler'deki Mesozoyik yaşlı magmatik birliklerle de benzer Sr-Nd izotopik özelliklere sahiplerdir. Bunun yanı sıra çalışılan magmatik birimler, Doğu Avrupa ve Arabistan altında yer alan litosferik mantodan türeyen OIB benzeri lavlarla da benzer Sr-Nd izotopik alanlarına izdüşmektedir.

Jeokimyasal olarak bütün lav grupları ve intrüzif birimler dalma batma izini temsil eden zenginleşmiş hafif nadir toprak element (Cs, Ba, Rb; LILE), negatif yüksek alan şiddetli elementler (Hf-Zr, Nb-Ta; HFSE) ve zenginleşmiş hafif nadir toprak elementi (La, Ce; LREE) desenlerine sahiptir. Bu durum söz konusu kayaların dalma-batma süreçleri ile modifiye olmuş bir kaynak alandan türediğini göstermektedir.

V1a grubu kayaları alkalin ve nefelin normatif ve yüksek Mg#'na sahip (70'e kadar çıkan) jeokimyasal özellikler gösterir. Buna karşın V1b grubu kayaları toleyitik-kalk alkalin türde, hipersten normatif ve daha düşük Mg#'na sahip lavlardan oluşmaktadır. Ayrıca V2a grubu kayaları hem toleyitik hem de alkali özellikler göstermekte olup, geniş bir Mg# aralığı sergilemektedir (33-54). Susuz magmatik evrenin son ürünleri V2b volkanikleri ise alkalin, nefelin normatif ve yüksek Mg#'na sahip (44-62) kayalardan oluşmaktadır. V1a serisi içerisinde nadir olarak klinopirosken-hornblendit lavları yer almakta olup, bu kayalarda kümülat dokulu poligonal sınırlara sahip mineraller bulunmaktadır.

Yıldızdağ gabrosunun ana kütlesini oluşturan olivinli gabrolar kümülat, ortokümülat ve adkümülat dokular sergilemekte olup, olivin+piroksen+ plajioklas + magnetitten oluşan ana mineral grubu üzerine amfibol, biotit ve ilmenitten oluşan solidus-altı koşullarda ara ergiyikten çökelmiş minerallerce zengindir. Kenar zonu gabrosunda olivin minerali gözlenmekte olup, diğer mineral bileşimleri benzer özellikler gösterir. Dayk kümesi kayaları da piroksen + amfibol + plajioklastan meydana gelen porfirik ve granüler dokulara sahiptir. Dayk kümesi kayaları V1a ve V2b serilerine benzer alkalin, nefelin normatif ve yüksek Mg# gösteren jeokimyasal özellikler sunmaktadır.

Magmatizmayı oluşturan kaynak alanın spinel lerzolit-granat peridotit geçiş alanında yer alan 1.7-2.4 gigapaskallık (Gpa) basınç aralığında bir bölgeden türemiş olduğu alkali kayalardan geri fraksiyonlaşma hesaplamaları sonucunda tespit edilmiştir. Söz konusu kaynak alanı temsil edebilecek klinopiroksen hornblendit ksenolitleri de,

peridotitik manto içerisinde gelişmiş amfibollü kümülat damarları ile benzer kimyasal özelliklere sahiptir. Bu durum söz konusu kaynak alanın metasomatik kökenli sulu damar ve dayklarca zengin olduğu ve bu alanın kısmi ergimesi ile alkali, nefelin normatif kayaların gelişmesine sebep olduğunu göstermektedir. Toleyitik karakterli magmatizma sulu damarların kısmi ergimesinin ilerleyen aşamalarında peridotitik mantonun ergimesi ile de gelişmiş olabilir.

Metasomatizmayı oluşturan etken olasılıkla Mesozoyik boyunca Pontid kuşağının güney kesiminin birbirini üzerleyen dalma-batma, çarpışma ve magmatizma süreçleri ile manto kaynak alanının modifiye olmasıdır. Metasomatizma olayını oluşturan baskın etkenin dalan levhada yer alan sedimanter ergiyiklerce kontrol edildiği, bununla beraber az oranda altere okyanus kabuğu katkısının da etkin olduğu tespit edilmiştir. Klinopiroksen-hornblendit ksenolitlerininin %5-10'luk kısmi ergimesi ile magmatik seride yer alan V1a, V2b ve dayk kümesi kayalarının jeokimyasal özelliklerine benzer ergiyiklerin oluşabileceği gözlenmiştir.

V1a, V1b ve V2b serileri genel olarak fraksiyonal kristallenme süreçleri ile şekillenmiş olup mineral kimyası ve jeokimyasal modellemeler bu durumla uyumlu gidişat göstermektedir. Buna karşın V1b serisi lavlarında enerjisi sınırlandırılmış asimilasyon-fraksiyonlaşma modellemesi kapsamında yapılan hesaplamalarda, %14'e kadar varan asimilasyonla şekillendiği saptanmıştır. V2a serisinde belirgin magma karışımı dokuları petrografik olarak görülmekte olup, MELTS modellesi ve sayısal modeller ile V1b ve V2b benzeri kayaların karışımı ile V2a kayaları üretilebilmiştir. Bunun yanı sıra hatlar boyunca yapılan mineral kimyası ölçümlerinde düşük Mg#'na sahip klinopiroksen makrofenokristal çekirdekleri ve yüksek Mg#'na sahip manto zonu/kenar ve mikrofenokristaller tespit edilmiştir. Bu durum V2a'yı oluşturan ergiyiğin magma karışımı ile yeniden beslenip, yeni yüksek Mg#'na sahip bir magmatik ergiyik oluşturduğunu göstermektedir.

Klionopiroksen mineral kimyası özelliklerine dayanarak olivinli gabroların V1a ve V1b serisi ile benzer magma alanlarından geliştiği, V2a serisi lavları ile dayk kümesi kayalarının ise birbirleriyle ilişkili olduğu gösterilmektedir. V3 grubu lavları bu evre oluşan magma ergiyik zonunun fraksiyonel kristallenmesi ve asimilasyonu ile oluşmuştur.

Magmatizmayı tetikleyen tekno-magmatik olayın olasılıkla (i) kıta altı litosferin dalan levhanın dalma-batma zonunun altında Orta Eosen'de kopması ile kısmi ergimeyi tetiklemesi veya (ii) Erken-Orta Paleosen'de kalınlaşan levhanın, Rayleigh Taylor süreksizlikleri oluşturması sonucu soyularak, kıta altı litosferinde kısmi ergimenin başlaması ile açıklanabilir.

Bu çalışma TÜBİTAK 2214-A yurt dışı doktora sırası araştırma bursu ve 112Y120 numaralı TÜBİTAK ÇAYDAG projesi tarafından desteklenmiştir.

PETROGENETIC AND GEOTECTONIC EVOLUTION OF THE CENOZOIC MAGMATISM IN BETWEEN YILDIZELİ (SİVAS) AND ALMUS(TOKAT) REGIONS

SUMMARY

Paleo-tectonic development of Turkey shaped by overlapping subduction, collision and magmatic processes which were still enigmatic due to poor knowledge of interrelationships of geological entities, evolution of magmatic realms and general lack of data.

It is known that, Cretaceous to Early Cenozoic transition period shaped by accretion of micro-crustal blocks of Pontides, Anatolide-Tauride and Central Anatolian Crystalline Complex (CACC) which constitutes the main bulk of the Anatolian Block. After the collisional event, post-collisional magmatic units cover both Pontides, İzmir-Ankara Erzincan suture zone (IAESZ) and CACC basement units which temporal and spatial evolution which is still ambiguous.

In order to investigate this problem, post-collisional magmatic assemblages located in the areas of Almus (Tokat), Yıldızeli (Sivas) and Yıldızdağ (Sivas), which are not well known in the literature and both on the north and south of IAESZ have been examined in this thesis.

The magmatic units dispesed in the areas of Almus, Yıldızeli and Yıldızdağ are represented by lava groups and gabbroic plutonic rocks. Lava groups in Almus region unconformably overlie the Tokat Massif metamorphics and Mesozoic ophiolitic units. Besides, lava groups in Yıldızeli region unconformably overlie CACC, Hıdırnalı Group and ophiolitic units in IAESZ. Gabbroic units in Yıldızdağ region cut the Hıdırnalı Group units with hot contacts. The lava groups are located within the volcano-sedimentary assemblages in Almus and Yıldızeli regions. Volcano sedimentry succsesions show similar stratigraphic evolution in both regions and have been studied with field studies and measured stratigraphic sections. To understand the predominant chemical-stratigraphic development of the volcano-sedimantary susccesions, eight stratigraphic log have been measured. In this sections, basement conglomerates, flysch-like sedimentary units, shallow marine sandstone and limestone units, lava flows, brecciated lava flows, volcaniclastic flow breccias, epiclastic rocks and pyroclastic rock units have been distinguished. It has been determined that shallow marine sediment units are dominant in the lower sections of the successions of both areas. Three main lava groups (V1-V2-V3) and their sub-series (V1a, V1b, V2a, V2b) were identifie. The V1 group is composed of water rich minerals (amphibole and biotite) and consists of the trachybasalt, the hawaiite lavas (V1a) and through upper part of the V1 group, basaltic andesite, andesite and dacite lavas crops out (V1b). At the mid and upper part of the succesions; V2a series lavas

became dominant which are composed mainly of pyroxene basaltic andesites. At the upper part of the sections V2b series which comprises, olivine basalts. All these lava series are cut by V3 dykes, stocks and plugs which are made up of trachyte and trachyandesite.

The olivine gabbro series (pyroxene rich, pyroxene poor), marginal zone gabbro (devoid of any olivine) and dyke swarm series were distinguished in Yıldızdağ main gabbroic intrusion along the Yıldızdağ area.

Ar-Ar method has been applied to understand the crystallization of the different magmatic series. V1a-V2b series developed between 44.4-44.8 million years. Besides, V3 group lavas display 40-41 million years of crystallization ages. On the other hand, one sample from marginal zone of the gabbroic intrusion 42.9 million year ages which is possibly represent the cooling ages of the gabbroic intrusion.

In terms of isotopic data, volcanic groups and plutonic rocks are clustered in similar areas. All magmatic series have similar Sr-Nd isotopic areas which is similar to Early and Middle Eocene magmatic units along the Pontides range. Besides, they also share similar isotopic ratios with magmatic basement units from Pontides and CACC. At the same time, the studied magmatic units are also show similar isotopic ratios of OIB-like lavas derived from the lithospheric mantle under Eastern Europe, Arabia.

In terms of bulk geochemical data, all magmatic units show subduction related signatures which are represented by enriched large ion lithophile elements (Cs, Ba, Rb, LILE), negative high field strenght elements (Hf-Zr, Nb-Ta; HFSE) and enriched light rare earth elements (La, Ce;LREE). These data interpreted as derivation from a subduction modified mantle source areas.

V1 lavas have alkaline, nepheline normative and high Mg# (up to 70) geochemical character. On the other hand, V1b lavas display thoellitic, calc-alkaline chemistry, hyperstene normative character with lower Mg#. Subsequent lava flow V2a contain both thoellitic and alkaline lavas with large range of Mg# (33-54). Last products of the V2 group called V2b series have also alkaline, nepheline normative and high Mg# character. Scarce clinopyroxene hornblendite xenoliths which is detected in V1a lavas display poligonal texture.

Olivine gabbros which are constitue the main bulk of the Yıldızdağ gabbro display cumulate, orthocumulate and adcumulate textures with the presence of the olivine, pyroxene, plagioclase, magnetite minerals with secondary amphibole, biotite and ilmenite which were developed during the sub-solidus conditions by precipitating during from the interstatial melt.

Marginal zone gabbro have similar mineralogical association with the general lack of olivine minerals. Besides, dyke swarm units contain pyroxene, amphibole and plagioclase with common porphyritic and granular textures. Dyke swarm units have alkaline and nepheline normative character with high Mg# which are similar to V1a and V2b series.

The source area of the magmatism was determined as the result of back fractionation calculations from alkaline rocks and the partial melting derived from 1.7-2.4 GPa pressure which is corresponding to the spinel lherzolite-garnet peridotite transition area. The clinopyroxene hornblende xenoliths, which can represent the source area, have similar chemical properties to the amphibole cumulate veins developed within the peridotitic mantle observed around worldwide. This suggests that the source area is rich in hydrous metasomatic veins and dykes, and that the partial melting of this area causes the development of alkaline, nephelin normative rocks. Progressive increasing of the partial melting of the hydrous cumulates veins leads to exhaustion of the veinlets within the peridotitic mantle and leads to melting of the peridotitic mantle itself. Thus, the generation of the tholeeiitic character can be explained by this phenomenon.

Generation of the metasomatism in the source areas is likely to be the derived from overlapping subduction, collision and magmatic stages during the whole Mesozoic period. Geochemical character of the metasomatic source area controlled mainly by sedimanter melts together with minor contribution of the altered oceanic crust. Numerical modelling implies that %5-%10 partial melting of the metasomatic source region can developed the alkalinity detected in magmatic series.

In V1a, V1b and V2b series, generally shaped by fractional crystallization processes which are shown by combined approaches of mineral chemistry and geochemical modeling. On the other hand, energy-constrained assimilation and fractional crystallization (EC-AFC) modellling also show that assimilation up to %14 can be developed in V1b series. Hence, V2a series are generally shaped magma mixing related processes which is documented by petrographic studies, MELTS modelling and mineral chemistry. Mixing of intermediate V1b lavas with the basic V2b lavas can create the major oxide chemistry of the V2a series. On the other hand, profiles measured along the different mineral populations of clinopyroxene show low Mg# macrophenocryst cores and high Mg# mantle/rim zones together with high Mg# microphenocrysts which are developed simultaneously with the mantle/rim zones. These data are supportive for magma mixing with replenishment with high Mg# magmatic melt.

Based on the properties of clinopyroxene mineral chemistry, it is shown that olivine gabbros are developed from similar magma areas with V1a and V1b series, and V2a series lavas and dyke swarm units are posibly derived from similar magmatic sources. The V3 group lavas are formed by the fractional crystallization and assimilation of the magma mush zone developed within the first magmatic episode.

Triggering of the magmatism possibly governed by (i) slab-break off beneath the collision zone during the Middle Eocene time interval and leads the generation of magmatism or (ii) thickening of the lithospheric mantle during the Early-Middle Paleocene, development of the Rayleigh Taylor instabilities and subsequent generation of magmatism by denudation of the lithospheric mantle.

This project is funded by TUBITAK 2214A overseas doctoral research scholarship and TUBITAK CAYDAG project number 112Y120.

1. GİRİŞ

Çarpışma sonrası magmatik birimler, kıtasal büyüme süreçleri sırasında gelişen önemli kayaç topluluklardır (Bonin, 2004 ve içerdiği referanslar). Bu birimler iki tektonik bloğun çarpışmasının ardından, dalma-batma ve eklenme süreçlerinden milyonlarca yıl sonra da gelişebilmektedir (bazı örneklerde 30 milyon yıl sonra; Prelević ve diğ, 2013). Çarpışma sonrası magmatik birimler, çarpışma ile oluşmuş yeni manto kaynak alanının özelliklerini yansıtmakta olup, çarpışma döneminden; çarpışma sonrası döneme geçişteki levha içi ergiyik oluşumu, kıtasal farklılaşma ve tektono-magmatik süreçlerin anlaşılması açısından büyük önem taşımaktadırlar (Lustrino ve diğ, 2011).

Yıldızeli (Sivas) ve Almus (Tokat) ilçelerinin bulunduğu alan, Paleozoyik döneminden günümüze kadar gerçekleşen farklı dalma-batma, çarpışma ve magmatizma evrelerinin kayıtlarını barındırmaktadır. Kretase döneminde Tetis okyanusunun kuzey kolunun dalma batmaya uğraması ve kapanması sonucunda Pontid tektonik bloğu ile Orta Anadolu Kristalen Kompleksi (OAKK) ve Anatolid Torid blokları birbirleri ile çarpışmışlardır (Yılmaz ve diğ, 1997a; Okay ve Tüysüz, 1999). Çarpışma yoğun olarak Erken-Orta Paleosen döneminde; İzmir-Ankara-Erzincan Sütur Zonu (IAESZ) boyunca gerçekleşmiş olup (Şekil 1.1a), bu dönemde sedimantasyon ve magmatizmanın kayıtları sınırlı orandadır (Okay ve Tüysüz, 1999). Geç Paleosen-Erken Eosen döneminde IAESZ ve özellikle Doğu Pontidlerin güney kuşağı boyunca çarpışmanın son evrelerinde adakitik magmatizma gelişimi izlenmektedir (Topuz ve diğ, 2005; Eyüboğlu ve diğ, 2011, Karslı ve diğ, 2011). Bu evreyi takip eden çarpışma sonrası Orta Eosen döneminde ise Türkiye'nin doğu kesiminden batısına kadar, özellikle IAESZ'nun kuzeyi ve güneyi boyunca kalk-alkalin ve alkalin magmatizma yaygın bir şekilde gözlenmektedir (Şekil 1.1a; Keskin ve diğ, 2008). Söz konusu Orta Eosen döneminde gerçekleşen magmatizmanın kökeni, evrimi ve kıtasal kabuk içindeki gelişimini açıklamaya yönelik pekçok çalışma ve farklı görüş yer almaktadır. Bu dönemde gelişen magmatizmayı tetikleyen

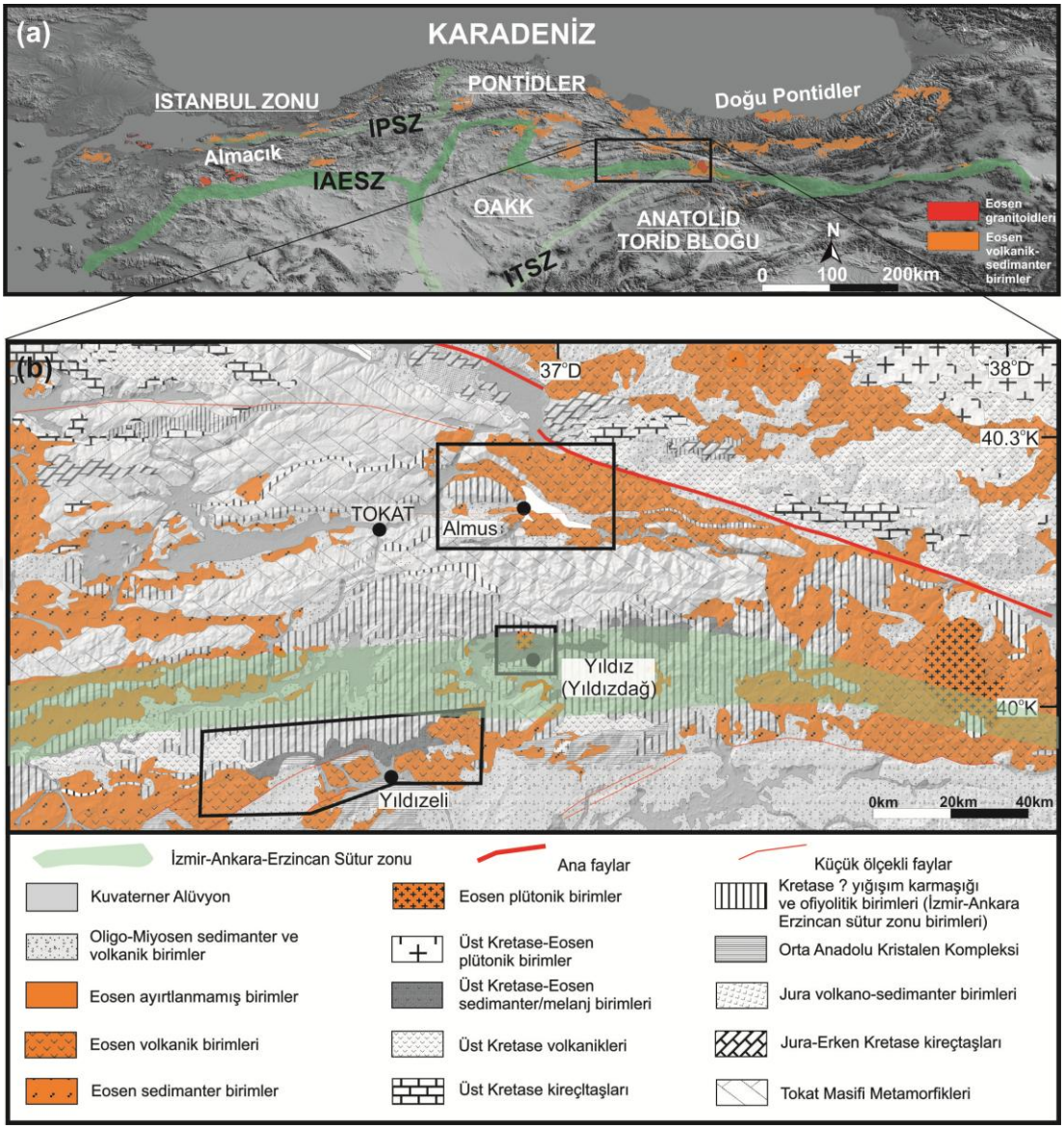
tektono-magmatik süreçleri açıklamak için; dalan levhanın çarpışma sonrası kopması (Keskin ve diğ, 2008); delaminasyon (Temizel ve diğ, 2016; Yücel ve diğ, 2017) ve direkt olarak dalma-batma ile oluşum (Eyüboğlu ve diğ, 2016) mekanizmaları öne sürülmüştür. Bununla beraber IAESZ zonu boyunca ve özel olarak Orta ve Doğu Pontidlerin güneyinde gelişen magmatizmanın evrimi hakkında görüş birliği oluşmamıştır.

1.1 Tezin Amacı

Doktora tezi kapsamında IAESZ 'nun kuzey ve güneyinde yer alan çarpışma sonrası Orta Eosen yaşlı magmatik kayalar çalışarak bölgede etkin olan tektono-magmatik ve petrolojik süreçlerin ortaya konması amaçlanmıştır. Bu kapsamda IAESZ'nun kuzeyinde yer alan Almus (Tokat, Pontidler); güneyinde yer alan Yıldızeli (Sivas, OAKK) ve tam olarak sütur zonunun üstünde yer alan Yıldızdağ bölgeleri çalışma alanları olarak belirlenmiştir (Şekil 1.1b).

Bu bölgelerde özellikle Senozoyik magmatik birimlerinin ayrıntılı olarak haritalanması, magmatik birimlerin stratigrafik, petrolojik, izotopik ve radyometrik özelliklerinin ortaya konması hedeflenmiştir. Elde edilen jeokimyasal veriler, Sr ve Nd izotop içerikleri, mineral kimyası, radyometrik yaş verileri ile birlikte değerlendirilerek bölgedeki magmatiklerin kristallenme yaşları, magmatizmanın petrolojik özellikleri ve evrimi ortaya konulmuştur. Literatürde Pontidlerin güney kesimi ve IAESZ boyunca gelişmiş olan magmatik birimler hakkında yaygın analitik veri üretilmiştir. Ancak çalışma alanlalarını kapsayan bölgelerde analitik veri miktarı sınırlı düzeydedir. Bu tez kapsamında üretilen veriler ile bölgenin Anadolu Senozoyik magmatizması içerisindeki konumu anlaşılmaya çalışılmıştır. Çarpışma-sonrası geliştiği düşünülen magmatiklerin, Anadolu Levhası'nın gelişiminin hangi aşamalarında oluştuğu tespit edilmiş, Orta ve Doğu Pontidlerde yer alan diğer birimler ile ana hatlarıyla karşılaştırılmıştır.

Çalışmalardan elde edilen bilgiler dünya çapında çarpışma ile eş yaşlı magmatizmadan; çarpışma sonrası magmatizmaya geçişte litosferik mantonun evrimi, bu evrimin jeolojik-stratigrafik kayıtları ve çarpışma sonrası magmatiklerin kıtasal kabuk içindeki evriminin anlaşılmasına katkı sağlayacaktır.



Şekil 1.1 : (a) Türkiye'nin kuzey kesiminde yer alan Eosen yaşlı magmatik birliklerin genel dağılımı. **(b)** Almus, Yıldızeli ve Yıldızdağ bölgeleri ve çevresinde yer alan Eosen yaşlı birimlerin genel dağılımı (Her iki harita da MTA, 2002 Türkiye Jeoloji Haritasından sadeleştirilmiştir).

1.2 Literatür Araştırması

Sivas'ın Yıldızeli ve Tokat'ın Almus ilçeleri arasında kalan bölgede yüzeylenen magmatik birimler bu çalışmanın ana konusunu oluşturmaktadır. Çalışma amacıyla seçilen bölgeler jeolojik, petrolojik ve analitik veri bakımından az sayıda çalışma içermekte olup, bu bölgelerdeki çalışmalar ağırlıklı olarak genel jeolojik haritalama çalışmalarından meydana gelmektedir. Bölgenin jeolojik evrimini belirlemek amacıyla öncelikle bölgenin genel jeolojik özelliklerini belirlemek adına yapılan başlıca çalışmalar incelenmiştir.

Okay (1955), Sivas-Tokat bölgesi arasınıdaki birimlerin genel jeolojik haritasını hazırlamış ve kaya gruplarının özelliklerini genel olarak betimlemiştir. Yıldızdağ gabrosunu daha detaylı bir şekilde aktaran yazar, gabronun, hornblendit ve anortozitlerden oluştuğunu vurgulamıştır.

Tatar (1977), Yıldızeli ve Çamlıbel arasında kalan bölgede, genel jeoloji haritası oluşturmuş, birimleri tanıtmış ve dokanak ilişkileri hakkında önermelerde bulunmuştur.

Tatar (1983), Yıldızeli Subaşı köyü çevresinde genel jeolojik çalışmalarda bulunarak bölgenin detaylı haritasını oluşturmuştur.

Yılmaz (1984), Tokat (Dumanlıdağı) ile Sivas (Çeltekdağı) bölgelerinde geniş bir alanda genel jeolojik gözlemler yapmış, bölgede yeralan birimlerin litolojik özelliklerini incelemiştir.

Yılmaz ve Ercan (1984), Yıldızdağ Gabrosu'nun petrokimyasal özellikleri irdelenmiş, Eosen yaşta olduğu düşünülen gabronun, yarı derinlik kayası niteliğinde ve domsal bir yapıda olduğunu belirlemiştir. Gabro, başlıca labrador-bitovnit, hornblend, yer yer diyopsit, olivin, sfen ve/veya rutil ile opak minerallerden oluşmaktadır. Beş örnekte yapılan analiz sonuçlarına ve değerlendirmelerine göre Yıldızdağı Gabrosu'nun toleyitik bir nitelik taşıdığı ve olasılı Eosen sırasında gelişen bir yay sistemi içinde oluştuğu savunulmuştur.

Gökten (1993), Yıldızeli ilçe merkezi ve güneyinde yer alan Akdağmadeni metamorfiklerinin genel jeolojik özelliklerini ve mineral parajenezlerini tanıtmıştır. Çalışma alanımızda yeralan Pazarcık volkanitleri bu çalışmada Çağlayan Grubu adı altında volkanik bir üye olarak tanıtılmıştır. Bu volkanik üyenin fliş, konglomera birimleri ile yatay-düşey geçişli olduğu belirtilmiş, petrografik ve kimyasal özellikleri tanıtılmıştır.

Yılmaz ve diğ. (1993a), Tokat ve Sivas bölgelerinde geniş bölgelerde jeolojik ve yapısal haritalama çalışmalarını kapsayan bir rapor olan bu çalışmada temel birimler

detaylı bir şekilde haritalanmış ve stratigrafik kesitler alınarak, geniş alanlarda birimler korele edilmiştir. Tokat Masifi ve örtü birimleri ilk defa detaylı bir şekilde haritalanmıştır.

Platzman ve diğ. (1994), Almus bölgesi, Niksar ve kuzeyinde paleomanyetizma çalışmaları yapmıştır. Bu çalışmada Almus barajı kuzeyinden bir örnekte radyometrik yaş tayini yapıp 45.3 ± 3.1 M.y. yaşını elde etmişlerdir.

Yılmaz ve diğ. (1995),Yıldızeli bölgesi ve kuzeyinde yer alan farklı bölgelerde genel jeolojik haritalama çalışmaları yapmıştır. Bu çalışmanın konusunu teşkil eden Senozoyik yaşlı volkanik birimlerden Eosen yaşlı olanları Pazarcık volkanitleri ve Kaletepe volkanitleri adı altında toplamıştır. Bunların yanında Çakmak köyleri bölgesinde gözlenen birimler Yukarıçakmak volkanitleri adı altında tanıtılmıştır.

Bozkurt & Koçyiğit (1996), Almus bölgesi ve çevresinin genel jeoloji haritasını yapmış, Miyosen ve daha genç birimlerin stratigrafisini tanıtmış ve Kuzey Anadolu fayı veya öncesi ile ilişkili olabilecek Almus Fay setinin evrimi ile ilgili önermelerde bulunmuştur.

Alpaslan ve diğ (1996), Kırşehir Masifi'nin kuzeydoğu ucunu oluşturan Akdağmadeni metamorfitlerini Yıldızeli metasedimanter grubu adı altında ele almıştır. Jeotermobarometrik çalışmalarında gerileyen yeşilşist metamorfizma evresinin yaşı K - Ar yöntemiyle Santoniyen - Maastrihtiyen olarak belirlenmiştir.

Alpaslan (1997), Yıldızeli bölgesi Çakmak köyleri civarında yüzeylenen trakiandezitik-latitik birimlerin genel jeolojik ve jeokimyasal özelliklerinden bahsetmiş, altere karakterli kayaların çarpışma sonrası volkanizma ile ilişkili olduğunu belirtmiştir.

Yılmaz ve diğ. (1997a), Pontid orojenik kuşağının tektonik evrimini ortaya koyan geniş kapsamlı bir çalışma olup, Yıldızeli havzasının ve Tokat Masifi'nin özelliklerini de ana hatlarıyla açıklamıştır.

Yılmaz ve diğ. (1997b), Tokat Masifi'ni üç ana topluluğa ayırmıştır. Bunlar Yeşilırmak Grubu, Turhal Metaofiyoliti ve Amasya Grubu'dur. Yeşilırmak Grubu Paleozoyik temele sahiptir, Triyas birimlerince üzerlenir ve kısa süre varlığını devam ettiren bir havza niteliğindedir. Turhal Metaofiyoliti ofiyolitik melanj topluluğundan ve stratigrafik olarak düzenli ofiyolitik kayalardan oluşur. En üstte bulunan Amasya Grubu ise Alt Paleozoyik klastik birimlerini içerdiğini ileri sürmektedir. Senozoyik birimleri hakkında sınırlı sayıda gözlem içermektedir.

Boztuğ ve diğ. (1998)'e göre Yıldızdağ gabrosu, Paleosen-Eosen yaşlı Yakupoğlan formasyonunu sıcak dokanakla kesmektedir. Yıldızdağ plütonu, gabro bileşimli ana kütle, diyoritik kenar fasiyesi ve mikrodiyoritik dayklar gibi haritalanabilir alt birimlere ayrılabilmektedir. Mineralojik-petrolojik ve bölgesel jeolojik veriler ışığında, Yıldızdağ gabrosunun magma kaynağının, üst manto kayaçlarının, litosferik incelme nedeniyle meydana gelecek gerilme rejimi altında gelişen adiyabatik dekompresyon mekanizmasıyla kısmi erimeye uğraması sonucu meydana gelmiş olduğu düşünülmüştür. Böyle bir tektonik rejim, Neo-Tetis'in kuzey kolunun, Ankara-Erzincan sütur zonu boyunca tüketilmesinden sonra Geç Kretase'de meydana gelen Anatolid-Pontid çarpışmasına bağlı kabuk kalınlaşmasından sonra meydana gelebilir. Anatolid-Pontid levhaları, çarpışmadan sonra bir tek levha gibi davranmış olduklarından dolayı, böyle bir magma oluşumunun, aynı zamanda, çarpışma sonrası - levha içi magmatizma olarak da tanımlanabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Alpaslan (2000), Yıldızeli çevresinde yüzeylenen Pazarcık Volkanitleri'nin Alt Paleosen-Eosen yaşlı sedimanter kayaçlarla ardışıklı biçimde gelişen bazaltik ve andezitik bileşimli lav akıntıları ile bunların piroklastik eşleniklerinden oluşturduğunu göstermiştir. İlk olarak Özcan ve diğ. (1980) tarafından betimlenen birlikteki bazaltlar, mikroskopik olarak hipokristalin porfîrik- pilotaksitik doku göstermekte olup, fenokristal olarak plajiyoklas, klinopiroksen ve olivin içermektedir. Andezitler, hipokristalin porfîrik doku göstermekte olup hornblend ve plajiyoklas fenokristalleri içermektedir. Ana element verileri, Pazarcık volkanitinin kısmen alkalen, çoğunlukla da kalkalkalen karakterde, MORB'a göre normalize edilmiş element diyagramlarında, Pazarcık volkanitinin büyük iyon yarıçaplı elementler (K, Rb, Ba ve Sr) açısından önemli ölçüde zenginleştiği, Ti ve Y

açısından ise tüketildiğini belirtmiştir. İz element verilerine dayalı olarak Pazarcık volkaniklerinin plaka içi bir karaktere sahip olduğu savunulmuştur. Pazarcık volkanitleri'nin Anatolid ve Pontid kuşağı arasında gerçekleşen kıtasal çarpışmadan sonra gelişen çarpışma sonrası havzalar içerisinde yaygın bir şekilde gelişmiş volkanik ürünlerden olduğu düşünülmektedir.

Koçbulut ve diğ. (2001), Yıldızeli bölgesinin batısında, Belcik bölgesinde yüzeylenen Eosen? volkanitlerini Kaletepe volkanitleri adı altında incelemiştir. Bölgede bazalt, bazaltik andezit, andezit ve diyabaz kaya toplulukları saptanmış ve petrografileri betimlenmiştir. Bunun yanında kayalardan ana ve sınırlı sayıda iz element analizi yapılmış, kayaların bir kısmının alkalen, bir kısmının kalk alkalen karakterli olduğu ve kıtasal kirlenmeden etkilendikleri belirtilmiştir.

Mesci ve Gürsoy (2002), Yıldızeli ilçesinin kuzeyinde, yapısal jeoloji ağırlıklı bir çalışma yapmıştır. Bölgede bindirme kuşağını oluşturan sıkıştırma rejiminin Üst Miyosen sonrasında da devam ettiğini savunmuşlardır.

Keskin ve diğ. (2008), Çorum-Amasya bölgesinde (Orta Pontidler) yeralan Orta Eosen yaşlı volkanik birimler üzerinde ayrıntılı çalışmalar yapmışlar ve bu çalışmalar sonucunda bölgedeki volkanizmanın gelişmini Neo-Tetis okyanusunun dalma batmasının ardından Orta Eosen döneminde gelişen dilim kopması sonucu gelişen magmatik işlemlerle ilişkili olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Otlu ve diğ. (2010), Yıldızeli ilçe merkezininin güneydoğusunda yer alan, mineralojik-petrografik ve jeokimyasal karakteristiklerine göre Karakoç mafik plütonikleri olarak tanımlanan birimler, metasedimanter birimleri kesen 1-5 m kalınlığında ve yaklaşık D-B uzanımlı sillerden oluşmaktadır. K/Ar radyometrik yöntemi ile mafik/ultramafik karakterli bu birimlerden 69.7+1.8 My (hornblend), bunlarla birlik oluşturan dayk konumundaki siyenit-aplitlerden 67.8+1.7 Ma (tüm kayaç) ve pirometasomatik kayaçlardan ise 60.1+1.6 My (flogopit) yaşlar elde edilmiştir. Mafik/ultramafik kayaçlar; hem alkali, hem de subalkali (toleyitik) karakterli olup, bunların fraksiyonel kristalleşmenin yanı sıra asimilasyona da işaret eden kimyasal özelliklere sahip olduğu ileri sürülmüştür. Plütoniklerin Orta

Anadolu'da çarpışma sonrası dönemdeki gerilme ile ilişkili levha içi magmatikleri temsil ettiği düşünülmektedir.

Sümengen (2013a; 2013b), Almus bölgesi ve çevresinin genel stratigrafisi ve jeolojisini ele almıştır.

Akçay ve Beyazpirinç (2017), Yıldızeli bölgesinin batısında yer alan Pazarcık volkaniklerini çalışmışmıştır. Araştırıcılar bu bölgede yer alan Geç Paleosen-Erken Eosen istifinden Ar-Ar yaş tayini ile genel olarak tüm kaya ve plajioklas minerallerden ölçüm yaparak; 45 milyon yıl ile 57 milyon yıllık kristallenme yaşları elde etmiştir. Bu yaşlarla beraber sınırlı sayıda örnekten tüm kaya jeokimyası analizi yapan araştırıcılar, magmatizmanın dalan levha kopması süreçleri ile geliştiğini belirtmişlerdir.

1.3 Hipotez

Bu tez kapsamında çalışılan IAESZ'nun kuzeyinde, güneyinde ve zonun üzerinde gelişmiş olan Senozoyik yaşlı birimlerin literatürden elde edilen bilgiler dâhilinde IAESZ'nun diğer kesimlerinde yer alan Orta Eosen yaşlı magmatik kayalarla benzer petrolojik, izotopik ve radyometrik özellikler taşıdığı düşünülmektedir. Bununla beraber çalışılması düşünülen kuşakta bu önermeyi destekleyecek kapsamlı jeolojik ve analitik veriler halen bulunmamaktadır.

Bu çalışmadan elde edilen verilerle, söz konusu bölgelerde izlenen volkanizmanın Orta Eosen çarpışma sonrası magmatizması dâhilinde gelişip-gelişmediği anlaşılmaya çalışacaktır. Bu hipotez kapsamında, bu bölgelerde yer alan kaya gruplarının iddia edilen jeolojik özelliklere sahip olması durumunda, söz konusu birliklerin Orta Eosen döneminde çevre bölgelerde (Orta-Doğu Pontidler) gelişmiş kayaları oluşturan tektono-magmatik mekanizmalara benzer süreçlerle geliştiği öne sürülebilir. Söz konusu veriler ile bu hipotez test kapsamında sınanmıştır. Tez araştırması sonucunda bölgedeki kayaların IAESZ boyunca gerçekleşen çarpışma ile çarpışma sonrası magmatik süreçlerin anlaşılmasında literatüre yeni bilgiler katılmaktadır.

1.4 Metod ve Yötemler

Tez çalışması sırasında izlenen metod ve yöntemler başlıca iki ana grup altında toplanmaktadır. İlk grup genel jeolojik çalışmaları kapsamakta alıp başlıca jeolojik haritalama çalışmaları; stratigrafik kesit alımı ve örnekleme aşamalarından meydana gelmektedir. İkinci grup ise başlıca laboratuvar çalışmalarını kapsamakta olup, petrografi, tüm kaya jeokimya ve izotop analizleri, mineral kimyası analizleri, radyometrik yaş tayini analizlerini içermektedir. Aşağıda bu aşamalar kısaca özetlenecektir.

1.4.1 Genel jeolojik çalışmalar

1.4.1.1 Jeolojik haritalama çalışmaları

Jeolojik haritalama çalışmaları 2012, 2013, 2014 ve 2015 yaz dönemlerinde toplam 6 aylık sürede gerçekleştirilmiş olup, bu kapsamda Almus (Tokat); Yıldız (Sivas) ve Yıldızeli (Sivas) bölgelerinde 1/25000 ölçekli paftalar üzerinde jeolojik haritalama çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar 1/25000 ölçekli H37c1, c2, c3; c4 (Yıldızdağ), H37a2, a3, H37b1, b2, b3, b4; H38a1; a2; a3; a4 (Almus). İ37b1, b4; İ37a1, a2; a3, a4; İ36a3; a4; İ36b2, b3; b4 (Yıldızeli) paftfalarında gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda; belirtilen bölgelerin jeoloji haritası yapılmış, dokanak ilişkileri gözden geçirilmiş ve önceki çalışmalarda saptanmamış olan yeni kaya birimleri ayırtlanmıştır.

Haritalama çalışmalarının Yıldızeli kısmındaki bazı paftalar Topbay (2016) tarafından gerçekleştirilen yüksek lisans tezi kapsamında yapılmış olup, yüksek lisans tezi kapsamında yapılan haritadaki dokanak ilişkileri ve kaya grupları arazide tekrar kontrol edilerek doktora tez haritasında modifiye edilmiştir. Bunun yanı sıra MTA, (2002) Türkiye Jeoloji Haritası, Yılmaz ve diğ. (1993) TPAO raporu, 1/100000'lik Sümengen (2013a; 2013b) ve Yılmaz ve diğ. (1995) MTA haritalama çalışmalarından yararlanılmıştır.

1.4.1.2 Stratigrafik kesit alımı

Stratigrafik kesit alımı bölgede Almus ve Yıldızeli bölgelerinde gerçekleştirilmiş olup, her iki bölgede yer alan volkano-sedimenter istiflerin zaman ve mekân içerisindeki gelişimini ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. Bunun yanı sıra

stratigrafik ölçüm yapılan istiflerin taban, orta ve tavan kesimlerinden alınan magmatik kaya örneklerinden jeokimyasal analiz yapılarak istiflerin kimyasal-stratigrafik gelişiminin de anlaşılması hedeflenmiştir. Her iki bölgeden dört adet stratigrafik kesit alınmış alıp, bu kesitlerin özellikleri genel jeoloji kısımında tanıtılacaktır.

1.4.1.3 Örnekleme çalışmaları

Örnekleme kapsamında yaklaşık 1000'e adet örnek toplanmıştır. Jeolojik haritalama çalışmaları ve stratigrafik kesit alımı sırasında farklı litolojileri veya farklı lav serilerini temsil edecek kaya örnekleri toplanmıştır. Örnekleme sırasında alterasyondan en az etkilendiği düşünülen örnekler toplanmıştır.

1.4.2 Laboratuvar çalışmaları

1.4.2.1 Petrografi

Petrografi çalışmaları için alterasyondan en az etkilenmiş olan temsilci 200 örnek seçilerek İTÜ, Maden Fakültesi, İnce Kesit Laboratuvarında ince kesitler hazırlanmıştır. İnce kesit örnekleri yaklaşık 30 mikron kalınlığında olup, İTÜ Jeoloji Mühendisliği Optik Mikroskop Laboratuvarı ve Avrasya Yer Birimleri Enstitüsü Optik Mikroskop Laboratuvarında polarizan mikroskopları altında incelenmiştir.

1.4.2.2 Tüm kaya jeokimyası ve izotop jeokimyası

Petrografi çalışmalarında incelenen örneklerden farklı magmatik kaya gruplarını en iyi temsil eden örnekler üzerinden tüm kaya jeokimya ve izotop analizleri için öğütme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Öğütme işlemi İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Mineral Ayırma Laboratuvarında ve İstanbul Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Mineral Ayırma Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Tüm kaya kimyası için yaklaşık 103 örnek; izotop analizleri için ise 20 adet örnek pudra haline getirilerek 50-100 gram arası değişen paketlere ayrılmıştır.

Tüm kaya jeokimya analizleri Bureau Veritas Kanada laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Ana ve iz element içerikleri 0.2 gramlık kaya örnekleri 1.5 gram $LiBO_2$ ile karıştırılarak dört asitli çökeltme aşamasından geçirilerek ICP-AES ile ölçülmüştür. Ateşte kayıp oranları 1000 °C'nin üzerine çıkıldığı zaman ölçülen

ağırlık farkından belirlenmiştir. Toplam demir içeriği Fe_2O_3 olarak belirtilmiştir. Ölçüm limitleri ana oksitler için 0.001 ile 0.1 % arasında; iz elementler için 0.1 ppm ile 10 ppm arasında; nadir toprak elementler için ise 0.01 ile 0.5 arasında değişmektedir. Kalibrasyon ve doğrulama standartları ölçüm sekansına eklenmiştir.

Tüm kaya Sr ve Nd izotop analizleri Orta Doğu Teknik Üniversitesi Radyojenik İzotop Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Analizler Köksal ve Göncüoglu (2008) standart katyon değişimi tekniklerine göre yapılmıştır. Sr-Nd izotopik verisi Thermo Finnigan Triton termal iyanizasyon kütle spetrometresi ile statik çoklu toplama modunda saptanmıştır. $^{87}Sr/^{86}Sr$ ve $^{143}Nd/^{144}Nd$ verileri $^{86}Sr/^{88}$ Sr =0.1194 ve $^{146}Nd/^{144}Nd$= 0.7219 'ye göre sadeleştirilmiştir. Sr NIST SRM 987 ve Nd LaJolla standartları 0.710242 ± 10 (n = 3) ve 0.511849 ± 10 (n = 2), olarak saptanmıştır. Nd-Sr izotopik ölçümlerine aletsel düzetleme uygulanmamıştır. Analitik belirsizlikler 2σ seviyesindedir.

1.4.2.3 Mineral kimyası analizleri

Mineral içi kimya değişimleri hatlar boyunca yapılan ölçüm traversleri ile belirlenmiştir. Petrografi çalışmalarından seçilen 9 adet örnekten İTÜ Maden Fakültesi İnce Kesit Laboratuvarında parlak kesitler yapılmıştır. Parlak kesit yapılan örneklerden Mainz Üniversitesi (Almanya), elektron mikroprob laboratuvarında mineral kimyası ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Mineral kimyası ölçümlerinde seçilen örneklerdeki silikat minerallerinden ana element kimyası ölçümleri gerçekleşmiştir. Ölçümler JEOL JXA 8900 RL model ölçüm cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Cihazın ölçüm koşulları 20nA ışın gücü ve 1-5 µm'lik ışın çapı ve çeşitli ölçümlerde uzatılmış ölçüm zamanları ile gerçekleşmiştir (Mn, Cr, Ca, Al'da 100 saniye). Standartizasyon işlemleri için sentetik ve doğal mineraller de ölçüm sırasında kullanılmıştır. Mineral içi kimya değişimleri, hatlar boyunca yapılan ölçüm traversleri ile belirlenmiştir.

1.4.2.4 Radyometrik yaş tayini analizleri

$^{40}Ar/^{39}Ar$ radyometrik yaş tayini analizleri Auburn Asal İzotop Kütle Analizi Laboratuvarı'nda (A.B.D) gerçekleştirilmiştir. Yaş tayini analizleri, petrografik incelemelerden sonra belirlenen mineral örnekleri ve tüm kaya örnekleri üzerinden yapılmıştır. Seçilen kaya örnekleri kırılıp, ayrılıp, saf su ile yıkanarak farklı tane

boylarına göre ayrılır. Magnetik minerallerden arındırma işlemi için Franz marka, manyetik separator kullanılmıştır. Yaş tayini için 600-850 mikron tane boyutunda eleklerle ayrılan mineraller (biotit, amfibol, sanidin) binoküler mikroskop altında seçilmiştir. Seçilen minerallerin belirgin bir inklüzyon ve alterasyon içermemesine dikkat edilmiş olup, ayrılan mineraller saf su ile yıkanmıştır. Seçilen mineraller denetleyici örnek FC-2 (yaş: 28.02 M.y., Renne ve diğ. 1998) ile alüminyum disklere yerleştirerek Kanada, McMaster Üniversitesi Araştırma Reaktöründe bombardımana tutulmuştur.

ANIMAL tesisi, örnek analizleri için düşük hacimli, ultrayüksek vakumlu, yüksek hassasiyete sahip 10 cm yarıçaplı sektör kütle spektrometresi ve otomatik örnek çıkarma sistemine sahiptir. Tüm kaya örnekleri ortalama 100 farklı tane üzerinden gerçekleştirilmiştir. Mineral örnekleri tekil kristal toplam füzyonu ve tek kristal kademeli ısıtma metodları ile belirlenmiştir.

Bu çalışmada verilen bütün istatistiksel $^{40}Ar/^{39}Ar$ yaş verileri % 95 güven aralığındadır. Buna karşın bütün hata payları bir birim standart sapma olarak belirtilmiştir. Veri değerlendirilmesi ve çizimi Isoplot programı ile yapılmıştır (Ludwig, 2003). Bu çalışmada elde edilen plato yaşları 39 ArK değerinin en az %50'sini içeren ve en az üç adet veya daha fazla birbirini takip eden adım içeren ölçümlerle saptanmıştır. Bu adımlar arasında ise alterasyona dayalı piklerin olmamasına dikkat edilmiştir.

2. VERİ SUNUMU

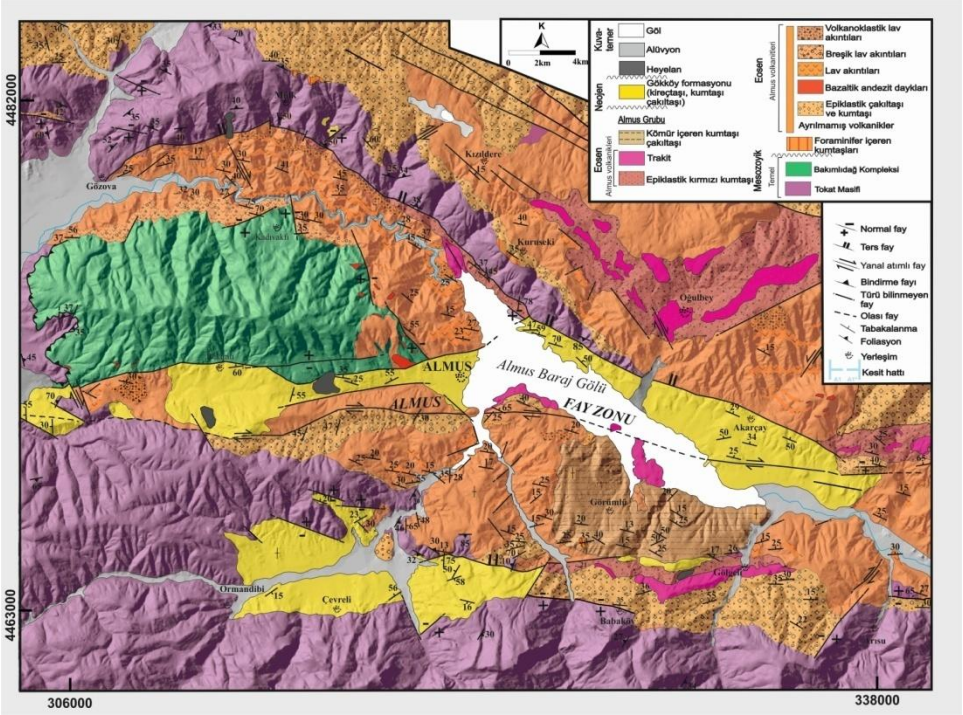
Veri sunumu bölümünde genel jeoloji, volkano-stratigrafi, petrografi, mineral kimyası, tüm kaya jeokimyası ve izotop jeokimyası çalışmaları sonucunda elde edilen veriler sunulacaktır. Bir sonraki bölüm olan tartışma kısımında ise bu bölümde sunulan verinin özellikleri tartışılacaktır.

2.1 Genel Jeoloji

Doktora çalışması kapsamında Almus (Tokat), Yıldızeli (Sivas) ve Yıldızdağ (Sivas) bölgelerinde arazi çalışmaları yürütülmüştür (Şekil 1.1). Bu alt bölümde söz konusu bölgelerin genel jeolojik özellikleri anlatılacak ve arazi ilişkileri irdelenecektir. Bu kapsamda söz konusu bölgelerde yer alan temel ve örtü kayaları özet olarak buna karşın doktora tezinin ana konusunu oluşturan Eosen birimleri daha ayrıntılı bir şekilde tanıtılacaktır. Almus ve Yıldızeli volkanitleri üzerinde yapılmış ayrıntılı çalışmalar ise volkano-stratigrafi bölümünde verilecektir.

2.1.1 Almus bölgesi

Tokat ili kuzeydoğusunda Almus ilçesi ve Almus baraj gölü çevresini kapsayan çalışma alanında izlenen başlıca birimler Mesozoyik yaşlı temel kayaları (Tokat Masifi ve Bakımlıdağ Kompleksi), Eosen yaşlı volkanik-sedimenter birimler, dayklar ve stoklar (Almus Grubu), Neojen yaşlı çökel birimler (Gökköy Formasyonu), Pliyo-Kuvaterner yaşlı alüvyon-taşkın çökelleri ve yamaç molozlarından oluşmaktadır (Şekil 2.1 ve EK-A.1).



Şekil 2.1 : Almus bölgesi ve çevresinin jeoloji haritası.

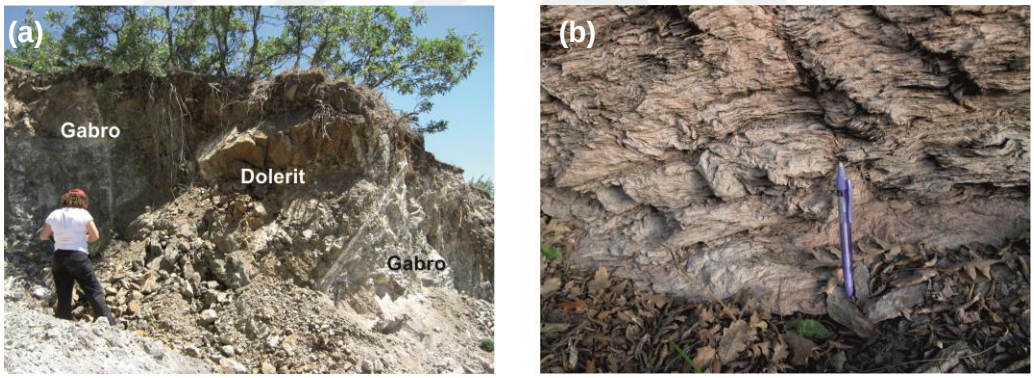
2.1.1.1 Temel birimler

Bölgede yeralan temel birimleri iki farklı kaya topluluğu ile temsil edilmektedir; ilk birim Bozkurt ve Koçyiğit (1996) tarafından, "Bakımlıdağ Kompleksi" olarak adlandırılmış olup genel olarak gabro, dolerit ve serpantinitlerden meydana gelmektedir (Şekil 2.2a). Gabrolar masif, ofitik dokulu, yer yer bantlı yapı gösteren, genel olarak altere olmuş birimlerden meydana gelmektedir. Doleritik kayalar genel olarak dayk kümeleri şeklinde gabro kütlesini kesmekle birlikte yer yer sil ve stoklar halindedir. Dolerit daykları aşırı altere ve deforme durumdadır. Gabroik temel dolerit haricinde, amfibollü bazaltik andezitik dayk ve stokları tarafından kesilmiştir (Şekil 2.1). Daykların kalınlıkları 3 ile 5 metre arasında değişmektedir. Buna karşın stok benzeri amfibollü lavların çapları 100 metreye yakın büyüklüktedirler. Amfibollü dayklar gabroik birimin yanı sıra Almus Grubu kayalarını da kesmektedir, daykların genel özellikleri "Almus Grubu" başlığı altında detaylı olarak betimlenecektir.

Bakımlıdağ Kompleksi; Eosen yaşlı Almus Grubu birimleri tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. İki birim arasındaki dokanaklar, özellikle Almus bölgesinin KB'sında normal faylarla yükselmiştir (Şekil 2.1). Normal fayların gidişi genel olarak K-KB/ G-GD doğrultusundadır (Şekil 2.1). Bakımlıdağ Kompleksi'nin güney

sınırı Tersiyer yaşlı çakıltaşı-kumtaşı ile sınırlanmaktadır. Her iki birim, Almus Fay Zonu'na ait normal faylar ve yanal atımlı faylar ile kesilmektedir.

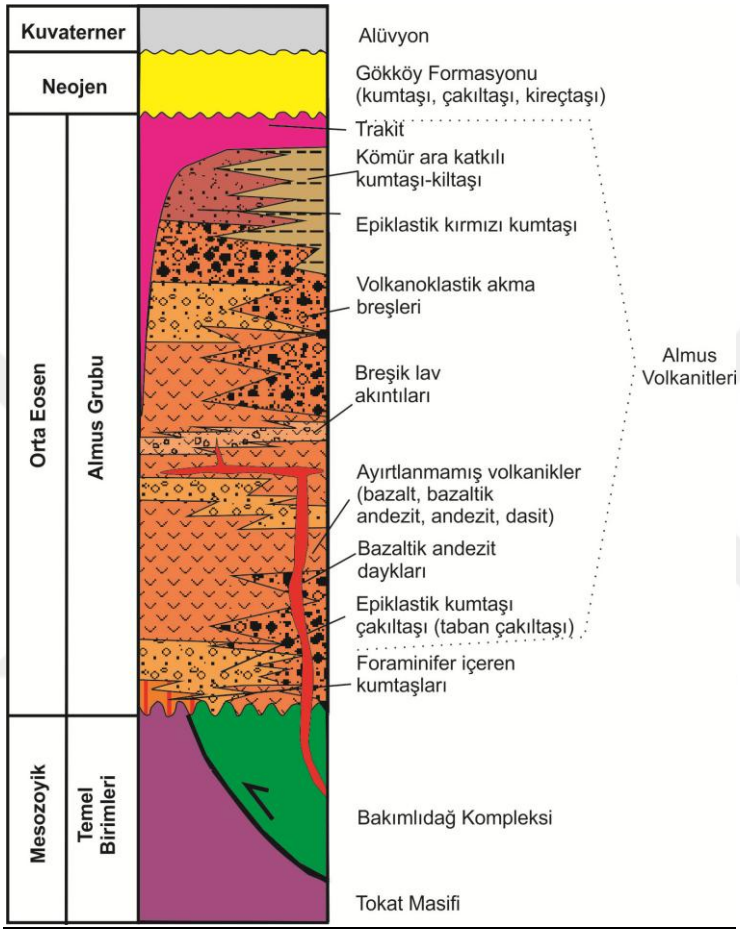
Temelde bulunan ikinci kaya topluluğu ise Bozkurt ve Koçyiğit (1996)' e göre Tokat Masifi metamorfitleri eşleniği ve devamı olarak kabul edilen birimlerden oluşmaktadır. Birim çalışma alanında fillit, metabazalt, mermer ile tali miktarda mikaşist, amfibolit, sleyt ve mavişistlerle temsil edilmektedir (Şekil 2.2b). Tokat Masifi, Paleozoyik ve Erken Mesozoyik başkalaşım yaşına sahip metamorfizma geçirmiş yığışım karmaşığı litolojilerinden meydana gelmektedir (Yılmaz ve diğ, 1997a, 1997b; Topuz ve diğ, 2011). Haritalanan alanın batısında yer alan kesimde Bakımlıdağ Kompleksi kayaları, Tokat Masifi metamorfitleri üzerine tektonik dokanak ile itilmiştir (Şekil 2.1). Almus ilçesi 4 km kuzeyinde ve Üçgöl köyü güneyinde ise Tokat Masifi metamorfitleri, Almus Grubu birimleri üzerine itilmiştir. İtilme ilişkisi, Almus baraj gölünün kuzeyinde Armutalan köyü civarında da izlenmektedir (Şekil 2.1).



Şekil 2.2 : Almus bölgesinde bulunan temel birimlerinin genel görünümü. **(a)** Bakımlıdağ Kompleksi içerisinde yer alan gabroik kayalar ve bunları kesen dolerit daykları. **(b)** Tokat Masifi içerisinde yer alan ve krenülasyon klivajı sergileyen metasedimanter kayalar.

Almus Grubu'na ait birimler Almus ilçe merkezi ve Almus Barajı çevresinde yüzeylenmekte olup, doğuda Reşadiye ilçesine kadar uzanmaktadır. Bozkurt ve Koçyiğit (1996) tarafından Haydaroğlu Formasyonu olarak adlandırılan birim, stratigrafik olarak tabandan tavana: (i) yaygın olarak metamorfik birimlerden türeme bazı kesimlerinde volkanik blok/çakılları da içeren, volkanik birimlerle yanal-düşey geçişli taban çakıltaşı ve epiklastik çakıltaşı-kumtaşı ardalanması, (ii) bol foraminifer fosilli kumtaşı, (iii) masif lav akıntısı, breşik lav akıntısı ve akma breşi ardalanmasından oluşan volkanik istif (Almus volkanitleri), (iv) epiklastik kırmızı

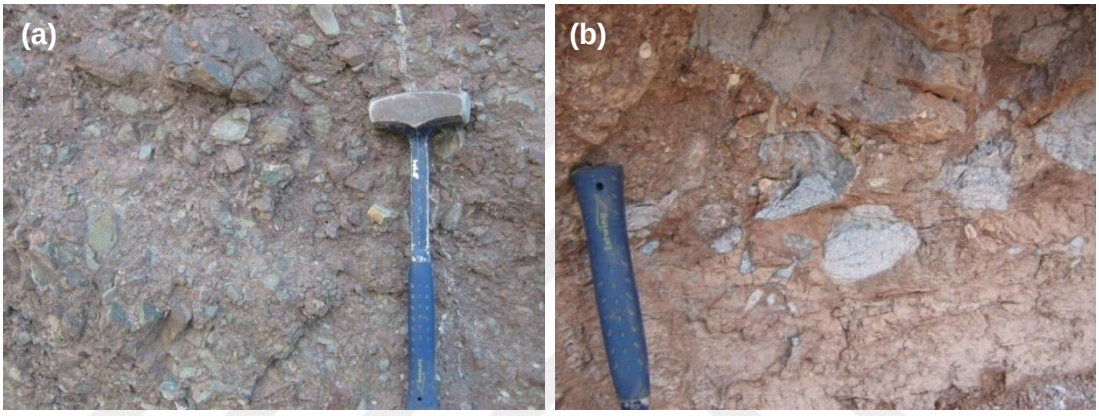
renkli kumtaşı, (v) fosilli ve kömür ara katkılı kumtaşı-kiltaşı ardalanmasından meydana gelmektedir (Şekil 2.3). Yukarıda sözü edilen istif trakit daykları, stokları ve amfibollü dayk/stoklar tarafından kesilmektedir (Şekil 2.1 ve 2.3). Almus grubu içerisinde yer alan (iii), (iv) ve (v) numaralı birimler ve dayk-stok kümeleri Almus volkanitleri bölümünde tanıtılacaktır.



Şekil 2.3 : Almus Bölgesinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (ölçeksiz).

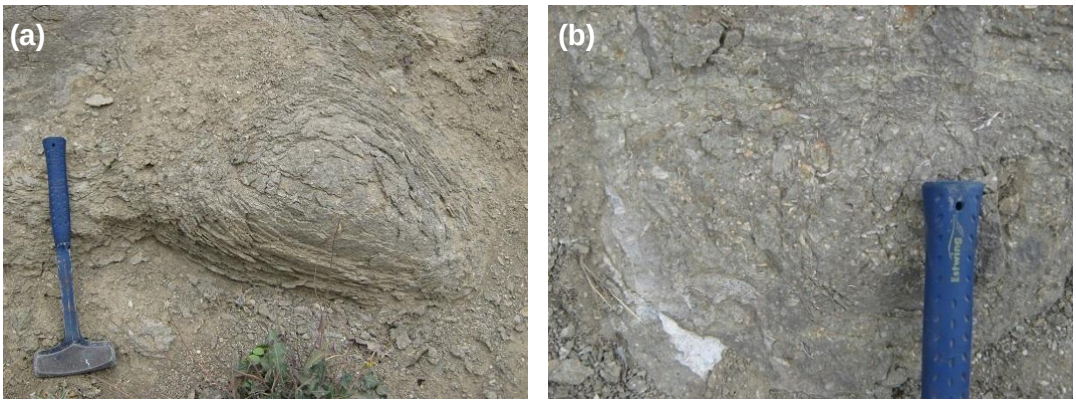
(i) *Taban çakıltaşı ve Epiklastik çakıltaşı-kumtaşının* tipik olarak görüldüğü bölgeler Bakımlı köyünün 2 km güneyinde, Gölgeli kasabasının güney kesimlerinde, Kızıldere ve Çambudak köylerinin 1 km güneyinde bulunmaktadır. Epiklastik çakıltaşı-kumtaşı biriminin çakıltaşı üyesi, uyumsuz olarak metamorfik temel birimlerini örtmekte, masif lav akıtısı, breşik lav akıntısı ve akma breşi ardalanması ve foraminiferli kumtaşları ile yanal ve düşey geçişli olarak izlenmektedir (Şekil 2.3). Epiklastik terimi önceden var olan volkanik birimlerin aşınıp taşınarak çökelmesi ile oluşan birimleri temsil eden bir tanımdır (Cas ve Wright, 1987). Tez boyunca volkanik birliklerin aşınıp çökelmesi ile gelişmiş volkanik klastlarca zengin

sedimanter birimler epiklastik birimler olarak tanıtılacaktır. Temel birimleri ile dokanağında çakıllar kötü-orta derecede yuvarlaklaşmış - kötü boylanmış olup, genel olarak metamorfik (metabazitler, fillit, şist) ve volkanik çakıllardan (andezit, bazaltik andezit) meydana gelmektedir (Şekil 2.4a ve 2.4b). Temelde genel olarak metamorfik çakıllar baskınken (Şekil 2.4a; mermer, metabazit, fillat), üst kesimlerde volkanik çakıllar (Şekil 2.4b; bazalt, bazaltik andezit) daha yaygındır. Almus'un 2 km güneyinde metamorfik temel üzerine gelen çakılların boyutları ortalama 7-8 cm, yer yer maksimum 40-50 cm'dir. Bu bölgede birim, taban çakıltaşı karakterinde olup, akma breşleri tarafından uyumlu bir şekilde örtülmektedir.



Şekil 2.4 : (a) Metamorfik çakıllardan türeme taban çakıltaşı. **(b)** Volkanik bloklarca zengin epiklastik çakılıtaşı (bloklar andezit türünde).

(ii) *Foraminiferli kumtaşı-şeyl ardalanmasının* tipik olarak gözlendiği bölgeler, Çambulak köyünün 2 km batısı, Üçgöl köyünün 1 km kuzeyi Almus-Kadıvakfı köyü yoludur. Foraminiferli kumtaşı şeyl ardalanması ince-orta katmanlı, sarı-gri renklerde olup, yer yer küresel ayrışma gösterir (Şekil 2.5a). Kadıvakfı bölgesinde gözlenen kumtaşlarında yoğun olarak piroksen ve plajioklas mineralleri (gabroik temelden türeme) ve foraminifer fosillleri izlenmektedir. (Şekil 2.5b). Foraminiferli kumtaşı-şeyl birimi ile Bakımlıdağ Kompleksi arasındaki sınır normal faylar ile yükselmiştir ve birim kuzeye doğru yüksek eğim kazanmıştır (Şekil 2.1).



Şekil 2.5 : (a) Küresel ayrışma gösteren kumtaşı-şeyl birimi. **(b)** Plajioklas ve piroksen minerallerince zengin fosilli kumtaşı.

2.1.1.2 Almus volkanitleri

Almus Grubunun önemli bir kesimini oluşturan Almus volkanitleri başlıca lav akıntıları, breşik lav akıntıları, volkanoklastik akma breşleri, epiklastik sedimanter birimler, bazaltik andezit daykları ile trakit dayk, stok ve tıkaçlarından meydana gelmektedir. Volkanoklastik kaya ayırtlaması ve isimlendirilmesi Cas & Wright, (1987) sınıflamasına göre yapılmıştır. Doktora tezinin ana konusunu oluşturan bu birimler önceki çalışmalarda Yılmaz, (1984) tarafından Tozanlı grubu içinde "Haydaroğlu Formasyonu"; Yılmaz ve diğ. (1993; 1997b) tarafından Almus Grubu altında "Adatepe volkanikleri", Sümengen (2013a, 2013b) tarafından ise Eosen volkano-sedimanterleri içerisinde ana hatlarıyla incelenmiştir. Bölgedeki volkanik birimlere ait detaylı bir çalışma bulunmamakla birlikte, Platzman ve diğ. (1994)'nin paleomanyetizma ölçümleri için Almus bölgesindeki bazaltik andezitik kayalardan elde ettikleri K/Ar tüm kaya yaşları 45 ± 3.1 milyon yıl ile 41.8 ± 1.3 milyon yıl arasında değişmektedir.

Almus volkanitleri genel olarak lav akıntıları ve breşik lav akıntılarından meydana gelmekte olup, daha az oranda volkanoklasik akma breşlerinden oluşmaktadır. Sözü edilen birimler Almus bölgesi genelinde birbirleri ile ve epiklastik birimler ile yanal ve düşey olarakgeçişlidir. Lav breşi, lav akıntıları ve epiklastik birimlerin düzenli bir şekilde ardalandığı kesimler tipik olarak Almus ilçe merkezinin kuzeyinde gözlenmektedir (Şekil 2.6a). Bu birimler ayırtlanabildikleri kesimlerde farklı sembollerle haritaya işlenmişlerdir ancak ayırtlanamayan kesimler "ayırtlanmamış lav akıntıları" olarak adlandırılmıştır.

Volkanik birimler Almus ilçe merkezi kuzeyi ve Gözova köyü arasında; Dikili, Armutalan ve Gölgeli köyleri kuzeyinde ve Bakımlı köyü batısında yüzeylenmektedir. Lav akıntısı birimleri yaygın olarak Almus ilçe merkezi güneyinde yer almaktadır. Breşik lav akıntısı birimi genel olarak Dikili köyünün kuzeyinde; volkanoklastik akma breşleri ise Üçgöl köyü kuzeyinde, Tokat Masifi kayalarının güney kesimlerinde yaygın bir şekilde gözlenmektedir. Almus volkanitleri bazı bölgelerde Bakımlıdağ Kompleksi kayalarını uyumsuz bir şekilde örtmektedir. Kadıvakfı köyü civarında görülen bu ilişki normal faylar ile bozulmuştur. Normal faylarla yükselen birim kuzeye doğru yüksek eğimler kazanmıştır (Şekil 2.1). Bunun haricinde, Almus volkanitleri; epiklastik çakıltaşı-kumtaşı, epiklastik kırmızı kumtaşı birimleri ve fosilli/kömür ara katkılı kumtaşı şeyl birimleri ile faylı ve/veya yanal düşey geçişli olarak izlenmektedir.

Lav akıntılarının en iyi gözlendiği alanlar Almus ilçe merkezinin kuzeybatısında yer almakta olup, kalınlıkları 1-15 metre arasında değişmektedir. Lavlar başlıca bazalt, bazaltik andezit, andezit ve nadir dasitlerle temsil edilmektedir. Dokusal olarak porfirik, afanitik, mikrolitik ve pilotaksitik dokular içeren lavlar, başlıca piroksen + plajioklas ± olivin ± amfibol ± biyotit + opak mineral fenokristallerinden meydana gelmektedir (Şekil 2.6b). Lavlar alterasyondan dolayı farklı renklerde olup, belirgin akma foliasyonu ve sütunsu yapılar da sergilemektedir. Farklı lav gruplarının mineralojik, dokusal ve stratigrafik ilişkileri ilerideki bölümlerde tanıtılacaktır.

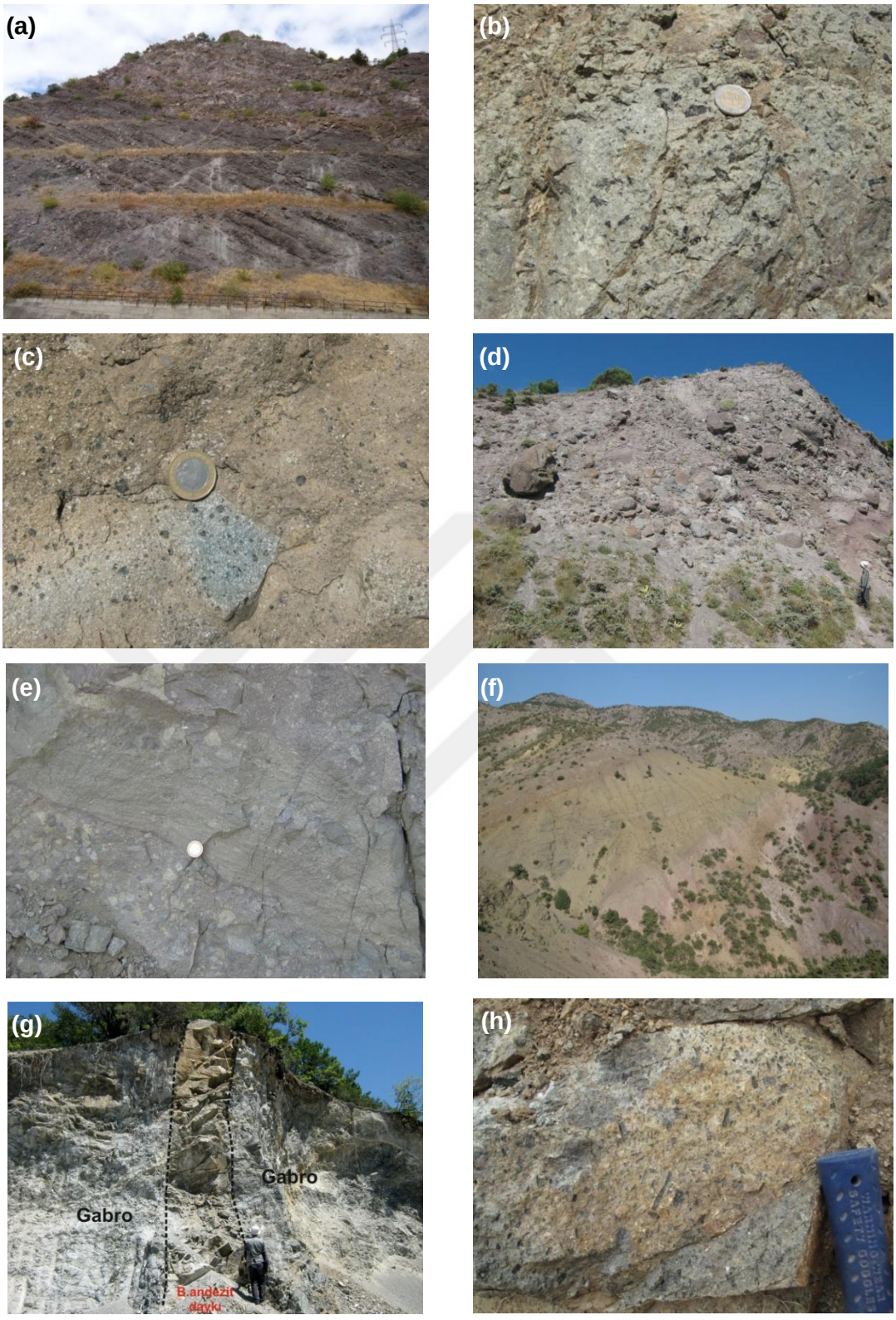
Breşik lav akıntıları deforme olmuş özşekilsiz lav blokları ve bu blokları bağlayan benzer mineralojiye sahip matriksden meydana gelmektedir. Bu kaya grubunun oluşumu lavın akması sırasında bloklu bir hal alıp parçalara ayrılması ilegelişmiştir. Breşik akıntı birimleri Almus volkanitlerinin büyük kısmını oluşturmakta olup, genelde bazaltik-bazaltik andezitik bileşimlidir. Bloklar genel olarak kötü-orta boylanmış, köşeli lav parçalarından oluşmakta olup boyutları 1-2cm'den 45-50'cm'e kadar değişmektedir. Ortalama blok boyutları ise 15-20 cm aralığındadır. Genel olarak piroksen ve plajioklasça zengin lavlardan oluşan akıntı bazı bölgelerde amfibol + piroksenli lav blokları da içermektedir. Breşik lav akıntıları ara düzeylerinde epiklastik seviyeler de sıklıkla gözlenmektedir. Breşik lav akıntılarında blokları birbirine tutturan malzeme genel olarak lav parçaları ve aynı türden

mineraller içermektedir, bu tür alanlarda matriks ile blok arasındaki sınırı belirlemek güçtür (Şekil 2.6c).

Volkanoklastik akma breşi, lavın akması sırasında ve/veya hemen ardından gelişen işlemlerle parçalanması ve taşınması ile oluşmuş akıntılardır. Bu adlama, genel olarak kaotik yapıda olan tane boyları oldukça düzensiz ve blokları kısmen yuvarlaklaşmış, nadiren düzenli bir şekilde tabakalanmış (Şekil 2.6d) kaya toplulukları için kullanılmıştır. Blokların boyutları çakıl boyutundan yer yer üç metre çapına ulaşan mega bloklara kadar değişmektedir. Eş tane boylu seviyelerde ortalama blok boyutları 15 ile 30 cm arasında değişir. Bloklar genel olarak bazaltik andezitik karakterli, plajioklas ve piroksence zengin lavlardan meydana gelmektedir. İri bloklu malzemenin yoğun olduğu kesimler volkanik heyelan akıntılarını andırmaktadır (Şekil 2.6d).

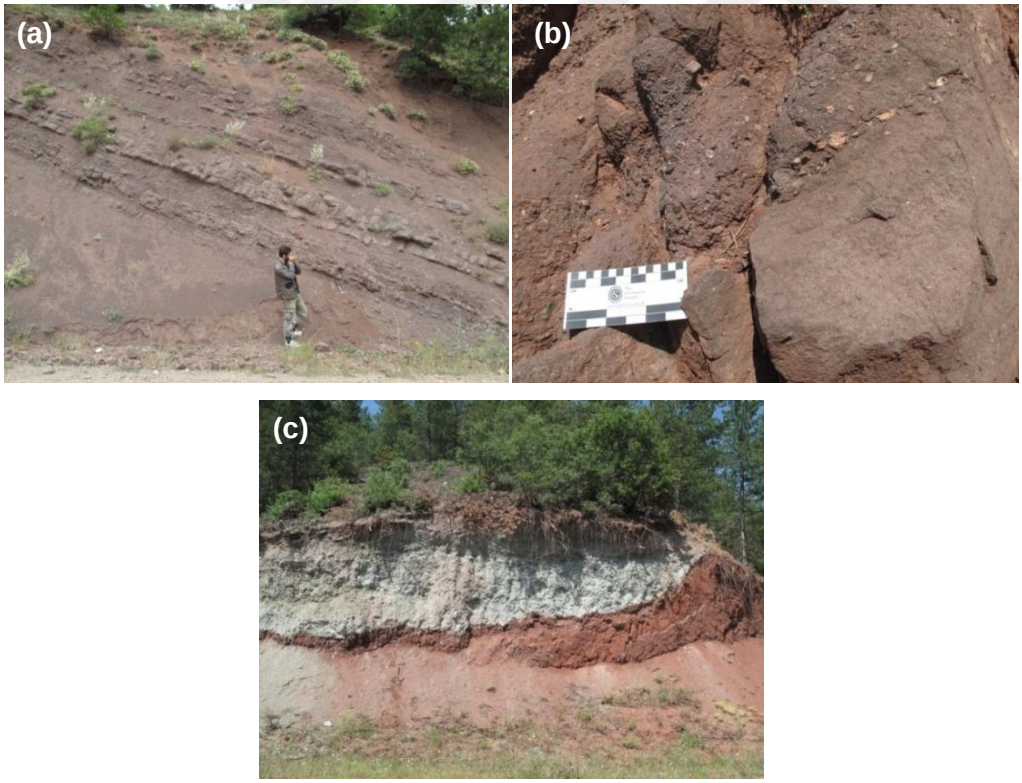
Epiklastik sedimanter birimler bir kaç cm den 30 metreye kadar değişken kalınlıklar göstermekte olup stratigrafik kesitlerin değişik seviyelerinde yer almaktadır. Birim kumtaşı ve çakıltaşı ile temsil edilmekte olup, lavlar ve breşik lavlar ile sıklıkla ardalanmaktadır (Şekil 2.6e ve 2.6f). Alterasyon nedeniyle epiklastik birimler gri, yeşil, sarı renkler sergilemektedir. Epiklastik birimler yoğun olarak plajioklas, piroksen ve volkanik kaya parçaları içermektedir. Bölgede bu birimlerin yanısıra epiklastik kırmızı kumtaşları da yaygındır ve aşağıdaki bölümde bu litoloji ayrıntılı olarak tanıtılacaktır.

Yukarıda tanıtılan bu birimler kalınlığı genel olarak 1 metre ile 10 arasında değişen amfibollü dayklar ve çapları 100-150 metreyi bulan stoklar tarafından kesilmektedir. (Şekil 2.6g). Amfibollü dayklar genel olarak bazaltik andezit türünde olup, volkanik istiflerin sadece orta kesimlerine kadar sokulum yapmışlardır. Amfibollü dayklar volkanik birimlerin dışında Bakımlıdağ Kompleksi'ne ait gabroik temel kayalarını da kesmektedir (Şekil 2.6g). Dayklar iri amfibol mineralleri içermekte olup genel olarak porfirik doku sergilemektedir (Şekil 2.6h).



Şekil 2.6 : (a) Almus volkanitlerinde gözlenen lav akıntısı ve breşik lav akıntısı ardalanması. **(b)** Lav akıntıları içerisinde gözlenen porfirik doku. **(c)** Breşik lav akıntısının genel görünümü (iri mineraller piroksenlerden oluşmakta). **(d)** Kaotik yapılı volkanoklastik akma breşinin genel görünümü. **(e) ve (f)** Breşik lav akıntılarının arasında yer alan epiklastik kumtaşı seviyesi. **(g)** Gabroik temel birimini kesen amfibollü bazaltik andezit daykları. **(h)** Amfibollü bazaltik andezit dayklarında yer alan iri amfibol fenokristalleri.

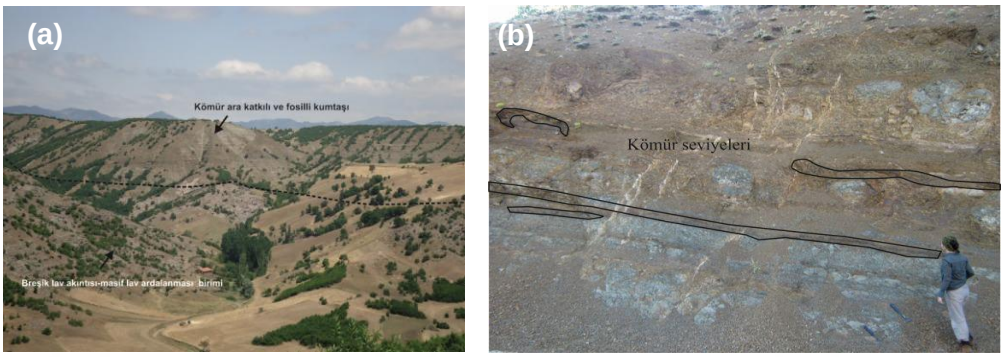
Epiklastik kırmızı kumtaşı birimi, Üçgöl köyü güneyinde, Almus Barajı kuzeyinde, Armutalan-Dikili köyleri arasında, Çambulak köyü doğusunda ve Gölgeli köyü batısında yüzlek vermektedir. Genel olarak bordo-kırmızı renkli kumtaşlarından oluşan istif, genel olarak kalın tabakalıdır (30-50cm) (Şekil 2.7a). Bazı bölgelerde kırmızı kumtaşlarının arasında kaba kum ve çakıl seviyeleri de yer almaktadır. Çakıllar volkanik malzemeden meydana gelmekte olup, iyi yuvarlaklaşmış, orta-iyi derecede boylanmıştır. Tane boyları ortalama 2-3 cm aralığında yoğunlaşmıştır (Şekil 2.7b). Mineral içeriği baskın olarak feldspat, piroksen ve mafik minerallerdir. Kırmızı kumtaşı birimi, genel olarak volkanik istiflerin en üst kesimlerinde yüzeylenmekte olup, sıklıkla trakit sokulumları tarafından kesilmektedir (Şekil 2.1 ve 2.3). Almus baraj gölünün kuzeyinde Neojen birimleri ile arasında doğrultu atımlı bir fay olan birim, kuzeyinde ise metamorfik temel ile ters fayla yan yana gelmektedir (Şekil 2.7c). Görümlü köyü güneyinde de volkanik birimlerle faylı olarak yan yana gelmektedir (Şekil 2.1).



Şekil 2.7 : (a) Kalın katmanlı kumtaşı-çakıltaşı ardalanması. **(b)** Kötü yuvarlaklaşmış, kötü boylanmış andezit blokları içeren çakıltaşı. **(c)** Epiklastik kırmızı kumtaşları ile Tokat Masifi metamorfitleri arasındaki dokanak ilişkisi.

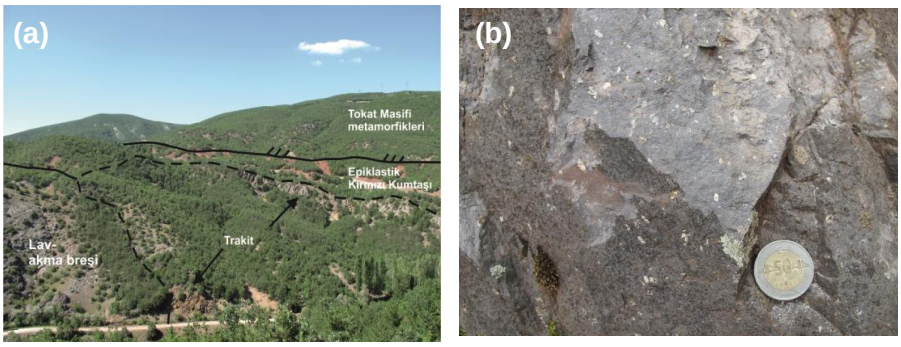
Fosilli ve kömür ara katkılı kumtaşı-şeyl birimi breşik lav akıntıları ile yanal ve düşey geçişlidir (Şekil 2.8a) ve en iyi yüzleklerini Yuvaköy'ün güneyinde

vermektedir (Şekil 2.1). Sarı-gri renkteki kumtaşı şeyl biriminde küresel ayrışma yaygındır. İnce tabakalı birim sıklıkla kömür seviyeleri ve tabanına doğru foraminifer fosilli seviyeler içermektedir (Şekil 2.8b). Kömür bantlarının kalınlığı 1-2 cm ile 20 cm arasında değişmektedir.



Şekil 2.8 : (a) Breşik lav akıntılarının üzerinde yeralan yataya yakın konumlu kumtaşı-şeyl ardalanmasının genel görünümü. **(b)** Kömür düzeyleri içeren, gri-sarı renkli, ince katmanlı kumtaşı şeyl ardalanması.

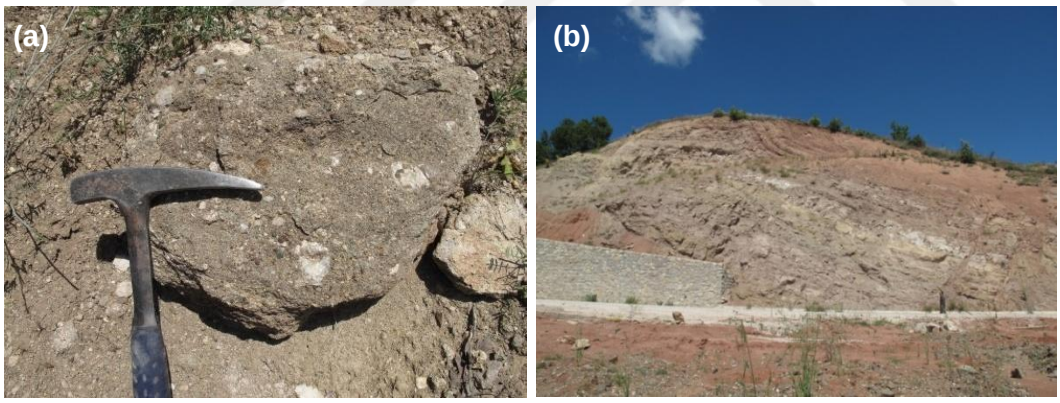
Trakit dayk, stok ve tıkaçları genel olarak Almus Grubu'nun stratigrafik olan en üst kısımında, epiklastik kırmızı kumtaşlarını ve yer yer lav-akma breşi istifini kesmektedir (Şekil 2.9a). Trakitlerin başlıca gözlendiği yerler, Almus ilçe merkezinin 2 km kuzeyi, Yuvaköy kuzeybatısı Gölgeli köyü güney kesimleridir. Trakitler, gri-bordo renklerde olup, 1-1.5 cm boyutlara ulaşan sanidin fenokristalleri belirgindir (Şekil 2.9b). Sanidin mineralleri birçok mostrada oksitlenmiş ve sarı-turuncu renklerde gözlenmektedir. Trakitler Çambulak köyü doğusunda KB-GD ve GB-KD doğrultusunda, Dikili kasabası doğusu, Gölgeli kasabası güneyinde ise D-B uzanımlıdır (Şekil 2.1). Trakitlerde yuvarlak, boyutları 3-15 cm arasında değişen ikincil silis ile doldurulmuş yumrular yaygın olarak izlenmektedir.



Şekil 2.9 : (a) Lav akma breşi ve epiklastik kırmızı kumtaşlarını kesen trakit birimi. **(b)** Porfirik dokulu, sanidin mineralleri içeren altere trakit.

2.1.1.3 Gökköy formasyonu

Almus Baraj gölünün kuzeyinde yaygın olarak izlenen birim, Bozkurt ve Koçyiğit (1996)'de tanımlanan isim olan Gökköy Formasyonu adı altında değerlendirilmiştir. Birimin iyi göründüğü yüzlekler Almus Barajı kuzeyinde, Bakımlı ve Çevreli köyleri civarında bulunmaktadır. Birim barajın kuzeyinde ve Bakımlı köyü civarında genel olarak çapraz tabakalı, gri-boz-sarı renkli, kalın tabakalı (20-30cm) kumtaşlarından oluşmaktadır ve bol miktarda sığ denizel kabuklu fosil yer almaktadır (Şekil 2.10a). Söz konusu fosiller Bozkurt ve Koçyiğit (1995) tarafından *Lithothammium* sp, *Miogypsina* sp., *Pecten* sp., olarak isimlendirilmiştir. Fosil yaşlarına dayanarak söz konusu birimin Akitaniyen-Burdigaliyen yaşlı olduğu önerilmiştir (Bozkurt ve Koçyiğit, 1996). Çevreli kasabası civarında birim jips ara seviyeleri içermektedir. Birim genel olarak yüksek açılı olarak kuzey-kuzeybatıya doğru eğimlidir (Şekil 2.1). Gökköy formasyonu barajın kuzeyinde Almus Grubu epiklastik kırmızı kumtaşları ile faylı olarak yan yana gelmiştir (Şekil 2.1). Almus Fay zonu genel olarak bu birimin içerisinde yer almaktadır ve fay zonuna yakın kesimlerinde birim içinde küçük bindirme fayları ve kıvrımlar da izlenmektedir (Şekil 2.10b)



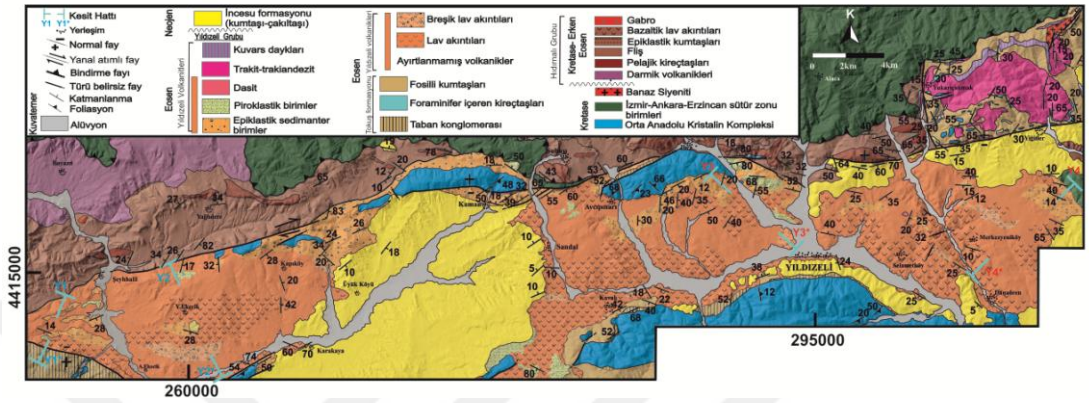
Şekil 2.10 : (a) Gökköy Formasyonu içerisinde yer alan kabuklu fosiller. **(b)** Gökköy Formasyonu içerisinde yer alan kıvımlı yapılar.

2.1.1.4 Alüvyon ve yamaç molozları

Kuvaterner alüvyon ve yamaç molozları arazideki diğer bütün birimleri uyumsuzlukla örtmektedir. Bu birimlerin en geniş yüzlekleri Almus Baraj gölü çevresinde bulunmaktadır. Söz konusu birimler kendinden yaşlı litolojilerden 1 türeme yuvarlaklaşmış-yarı yuvarlaklaşmış, kum boyutundan blok boyutuna değişen, genelde kaotik yapılı, yer yer zayıf tutturulmuş çökellerden oluşmaktadır.

2.1.2 Yıldızeli bölgesi

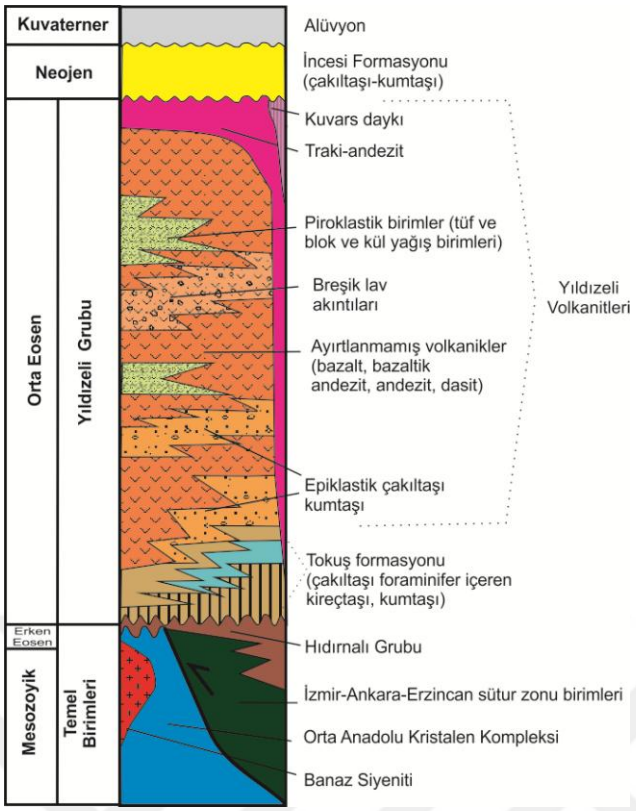
Sivas ili kuzeybatısında yeralan Yıldızeli ilçe merkezi ve çevresinde yer alan bölgenin jeolojisi : temel kayaları, Orta Eosen istifi (Yıldızeli Grubu), Neojen yaşlı sedimanter birimler ve alüvyonlardan meydana gelmektedir (Şekil 2.11, 2.12 ve EK-A.2).



Şekil 2.11 : Yıldızeli bölgesinin genel jeoloji haritası (haritanın batı kesimi Topbay, 2016'dan alınarak revize edilmiştir).

2.1.2.1 Temel birimler

Yıldızeli bölgesinde yer alan birimler üç ana temel topluluktan meydana gelmektedir. Bu birimler: OAKK (Kırşehir Masifi) ve bu birliğin içerisinde yer alan Banaz Siyeniti (Boztuğ ve diğ, 2007 isimlendirmesi); İzmir-Ankara-Erzincan sütur zonu kayaları (Tekelidağ Karmaşığı ,Yılmaz, 1984) ve Hıdırnalı Grubu'ndan (Yılmaz ve diğ. 1993a; 1997b) meydana gelmektedir (Şekil 2.12).



Şekil 2.12 : Yıldızeli bölgesinin genelleştirişmiş stratigrafik kesiti (ölçeksiz).

Bunun yanı sıra literatürde OAKK içerisinde metamorfik istifi kesen farklı granitoidler tanımlanmıştır (Akiman ve diğ, 1993). Yıldızeli bölgesinde OAKK'nin içerisinde yer alan Banaz Siyeniti, Yiğitler köyünün yaklaşık 4 km kuzeyinde yüzlek vermektedir. OAKK metamorfik birimleri ile Banaz Siyeniti'nin ilksel dokanak ilişkisi yoğun bitki örtüsü nedeniyle net bir şekilde belirlenememiştir, bununla beraber Banaz Siyeniti olasılıkla çalışma alanının doğusunda yer alan OAKK metamorfiklerini kesmektedir. Banaz Siyeniti güney kenarında başlıca kuvarsitten oluşan bir taban çakıltaşı-kumtaşı ile örtülmekte ve Eosen yaşlı volkano-sedimanter birimler ile faylı olarak yan yana gelmektedir. Banaz Siyenit başlıca alkali-feldspat + plajioklas + kuvars + amfibol + biotit + sfen + opak mineralleri ile temsil edilmektedir. Bölgede yer alan metamorfitlerin başkalaşım yaşı Alpaslan ve diğ. (1996) tarafından 68-77 milyon yıl olarak saptanmıştır. Bu tez kapsamında yapılan yaş tayinleri sonucunda Banaz siyenitinin kristallenme yaşının Kretase olduğu belirlenmiştir. Yaş tayinlerinin ayrıntılı açıklaması "Radyometrik yaş tayinleri" bölümünde açıklanacaktır.

Mesozoyik (genel olarak Kretase yaşlı) IAESZ birimleri başlıca metabazit, gabro, serpantinit, amfibolit, çört, bazalt, gabro ve dolerit litolojilerinden oluşan yığışım

karmaşası ile temsil edilir (Şekil 2.13a-b; Tatar, 1977; Yılmaz, 1984; Çörtük ve diğ, 2016). Bu fosil yığışım karmaşası önceki çalışmalarda Tekelidağ Karmaşığı ismi ile tanıtılmıştır (Yılmaz, 1984). IAESZ birimleri Yıldızeli bölgesinin kuzey kesiminde yer almakta olup, Hıdırnalı Grubu birimleri ve Eosen yaşlı Yıldızeli grubu birimlerinin üzerine itilmiştir. Bindirmenin yaşı Eosen'den genç olup olasılıkla Oligo-Miyosen yaşlı geniş ölçekli bir bindirme olayına karşılık gelmektedir. Söz konusu bindirme literatürde Orta Anadolu Bindirmesi olarak da tanımlanmıştır (Mesci ve Gürsoy, 2002).

Hıdırnalı Grubu, kumtaşı-şeyl ardalanması, bazalt akıntıları, mikritik kireçtaşı blokları/seviyeleri ve mermer-siyenit bloklarından oluşan fliş istifi ile temsil edilmektedir. Fliş seviyelerinin arasında yer yer tüf düzeyleri de izlenmektedir. Hıdırnalı Grubu kayaları trakit-trakiandezitler ve gabro tarafından kesilmektedir. Hıdırnalı Grubu önceki çalışmalarda değişik isimlerle adlandırılmıştır. Birimin tamamını kapsayan: "Paleojen Filişi" (Tatar, 1977); "Kılıçlı Olistostromu" (Yılmaz, 1984) isimlerinin yanısıra; grubun içinde bulunan mikritik kireçtaşları için "Şeyhhalil Kireçtaşı" (Mesci ve Gürsoy, 2002); "Uzamış Formasyonu" (Yılmaz ve diğ, 1993a; 1997b); kumtaşı-şeyl seviyeleri için Yeşilyurt formasyonu (Yılmaz ve diğ, 1997b), bazalt seviyeleri ve birimleri için Darmik Volkanikleri (Yılmaz ve diğ, 1995) ve Pazarcık volkanikleri (Yılmaz ve diğ, 1995) adlandırmaları kullanmıştır. Bu çalışmada Yılmaz ve diğ. (1997a ve 1997b) çalışmalarında söz konusu birimleri bir arada sınıflayarak tanımlayan "Hıdırnalı Grubu" adlaması benimsenmiştir. Hıdırnalı Grubu'nun yaşı, mikritik kireçtaşlarından elde edilen fosil verilerine dayanılarak Kretase-Erken Eosen olarak belirlenmiştir (Tatar, 1977; Yılmaz ve diğ, 1997b).

Hıdırnalı grubu içinde bulunan Darmik volkanikleri, arazinin batı kesiminde Gündoğan ve Bayazıt bölgesinde geniş alanlar kaplamaktadır. Darmik volkanikleri stratigrafik konumu itibariyle, fliş istifi içerisinde bulunan bazaltik akıntıların eşleniği olarak düşünülmektedir. Yılmaz ve diğ. (1995) çalışmasında Hıdırnalı grubu içerisinde kalan lavlar, Eosen yaşlı lavlar ile litolojik olarak benzerlik gösterdiği için bazı bölgelerde Pazarcık volkanikleri olarak tanıtılmıştır. Bununla birlikte lavların Kretase-Erken Eosen yaşlı fliş istifi ile ardalanması, bu lavların da, Kretase yaşlı Darmik volkanikleri ile aynı yaş aralığında olabileceğine işaret etmektedir (Yılmaz ve diğ, 1995). Darmik volkaniklerine ait lavlar genel olarak masif ve aşırı altere

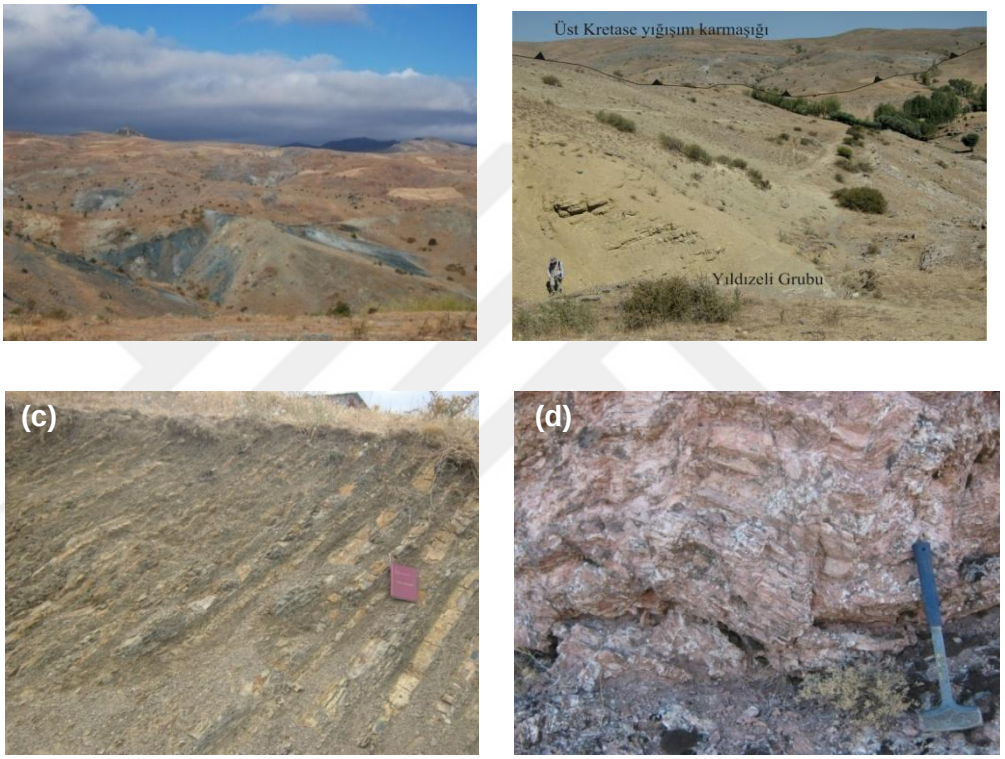
bazaltik andezitik/andezitik lav akıntılarından oluşmakta olup, alterasyon sonucu ikincil kalsit-zeolit gelişimi yaygındır. Bu lavlarda yapılan Ar-Ar yaş tayini çalışmaları ile kristallenme yaşının 94 M.y. civarı olduğu belirlenmiştir (Akçay ve Beyazpirinç, 2017). Darmik volkanikleri olasılıkla Kretase veya daha yaşlı bir topluluğu temsil ettiği için bu çalışmanın konusunu oluşturan lavlarla ele alınmamıştır. Bu birliklerin ilksel oluşum koşulları ve kristallenme süreçlerinin anlaşılması için ilave çalışmalara ihtiyaç vardır ve bununla birlikte birim, IAESZ boyunca eklenen ada yaylarının eşleniği olarak yorumlanabilir (Göçmengil ve diğ, 2013).

Hıdırnalı Grubu'nun kumtaşı-şeylden oluşan kısmı, fliş istifi, Tatar (1977) tarafından "Paleojen flişi", Yılmaz (1984) tarafından "Kılıçlı Olistostromu" Yılmaz ve diğ. (1993a; 1997b) tarafından "Yeşilyurt Formasyonu" olarak isimlendirilmiştir. Birim sarı-gri-bordo renklerde kumtaşı-şeyl ardalanması ve bunlarla ardalanan bazaltik lavlarla (bazı kesimlerde spilitik bazalt) temsil edilmektedir. Birim Ortaçakmak köyü güneyinde mikritik kireçtaşları ile geçişlidir. Fliş birimi, Üst Kretase yığışım karmaşığı tarafından tektonik olarak üzerlenmiştir (Şekil 2.13). İstif ince tabakalı olup doğrultu ve eğimi kısa mesafelerde sıklıkla değişmektedir. Fliş istifi içinde ara seviyeler ve dayklar şeklinde bazaltik lavlar da izlenmektedir. Birimin yaşı için Yılmaz ve diğ. (1993a) Turoniyen - Alt/Orta Eosen aralığı verilmiştir.

Mikritik kireçtaşları Yılmaz ve diğ. (1993a) tarafından "Uzamış Formasyonu", Mesci ve Gürsoy (2002) tarafından Şeyhhalil kireçtaşı adı altında tanıtılmıştır. Arazide en belirgin yüzlekleri Aşağıçakmak güneyi ve doğusu ile Yiğitler Köyü güneyinde gözlenmekte olan mikritik kireçtaşları kırmızı-pembe renkli, genel olarak orta ve kalın katmanlı, bol çatlaklıdır. Birimin kendi içinde sedimanter kıvrımlar ve ikincil kalsit damarları yaygındır. Birimde yer yer arakatkı olarak çört seviyeleri de bulunmaktadır. Fliş istifi ile mikritik kireçtaşları birbirleri ile geçişli bir ilişki sergilemektedir. Kireçtaşlarının yaşı Tatar (1977) ve Yılmaz ve diğ. (1993a)'ın fosil bulgularına göre Senomaniyen-Maastrihtiyen aralığındadır.

Hıdırnalı Grubu nadir olarak gabroik/diyoritik plütonik kayalar tarafından kesilmektedir. Bölgenin batısında yüzeylenen ve benzer litolojik özelliklere sahip kayalar Yaycılar Gabrosu olarak adlandırılmış olup (Akçay ve Beyazpirinç, 2017);

kristallenme yaşının plajioklas minerallerinden yapılan Ar-Ar yaş tayini ile 50 m.y. civarında olduğu gözlenmiştir. Söz konusu sokulum olasılıkla Hıdırnalı Grubu içerisinde yer alan Erken Eosen magmatizmasının yarı-derinlik/derinlik eşleniği olarak gelişmiştir. Bununla birlikte bu kaya grubundan ilksel kristallenmeyi daha iyi sınırlayan zirkon benzeri minerallerden yaş tayinleri yapılması gerekmektedir. Hıdırnalı Grubu'nun oluştuğu tektonik ortam, IAES zonunun kapanması esnasında iki kıtasal blok arasında kalan kalık bir havza olarak yorumlanmaktadır (Yılmaz ve diğ, 1997b; Keskin ve diğ, 2008).



Şekil 2.13 : (a) Yıldızeli bölgesinde yer alan IAESZ birimlerine ait ofiyolitik melanjın genel görünümü. **(b)** IAESZ birimleri ile Eosen yaşlı Yıldızeli Grubu kayaları arasındaki bindirmeli tektonik dokanak. **(c)** Hıdırnalı Grubu İçerisinde yer alan kumtaşı-şeyl ardalanmasının genel görünümü. **(d)** Hıdırnalı Grubu içerisnde yer alan kıvımlı mikritik kireçtaşları.

Almus bölgesinde benzer bir şekilde, temel birimleri Eosen volkano-sedimanter birimleri tarafından uyumsuz olarak örtmektedir. Yıldızeli bölgesinin tamamında yaygın şekilde gözlenen KD-GB gidişli faylar temel birimleri ve Eosen istiflerini kesmektedir. Bazı bölgelerde bu faylar temel birimleri içerisinde yer alan eski faylar ile kesişmekte ve olasılıkla bu zayıflık zonlarını da kullanmaktadır. Bu birimlerin tamamı Neojen yaşlı İncesu Formasyonu ve Kuvaterner sedimanter birimler tarafından örtülmektedir (Şekil 2.11 ve 2.12).

2.1.2.2 Yıldızeli grubu

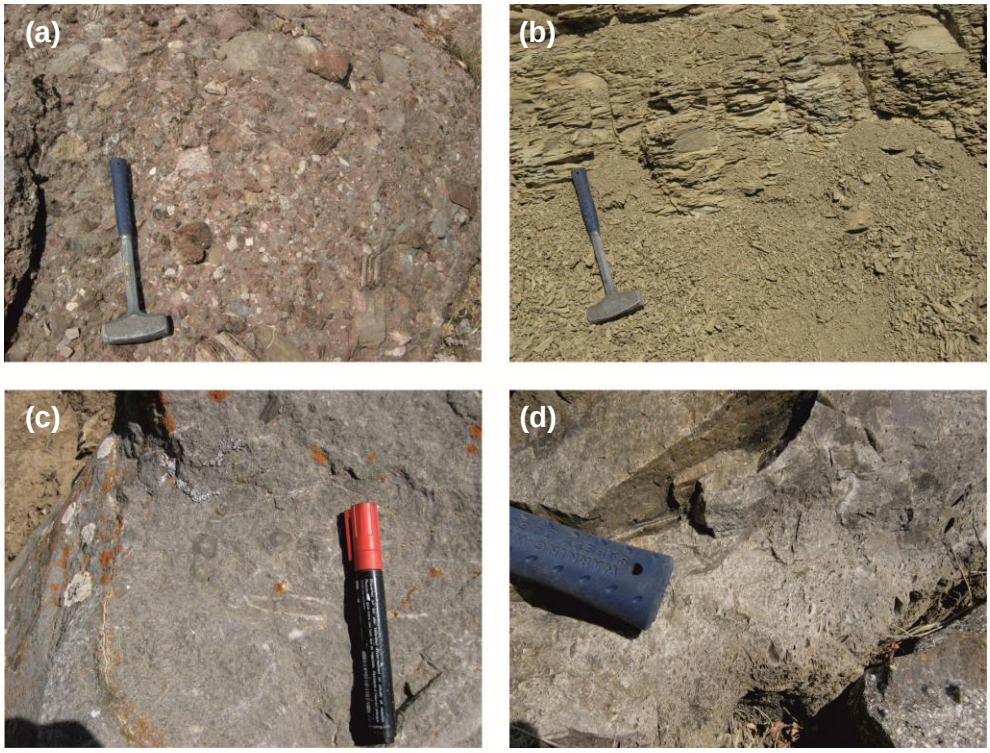
Yıldızeli civarında bulunan Orta Eosen yaşlı volkano-sedimanter birimler Yıldızeli ilçe merkezinin etrafında B-D ekseninde yayılım göstermektedir (Şekil 2.11). Bu birimler, kuzeyde IAESZ birimleri ve Hıdırnalı Grubu; güneyde ise OAKK birimleri ile sınırlandırılmıştır. Yıldızeli bölgesinde yer alan Orta Eosen volkano-sedimanter toplulukları eski çalışmalarda değişik isimlerle incelenmişlerdir. Orta Eosen istifinin sedimanter kesimleri önceki çalışmalarda Tokuş Formasyonu (Yılmaz, 1984; Yılmaz ve diğ, 1995; İnan ve İnan, 1999) adı altında incelenmiştir. Buna karşılık volkanik topluluklar Kaletepe ve Pazarcık Volkanikleri (Yılmaz ve diğ, 1995; Alpaslan, 2000), Pamukpınar Tüfü ve Çakmak ve Yukarıçakmak Trakitleri olarak adlandırılmıştır (Alpaslan, 1997; Yılmaz ve diğ, 1995). Literatürde Orta Eosen istifinde bulunan farklı litolojilere farklı isimlerin verilmesi ve bu birimlerin yaşlarının net olarak bilinmemesi nedeniyle bu çalışmada Orta Eosen istifinin tümü Yıldızeli Grubu ismi altında incelenecektir.

Yıldızeli Grubunu oluşturan volkano-sedimanter topluluk, Almus Grubu ile benzer litolojik özellikler göstermektedir. Yıldızeli grubunu oluşturan kayalar tabanda genel olarak sedimanter Tokuş Formasyonu ile başlamakta olup, orta ve üst kesimlere doğru Yıldızeli volkanitlerine doğru geçmektedir. Aşağıdaki bölümlerde bu iki topluluk ayrıntılı olarak betimlenecektir.

Tokuş Formasyonu

Tokuş Formasyonu birimleri taban çakıltaşı, kumtaşı ve foraminiferli kireçtaşı ardalanmasından oluşmakta ve Orta Eosen volkano- sedimentar Yıldızdağ Grubunun alt kesimlerinde yer almaktadır (Şekil 2.12). Taban çakıltaşı birimi OAKK'ni örttüğü kesimlerde mermer, siyenit kuvarsit çakılları; İAESZ ve Hıdırnalı birimlerini örttüğü kesimlerde çört, metabazalt, bazalt, gabro ve serpantinit çakılları içermektedir (Şekil 2.14a). Çakıllar kötü boylanmış, orda derecede yuvarlaklaşmış olup boyutları 1-2 cm ile 25-30 cm arasında değişmektedir. Tokuş Formasyonu yaygın olarak Yiğitler köyünün KB'sı ve Yıldızeli'nin batı kesimlerinde gözlenmektedir. Tokuş formasyonu genel olarak kumtaşı ve foraminiferli kireçtaşı ile temsil edilmekte olup bu birimler birbirleri ile sıklıkla ardalanmaktadır. Kumtaşları gri ve sarı renklerde olup ince ve orta tabakalara sahiptir (Şekil 2.14b). Zaman zaman şeyl seviyeleri de içermekte olan

bu birim, yer yer içerisinde OAKK'ne ait mermer ve siyenit blokları barındırmaktadır. Mermer bloklarının boyutları 500-1000 metre çapına kadar çıkmakta olup, çakıltaşı ile sarılmaktadır. Bu blokların taşınması Orta Eosen'in başlangıcında bölgedeki depolanma alanının tektonik olarak aktif olduğuna işaret etmektedir. Foraminiferli kireçtaşı birimi gri-boz renklere sahip olup (Şekil 2.14c), genel olarak Çakmak köylerinin doğusunda ve Yıldızeli'nin batı kesiminde yer almaktadır. Genel olarak trakitik dayk kümeleri ile dokanak halinde bulunan kireçtaşlarında yaygın olarak silisleşme ve yer yer hematitleşme tespit edilmiştir (Şekil 2.14d).



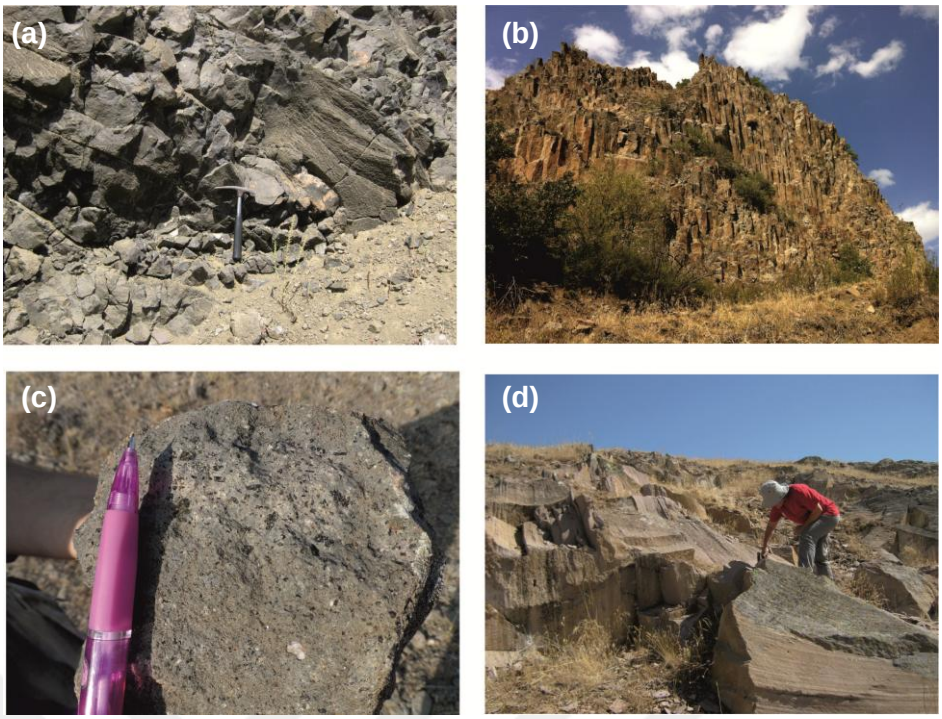
Şekil 2.14 : (a) Tokuş Formasyonu içerisnde yer alan kuvarsit çakıllarınca zengin taban konglomerası. **(b)** İnce ve orta tabakalara sahip kumtaşı birimleri. **(c)** Foraminiferli kireçtaşı birimlerinin genel görünümü. **(d)** Trakitik dayklar tarafından silisifiye edilen kireçtaşları.

Yıldızeli Volkanitleri

Yıldızeli volkanitleri, Yıldızeli Grubu'nun orta ve üst kesimlerinde yer almaktadır. Yıldızeli volkanitleri başlıca lav, breşik lav akıntısı, volkanoklastik akma breşileri, epiklastik ve piroklastik birimler ile geç evre trakitik stok ve dayklardan meydana gelmektedir. Bölgede bulunan volkanik birimlerin büyük bir kısmı lav ve breşik lav akıntısı ardalanmasından oluşur. Piroklastik ve epiklastik birimler hacim olarak daha az miktardadır. Piroklastik birimler genel olarak stratigrafik kesitlerin orta kısımlarında yer almaktadır. Buna karşın epiklastik birimler, kendi içlerinde ve diğer

volkanik litolojilerle düzensiz bir şekilde ardalanmaktadır. Almus volkanitlerine benzer şekilde, 1/25000'lik haritalarda gösterilemeyen litolojiler "ayırtlanmamış volkanik birimler" adı altında toplanmış olup, diğer bütün volkanik litolojiler ile ardalanan ve harita ölçeğinde gösterilemeyen birimler için kullanılmıştır.

Lav akıntıları yaygın alterasyondan dolayı değişik renkler sergilemekte olup, kalınlıkları 1-5 metre arasında değişmektedir. Bunun yanı sıra lavlar genel olarak akma foliasyonu ve nadir olarak sütünsu soğuma çatlakları sergilemektedir (Şekil 2.15 a ve 2.15b). Bazı kesimlerde suya doygun sedimanter birimler ile etkileşim sonucunda gelişmiş olan peperitik dokular gelişmiştir. Lav akıntıları genel olarak bazalt, bazaltik andezit, andezit ve az miktarda dasitten meydana gelmektedir. Bazalt genel olarak koyu gri renkli, intersertal dokulu olup, olivin + piroksen + plajioklas fenokristallerinden oluşmaktadır (Şekil 2.15a). Bu kayalarda alterasyon yaygın olup, olivinler neredeyse tamamen iddingsitleşmiştir. Bazaltik andezitler mikrolitik ve porfirik dokular sergilemekte olup, piroksen ± amfibol + plajioklas fenokristalleri içermektedir. Piroksen fenokristalleri diğer fenokristallere nazaran iri tanelidir (0,5 cm). Bunun yanı sıra andezitler, bazaltik andezitlere benzer fenokristal içeriğine sahip olup, amfibol içerikleri daha fazladır ve amfiboller genel olarak prizmatiktir (Şekil 2.15c). Nadir olarak görülen dasitik lav akıntıları Selametköy köyünün KD kesiminde yer almaktadır. Bu lavlar, kuvars + plajioklas+ biyotit fenokristalleri içermekte olup, belirgin akma foliasyonu sergilemektedirler (Şekil 2.15d).



Şekil 2.15 : **(a)** Lav akıntılarında gözlenen akma foliasyonu. **(b)** Andezitik lav akıntılarında gözlenen sütunsu soğuma çatlakları. **(c)** Lavlarda yer alan iğnemsi amfibol mineralleri. **(d)** Dasitik lavlarda gözlenen akma foliasyonu.

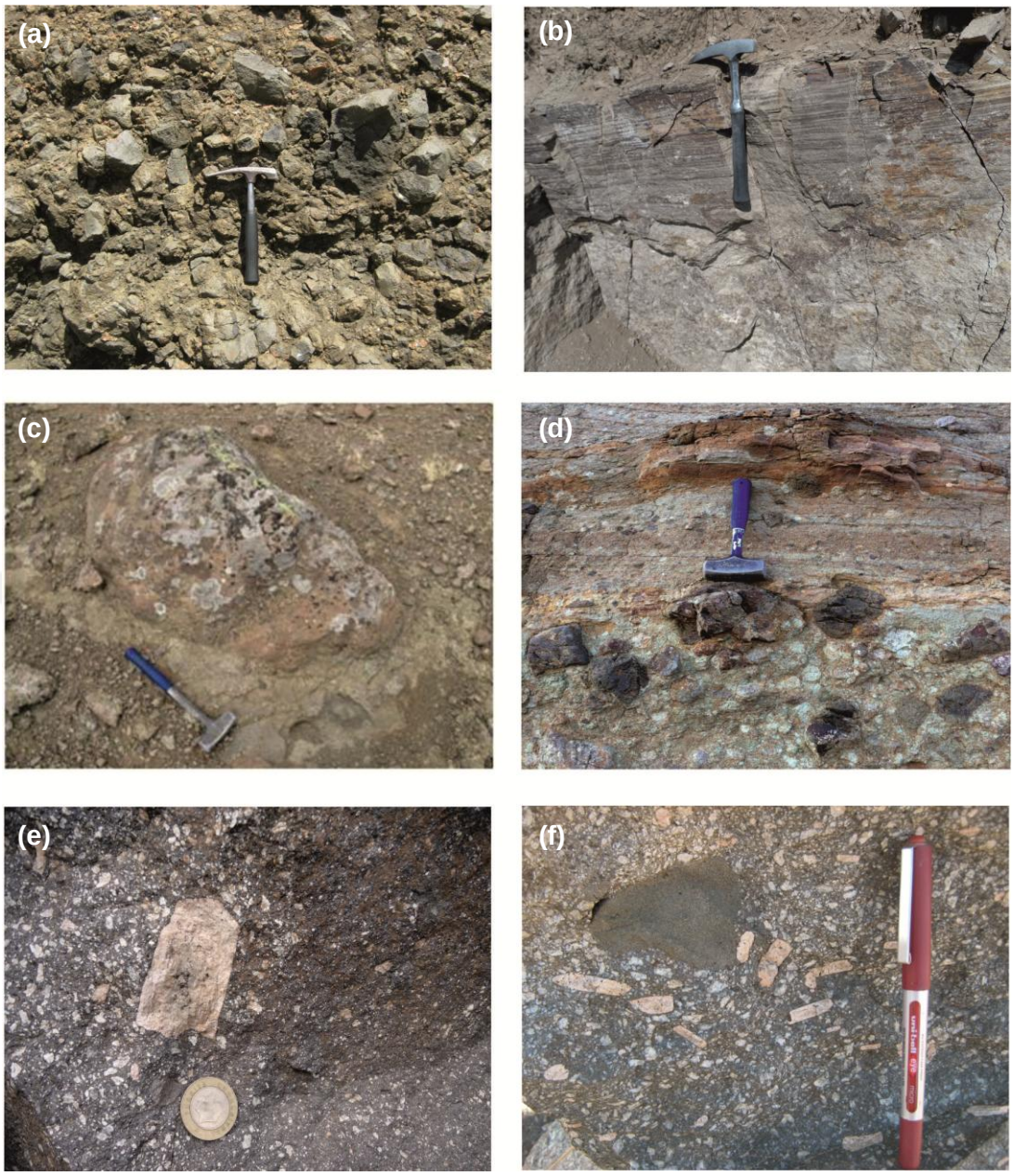
Breşik lav akıntıları gri, yeşil ve bordo renkler sergilemektedir. Bloklar bazalt, bazaltik andezit ve andezit türlerinde olup, genel olarak altere olmuş bazaltik andezitik matriks ile tutturulmuştur. Blokların boyutları 10 cm ile 1 metre arasında değişmekte olup keskin sınırlara sahiptir (Şekil 2.16a). Volkanoklastik akma breşleri diğer birimlere nazaran sınırlı bir alanda gözlenmektedir. Bu birimin görüldüğü tek bölge Yıldızeli'nin doğu kesimindedir. Bu birim değişik lav ve litik birimler içermekte olup, kaotik bir şekilde dağılmıştır. Blokların yarı yuvarlaklaşmış ve keskin sınırlar sergilemekte olup, blok boyları 5-10 cm ile 3 metre arasında değişmektedir (Şekil 2.16b).

Epiklastik birimler nadir olarak gözlenmekte olup, diğer bütün volkanik birimler ile düzensiz olarak ardalanmaktadır (Şekil 2.16c). Epiklastik birimlerin kalınlıkları 1-3 cm'den 5-6 metreye kadar değişmektedir. Epiklastik birimler genel olarak kumtaşı ve çakıltaşı ile temsil edilmekte olup, başlıca amfibol, plajioklas ve kuvars mineralleri ve volkanik kaya parçaları içermektedir.

Piroklastik birimler genel olarak incedir (yaklaşık 10m) ve yayılımları diğer birimlere göre sınırlıdır. Birim genel olarak tüf; kül tüfü, lapilli tüf, litik tüf ve

bloklu akıntılardan meydana gelmektedir (Şekil 2.16d). Kül tüfü-lapilli tüf ardalanmaları aralarında görülen kül blok akıntı çökellerindeki bloklar bazaltik andezitik-bazalt bileşimlidir. Piroklastik birimler Yılmaz ve diğ, (1995) tarafından adlandırılan Pamukpınar Tüfü ile deneşleştirilebilir. Piroklastik birimler Yıldızeli kuzeyinde Kulbasan Tepe civarında, batıda ise sırasıyla Şeyhhalil güneyi, Kapıköy batısı bölgelerinde andezitik lav akıntıları ve epiklastik çökel birimleri üzerinde izlenmektedir (Şekil 2.11). Bunların yanısıra birim Yıldızeli ilçe merkezi kuzeyinde, Avcıpınar Köyü batısında andezitik lav akıntılarının üst seviyelerinde, Kaman kuzeydoğusunda Tavşan Tepe'de epiklastik çökellerin üzerinde izlenmektedir. Genellikle sarımsı beyaz renklerde, Tavşan Tepe civarında ise yeşil alterasyon renklerinde gözlenen tüflerin içerisinde başlıca kuvars, plajiyoklas ve eser miktarda biyotit mineralleri görülmektedir.

Yıldızeli Volkanitleri'nin en genç ürünü trakit-trakiandezit dayk, stok ve tıkaçlardan meydana gelmektedir. Bu birim literatürde farklı isimlerle tanıtılmıştır (Latitporfir, Tatar, 1977; Yukarıçakmak Volkanikleri, Yılmaz ve diğ, 1995; Çakmak trakiporfiri, Alpaslan, 1997). Trakit-trakiandezit lavları Yıldızeli bölgesinin doğu kesiminde yer almakta olup, yaklaşık 15 km^2'lik bir alanda yüzlek vermektedir. Trakit-trakiandezit lavları dom şeklinde bir yapı sergilemektedir. Trakit sokulumunun dom şeklinde yerleşmesi sonucu Tokuş Formasyonu'na ait ilksel tabakalanma yer yer bozulmuştur. Genel olarak gri, mor ve bordo renkli, porfirik ve trakitik dokulu lavlar, başlıca sanidin + plajioklas ± amfibol + biyotit ± kuvars ve piroksen fenokristalleri içermektedir. Sanidin fenokristallerinin boyları yer yer 7-8 cm'ye kadar ulaşmakta olup, bileşimsel zonlanma göstermektedir (Şekil 2.16e). Trakitler içinde yaygın olarak monzonitik bileşimli anklavlar yer almaktadır. Boyları 5 ile 35 cm arasında değişen anklavlar ince taneli olup, yarı yuvarlaklaşmış şekillerdedir (Şekil 2.16f). Bunun yanı sıra trakitik domun doğu kesimlerinde, trakitik lav akıntılarının arasında yer yer epiklastik kumtaşı seviyeleri de saptanmıştır. Bu epiklastik seviyeler genel olarak doğuya doğru eğimlidir.



Şekil 2.16 : (a) Yıldızeli Volkanitlerinde yer alan breşik lavların genel görünümü. **(b)** Epiklastik kumtaşı ve lav akıntısı ardalanması. **(c)** Volkanoklastik akma breşleri içerisinde yer alan dev bloklar. **(d)** Piroklastik birimlerin içerisinde yer alan kül, kül tüfü ve blokların genel görünümü. **(e)** Trakitik lavlarda bulunan iri sanidin fenokristalleri. **(f)** Trakitik lavlarda yer alan monzonitik anklavlar.

Yıldızeli Grubu'nun kuzey sınırında KD-GB yönelimli yanal atımlı faylar ve geç dönemde gelişmiş bindirme fayları yer almaktadır. Genel olarak bütün birimler güneye doğru hafif eğim göstermektedir. Buna karşın güney kesimde bazı alanlarda, sedimanter birimler kuzeye doğru da eğim kazanmıştır. Bu durum erken Senozoyik havzalarının çökeliminden sonra gerçekleşen deformasyon süreçleri ile ilişkili olabilir.

2.1.2.3 Neojen ve daha genç birimler

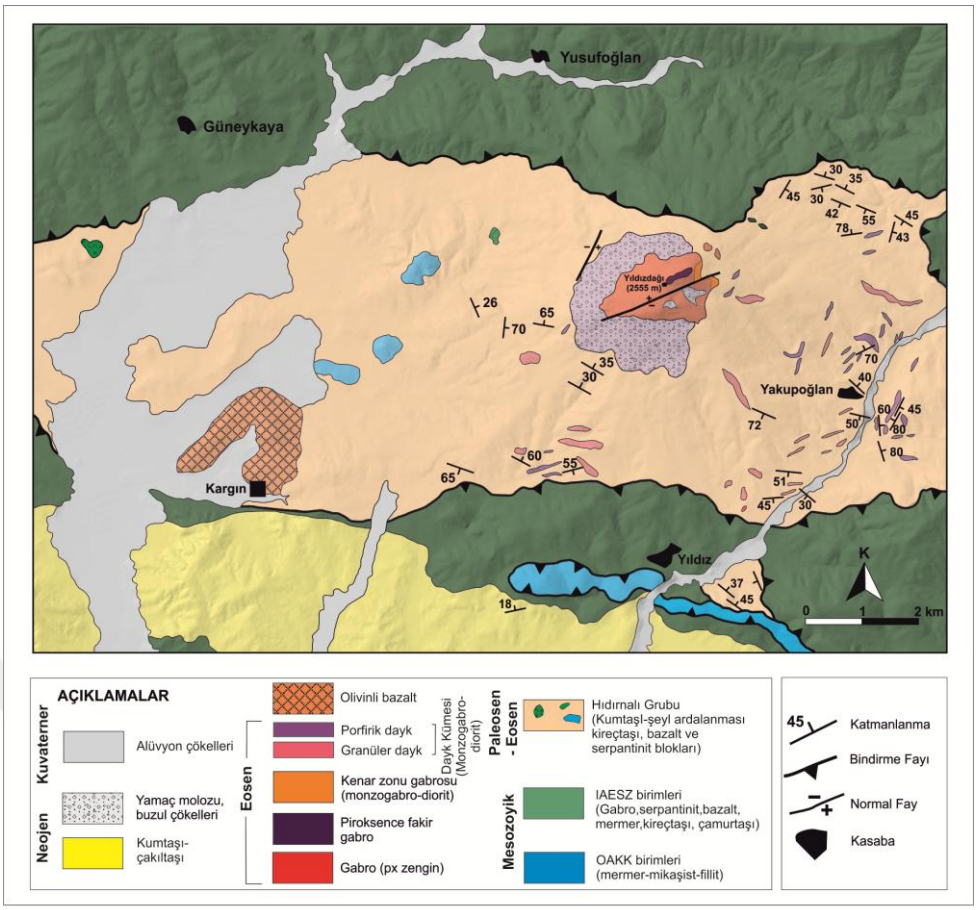
Neojen sedimanter birimleri İncesu Formasyonu ile temsil edilmekte olup, zayıf tutturulmuş kumtaşı ve çakıltaşları ile temsil edilmektedir. Bu birimin üzerine ise Kuvaterner yaşlı alüvyon birimleri gelmektedir. Bu birimler kendiden daha yaşlı bütün birimleri açısal uyumsuzluk ile örtmektedir.

2.1.3 Yıldızdağ bölgesi

Yıldızdağ bölgesi, Almus ve Yıldızeli bölgelerinin arasında yer almaktadır (Şekil 1.1b). Yıldızdağ bölgesinin temeli başlıca IAESZ'nda bulunan yığışım karmaşığı birimlerine ait bloklar (Tekelidağ Karmaşığı; gabro, bazalt, çört, metabazalt, bazalt, serpantinit), Hıdırnalı Grubu kayaları (kumtaşı şeyl, kireçtaşı ve bazalt blokları) ve OAKK'nden (mermer, mikaşist) meydana gelmektedir. Hıdırnalı Grubu birimi önceki çalışmalarda Boztepe Formasyonu (Yılmaz ve Ercan, 1984) ve Yakupoğlan Formasyonu (Boztuğ ve diğ., 1998) olarak tanıtılmıştır. Temel birimlerinden Hıdırnalı Grubu, Eosen yaşlı Yıldızdağ Gabrosu ve çevresinde yer alan dayk kümesi tarafından kesilmiştir. Bütün bu birimler Neojen yaşlı ve daha genç sedimanter birimler tarafından örtülmektedir (Şekil 2.17).

Yıldızdağ bölgesinde yer alan Eosen yaşlı birimler gabro sokulumu ve monzogabroyik-diyoritik dayk kümesinden meydana gelmektedir (Şekil 2.17). Okay (1955); Yılmaz ve Ercan (1984) ve Boztuğ ve diğ. (1998) tarafından incelenen Yıldızdağ gabroik sokulumu Yıldız köyü kuzeyinde yeralır ve Çırçır ovası boyunca izlenen yayvan topoğrafyada koni şekli ile tipiktir (Şekil 2.18a). Yıldızdağ gabrosunun batısında olivinli bazaltik bir lav akıntısı da tespit edilmiştir. Bu lav akıntısının yaşı Eosen veya daha genç olup, bu konuda net bir sınırlandırma getirilememiştir. Monzogabroyik-diyoritik dayklar hem ana gabro kütlesini hem de kumtaşı-şeyl istifini kesmektedir.

Gabroik sokulum KD-GB gidişli bir yönelim sunmakta olup, yaklaşık 2 km^2'lik bir alan kaplamaktadır. Gabroik sokulum ve kestiği diğer birimlerin arasındaki dokanak yamaç molozları, heyelanlar ve moren çökelleri ile örtülmüştür (Şekil 2.18b).

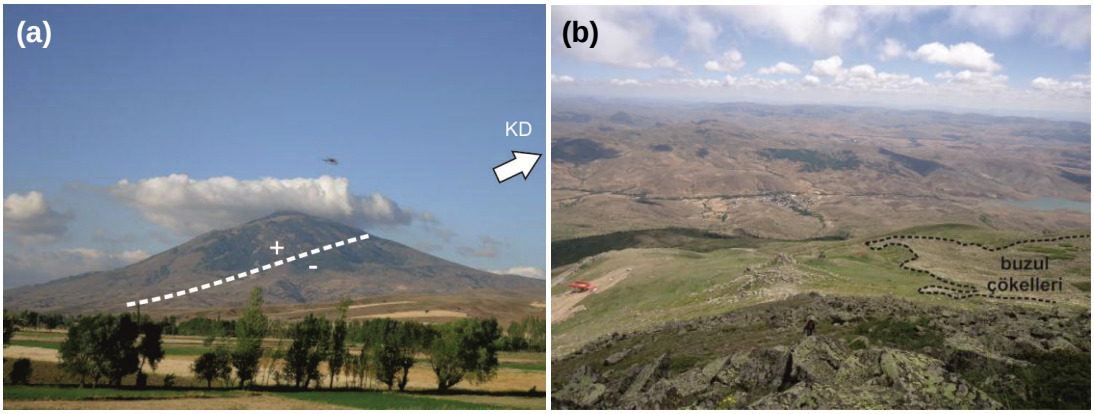


Şekil 2.17 : Yıldızdağ Gabroik sokulumu ve çevre kayalarının genel jeoloji haritası.

Gabroik kütle olasılıkla buzul kökenli aşınmaya bağlı olarak gelişmiş iri bloklar (1 metre-10-15 metre) ile kuşatılmıştır ve eski çalışmalarda bu köksüz bloklar da ana kütleyle beraber haritalanmıştır (Şekil 2.17). Gabroik sokulumun ana kütlesi piroksence zengin mikro-ritmik katmanlanmalar gösteren gabrodan meydana gelmektedir.

Gabroik ana sokulum kütlesi içerisinde farklı litolojiler belirlenmiştir. Bunlardan ilki olivinli gabro olup, iki alt gruba ayrılmaktadır. Olivinli gabro, arazide piroksence zengin ve piroksence fakir gabro olarak ayırtlanmıştır. Piroksence zengin gabro sokulumun ana kütlelesini oluşturmaktadır. Bu kütlede yer alan kayalar el örneğinde kümülat ve ofitik dokular sergilemekte olup başlıca piroksen + olivin + plajioklas + amfibol + biotit + opak minerallerden meydana gelmektedir (Şekil 2.19a). Diğer gabrolar yine benzer doku ve mineralojik özellikler sergilemekle birlikte, piroksen miktarı diğerine nazaran daha azdır (Şekil 2.19b). Piroksence fakir gabroik kayalar yer yer anortozitik seviyeler de içermektedir. Ana sokulumun doğu kesimine doğru

geçişli olarak olivin minerallerinin yerini amfibol alır ve monzogabroik-diyoritik bir litolojiye doğru geçiş gözlenmektedir (Şekil 2.19c).



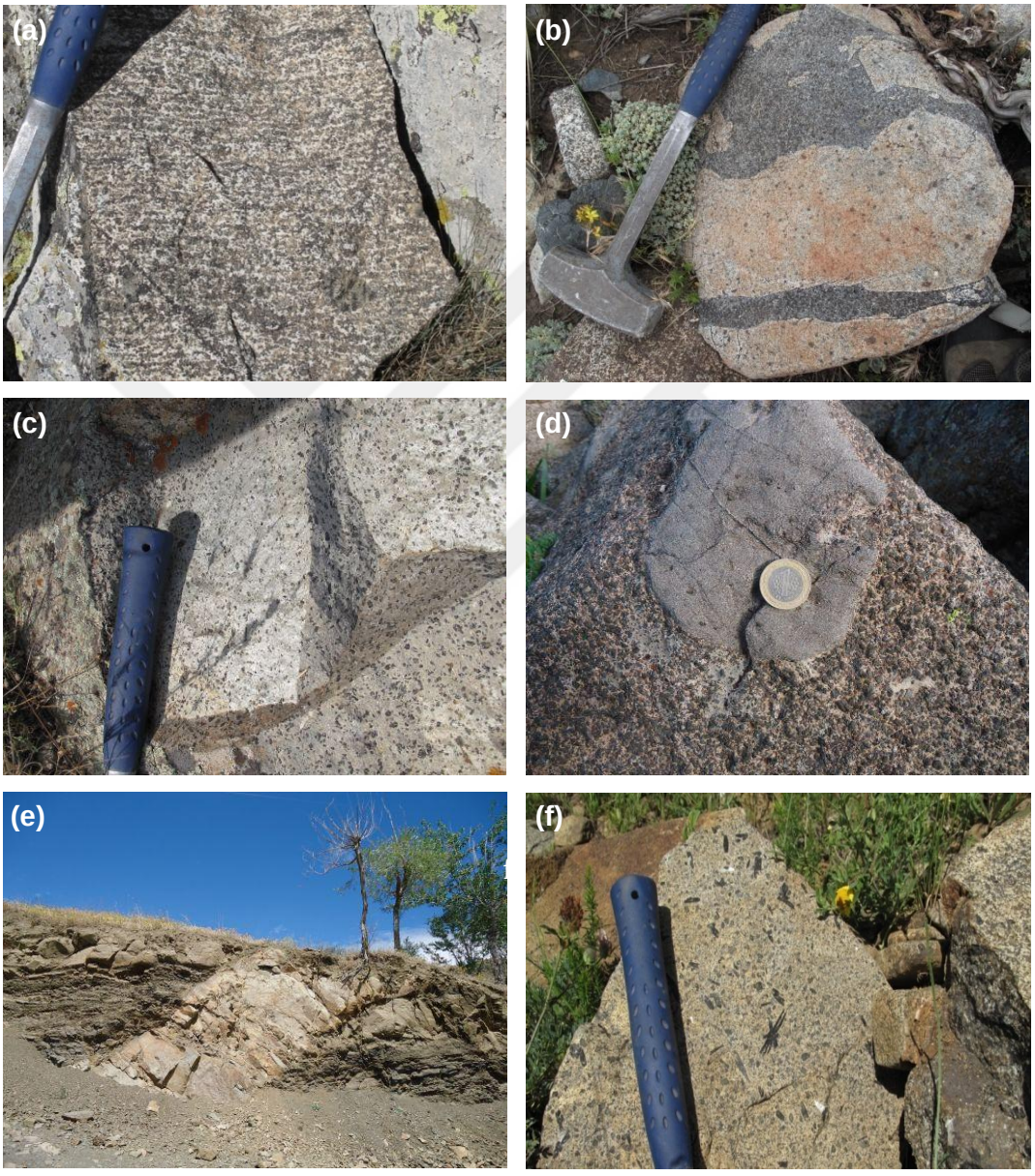
Şekil 2.18 : (a) Yıldızeli bölgesinin genelleştirişmiş stratigrafik kesiti (ölçeksiz) Koni şekilli Yıldızdağ gabrosunun Çırçır Ovasından genel görünümü. **(b)** Yıldızdağ gabroik kütlesinin eteklerinde yer alan buzul çökelleri.

Bu topluluk gabroik sokulum içerisinde en evrimleşmiş kesimi oluşturmaktadır. Gabroik sokulumun içerisinde düzensiz olarak ince taneli troktolit nodülleri de saptanmıştır (Şekil 2.19d). Bu nodüller başlıca olivin, plajioklas ve nadir klinopiroksen minerallerinden meydana gelmekte olup, magma odasının kendi içerisindeki kenar zonlarından koparılıp sokulumun içerisine yerleşmiş olan kümülatlar (otolit) olarak yorumlanmıştır (Irvine ve diğ, 1998). Bu litolojilerin dışında yer yer olivince zengin seviyeler ve pegmatitik gabroik seviyeleri ara katmanları şeklinde izlenmektedir.

Yukarıda tanıtılan litolojilerin tümü birbirleri ile geçişli, girik, ardalanır konumda ve birbirleri içinde anklav şeklinde izlenmektedir (Şekil 2.19b). Genel olarak masif kütlenin soğuması sırasında gelişmiş üç yönlü eklem takımları ve kırık sistemleri sebebiyle ilksel konumu bozulan plütonik kütlede farklı litoloji sınırları kabaca belirlenmiş ancak, magmatik-stratigrafiyi belirlemek mümkün olmamıştır.

Hıdırnalı Grubu'nu ve Yıldızdağ Gabrosu'nu kesen daykların kalınlığı 5-10 cm ile 10 metre arasında değişmektedir (Şekil 2.19e). Dayklar genel olarak K-G, KD-GB ve D-B'ya doğrultulu olup, porfirik ve mikrogranüler dokular göstermektedir. Dayklar kenar zonuna benzer şekilde plajioklas + amfibol + piroksen + opak mineraller içermektedir. Amfibol mineralleri yer yer yıldız şekilli iri kristaller haline gözlenmektedir (Şekil 2.19f).

Yıldızdağ bölgesinde yer alan sokulumun kenar kesiminde ince bir kontak metamorfik zon gelişmiştir. Ana sokulumun etrafında yer alan Hıdırnalı Grubu kayaları (kumtaşı-silttaşı) içerisinde ince ve düzensiz metasomatik damarlar tespit edilmiştir. Bu metasomatik damarlarda da granat, epidot ve serizit mineralleri düzensiz bir şekilde büyümüşlerdir. Bunun yanı sıra dayk kümesinin Hıdırnalı Grubu sedimanter kayalarını kestiği alanlarda kloritli ve epidotlu pişme zonları gelişmiştir.



Şekil 2.19 : (a) Mikroritmik katmanlanma gösteren piroksence zengin gabro. **(b)** Piroksence fakir, anortozitik gabro. **(c)** Monzogabroik-diyoritik gabro (kenar zonu kayaları). **(d)** Gabroik kayalar içerisinde yer alan troktolitik otolit. **(e)** Hıdırnalı Grubu kayalarını kesen monzogabroik-diyoritik dayk (kalınlık 2,5 metre). **(f)** Daykların içerisinde yer alan yıldız şekilli amfibol mineralleri.

Yıldızdağ bölgesinde yer alan ana tektonik unsurlar Hıdırnalı Grubu'nun etrafını çevreleyen bindirme faylarıdır. Bu faylar IAESZ birimlerini, Hıdırnalı Grubu birimlerinin üzerine itmiştir. Bu fayın etkinliği olasılıkla Erken Eosen döneminden sonra gerçekleşmiştir. Bu fayların haricinde yer yer KD-GB gidişli normal faylar da saptanmıştır. Söz konusu faylar Gabroik sokulumun da kesmekte olup, dayk birlikleri ile benzer olarak KD-GB gidişlidir. Bu durum, dayklarının ve sokulumların benzer kırık ve fay sistemlerini kullanarak yüzeye ulaştığını göstermektedir. Normal faylar, olasılıkla bindirme faylarından daha yaşlı olmalıdır.

Yukarıda tanıtılan birimler Neojen daha genç sedimanter birimler tarafından uyumsuz olarak örtülmüştür.

2.2 Volkano Stratigrafi

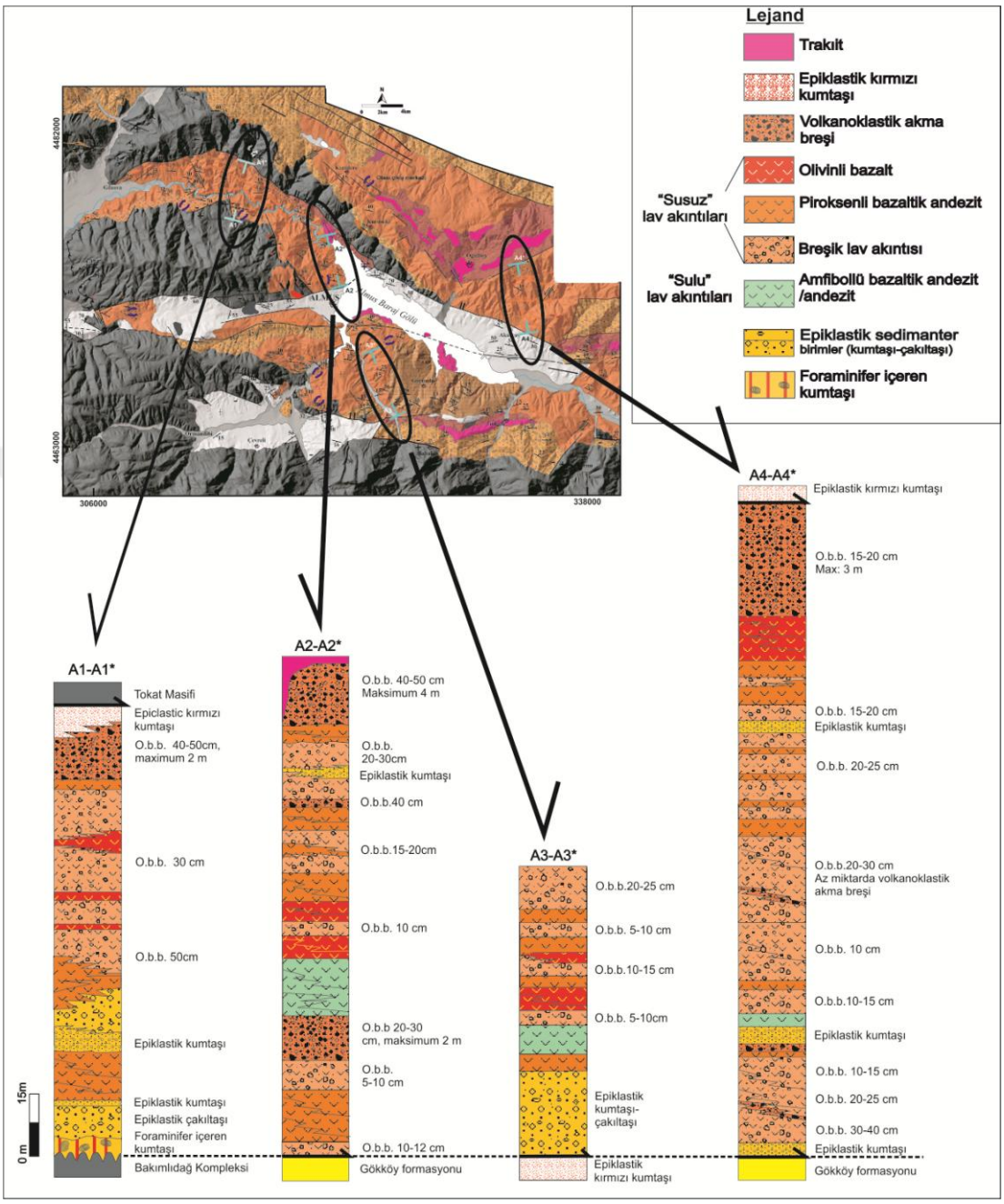
Almus ve Yıldızeli bölgelerinde gelişen volkanizma ve eş zamanlı sedimantasyonun özelliklerini anlamak için her iki bölgeden dörder adet stratigrafik kesit (SK) ölçülmüştür. Söz konusu volkano-stratigrafik kesitler yardımıyla volkanizmanın yanal ve düşey değişiminin anlaşılması hedeflenmektedir.

2.2.1 Almus bölgesi

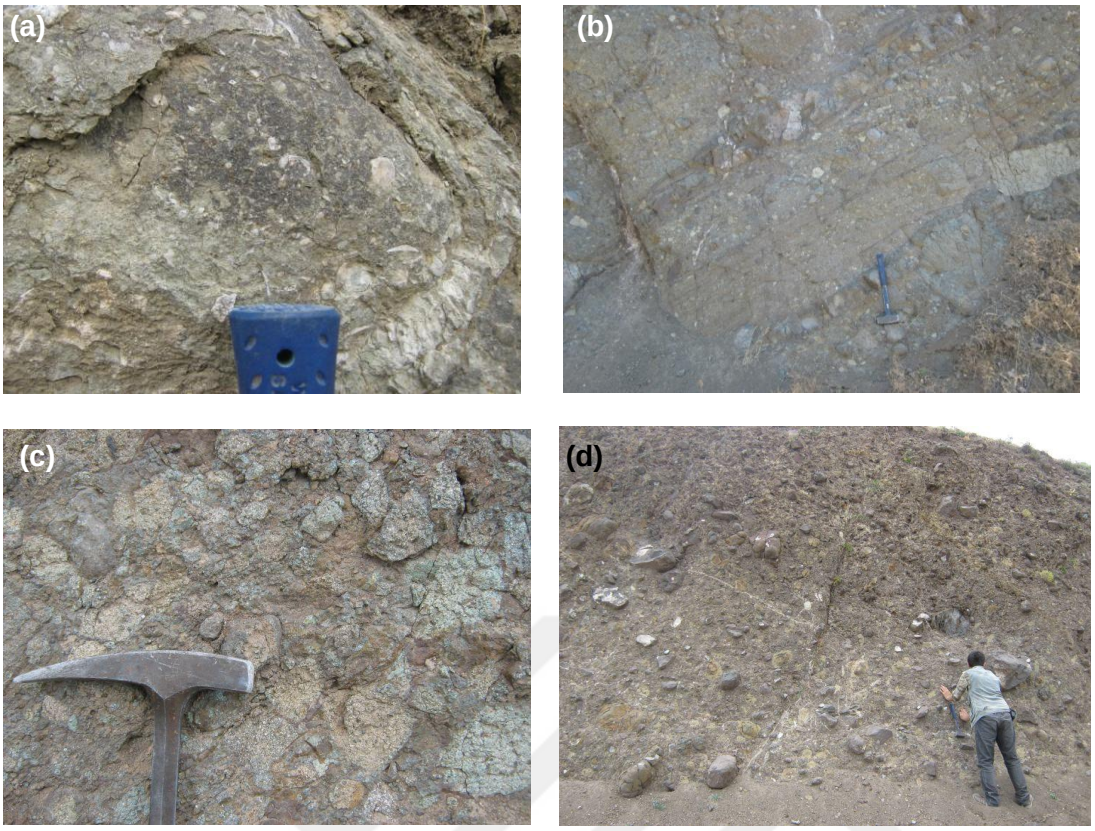
Almus bölgesinden alınan kesitler A1-A1*; A2-A2*; A3-A3*; A4-A4* isimleriyle adlandırılmış olup, bu kesitlerin volkano-stratigrafik gelişimi aşağıda özetlenecektir.

A1-A1* kesiti Kadıvakfı Köyü (37T 316348D - 4476916 K) ve Üçgöl Köyleri (37 T 318324 D - 4479234 K) arasında ölçülmüş olup, yaklaşık 95 metredir (Şekil 2.20). Çalışma alanının batısında tabanda foraminiferli kumtaşları (Şekil 2.21a) ile başlayan istif, değişik boyutlarda bazaltik andezit, andezit blokları içeren breşik lav akıntısı ile devam etmektedir. İstif yer yer sarı epiklastik kumtaşı-çakıltaşı düzeyleri ile ardalanmaktadır (Şekil 2.21b). Breşik lav akıntıları genel olarak porfirik dokulu piroksenli bazaltik andezitik bileşimdedir (Şekil 2.21c) ancak üst seviyelere doğru koyu gri-siyah renkli, cam matriksli piroksen-olivin fenokristalli bazaltik andezit-bazalt bileşimli lav düzeylerine doğru geçmektedir. İstifte izlenen en yaygın litoloji breşik lav akıntılarıdır. İstifin üst düzeyleri ise değişik boylarda, kötü yuvarlanmış, kötü boylanmış lav çakıl ve bloklarından oluşan, kaotik volkanoklastik akma breşleri

ile temsil edilir. İstif orta-kalın katmanlı epiklastik kırmızı kumtaşı ile son bulmaktadır (Şekil 2.21d).

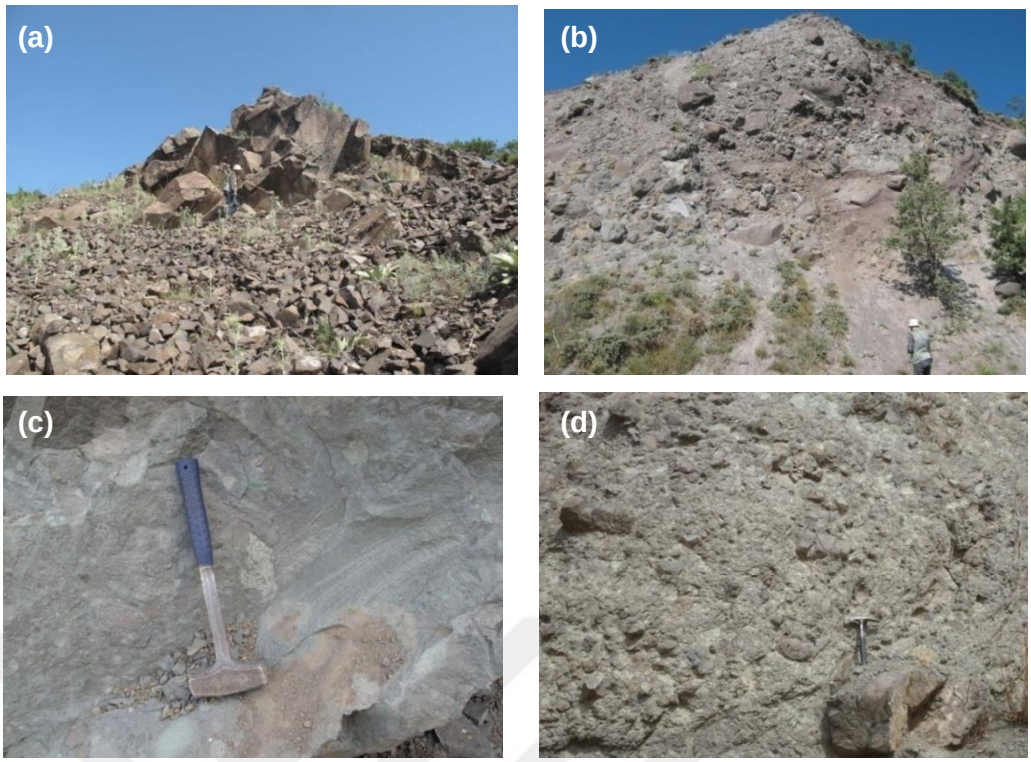


Şekil 2.20 : (a) Almus bölgesinden alınan stratigrafik kesitlerin lokasyonları ve genel volkano-stratigrafik özellikleri (O.b.b: Ortalama Blok Boyutu).



Şekil 2.21 : (a) Bol foraminifer fosilli kumtaşı. **(b)** Breşik lav akıntıları arasında yer alan epiklastik kumtaşı seviyesi. **(c)** Breşik lav akıntısı seviyesi, blok boyları ortalama 20-30 cm civarında ve bazaltik andezitikce zengin, matriks plajioklas ve piroksen minerallerinden oluşmakta. **(d)** Volkanoklastik akma breşi, blok boyları ortalama 30-50 cm aralığında yoğunlaşıyor.

A2-A2* kesiti Almus ilçe merkezi (37T 322622 D- 4472493 K) ile Almus Baraj aksı (37T 321600D – 4475768 K) arasında alınmış olup, toplam kalınlığı 180 metredir (Şekil 2.20). İstif, tabanda breşik lav akıntısı-masif lav akıntısı ile başlamaktadır (Şekil 2.22a). Bu litolojilerin üzerinde yaklaşık 20 m kalınlığında blok boyutları yer yer 2 m'ye ulaşan volkanoklastik akma breşleri gelmektedir (Şekil 2.22b). Kalın masif piroksenli bazaltik andezitik lav akıntısı ile devam eden istif ortalama 7 m kalınlığındaki koyu renkli olivinli bazaltik lavlarla ardalanmaktadır. Üst kesimlere doğru akma breşi-masif lav akıntılarının ardalanması ile devam eden istifte belirgin akma foliasyonları da gözlenmektedir (Şekil 2.22c) İstifin en üst seviyeleri ise blokları köşeli, 1-2 cm den 2-3 m'ye değişen kaotik, yer yer kalın katmanlı volkanoklastik akma breşleri yer almaktadır (Şekil 2.22d). İstif iri sanidin fenokristalli porfirik dokulu trakit akıntıları tarafından kesilmektedir.



Şekil 2.22 : (a) Koyu gri ve yeşil renkli, yer yer sütunsu soğuma çatlakları içeren bazaltik/bazaltik andezitik lav akıntısı. **(b)** Volkanoklastik akma breşi birimi; blokların boyutları ortalama 15-30cm aralığında, köşeli-yarı yuvarlaklaşmış bazaltik andezitlerden oluşuyor. **(c)** Akma foliasyonu gösteren lav akıntısı **(d)** Kaotik değişik tane boyutlarında bloklar içeren volkanoklastik breşik lav akıntısı.

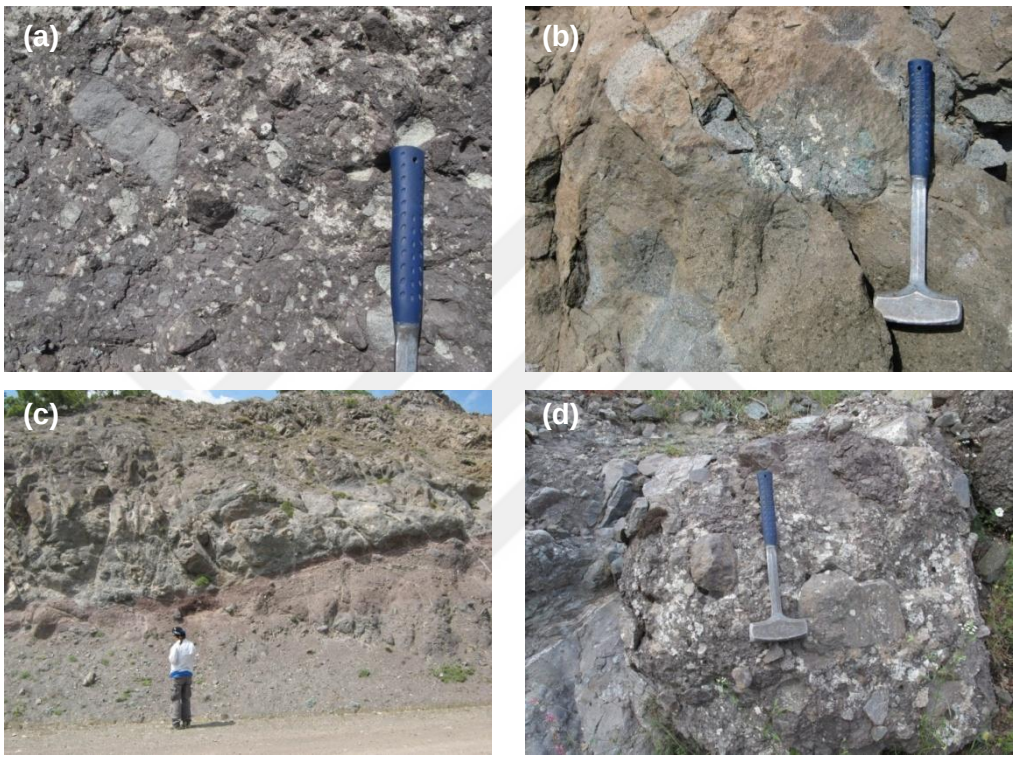
A3-A3* kesiti Babaköyü Köyü'nün kuzeybatısından (37T 326700D – 4464850 K) Almus Baraj Gölü'ne doğru (37T 325450 D – 4467670 K) doğru ölçülmüş olup, yaklaşık 100 metre kalınlığındadır. Kesit, kalın bir epiklastik çakıltaşı birimi ile başlamaktadır (Şekil 2.20 ve 2.23a). Birim tabandan tavana doğru lav akıntısı ve bu akıntıların arasında bulunan breşik lav akıntısından meydana gelmektedir. Breşik lav akıntısı hafif olarak altere olmuş klinopiroksen hornblendit ksenolitleri içermektedir (Şekil 2.23b). Ksenolitlerin boyutları değişken olup bir kaç cm'den 20-30 cm'ye kadar değişmektedir. Lav akıntısı ve breşik lav akıntılarının kalınlıkları en fazla 10 metre kalınlığa ulaşmaktadır. İstifin tavanına doğru olivinli bazaltik lav akıntıları ve breşik lav akıntıları birbirleri ile ardalanır hale gelmiştir (Şekil 2.23c).



Şekil 2.23 : (a) Metamorfik çakıllarca baskın, blok boyutları 2-3 cm ile 30-35 cm arasında değişen çakıltaşı. **(b)** Blokları minimum 1-2, maksimum 15cm olan piroksen+plajioklas+olivin? fenokristalli içeren bazik bloklar, blokların içinde 6-7cm'lik ksenolitler bulunuyor. **(c)** Blok boyutları minimum 2-3cm, ortalama 10-15cm arasında değişen breşik lav akıntısı ile piroksen ± olivin içeren lav akıntısının ondüleli ardalanması.

A4-A4* kesiti Akarçay köyü'nün doğusundan (37 T 333800 D - 4470400 K), Oğulbey Köyü'nün doğusuna (37T 334000 - 4473850) doğru ölçülmüş olup, kalınlığı 230-250 metre arasındadır. (Şekil 2.20). İstifin alt ve üst sınırları yanal atımlı faylarla kesilmiştir. İstif tabanında, epiklastik kayalar ile başlamaktadır. İstifin tabanından orta kesimine kadar yaygın olarak breşik lav akıntılarından meydana gelmektedir. (Şekil 2.20; 2.24a). Breşik lav akıntısının arasında ondüleli akma seviyeleri içeren akma breşleri, lav akıntıları ve epiklastik kumtaşları yer almaktadır.

Breşik lav akıntıları orta kesimine doğru iri piroksenler içeren lav blokları barındırmaktadır (Şekil 2.24b). Lav akıntıları genel olarak piroksenli bazaltik andezitk ve andezitten meydana gelmektedir. İstifin orta-üst kesimlerine doğru sulu lav akıntıları kaybolarak, lavlar tamamen piroksenli lav akıntıları ve olivinli lav akıntılarına doğru değişmektedir. Orta-üst kesimlerde yer alan lav akıntıları genelde breşk lav akıntıları ile ardalanmaktadır (Şekil 2.24c). İstifin tavanında kalın volkanoklastik akma breşleri yer almaktadır. (Şekil 2.24d).



Şekil 2.24 : (a) A4-A4* kesitinin taban ve orta kesimlerinde yer alan breşik lav akıntıları. **(b)** Breşik lav akıntıları içerisinde yer alan iri piroksenli lav blokları. **(c)** Piroksenli lav akıntıları ile breşik lav akıntısı ardalanmasını genel görünümü. **(d)** İstifin en üst kesiminde yer alan volkanoklastik akma breşi içerisinde yer alan köşeli bloklar.

Almus bölgesinde yapılan kesitlerden yalnızca A1-A1* kesitinde ilksel taban dokanağı gözlenmektedir. Genel olarak bütün stratigrafik kesitler benzer bir gelişim göstermekte olup, kesitlerin büyük bir kısmı breşik lav akıntısı ve lav akıntılarından meydana gelmektedir. Sedimanter birimler ve volkanoklastik akma breşleri daha az oranda bulunmaktadır. Nadir olarak gözlenen foraminifer içeren (*nummulites*, sp, Ercan Özcan, 2015, sözlü görüşme) kumtaşları, sadece A1-A1* kesitinin en alt kesiminde yer almakta ve sığ denizel ortamı temsil etmektedir.

Genel olarak kesitlerin en alt ve orta kesimlerinde amfibollü bazaltik ve andezitik lav akıntıları, üst kısımına doğru ise piroksenli bazaltik andezit ve olivinli bazaltlar yer almaktadır (Şekil 2.20).

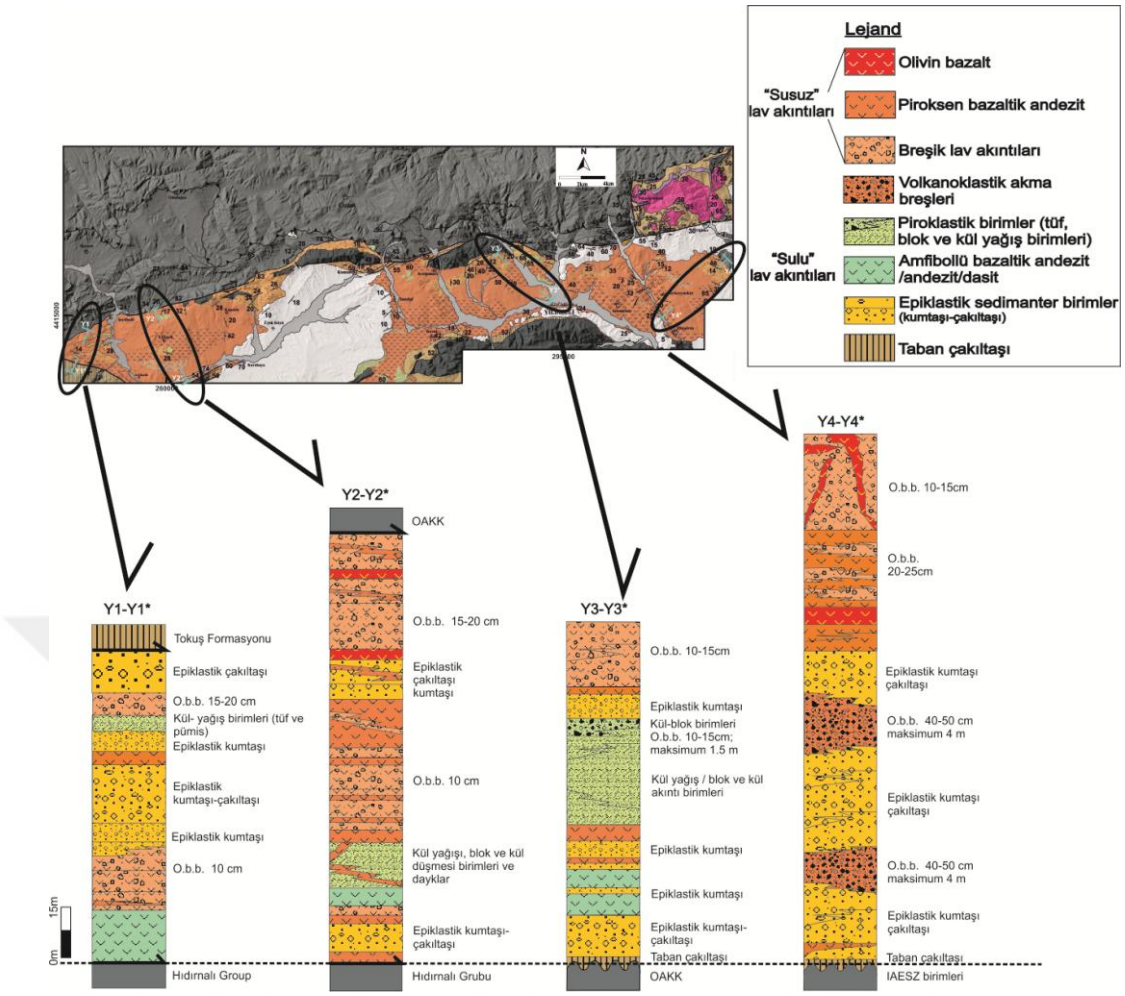
Stratigrafik kesitlerin bir diğer önemli özelliği ise istiflerin en üst kesiminde yer alan volkanoklastik akma breşlerinin varlığıdır. Volkanoklastik akma breşleri coğrafik olarak Almus Baraj Gölü'nün kuzey kesiminde yaygındır. Bunun yanı sıra epiklastik kırmızı kumtaşları da A1-A1* kesitinin en üst kısımında yer almakta olup, volkanizmanın en son aşamalarında çökelim ortamının karasala dönüştüğüne işaret etmektedir. Bölgedeki volkanizmanın en genç ve son ürününü oluşturan trakitler A2-A2* kesitinde görülmektedir.

Bölgede volkanizmanın çıkış merkezi olabilecek alanlar Şekil 2.20'de gösterilmiştir. Bu bölgeler genel olarak iri bloklu malzemelerin yaygın olarak izlendiği volkanoklastik akma breşlerinin izlendiği alanlardır.

2.2.2 Yıldızeli bölgesi

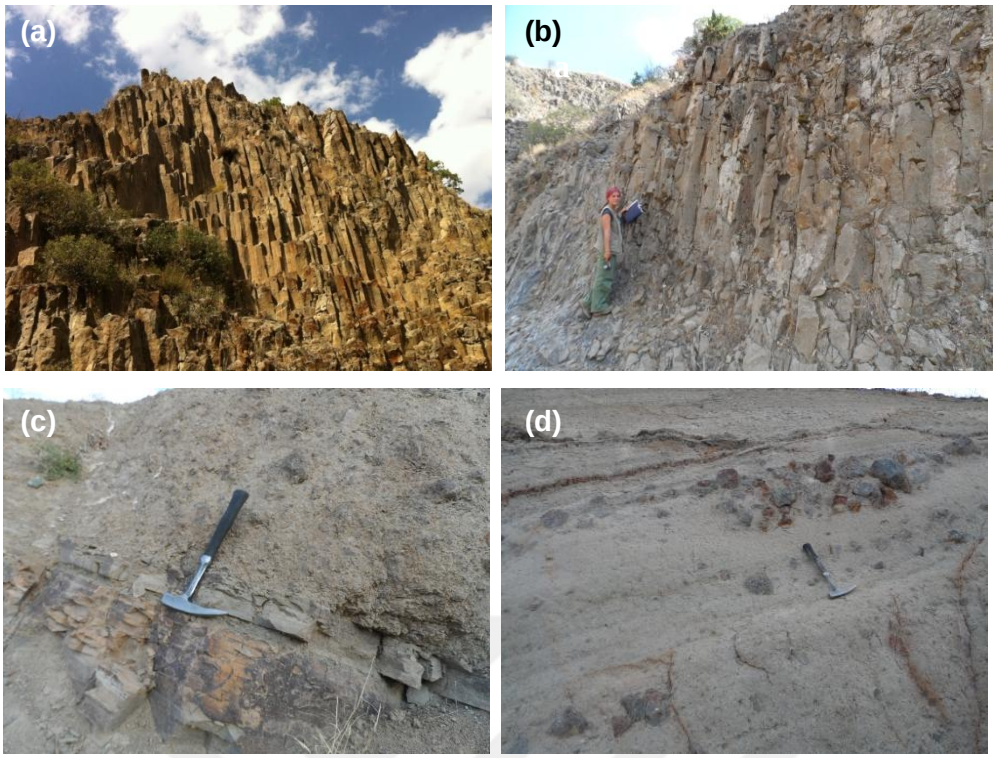
Yıldızeli bölgesinin doğusundan batı kesimine doğru alınan stratigrafik kesitler Y1-Y1*; Y2-Y2*; Y3-Y3*; Y4-Y4* isimleriyle adlandırılmış olup (Şekil 2.25) aşağıda bu kesitlerin genel özelliklerinden bahsedilecektir.

Y1-Y1* kesiti Şeyhhhalil Köyü'nün batısından ölçülmüş olup (37 S 253350D - 4412750 K ve 2515191D - 4411200 K) yaklaşık 70-80m kalınlığındadır (Şekil 2.25). İstif, tabanında sütunsu yapılı piroksen+amfibollü andezitik lavlara başlamaktadır (Şekil 2.26a). Andezitik lavlar belirgin beşgen ve altıgen sütunsu çatlaklı yapılar sergilemektedir (Şekil 2.26b). Bu seviyenin üzerine breşik lav akıntıları gelmektedir. İstifin orta kesimlerine doğru volkanizma zayıflayarak yerini, epiklastik çökel kayalara bırakmaktadır. Bu kesimde, epiklastik kumtaşları, breşik lav akıntısı ve epiklastik çakıltaşları ile ardalanmaktadır (Şekil 2.26c).

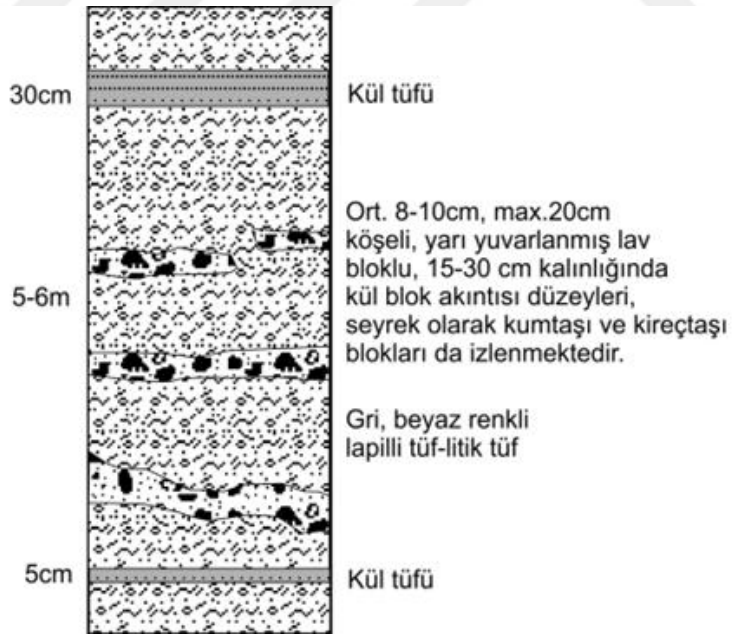


Şekil 2.25 : Yıldızeli bölgesinden alınan stratigrafik kesitlerin lokasyonları ve genel stratigrafik özellikleri (O.b.b: Ortalama blok boyutu).

İstifin en üst kesimlerine doğru piroklastik birimler ortaya çıkmaktadır. Piroklastik birimler, lapilli tüf, kül blok akıntıları ve kül tüflerinden oluşmaktadır. İstifte en yaygın olarak izlenen birim bol miktarda lapilli içeren, litik tane miktarının değiştiği lapilli tüf-litik tüflerdir. Bu birimler 15-30 cm kalınlığındaki seviyeler şeklinde kül blok akıntıları ile ardalanmaktadır (Şekil 2.26d). Bunların yanı sıra isitifin alt ve üst seviyelerinde kalınlıkları 5-30 cm arasında değişen beyaz kül tüfü düzeyleri de ayrılmaktadır (Şekil 2.27). İstifin en üst kesimini bazaltik andezit bloklarından oluşan (ort.3-4 cm, max 15 cm) breşik lav akıntısı oluşturmaktadır.

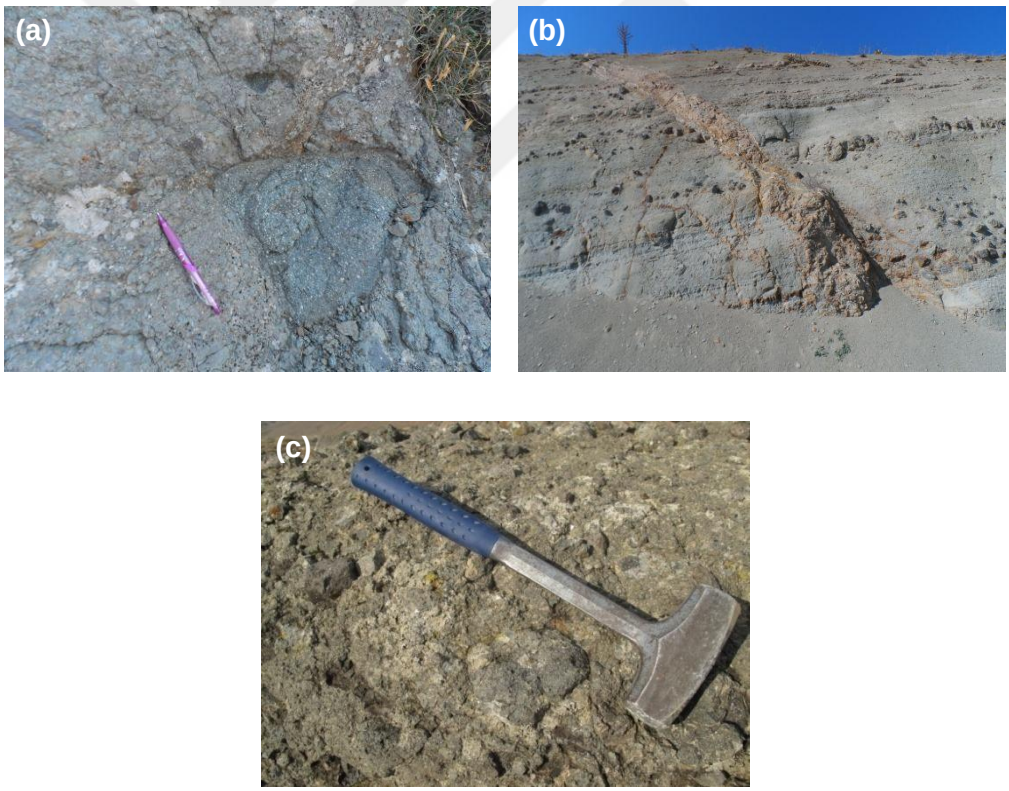


Şekil 2.26 : Sütunsu andezitik lav akıntılarının genel görünümü. **(b)** Sütünsu lav akıntılarında gözlenen çatlak ve eklem takımları. **(c)** Epiklastik kumtaşı-silttaşı istifi-ile epiklastik çakıltaşı istifi ardalanması. **(d)** Kül tüfü, litik tüf ve kül blok akıntısından meydana gelen piroklastik akıntı birimi.



Şekil 2.27 : Yıldızeli Y1-Y1* kesitinde yer alan piroklastik seviyenin detaylı stratigrafik kesiti.

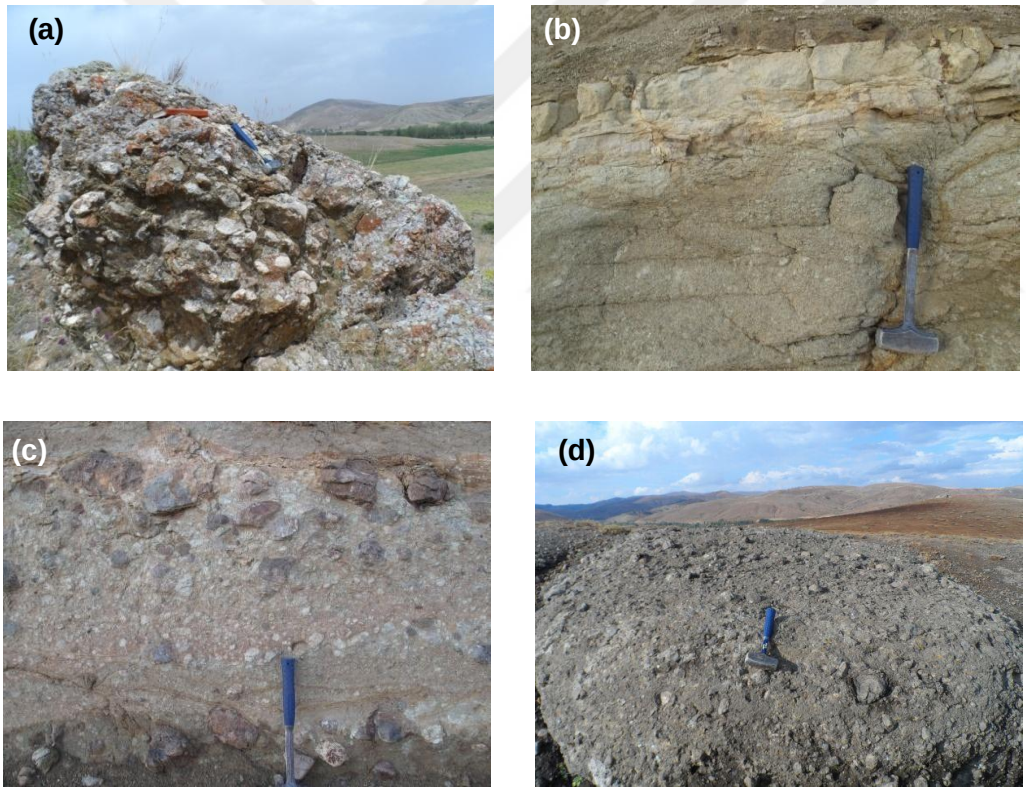
YY2-Y2* kesiti Yukarıekecik Köyü'nün kuzeyinden (37S 258800 D - 4414900 K) güneyine (37S 261700 D - 4408630 K) kesit yaklaşık olarak 110 metre kalınlıkta olup, tabanında masif lav akıntısı ile başlamaktadır (Şekil 2.25). İstifin alt kesimi epiklastik kayalar, amfibollü lav akıntıları ve piroklastik kayalardan oluşmatktadır. Bu kesimdeki breşik lavlarda genel olarak piroksenli ve amfibollü lav blokları yer almaktadır (Şekil 2.28a). Alt-orta kesimlerde yer alan piroklastik kayalar tüf, kül tüfü ve bazaltik andezitik blok ardalanmasından meydana gelmekte olup, olasılıkla ortaç bileşimli, aşırı altere ve kalınlığı 50 cm civarında olan bir dayk tarafından kesilmektedir (Şekil 2.28b). Bu seviyenin üzerine baskın olarak breşik lav akıntısı ve epiklastik düzeylerin hakim olduğu seviyeler yer almaktadır. İstifin üst kesimine doğru yer yer olivinli bazaltlar ve piroksenli bazaltik andezitler içeren ince lav seviyeleri de bulunmaktadır. İstifin tavanına doğru breşik lav ardalanması baskın hale gelerek istif sonlanmaktadır (Şekil 2.25 ve 2.28c).



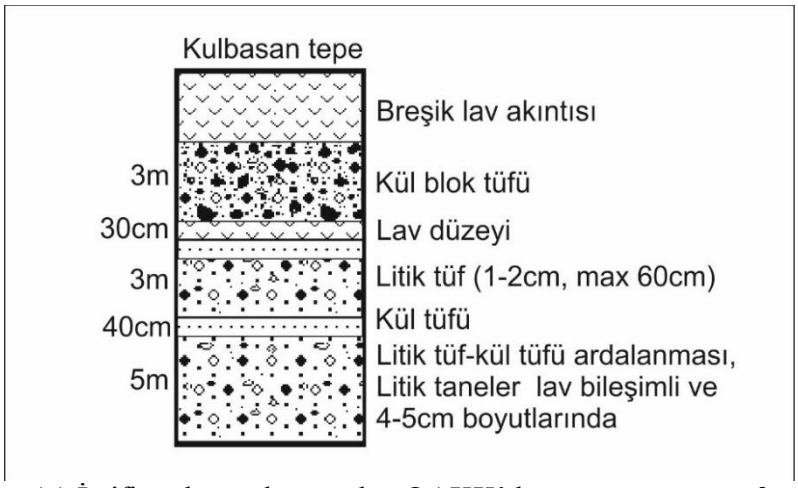
Şekil 2.28 : (a) Breşik lav akıntıları içerisinde yer alan andezitik lav bloğu. **(b)** Piroklastik istifi kesen ortaç? dayk. Daykın kalınlığı 50 cm civarında. **(c)** İstifin üst kesimlerde yer alan breşik lav akıntısının genel görünümü.

Y3-Y3* kesiti, Yıldızeli ilçe merkezinin kuzeyinde yer almaktadır (37S 290000 D - 4419780 K ile 37S 293500 D - 4416680 K arasında). İstifin toplam kalınlığı yaklaşık

70 metre civarındadır (Şekil 2.25). İstif epiklastik çökeller ile başlamaktadır, çökeller tabanda mermer, lav, kumtaşı-şeyl çakıllarından oluşan çakıltaşları ile temsil edilirken üste doğru gri-yeşil renkli kumtaşlarına geçmektedir (Şekil 2.29a). Ancak çökel dizi üst seviyelerinde yine iyi-orta boylanmalı, ortalama 3-4 cm maksimum. 20 cm boyutlu çakıllardan oluşan çakıltaşına geçmektedir. Çökel istif; masif lav akıntısı ve daha az oranda breşik lav akıntısı ara seviyeleri içermektedir. Lav akıntıları genel olarak bol amfibol fenokristalleri içeren bazaltik andezit ve andezit bileşimlidir. İstifin orta kesimlerinde Kulbasan tepe çevresinde yaklaşık yataya yakın tabakalanma sergileyen piroklastik birimler yer almaktadır (Şekil 2.29b). Genel olarak litik tüf, lapilli tüf ve kül blok akıntıları ile temsil edilen piroklastik istif (2.29c) 10-12 m kalınlığındadır (Şekil 2.30). İstif piroklastik çökellerin üzerine ince lav seviyeleri içeren breşik lav akıntısı birimi ile sonlanmaktadır (Şekil 2.29d).



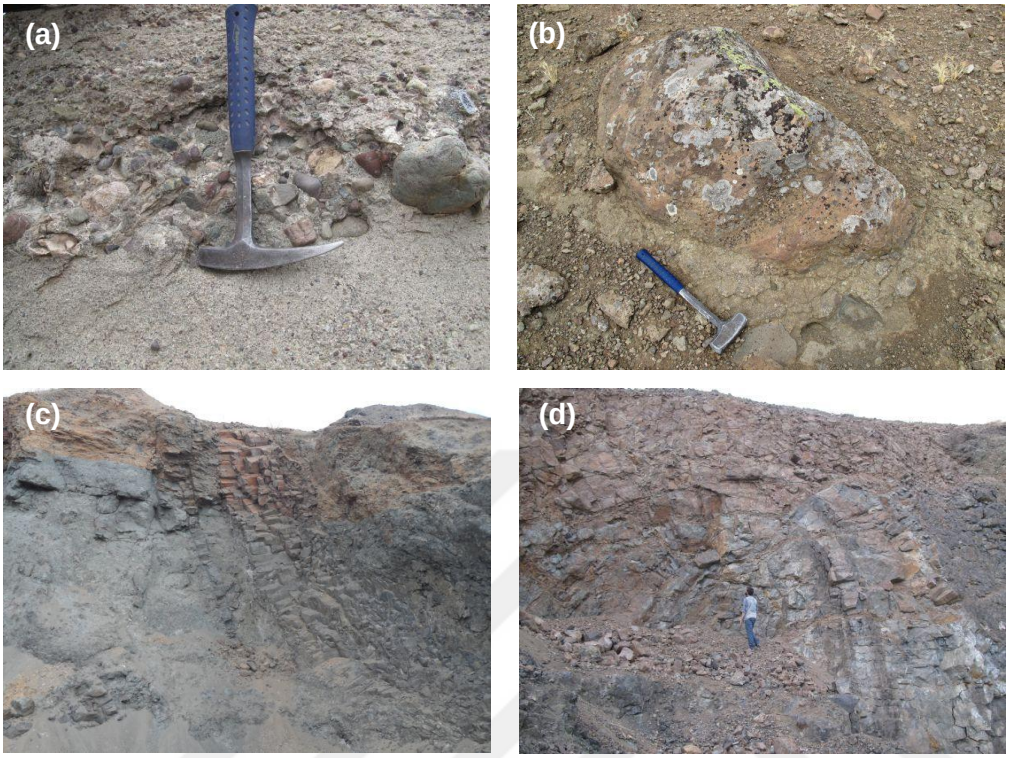
Şekil 2.29 : (a) İstifin tabanında yer alan OAKK'den türeme mermerlerce zengin taban çakıltaşı. **(b)** İstifin orta kesimklerinde yer alan piroklastik kesimde yer alan Lapilli tüf-kül tüfü ardalanması. **(c)** Piroklastik kesimin üst kısmında yer alan kül-blok akıntısının genel görünümü. Bloklar bazalt/bazaltik andezit bileşimininde ve ve bol oranda amigdal içermekte. **(d)** İstifin üst kesiminde yer alan breşik lav akıntısının genel görünümü.



Şekil 2.30 : (a) İstifin tabanında yer alan OAKK'den türeme mermerlerce zengin taban çakıltaşı. **(b)** İstifin orta kesimklerinde yer alan piroklastik kesimde yer alan Lapilli tüf-kül tüfü ardalanması. **(c)** Piroklastik kesimin üst kısmında yer alan kül-blok akıntısının genel görünümü. Bloklar bazalt/bazaltik andezit bileşimininde ve ve bol oranda amigdal içermekte. **(d)** İstifin üst kesiminde yer alan breşik lav akıntısının genel görünümü.

Y4-Y4* hattından alınan kesit arazinin en doğu kesiminde yer almakta olup, 37S 309060 D - 4419450 K ve 37S 302700 D - 4415000 K arasında ölçülmüştür. Yiğitler Köyü güneyinden, Danören Köyüne uzanan hat boyunca hazırlanmıştır. Yaklaşık 110-120 kalınlığında olan kesit, IAESZ kayalarından türeme taban çakıltaşı ile başlamaktadır (Şekil 2.31a). İstifin yaklaşık yarısını epiklastik çökeller oluşturmaktadır (Şekil 2.25) ve iki farklı düzeyde yanal düşey geçişli olarak volkanoklastik akma çökelleri ile ardalanmaktadır. Epiklastik çökeller genel olarak kaba kumtaşı, çakıltaşı ardalanmasından oluşmaktadır. Çakıllar kumtaşı ve lav bileşimli olup köşeli, kötü yuvarlanmış, boyutları ortalama 3-7 cm.dir ve matriks kırıntılı, bol miktarda plajiyoklas ve piroksen minerallerinden oluşmaktadır. Volkanoklastik akma çökelleri iri (max. 2-3m) köşeli, yarı yuvarlanmış lav blokları içermektedir (Şekil 2.31b). Bazaltik andezit, andezitik masif lav akıntıları ile devam eden istif üst seviyelere doğru değişik kalınlıklarda breşik lav akıntıları ile ardalanmakta ve breşik lav akıntısı ile devam etmektedir. Breşik lav akıntısı; min. 2-3, ort.10-20 cm köşeli lav bloklarından piroksen ve plajiyoklas minerallerinin bol olduğu bir matriksden oluşmaktadır. Genel olarak porfirik dokulu piroksenli bazaltik andezit-andezit ile temsil edilen masif lav akıntıları yer yer piroksen, iddingsitleşmiş olivin fenokristallinin yaygın olduğu bazaltik bileşimlidir. Bazaltik lavlar istifin üst kesimlerinde değişik kalınlıklarda dayklar ve 2-3m'lik sütunsu soğuma çatlaklı ve

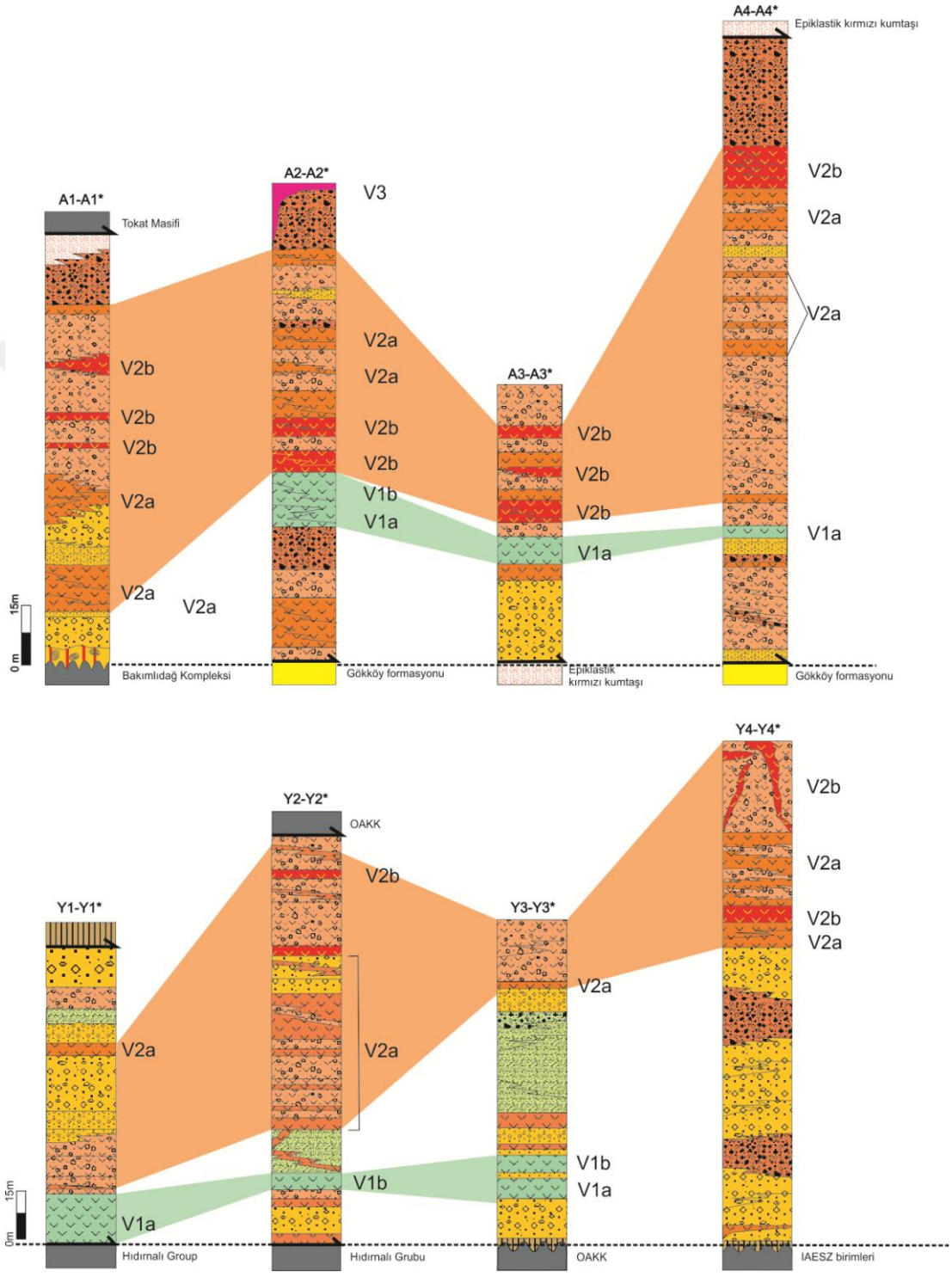
masif lav düzeyleri şeklinde izlenmektedir (Şekil 2.31c). Bu bölgede bulunan bazaltik dayklarının bazı alanlarda kestiği breşik birimin üzerine uyumlu bir şekilde aktığı da gözlenmiştir (Şekil 2.31d).



Şekil 2.31 : (a) İstifin tabanında yer alan IAESZ biriminden türeme çakıllar içeren taban çakıltaşı. **(b)** Volkanoklastik akma breşi birimi içerisinde gözlenen iri lav blokları, bloklar bazaltik andezitik-andezit bileşimli, çapları maksimum 2-3 metre boyutlarında. **(c)** Breşik lav akıntısı birimini kesen sutunsü yapılı olivinli bazalt daykları. **(d)** Breşik lav akıntısını kesen olivinli bazalt dayklarının kıvrılarak yataya yakın akma pozisyonu aldığı kesimler.

Yıldızeli bölgesinden elde edilen ölçülü stratigrafik kesitler sonucunda, bu bölgede de Almus bölgesine benzer şekilde alt-orta kesimlerde amfibollü bazaltik andezit ve andezitik lavların yer aldığı, orta-üst kesimlere doğru ise piroksenli bazaltik andezit ve olivinli lavların baskın hale geldiği gözlenmektedir. Bunun dışında Almus bölgesinden farklı olarak Yıldızeli bölgesinde istiflerin orta kesimlerinde sıklıkla piroklastik birimlerinde var olduğu gözlenmiştir. Bu durum bölgede Almus'un aksine patlamalı bir volkanik evrenin de gerçekleştiğini göstermektedir. Buna karşın bu bölgede olası çıkış merkezlerinin lokasyonu hakkında net bir veri saptanamamıştır. Bu durumun nedeni bölgede yer alan KD-GB uzanımlı fay sistemi ve olasılıkla Eosen sonrası gelişen bindirme sisteminin ilksel ilişkileri bozmasıdır.

Genel jeolojik ve volkano-stratigrafik çalışmalar sonucunda Almus ve Yıldızeli bölgelerinde de üç farklı evrede volkanizmanın geliştiği saptanmıştır. Şekil 2.32'de stratigrafik kesitlerle korele edilmiş olan lav serileri genel mineralojik özelliklerine göre korele edilmiştir.



Şekil 2.32 : Almus ve Yıldızeli bölgelerinde yer alan lav serilerinin litolojik özelliklerine göre korelasyonu.

İlk evre kayaları alt kesimlerde sulu lavlar içermekte olup bu grup V1 lavları olarak isimlendirilmiştir. Sulu lavlar amfibol ve biotit minerallerinin varlığı ile tanımlanmış olup, amfibollü bazaltik andezitler (V1a) ve andezit ve dasitler (V1b) olarak iki alt grup altına ayrılmıştır. Susuz lavlar ise mafik fenokrist olarak sadece piroksen ve olivin içermekte olup, piroksenli bazaltik andeziler (V2a) ve olivinli bazaltlar (V2b) alt grupları altında incelenecektir.

Bu volkanik serinin üstünde her iki bölgede de geç evre ürünleri olarak gelişen trakitik dayk, stok ve tıkaçları yer almaktadır (V3). Trakitik stoklar Almus bölgesinde genel olarak fenokrist bakımından fakir iken, Yıldızeli bölgesinde fenokrist miktarı daha yüksektir. Aşağıdaki bölümde magmatik kaya gruplarının petrografik özellikleri irdelenecektir.

2.3 Petrografi

Bu bölümde Almus ve Yıldızeli Grubu ile Yıldızdağ bölgesinde yeralan tüm magmatik kayalar üzerinde yapılmış olan petrografik incelemeler tanıtılacaktır. Petrografik incelemeler sırasında örneklerdeki minerallerin modal bolluklarına göre sınıflama yapılmış, volkanik kayalarda 0.3 mm'den (300 mikron) büyük mineraller fenokrist; 0.1-0.3 mm arası olan mineraller mikrofenokrist ve 0.1 mm'den küçük mineraller mikrolit olarak değerlendirilmiştir. Lav örneklerinde mikrolit ve hamur matriks adı altında incelenmiştir. Almus ve Yıldızeli bölgesinde yer alan lav örnekleri benzer litolojik ve stratigrafik özelliklere sahip olduğu için V1, V2 ve V3 grup lavları bir arada tanıtılacaktır. Lav serilerinde incelenen ince kesit örneklerinin modal bolluk oranları Çizelge 2.1'de verilmiştir. Yıldızdağ bölgesinden alınan plütonik örnekler ikinci bölümde anlatılacaktır.

2.3.1 Lav grupları

2.3.1.1 Sulu lav serileri (V1)

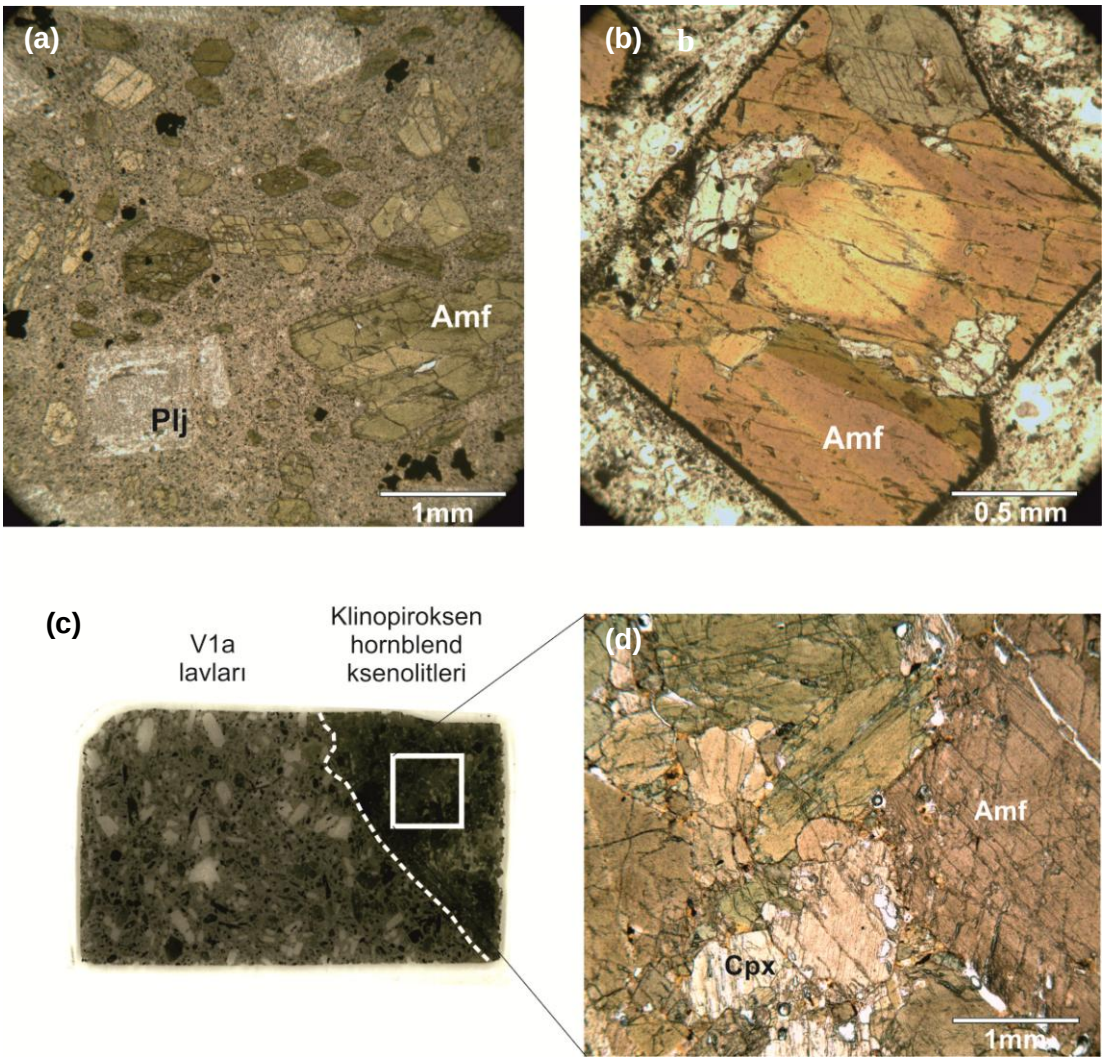
Sulu lav serileri (V1) Almus ve Yıldızeli volkanizmasının ilk ürünlerini oluşturmakta olup, bu seriler amfibollü bazaltik andezit (V1a) ve andezit-dasit (V1b) alt başlıkları altında incelenecektir.

Amfibollü bazaltik andezit (V1a)

Amfibollü bazaltik andezitler (V1a) başlıca plajioklas, amfibol, klinopiroksen fenokristalleri, opak mineraller, ikincil mineraller (kalsit-serizit) ve matriksten meydana gelmektedir. Bu grupta yer alan lavlar kriptoristalen, intersertal, pilotaksitik, glomeroporfirik dokular sergilemektedir. Glomeroporfirik yığınlar 5-6 mm boyutunda olup klinopiroksen, plajioklas ve opak minerallerden oluşmaktadır.

Plajioklas fenokristalleri genel olarak basit polisentetik ikizli ve yarı özşekillidir. Tane sınırları hamur ile reaksiyon halinde olup, tane boyları 0,5-1 mm arasında değişmektedir. Yamalı zonlanma ve salınımlı zonlanma dokuları yaygındır. Merkezlerinde kalsit-serizit dönüşüm mineralleri gelişmiş, bazı alanlarda ise plajioklaslar hamur tarafından tümüyle absorbe edilmiştir (Şekil 2.33a). Amfibol fenokristalleri özşekilli, zonlu olup (Şekil 2.33a ve 2.33b) yeşil veya kahverengi pleokrizma göstermektedir. Amfibollerin tane sınırlarında genel olarak opak hareler bulunmaktadır (Şekil 2.33a ve 2.33b). Tane boyları 1-2 mm aralığında değişen amfibollerin içlerinde klinopiroksen ve opak mineral kapanımları da yer almaktadır. Klinopiroksen fenokristalleri belirgin çift yönde dilinimli, zonlu ve özşekilli yapıdadır. Tane boyları maksimum 6-7 mm, ortalama 2-3 mm civarındadır. Klinopiroksenler opak mineral ve plajioklas kapanımları içermektedir. Opak mineraller özşekilsiz ve mineraller çevresinde saçılmış halde veya matriksde bağımsız taneler olarak yer almaktadır.

V1a lavları nadir olarak klinopiroksen-hornblendit türünde ksenolitler içermektedir (Şekil 2.33c). Ksenolitler başlıca klinopiroksen, hornblend ve opak minerallerden oluşmaktadır, genel olarak holokristalen, kümülat dokulu olup, ana lav ile sınırları keskindir (Şekil 2.33c ve 2.33d).



Şekil 2.33 : (a) Hamur tarafından absorbe olmuş plajioklas mineralleri ve özşekilli hornblend mineralleri. **(b)** Zonlu amfibol mineralleri. **(c)** V1a lavları içerisinde yer alan klinopiroksen-hornblendit ksenolitinin genel görünümü. **(d)** Ksenolit içerisinde yer alan klinopiroksen ve amfibol mineralleri (Plj: plajioklas; Amf: amfibol; Opk: opak mineral; Cpx: klinopiroksen).

Andezitik ve dasitik lavlar (V1b)

Andezitik ve nadir olarak dasitik lavlardan oluşan V1b serisi başlıca plajioklas + biotit ± amfibol ± klinopiroksen ± kuvars ± biyotit + opak mineral ve hamurdan meydana gelmektedir. Lavlar genel olarak porfirik, mikrolitik, intersertal ve glomeroporfirik dokular sergilemektedir (Şekil 2.34a). Hamur genel olarak cam ve plajioklas mikrolitlerinden oluşmaktadır. Glomerofirik yığınlar 3-4 mm boyutunda olup özellikle piroksen ve plajioklas fenokristallerinden meydana gelmektedir.

Plajioklaslar fenokristal (2-3 mm) veya hamurda mikrolitler halinde bulunmaktadır. Fenokristaller yarı özşekilli-özşekilli olup boyutları 0,5 mm- 5 mm arasında

değişmektedir. Polisentetik ikizlenme ve salınımlı zonlanma sıklıkla gözlenmektedir. Nadiren elek dokusu da saptanmıştır (Şekil 2.34b). Plajioklaslar genel olarak kalsitleşmiş ve serizileşmiştir. V1b lavlarında gözlenen amfibollerin genellikle özşekilli, yarı-özşekilli prizmatik fenokristaller halinde ve 0,5 mm- 5 mm (ortalama 1-2 mm) boyutlarındadır. Açık kahverengiden yeşile değişen bir pleokroizma ve mükemmel baklava dilinimi belirgin olarak görülmektedir. Bazı örneklerde belirgin ikizlenme gözlenmektedir. İri fenokristallerin kenar zonları genellikle opaklaşmış olup (Şekil 2.34c), plajioklas ve opak mineral kapanımları içermektedir. V1b lavlarında yer alan klinopiroksen fenokristalleri genellikle özşekilli olup, boyutları maksimum 4 mm, ortalama 1-2 mm'dir. Klinopiroksenler opak mineral ve plajioklas kapanımları içermektedir.

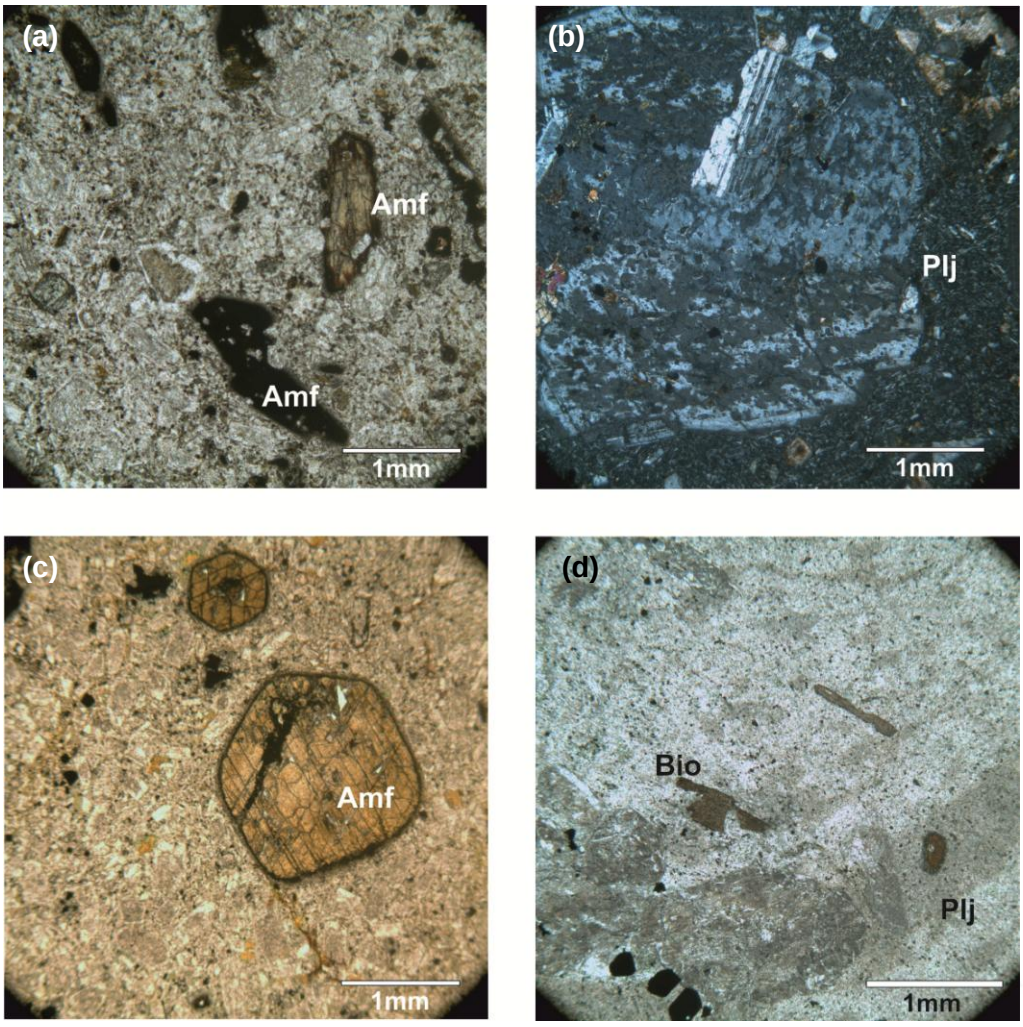
Biyotit fenokristalleri genel olarak andezitik-dasitik lavlarda yer almakta olup (0,3-0,5 mm) yarı özşekillidir (Şekil 2.34d). Bu minerallerde de amfibollere benzer şekilde opaklaşma gözlenmektedir. Kuvars fenokristalleri yarı özşekilli olup, dasitik örneklerde yer almaktadır.

2.3.1.2 Susuz lav serileri (V2)

Susuz lav serileri (V2) Almus ve Yıldızeli volkanizmasının bazik ve ortaç ürünlerinin son kısmını oluşturur ve piroksenli bazaltik andezit (V2a) ile olivinli bazalt (V2b) alt başlıkları altında incelenecektir.

Piroksenli Bazaltik Andezit (V2a)

Piroksenli bazaltik andezitler başlıca plajioklas + klinopiroksen, ± ortopiroksen fenokristalleri, opak mineraller ve matriksden oluşmaktadır. Bu grup kayaları başlıca mikrolitik (pilotaksitik), intersertal, glomeroporfirik dokular sergilemekte olup (Şekil 2.35a), nadiren kriptokristalen ve camsı dokulara sahiptir.



Şekil 2.34 : (a) Andezitik lavlarda gözlenen porfirik ve intersertal doku. Amfibol mineralleri tamamen veya kısmen opaklaşmış durumda. **(b)** Plajioklas fenokristallerinde gözlenen elek dokusu. **(c)** Opak harelerce çevrilmiş, belirgin baklava dilinimi gösteren amfibol mineralleri. **(d)** Dasitik lavlarda gözlenen biotit mineralleri (Plj: plajioklas, Amf: amfibol, Bio: biotit).

Plajioklas fenokristalleri genel olarak özşekilli-yarı özşekilli fenokristaler (0,5-1 mm) ve mikrolitlerden oluşmaktadır. Polisentetik ikizlenmeler, normal ve salınımlı zonlanma ile elek dokuları yaygındır (Şekil 2.35b ve 2.35c). Plajioklas fenokristallerinde serizitleşme ve kalsitleşme yaygındır.

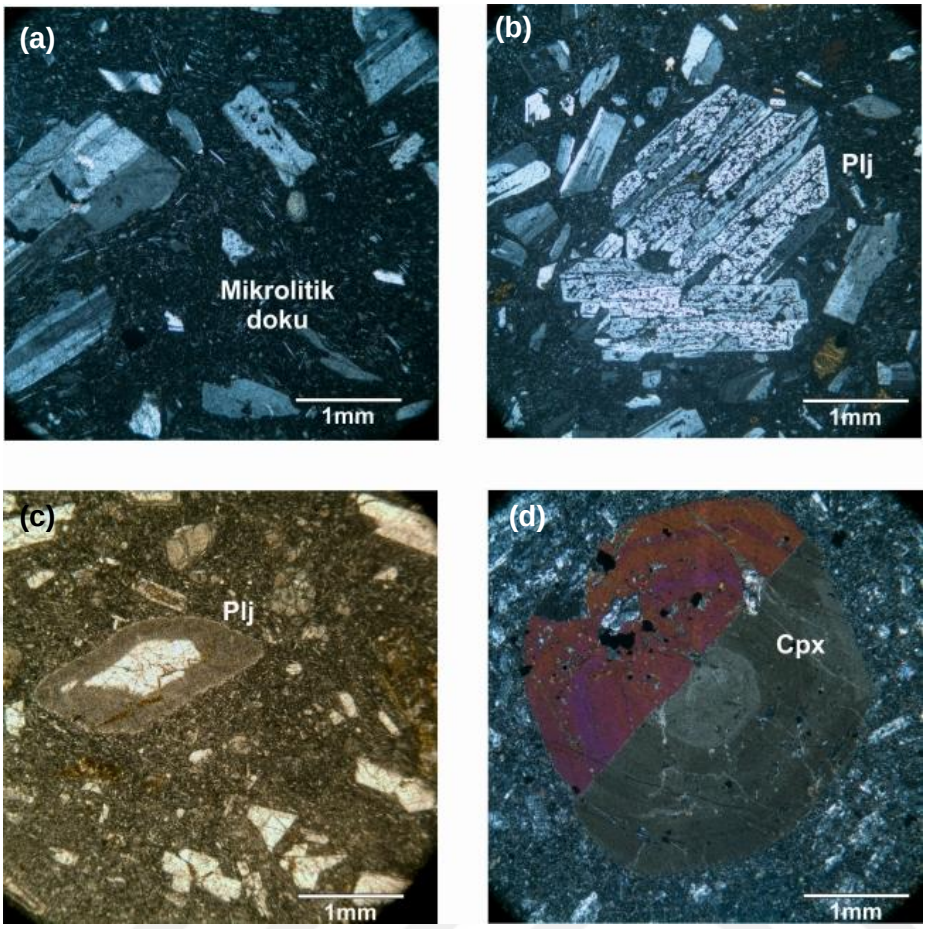
Klinopiroksen fenokristalleri genel olarak yarı özşekilli, bol çatlaklı, ikizli, iki yönde belirgin dilinim gösteren, zonlu yapılar sergilemektedir (Şekil 2.35d). Zonlu yapılarda çekirdek ile kenar zonları birbirinden farklı çift kırınım renkleri de sergilemektedir (Şekil 2.35d). Tane boyları ortalama 1 mm, maksimum 5 mm'dir. Bazı klinopiroksenlerin çevresi demir oksit hareleri ile çevrelenmiştir ve içinde opak mineral, plajioklas ve ortopiroksen kapanımları bulunmaktadır.

Ortopiroksenler sınırlı sayıda örnekte bulunmakta olup, tane boyları 0.5-1 mm, tek yönde iyi dilinimli, ikinci yöndeki dilinimi zayıf, paralel sönme gösteren aşırı altere ve opaklaşmış durumdadır. Bazı örneklerde ise sadece diğer mineraller içinde kapanım halinde yer almaktadırlar. Opak mineraller genel olarak özşekilsizdir, çevrelerinde demir oksit kusmaları yer almaktadır. Matriks plajioklas ve klinopiroksen mikrolitleri, kriptokristaller ve camsı hamurdan meydana gelmektedir.

Olivinli bazaltlar (V2b)

Bazaltik örnekler genel olarak intersertal-mikrolitik (pilotaksitik) ve glomeroporfirik dokuya sahip olup, fenokristal bakımından zengindir (Şekil 2.36a). Bu grupta yer alan örneklerde başlıca olivin + klinopiroksen ± ortopiroksen + plajioklas + opak mineral içermekte olup, hamurda plajioklas ve klionopiroksen mikrolitleri yaygındır. Hamurda kalsitleşme ve kloritleşme gelişmiştir. V2b kayalarında bol miktarda yaygın glomokrist yığınları saptanmıştır (Şekil 2.36b ve 2.36c). Bu yığınlar başlıca klinopiroksen, olivin ve opak mineral yığışımlarından oluşur ve boyutları 5-6 mm'ye kadar ulaşmaktadır.

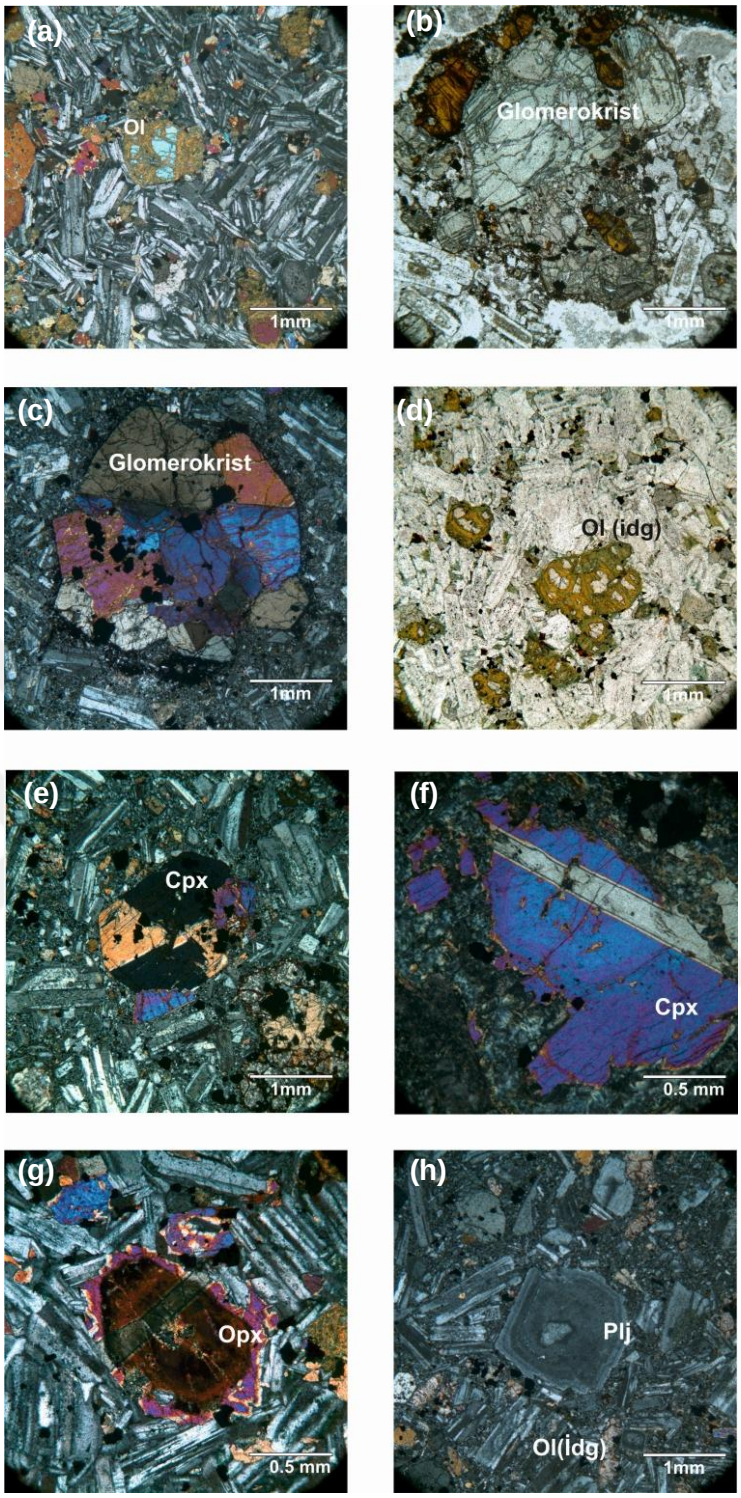
Olivin fenokristalleri genel olarak özşekilsiz olup, çoğu örnekte tamamen iddingsit ve serpantine dönüşmüştür. Sınırlı sayıda örnekte çekirdekte sağlam olivinler korunmuştur (Şekil 2.36a ve 2.36d). Korunmuş olan olivin mineralleri pembemsi pleokrizma göstermektedir. Klinopiroksen fenokristalleri özşekilli ve yarı özşekilli olup genel olarak basit ikizlenme ve zonlanma gösterir. Örneklerin bir kısmında kum saati dokusu izlenmektedir (Şekil 2.36e). Bazı klinopiroksenler matriks ile dengede olmayıp kenarlarından itibaren korezyona uğramıştır (Şekil 2.36f). Ortopiroksen fenokristalleri nadir olarak saptanmış olup, bazı örneklerde klinopiroksenler tarafından sarılmış şekilde gözlenmişlerdir (Şekil 2.36g) Tane boyları maksimum 3 mm boyuna kadar ulaşmakta olup ortalama 1 mm civarındadır. Plajioklas fenokristalleri genel olarak özşekillidir ve mineral sınırları belirgindir. Plajioklasların büyük çoğunluğu mikrofenokristal şeklinde olup, tane boyları 0,3-0,5 mm aralığındadır.



Şekil 2.35 : (a) Piroksenli bazaltik andezitlerde gözlenen mikrolitik doku. **(b)** Plajioklas minerallerinde gözlenen elek dokusu. **(c)** Plajioklas fenokrsitallerinde olasılıkla magma karışımı sonucu oluşmuş zonlu dokular. **(d)** Klinopiroksen fenokristallerinde yer alan ikizli ve zonlu yapılar. (Plj: plajioklas, cpx: klinopiroksen).

Basit-polisentetik ikizlenme, salınımlı (oscilatory) ve yamalı (patchy) zonlanma yaygın olarak gözlenmektedir (Şekil 2.36h). Plajioklas fenokristalleri ortalama 0.5 mm boyutundadır. Kalsitleşme ve serizitleşme bu minerallerde yaygın şekilde gözlenir. Opak mineraller genel olarak diğer minerallerin içinde kapınım olarak ve matriks içinde 0.1-0.3 mm boyutlu kristaller halinde de gözlenmektedir.

V3 grubu lavları Almus ve Yıldızeli bölgelerinde trakitik ve trakiandezitik lavlarla temsil edilmekte olup, tek bir grup altında incelenecektir.



Şekil 2.36 : (a) Fenokristalce zengin V2b bazaltik kayalarının genel görünümü. **(b-c)** Klinopiroksen, opak mineral ve olivinlerce zengin glomerokristlerin genel görünümü. **(d)** İddingistleşmiş ve serpantinleşmiş olivin fenokristalleri. **(e)** Klinopiroksenlerde gözlenen kum saati dokusu. **(f)** Hamur ile denge halinde olmayan klinopiroksen fenokristali. **(g)** Klinopiroksen tarafından zarflanmış ortopiroksen fenokristali **(h)** Zonlu plajioklas fenokristali.

2.3.1.3 V3 grubu

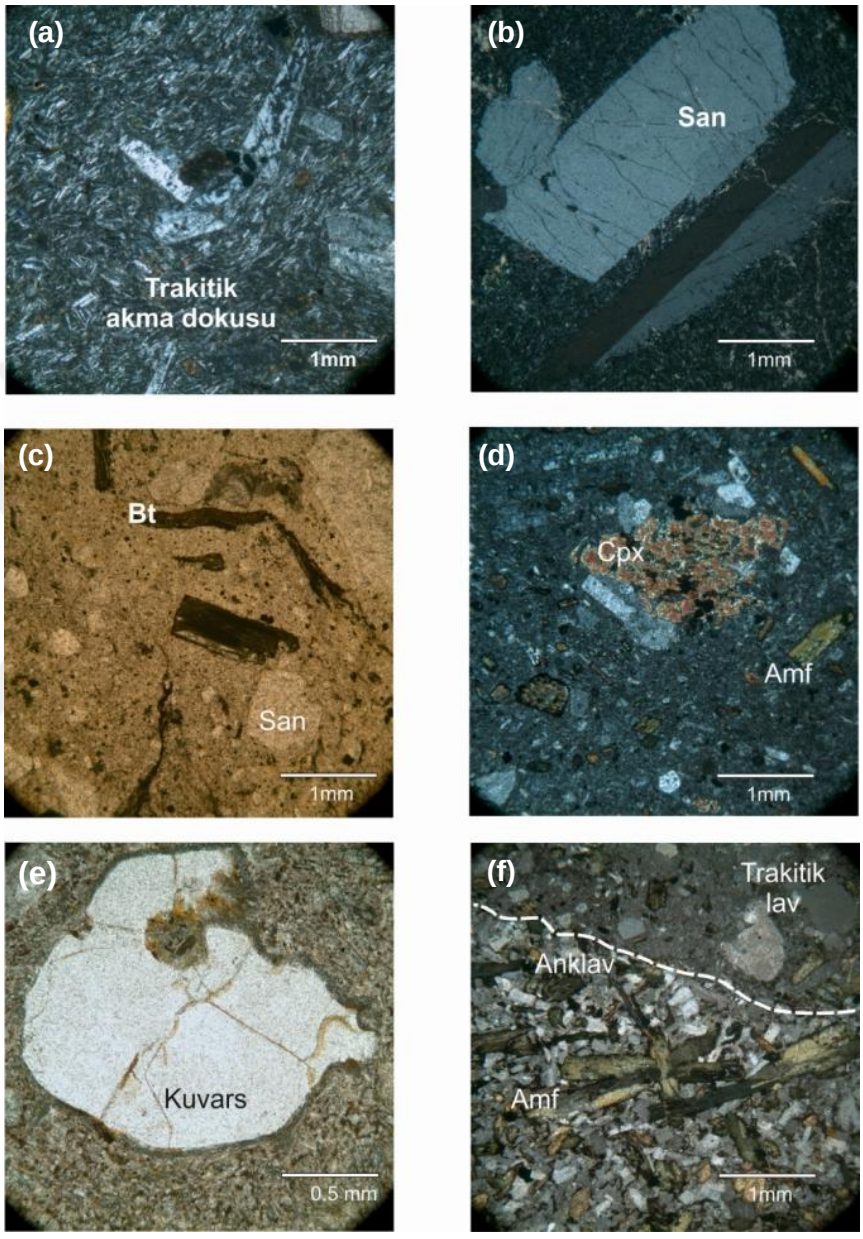
Bu gruptaki lavlar her iki bölgede de tipik olarak porfirik ve trakitik doku sergilemekte olup, mineralojik olarak benzerlik göstermektedir (Şekil 2.37a). Bununla beraber almus bölgesi trakitik lavlarında fenokrist miktarı daha azdır (Çizelge 2.1). Lavlar başlıca sanidin + plajioklas ± biotit ± amfibol ± klinopiroksen ± kuvars + opak mineral fenokristallerinden meydana gelmektedir. Ancak amfibol fenokristalleri sadece Yıldızeli bölgesindeki trakitlerde gözlenmektedir. Lavlarda serizitleşme ve kalsitleşme yaygındır.

Sanidin fenokristalleri genelde yarı özşekilli, Karlsbad ikizlidir (Şekil 2.37b). Bu minerallerin ortalama tane boyu 3-4 mm, olup, maksimum 5-6 cm'ye kadar çıkabilmektedir. Bazı sanidin fenokristallerinde plajioklas ve biyotit kapanımları izlenmektedir. Biyotit fenokristalleri ortalama 0,3 mm boyutlarında olup genel olarak opak mineraller tarafından ornatılmıştır. Bazı biyotitlerde akma deformasyonu sonucu oluşan kıvrımlı yapılar gelişmiştir (Şekil 2.37c). Plajioklas fenokristalleri yarı özşekilli (0,5-0,7 mm), polisentetik ikizli, zonlu ve yer yer elek dokuludur. İçlerinde opak mineral kapanımları vardır ve neredeyse bütün fenokristallerde serizitleşme gelişmiştir. Hornblendler, özşekilli (ortalama 0,5 mm), iki yönde dilinimleri belirgin ve yeşil pleokrizma gösteren fenokristaller şeklindedir. Genel olarak bütün örneklerde opak hale ile çevrili ve korozyona uğramış şekildedir. Klinopiroksen fenokristalleri yamalı zonlanma göstermekte olup, tane sınırları hamur ile denge halinde değildir (Şekil 2.37d). Bu durum bu minerallerin antekristik veya ksenokristik bir kökene sahip olabileceğine işaret etmektedir.

Kuvars fenokristalleri yarı özşekilli-özşekilsiz, tane boyları ortalama 1-2 mm civarındadır. Kuvars bazı örneklerde akma sonucu deforme olmuş kırılmış mikrokristalen yığınlar halinde iken bazı örneklerde matriks tarafından korozyona uğratılmıştır (Şekil 2.37e).

Bu örneklerde kuvarsın etrafında ince bir reaksiyon halesi bulunmaktadır ve bu kuvarsın içinde bulunduğu hamur ile dengede olmadığı ve ksenokrist (?) olabileceğine işaret etmektedir. Yıldızeli bölgesinde yer alan trakitik lavlarda sıklıkla monzonitik/monzodiyoritik anklavlar bulunmaktadır. Bu anklavların ana lav ile

sınırları keskin olup, sub-ofitik doku sergilmektedirler. Anklavlar başlıca amfibol + alkali feldspar + plajioklas + opak mineraller + biotitten meydana gelmektedir. Amfiboller genel olarak yeşil renkli olup, asiküler ve çubuksu şekiller sergilemektedir (Şekil 2.37f).



Şekil 2.37 : (a) V3 grubu lavlarında gözlenen trakitik akma dokusu. **(b)** Sanidin fenokristallerinde gözlenen karslpad ikizlenmesi. **(c)** Akma sonucu gerçekleşen bükülme ile dalgalı bir hal kazanan biyotit fenokristalleri. **(d)** Hamur tarafından ornatılmış klinopiroksen minerali. **(e)** Hamur ile reaksiyon halinde olan ksenokristik kuvars minerali. **(f)** Trakitik lavlarda yer alana monzonitik-monzodioritik anklav (san: sanidin, bt: Biyotit, cpx: Klinopiroksen, amf: amfibol).

Çizelge 2.1. Almus ve Yıldızeli bölgelerinde yer alan lav akıntıları, ksenolit ve anklavların modal bolluk oranları.

Örnekler	Opx	Cpx	Plj	K-fel	Ol(ids)	Kal	Amf	Opak	Kuvars	Bio	Matriks
V1a serisi (Amfibollü Bazaltik Andezit)											
Almus											
1	2	25	15	-	-	-	12	6	-	-	40
2	-	18	20	-	-	-	25	2	-	-	35
47a	-	25	30	-	-	10	25	-	-	-	35
55	-	15	35	-	-	-	15	5	-	-	30
57	-	3	30	-	-	-	22	10	-	-	25
60	-	20	30	-	-	-	10	10	-	-	30
81	-	32	25	-	-	-	3	10	-	-	30
118	-	15	35	-	-	-	15	15	-	-	20
120	-	10	35	-	-	-	15	10	-	-	30
136	-	20	30	-	-	-	25	5	-	-	20
190	-	5	25	-	-	-	30	5	-	-	35
562a	-	25	30	-	-	5	10	10	-	-	20
565	-	10	20	-	-	-	35	15	-	-	20
606	-	8	22	-	-	-	33	17	-	-	20
622	-	-	25	-	-	-	45	5	-	-	25
680	-	10	35	-	-	-	20	-	5	-	30
686	5	10	20	-	-	-	30	5	-	-	30
948	-	15	25	-	-	-	25	5	-	-	25
Yıldızeli											
D14	-	10	30	-	-	-	15	15	-	-	30
D47	-	15	30	-	-	-	20	10	-	-	25
Ksenolit											
47b	-	25	-	-	-	-	70	5	-	-	-
V1b serisi (Andezit-Dasit)											
Almus											
52	-	20	40	-	-	-	5	15	-	-	20
695	-	30	45	-	-	-	10	5	-	-	10
708	-	20	25	-	-	-	15	10	-	-	30
729	-	10	35	-	-	-	15	10	-	-	30
818	-	5	40	-	-	-	15	10	-	-	30
Yıldızeli											
473a	-	-	40	-	-	-	5	5	-	10	40
481	-	-	10	-	-	15	-	10	15	20	30
540	-	-	50	-	-	-	-	5	-	5	35
556	-	5	35	-	-	-	10	10	-	5	35
542	-	-	25	-	-	10	-	5	20	15	25
D25	-	-	38	-	-	-	22	5	-	-	35
D27	-	-	30	-	-	-	3	3	-	7	55
D43	-	2	50	-	-	-	-	25	-	-	25
D45	-	-	35	-	-	-	28	2	-	-	35
D46	-	7	28	-	-	-	4	6	-	-	55
D50		12	57	-	-	-	2	4	-	-	25
D58	-	5	55	-	-	-	16	4	-	-	20

Çizelge 2.1. (devamı): Almus ve Yıldızeli bölgelerinde yer alan lav akıntıları, ksenolit ve anklavların modal bolluk oranları.

Örnekler	Opx	Cpx	Plj	K-fel	Ol(ids)	Kal	Amf	Opak	Kuvars	Bio	Matriks
D60	-	-	54	-	-	-	15	6	-	-	25
D62	-	13	45	-	-	-	-	5	-	2	35
D67	-	15	44	-	-	3	20	3	-	-	15
V2a serisi (Piroksenli Bazaltik Andezit)											
Almus											
3	-	30	45	-	-	-	-	6	-	-	19
5	-	25	45	-	-	-	-	5	-	-	25
10	-	25	55	-	-	-	-	5	-	-	15
65	-	25	20	-	-	20	-	10	-	-	25
100	-	30	45	-	-	-	-	10	-	-	15
146B	-	25	30	-	-	10	-	5	-	-	30
152	-	30	30	-	-	15	-	5	-	-	30
163	-	15	35	-	-	-	-	20	-	-	30
170	20	-	50	-	-	-	-	20	-	-	10
197	-	25	40	-	-	-	-	5	-	-	30
223	-	25	50	-	-	-	-	15	-	-	10
683	5	25	35	-	-	-	-	5	-	-	30
703	5	20	40	-	-	-	-	-	-	-	35
705	-	25	30	-	15	-	-	10	-	-	20
731	-	25	35	-	10	-	-	5	-	-	25
Yıldızeli											
37	5	20	35	-	-	-	-	5	-	-	35
41	-	20	40	-	-	-	-	10	-	-	30
414	-	30	30	-	-	-	-	15	-	-	25
464	-	25	35	-	3	-	-	5	-	-	32
479	-	30	35	-	-	5	-	5	-	-	25
554	-	5	50	-	-	-	-	5	-	-	40
D26	-	15	50	-	-	-	-	5	-	-	30
D31	-	10	50	-	-	7	-	3	-	-	30
D33	-	13	22	-	-	-	-	10	-	-	55
D64	-	12	65	-	-	-	-	8	-	-	15
V2b serisi (Olivinli bazalt)											
Almus											
12	-	25	35	-	5	-	-	10	-	-	25
71	5	25	20	-	10	-	-	5	-	-	35
138	5	15	35	-	5	-	-	20	-	-	20
151	5	20	25	-	15	-	-	5	-	-	30
152	-	20	20	-	10	-	-	20	-	-	30
181	-	30	40	-	10	-	-	5	-	-	15
198b	-	20	40	-	15	-	-	5	-	-	20
307	-	20	35	-	10	-	-	10	-	-	25
309	5	25	25	-	10	-	-	10	-	-	35
690	5	25	30	-	10	-	-	-	-	-	30

Çizelge 2.1. (devamı): Almus ve Yıldızeli bölgelerinde yer alan lav akıntıları, ksenolit ve anklavların modal bolluk oranları.

Örnekler	Opx	Cpx	Plj	K-fel	Ol(ids)	Kal	Amf	Opak	Kuvars	Bio	Matriks
					Yıldızeli						
40	-	15	50	-	10	-	-	-	-	-	25
45	-	15	35	-	5	-	-	5	-	-	40
420	-	25	35	-	10	-	-	5	-	-	25
429	-	20	30	-	15	-	-	5	-	-	30
490	-	25	30	-	20	-	-	5	-	-	25
492	-	25	35	-	15	-	-	-	-	-	25
509	-	20	35	-	15	-	-	-	-	-	30
510	-	20	40	-	5	-	-	5	-	-	25
514	-	25	30	-	10	-	-	-	-	-	35
550	-	20	40	-	10	-	-	5	-	-	25
551	-	15	40	-	10	-	-	5	-	-	30
D22	3	5	45	-	4	-	-	3	-	-	40
D28	-	10	58	-	5	-	-	2	-	-	25
D39	2	25	46	-	10	-	-	5	-	-	12
D46	2	20	35	-	6	-	-	7	-	-	30
D49	4	13	45	-	6	-	-	2	-	-	30
D51	-	15	62	-	5	-	-	8	-	-	10
D63	-	6	56	-	2	-	-	1	-	-	35
D68	-	8	58	-	4	-	-	5	-	-	25
					V3 grubu (*Trakit –trakiandezit)*						
					Almus						
6	-	-	-	15	-	10	-	-	10	-	55
70	-	-	-	30	-	10	-	-	-	-	60
201	-	-	5	20	-	10	-	-	-	-	65
284	-	-	-	35	-	-	-	20	5	-	40
285	-	-	5	10	-	-	-	5	-	-	80
625	-	-	10	5	-	-	-	10	-	-	75
630	-	-	5	10	-	-	-	5	-	-	80
671	-	-	5	20	-	-	-	-	5	-	70
674	-	-	5	10	-	-	-	10	5	-	70
721	-	-	3	20	-	-	-	5	-	-	72
790	-	3	7	15	-	-	-	-	-	5	70
					Yıldızeli						
320	-	-	10	30	-	-	-	15	-	10	35
331	-	-	30	40	-	-	-	10	-	2	18
342	-	5	15	20	-	-	15	5	-	-	35
353	-	-	25	25	-	-	15	5	-	10	20
354	-	2	15	25	-	-	15	-	-	5	28
355	-	10	-	50	-	-	5	-	-	5	30
356	-	5	20	15	-	-	-	15	-	5	40
357	-	25	10	30	-	-	-	5	-	10	20
367	-	-	35	25	-	-	5	5	-	5	25
369	-	20	10	-	-	-	-	15	15	-	35

Çizelge 2.1. (devamı): Almus ve Yıldızeli bölgelerinde yer alan lav akıntıları, ksenolit ve anklavların modal bolluk oranları.

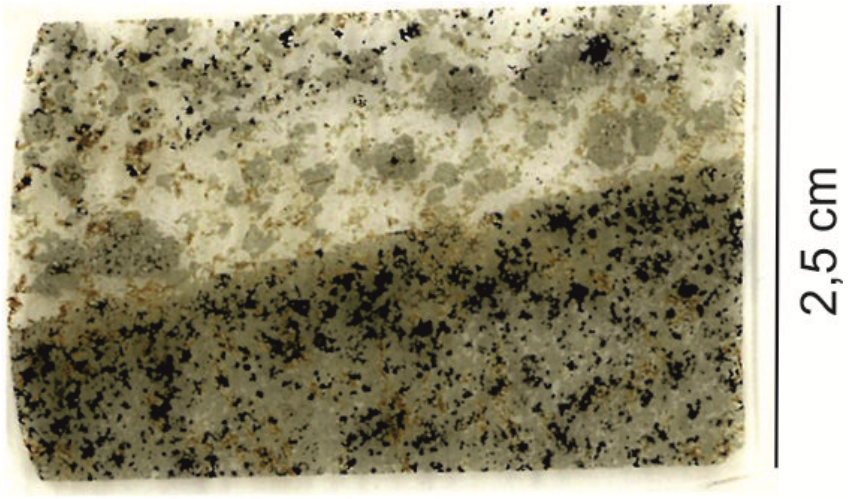
Örnekler	Opx	Cpx	Plj	K-fel	Ol(ids)	Kal	Amf	Opak	Kuvars	Bio	Matriks
532	-	10	35	15	-	-	-	5	-	5	25
794	-	-	20	30	-	-	10	5	-	15	20
795	-	5	20	15	-	-	20	5	-	10	25
796	-	-	20	30	-	-	5	15	-	10	20
				Yıldızeli anklavları							
396	-	-	30	25	-	-	40	5	-	-	-
795a	-	5	35	15	-	-	30	15	-	-	-

2.3.2 İntrüzif seriler

İntrüzif seriler, Yıldızdağ bölgesinde yer alan Eosen litolojilerinden oluşmakta olup, başlıca olivinli gabro, kenar zonu gabrosu, troktolit otolitleri ve dayk kümesinden meydana gelmektedir. Aşağıda bu kaya gruplarının petrografik özellikleri irdelenecektir. Bu kaya gruplarından elde edilen örneklerin modal bolluk oranları Çizelge 2.2'de verilmiştir.

2.3.2.1 Olivinli gabro

Olivinli gabro, Yıldızdağ bölgesindeki ana sokulum kütlesini oluşturmakta olup; piroksence zengin ve fakir gabrolar el örneği ve ince kesit ölçeğinde sürekli olarak ardalanma göstermektedir (Şekil 2.38).



Şekil 2.38 : Piroksence fakir ve zengin gabronun ince kesit ölçeğinde görüntüsü.

Her iki grupta minerallerin modal bolluk oranları farklılık gösterse de, mineralojik ve petrografik olarak benzer özellikler sergilemektedir. Her iki litolojide başlıca ortokümülat doku göstermekte olup, yaygın olarak interkümülüs ergiyikten çökeldiği düşünülen ikincil mineraller içermektedir. Kayada birincil olarak yer alan mineraller

başlıca olivin + klinopiroksen + plajioklas + opak mineraller olup kalık ergiyikten gelişen mineraller ise başlıca amfibol + ortopiroksen + biyotit'dir.

Olivin genel olarak alterasyondan etkilenmemiş olup pembemsi renkler sergilemektedir (Şekil 2.39a). Klinopiroksen belirgin zonlanma yapıları göstermekte olup (Şekil 2.39b), kenarlarından ve iç zonlarından itibaren amfibolleşmeye maruz kalmıştır (Şekil 2.39c). Plajioklas özşekilli ve yarı özşekilli yapılar sergilemekte olup zonlu yapılara sahiptir. Opak mineraller genelde oksitlenmiş olup, sadece bazı örneklerde korunmuşlardır. Ortopiroksen az sayıda örnekte tespit edilmiş olup, genel olarak klinopiroksen ve opak minerallerin birbiri ile temas ettiği bölgelerde gözlenmektedir.

Amfibol ve biyotit mineralleri ile plajioklas minerallerinin dış zonları kristallenme sonrası kümülat sokulumun içinde yer alan ara ergiyikten (interkümülüs) "çökelme" ile gelişmişlerdir. Amfibol mineralleri klinopiroksen ve olivin minerallerini çevrelemekte olup, genel olarak özşekilsiz ve kahverengi renkler sunmaktadırlar. Biyotit de amfibollerle beraber veya opak minerallerin çevrelerinde gelişmiş olup (Şekil 2.39d), özşekilsiz ve belirgin pleokrizmalı olarak gözlenir.

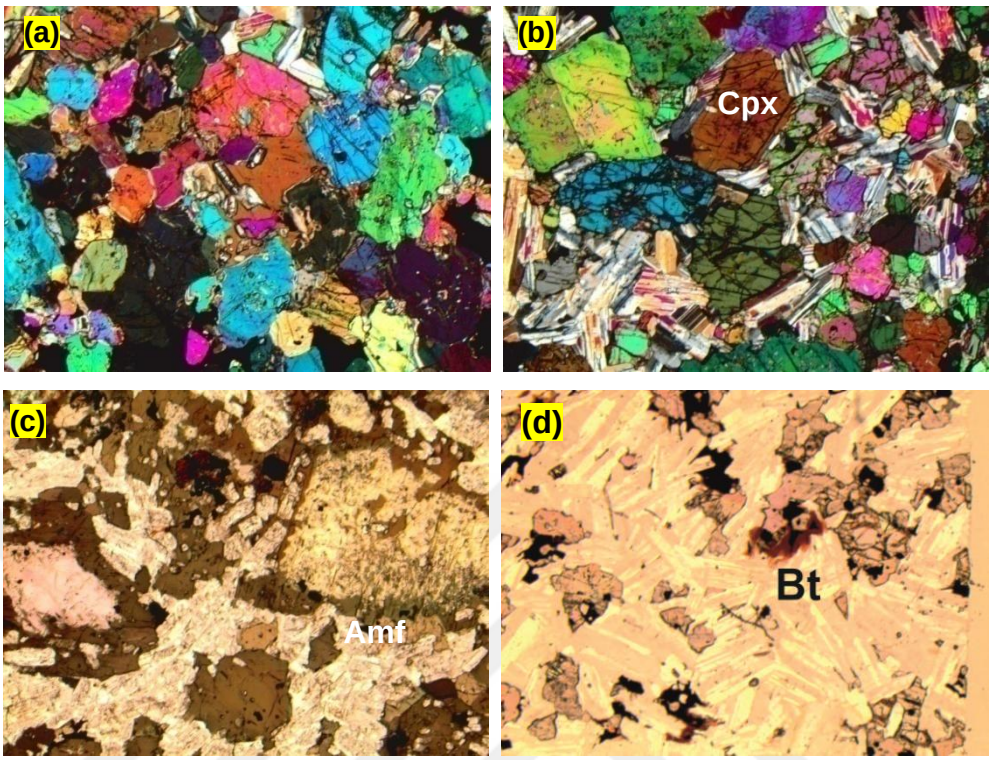
2.3.2.2 Kenar zonu gabrosu (monzogabro-diyorit)

Kenar zonu gabroları da, olivinli gabroya benzer bir şekilde ortokümülat dokuya sahip olup, interkümülüs ergiyikte büyüyen mineral gelişimleri göstermektedir. Başlıca klinopiroksen + amfibol + plajioklas + opak mineral ± biyotit mineralinden oluşan birim içinde olivin gözlenmemektedir.

Klinopiroksen mineralleri genel olarak yarı özşekilli ve özşekilsiz olup, yoğun bir şekilde amfibol mineralleri tarafından ornatılmıştır. Bazı klinopiroksenler sadece amfibollerin arasında korunmuş ufak kristallerden oluşur. Buna karşın, amfibol mineralleri özşekilli, yarı özşekilli ve özşekilsiz olup, bu durum bazı örneklerde solidus-altı kristallenmenin etkin olduğunu göstermektedir. (Şekil 2.40a).

Genel olarak kahverengi olan amfiboller, bazı örneklerde kenar zonlarında yeşil renkler de göstermektedir. Bazı iri amfibollerde ise (>2mm) belirgin bileşimsel zonlanma ve basit ikizlenme de izlenmektedir (Şekil 2.40b). Plajioklaslar belirgin

bileşimsel zonlanma göstermekte olup (Şekil 2.40c), bu durum, plajioklas minerallerinin de solidus altı kristallemeden etkilendiğini göstermektedir.

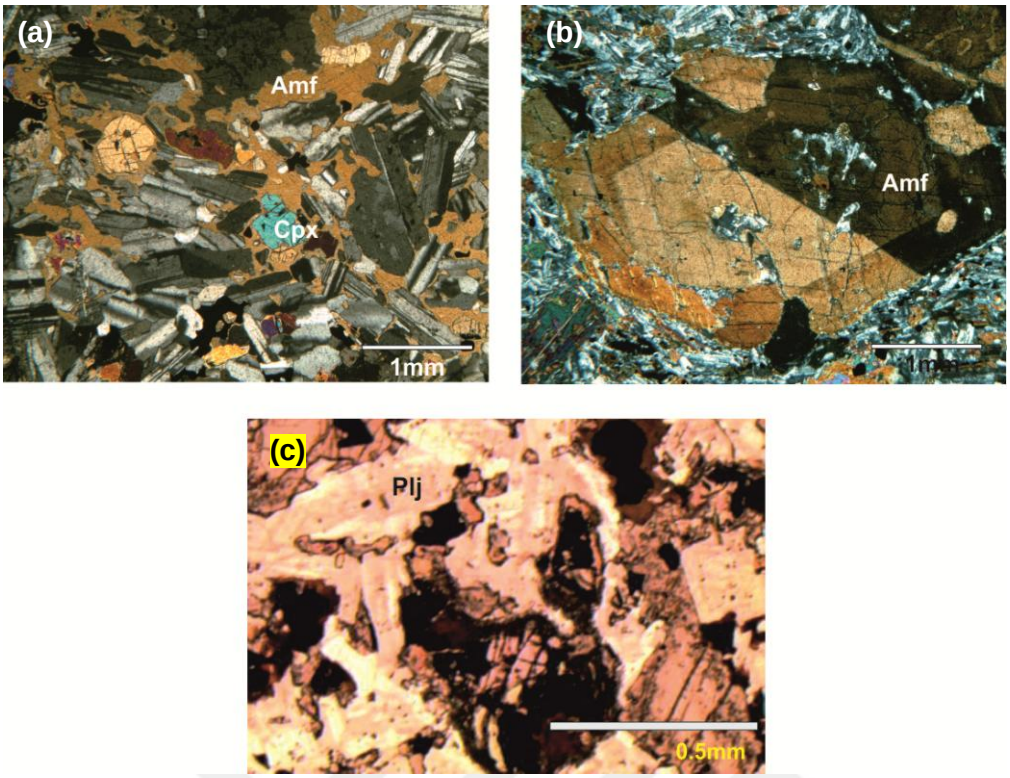


Şekil 2.39 : (a) Tipik kümülat dokulu piroksence zengin gabronun genel görünümü. **(b)** Piroksen minerallerinin seyrek olarak izlendiği gabro örneğinin genel görünümü. **(c)** Klinopiroksen ve olivin minerallerinin üzerinde ve ortasında büyümüş kahve renkli amfibol mineralleri. **(d)** Opak minerallerin etrafında gelişen özşekilsiz biyotit mineralleri.

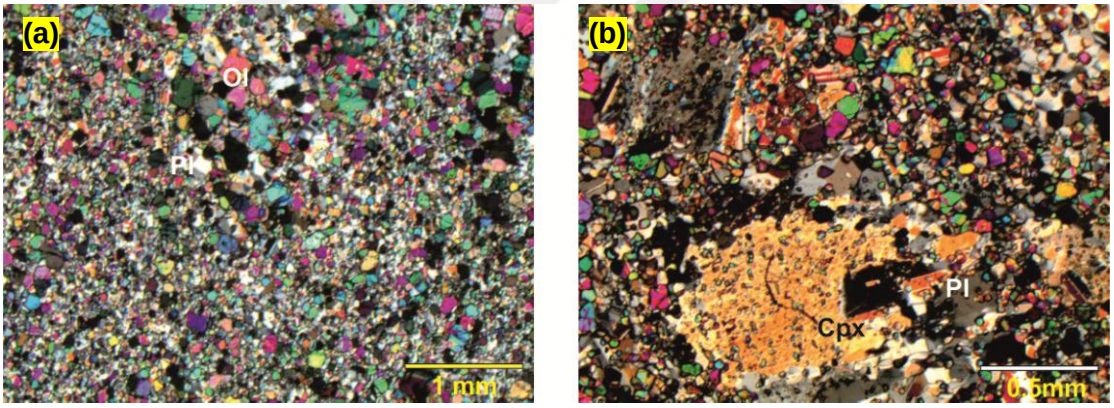
2.3.2.3 Troktolitik otolit

Troktolitik otolitler kümülat ve poligonal dokular sergilemekte olup, kayalar petrografik olarak iyi gelişmiş ortogonal mineral sınırlarına sahiptir (Şekil 2.41a). Otolitlerin bazı kesimlerinde poikilitik doku da saptanmıştır. Bu kayalarda bulunan ana mineraller olivin + plajioklas + opak mineral ± klinopiroksenden oluşmaktadır.

Olivin ince taneli olup (<0.3 mm), alterasyondan etkilenmemiştir. Plajioklas genel olarak ince taneli olup, bazı alanlarda oikrist şeklinde gözlenmektedir (Şekil 2.41b). Bu alanlarda plajioklaslar klinopiroksen kapanımları içermektedir. Klinopiroksen genel olarak özşekilsiz olup, içlerinde iğne şekilli opak mineral kapanımları yer almaktadır.



Şekil 2.40 : (a) Solidus-altı koşullarda gelişen özşekilsiz amfibol mineralleri, klinopiroksen minerallerini kuşatıyor. **(b)** Bileşimsel zonlanma gösteren amfibol minerali. **(c)** Farklı bileşimsel zonlanma gösteren plajioklas mineralleri.



Şekil 2.41 : (a) Poligonal dokuya sahip troktolit otoliti. **(b)** Troktolit otolitleri içerisinde yer alan klinopiroksen ve plajioklas oikristleri (Ol: Olivin, Cpx: Klinopiroksen, Pl: Plajioklas).

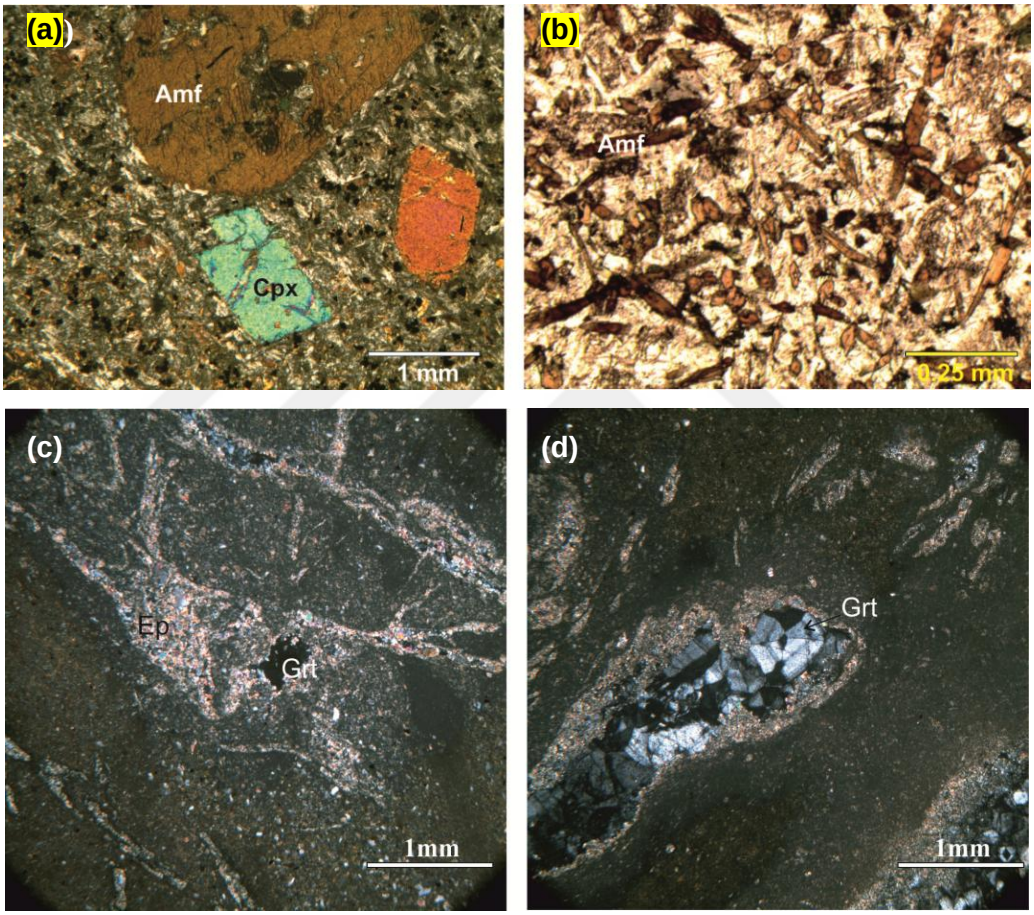
2.3.2.4 Dayk kümesi (monzogabroik-diyoritik dayklar)

Dayk kümesi genel olarak monzogabroyik ve diyoritik litolojiler içermektedir. Dayk kümelerinde kayalar genel olarak sub-ofitik, mikrogranüler ve porfirik dokular sergilemektedir (Şekil 2.42a ve 2.42b). Bu grup kayaları genel olarak amfibol + plajioklas + opak mineral ± klinopiroksen içermektedir. Amfibol genel olarak özşekilli ve yarı özşekillidir. Bunun yanı sıra sub-ofitik dokulu amfiboller de bulunmaktadır ve bunlar genel olarak iğnemsi yapıdadır. Amfiboller ayrıca

bileşimsel zonlanma da göstermektedir. Klinopiroksen genel olarak özşekili ve yarı özşekilli olup, amfibol ile reaksiyon dokuları sergilemektedir.

2.3.2.5 Kontak metamorfik kayalar

Kontak metamorfik kayalar sınırlı bir alanda izlenir, Hıdırnalı Grubu içerisinde yer alan silttaşı ve kumtaşının başkalaşımı ile oluşmuşlardır. Bu kayalarda metamorfik mineraller metasomatik damarlar içerisinde kümelenmiş olup başlıca granat (hidrograssular) + epidot + serizit ile temsil edilmektedir (Şekil 2.42c ve 2.42d).



Şekil 2.42 : (a) Porfirik dokulu monzogabroik örnek. **(b)** Sub-ofitik doku içerisinde gözlenen asiküler amfibol mineralleri. **(c)** Gabro sokulumunun kontak zonunda gelişmiş metamorfik minerallerin genel görünümü. **(d)** Kontak metamorfik damarlar içerisinde gelişen özşekillli granat mineralleri (Ep: Epidot, Grt: Granat, Amf: Amfibol, Cpx: Klinopiroksen).

Çizelge 2.2. Yıldızdağ bölgesinde yer alan magmatik birimlerin modal bolluk oranları.

Örnekler	Opx	Cpx	Plj	Ol	Kal	Hbl	Opak	Kuvars	Bio
Olivinli gabro									
Piroksence zengin gabro									
756	20	25	20	10	-	30	4	2	4
762	8	35	30	15	-	5	5	-	2
763	-	20	30	20	-	23	10	-	7
764b	20	30	25	5	-	15	-	-	5
766	-	30	35	10	-	15	5	-	-
767b (mafik)	-	40	25	20	-	10	5	-	-
800	-	40	30	20	-	5	10	-	-
801	-	45	25	20	-	5	10	-	-
899	-	45	35	10	-	15	5	-	-
917	-	30	35	15	-	10	10	-	-
919	-	28	35	15	-	15	5	-	2
921	-	40	25	15	-	2	13	-	5
940	-	40	35	10	-	5	7	-	3
940 (pegmatit)	3	37	30	10	-	5	15	-	-
943	-	30	30	20	-	8	10	-	2
946	-	45	30	15	-	3	7	-	-
952 (pegmatit)	-	35	25	20	-	10	10	-	-
Piroksence fakir gabro									
764a		20	25	5	-	40	5	-	5
767b (felsik)	-	25	40	15	-	15	5	-	-
799	-	20	65	5	-	5	5	-	-
901	-	25	45	5	-	10	10	-	5
904	-	20	40	15	-	15	5	-	5
905	-	20	50	10	-	10	10	-	-
906	-	30	40	5	-	5	15	-	5
Kenar zonu gabrosu (manzogabro-diyorit)									
750	2	30	30	3	-	25	10	-	-
754	-	25	35	-	-	25	10	-	5
755	-	20	40	-	-	20	10	-	10
776	-	30	20	-	-	40	5	-	5
779	-	15	40	-	-	35	5	-	-
900	-	15	40	-	-	45	5	-	-
917 (kenar)	-	20	35	-	-	35	5	-	5
918	-	20	45	-	-	25	10	-	-
920	-	25	40	-	-	25	5	-	5
921 (kenar)	-	15	50	-	-	30	5	-	-
Troktolit otolitleri									
881	-	5	40	50	-	-	5	-	-
882	-	5	45	45	-	-	5	-	-

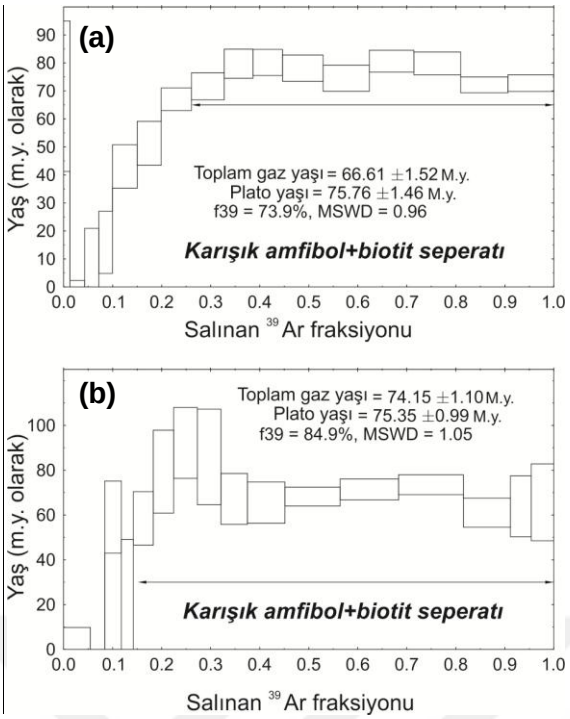
Çizelge 2.2. (devamı) : Yıldızdağ bölgesinde yer alan magmatik birimlerin modal bolluk oranları.

Örnekler	Opx	Cpx	Plj	Ol	Kal	Hbl	Opak	Kuvars	Bio
Dayk Kümesi									
734	-	20	40	-	-	35	5	-	-
736	-	25	35	-	-	35	5	-	-
745	-	3	45	-	2	45	5	-	-
759	2	20	23	-	-	53	2	-	-
760	-	12	45	-	-	35	5	-	3
761	-	20	25	-	-	50	5	-	-
771	-	5	45	-	-	40	5	-	5
772	-	10	30	-	-	50	10	-	-
773	-	15	40	-	5	35	5	-	-
783	-	5	50	-	-	40	5	-	-
908	-	10	35	-	-	40	15	-	-
910	-	15	45	-	-	30	10	-	-
911	-	10	50	-	5	30	5	-	-
921 (dayk)	-	15	35	-	-	45	5	-	-
941	-	15	40	-	-	40	5	-	-
947	-	10	50	-	-	25	15	-	-

2.4 Radyometrik Yaş Tayinleri

Her üç bölgede yer alan farklı magmatik kaya gruplarının kristallenme yaşlarının belirlenmesi adına Ar-Ar tekniği ile yaş tayini ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, farklı plütonik ve volkanik kayaçlardan amfibol, biyotit, sanidin ve plajioklas/tüm kaya seperatları ayrılarak yaş tayini ölçümleri yapılmıştır. Söz konusu verilerin analitik veri seti EK-B'de verilmiştir.

Erken Eosen veya daha yaşlı olduğu düşünülen Banaz Siyenitinden de iki adet amfibol ve biyotit seperatından yaş tayini yapılmıştır. Söz konusu örneklerden Ar-Ar yöntemi ile yapılan yaş tayini sonucu Banaz Siyeniti'nin sokulum yaşının Kretase olduğu saptanmıştır (Plato yaşı yaklaşık 75 M.y.) Bu durum bu plütonik kayanın OAKK'nın kuzeydoğu uzantısında yer alan temel kayalara ait olduğunu göstermektedir.

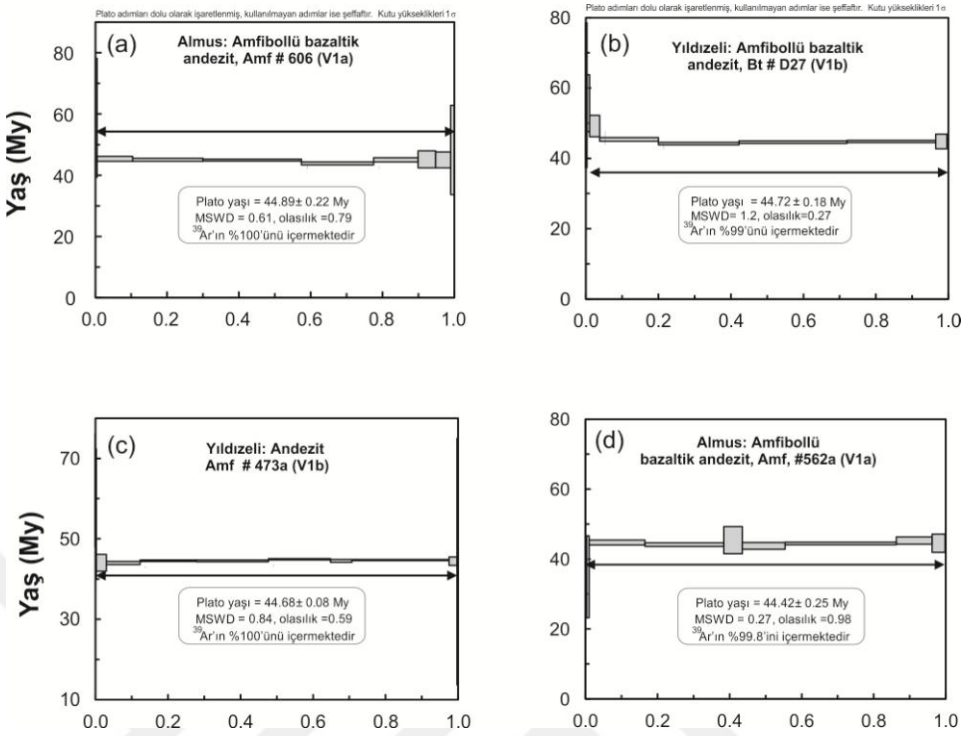


Şekil 2.43 : (a-b) Karışık amfibol ve biyotit seperatları üzerinden gerçekleştirilen Ar-Ar yaş tayini sonuçları (MSWD: Mean Square Weighted Deviation (Ortalama Kare Ağırlıklı Sapma).

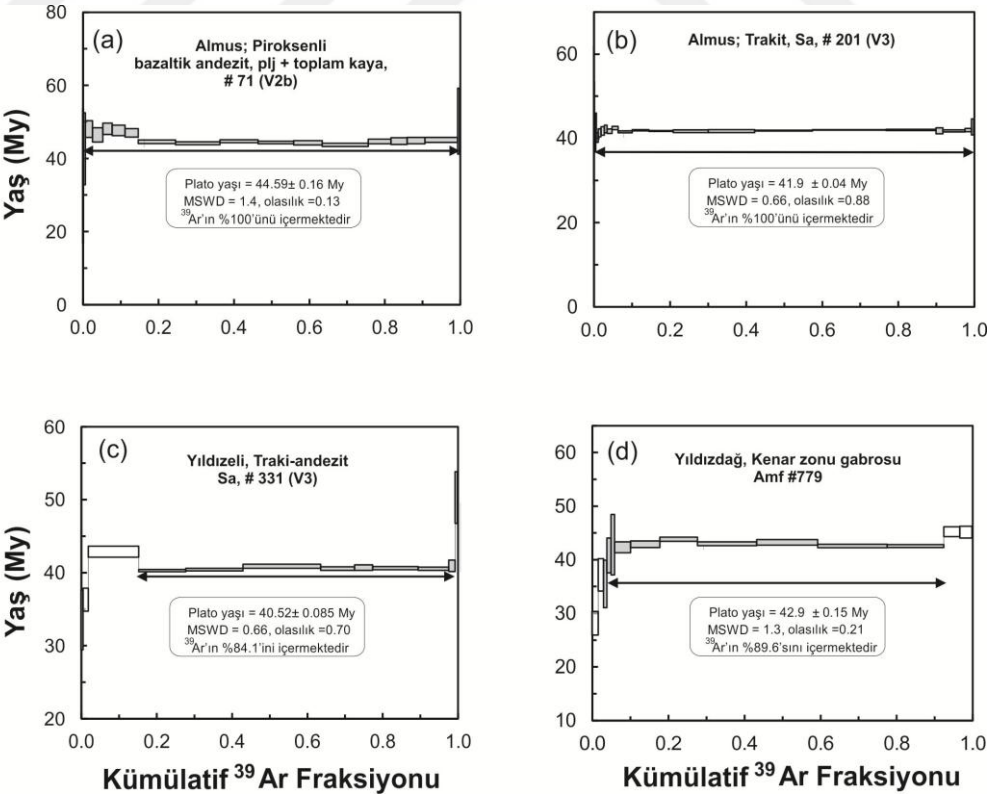
Volkanik kayalardan yapılan yaş tayinleri genel jeolojik ve volkano-stratigrafik gözlemlerle uyumlu sonuçlar vermektedir. V1a grubuna ait kayalar 44.89 ± 0.22 ve 44.42 ± 0.25 M.y. yaşları vermektedir (Şekil 2.44a ve 2.44d). V1b grubuna ait kayalar ise V1a grubu ile benzer hata payları içerisinde nispeten daha genç yaşlar vermektedir. (44.72 ± 0.18; 44.68 ± 0.08 M.y.; Şekil 2.44b ve 2.44c). V2a serisinden bu çalışma kapsamında yaş elde edilememiştir. V2b serisinden plajioklas ve tüm kaya (hamur) karışımından elde edilen sonuçlar 44.59 ± 0.16 M.y. vermekte olup (Şekil 2.45a) bu grup kayalarının volkano-stratigrafik istiflerin üst kesiminde yer alan konumları ile uyumludur. V3 grubuna ait trakitik kayalardan elde edilen yaşlar da, bu grubun volkano-stratigrafik istiflerdeki konumu ile uyumludur (40.52-41.9 M.y.; Şekil 2.45b ve 2.45c).

Yıldızdağ bölgesinin kenar zonu kayalarındaki amfibol minerallerinden elde edilen kristallenme yaşı 42.9 ± 0.15 M.y. aralığında olup, bu sokulumun Lütesiyen döneminde gelişmiş olduğuna işaret etmektedir (Şekil 2.45d). Bununla beraber amfibol mineralleri olasılıkla solidus-altı koşullarda geliştiği için plütonun soğuma yaşını temsil etmektedir. Bu plütondan elde edilecek zirkon veya kapanım sıcaklığı daha yüksek bir mineralin yaşı, ilksel sokulum ve kristallenme süreçlerini daha iyi

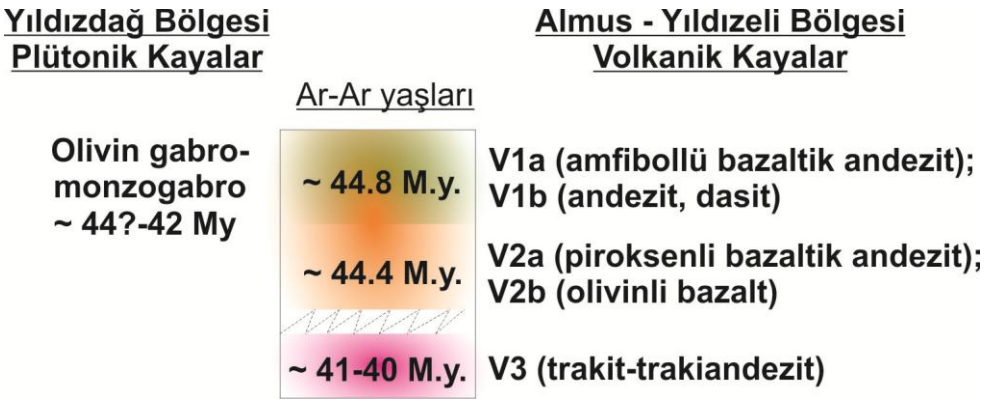
temsil edecektir. Bütün magmatik topluluklardan elde edilen yaş tayinleri Şekil 2.46'de grafik halinde özetlenmiştir.



Şekil 2.44 : (a-d) Volkanik birliklerden (V1a-V1b) elde edilen Ar-Ar yaş tayini platoları.



Şekil 2.45 : (a-d) Volkanik birlikler (V2b, V3) ve kenar zonu gabrosundan elde edilen Ar-Ar yaş tayini platoları.



Şekil 2.46 : Bütün magmatik topluluklardan elde edilen Ar-Ar yaş tayinlerinin genel görünümü.

2.5 Mineral Kimyası

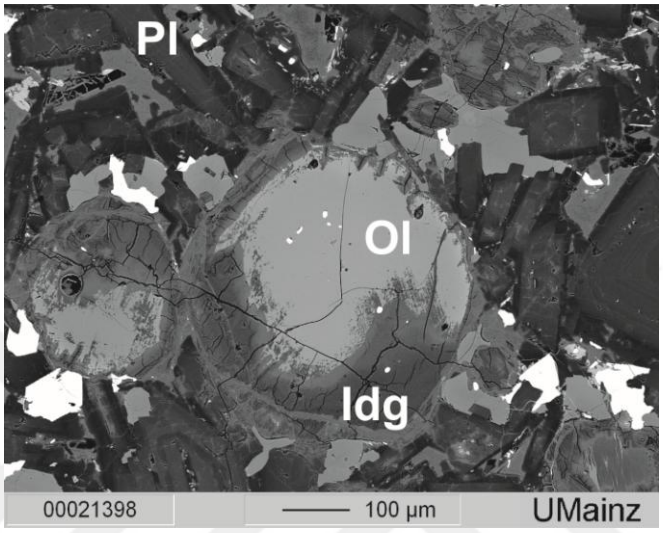
Mineral kimyası ölçümleri farklı kaya gruplarını kapsayan, her bölgeden (Almus, Yıldızeli, Yıldızdağ) 3'er adet olmak üzere 9 adet temsilci örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Mineral kimyası analizlerinin değerlendirilmesinde volkanik ve plütonik gruplar ayrı ayrı ele alınacaktır.

Farklı bölgeler ve farklı kaya gruplarında bulunan piroksen, olivin, feldspat, amfibol, mika mineralleri için stokiyometrik hesaplamalarda farklı değerler kullanılmıştır Minerallerde oksit olarak ölçülen değerler her mineralin cinsine göre, formül birim başına katyonlara çevrilmiştir. Piroksenler toplam 6 oksijene göre stokiyometrik olarak hesaplanmıştır. Olivinlerin ölçülmesinde ise 4 oksijen tabanı kullanılmıştır. Mika türü minerallerde yapılan mineral ölçümlerinde sulu fazlar ve F, Cl türü elementler ölçülmediği için 22 oksijen tabanına göre hesaplanmıştır. Amfiboller susuz tabanda 23 oksijene göre hesaplanmış olup, 13 katyon sayısına göre hesaplanmıştır. Feldspar türü mineraller ise 8 oksijene göre hesaplanmıştır. Mineral hesaplamalarında (bütün mineraller için) Deer ve diğ. (1992), mika türü mineraller için: Guidotto (1984) ve Rieder ve diğ. (1998); amfibol türü mineraller için Leake ve diğ. (1997); piroksen türü mineraller için Morimoto ve diğ. (1988)'den yararlanılmıştır. Elektron mikro prob analizlerinde Fe^{3+} ve Fe^{2+} ölçümü yapılamadığı için Schumacher (1997)'de belirtilen Fe hesaplama yöntemi baz alınarak ferrik ve ferroz katyon değerleri belirlenmiştir. Mineral ölçümlerinin sayısal değerleri EK-C'de verilmektedir.

2.5.1 Volkanik seriler

Olivin

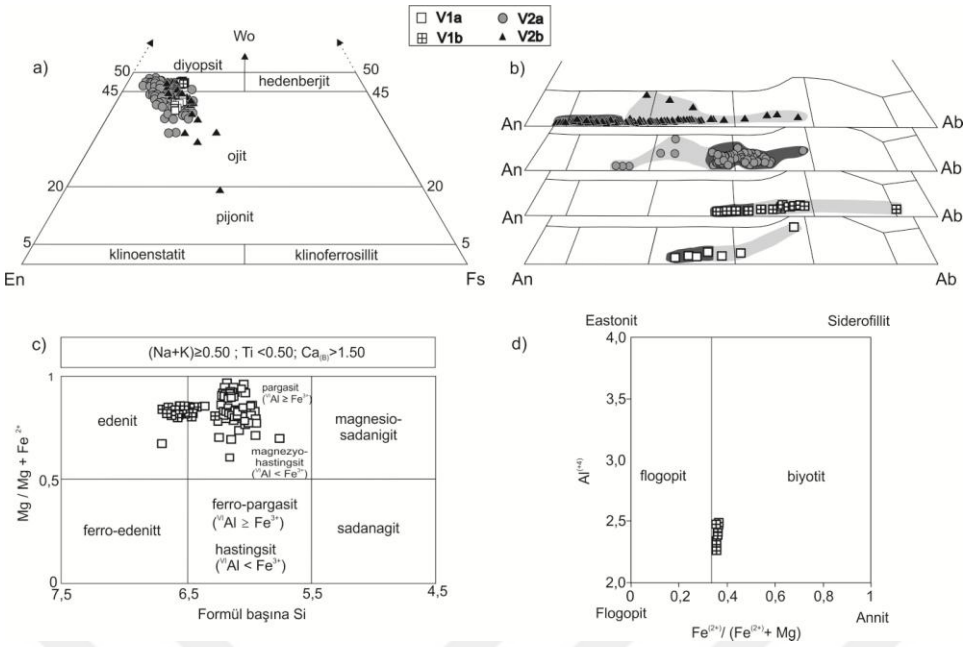
Olivin fenokristalleri sadece V2b serisi lavlarında gözlenmiş olup, genel olarak iddingsit minerallerince ornatılmışlardır (Şekil 2.47). Sadece çekirdek zonlarında korunmuş olan olivin mineralleri ölçülmüş olup, Fo değerleri 69-73 arasında değişmektedir.



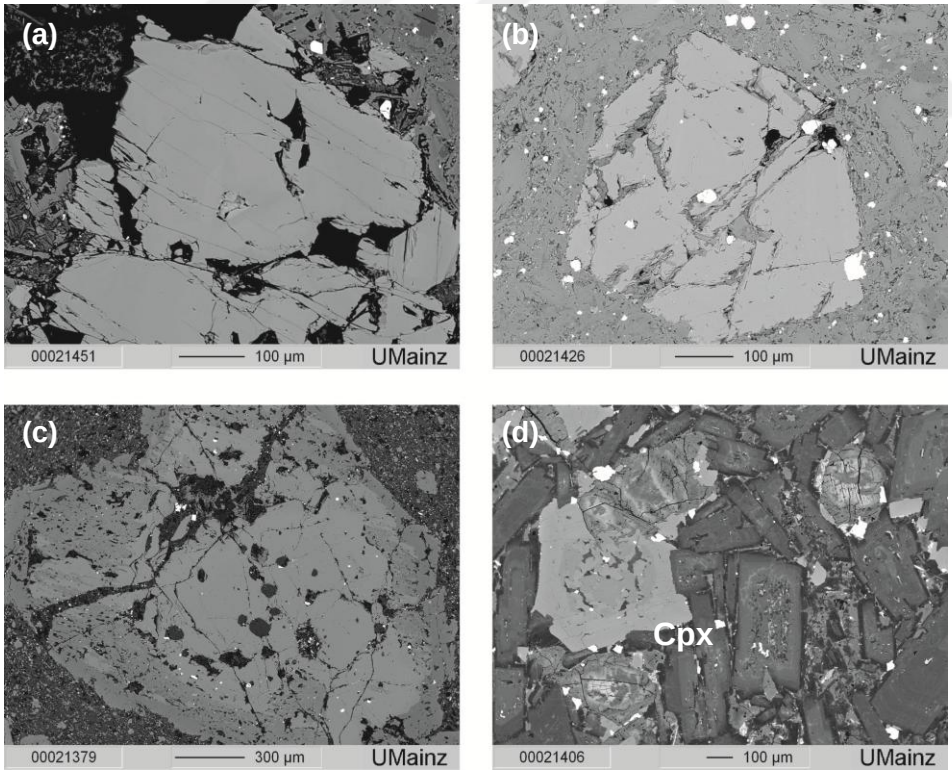
Şekil 2.47 : Olivin mineralinin geri saçınımlı elektron mikroskobu altındaki görünümü. Olivin mineralleri iddingsit tarafından ornatılmıştır.

Klinopiroksen

Klinopiroksen fenokrist ve mikrofenokristalleri bütün serilerde yaygın olarak gözlenmektedir. Klinopiroksenler bileşimsel olarak diopsit-ojit ve nadir olarak pijonit kimyası sunmaktadır (Wo_{34-47} En_{39-50} Fs_{6-20}; Şekil 2.48a). V1a; V1b ve V2b serisinde yer alan klinopirosenler genel olarak homojen yapılar sergilerken (Şekil 2.49a, 2.49b, 2.49d), V2a lavlarındaki fenokristallerde düzensiz zonlanma ve karışma dokuları izlenmektedir (Şekil 2.49c). Bu dokuların gelişim ve oluşum mekanizmaları "Tartışma" kısmında ele alınacaktır.



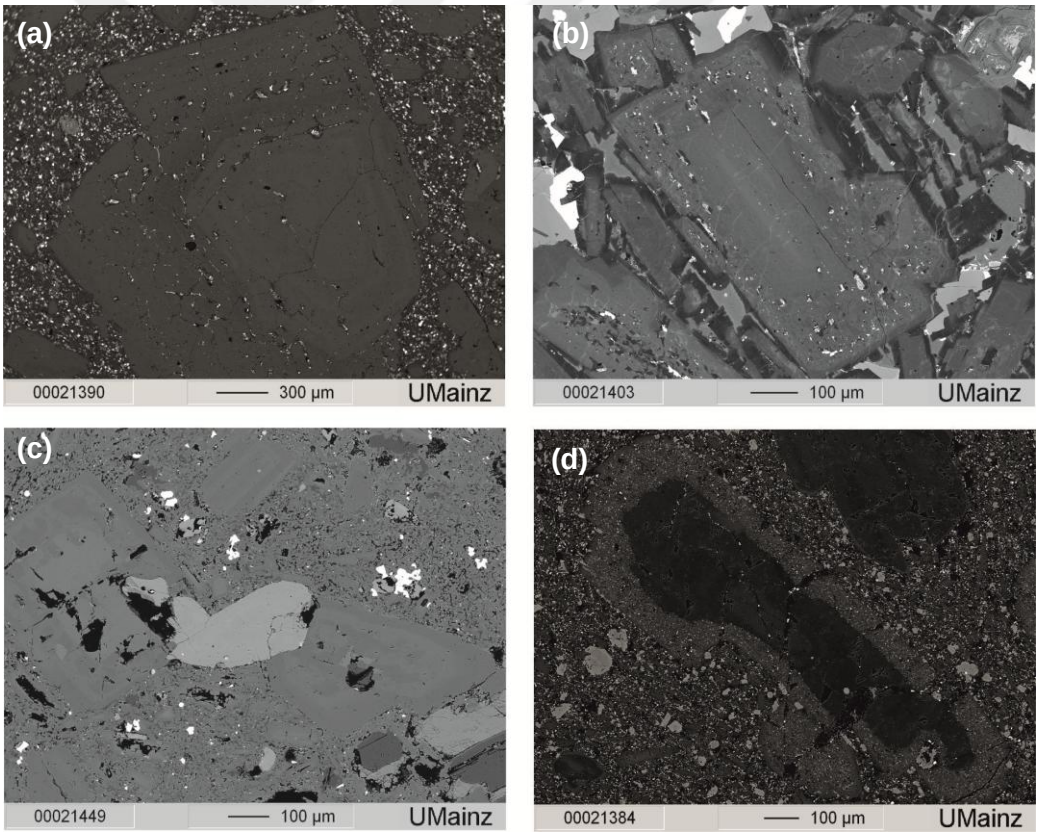
Şekil 2.48 : (a) Volkanik kayalarda gözlenen Klinopiroksen minerallerin (Wo:vollastonit, En:Enstatit, Fs: ferrosillit) aralıkları. **(b)** Plajioklas minerallerinin bileşimsel aralıkları (şeklinde koyu gri ve açık gri zonlar çekirdek ve kenar zonlarını ifade etmektedir. An: Anortit; Ab: Albit) **(c)** Amfibol minerallerin bileşimsel aralığı. **(d)** Biotit minerallerinin bileşimsel aralıkları.



Şekil 2.49 : (a) V1a grubu ve **(b)** V1b grubu lavlarında yer alan homojen bileşimli klinopiroksen fenokristalleri. **(c)** Bileşimsel zonlanma gösteren (açık renkli çekirdek ve koyu renkli kenar zonları) V2a grubu klinopirosenleri. **(d)** Koyu renkli çekirdek ve açık renkli kenar zona sahip klinopiroksen mineralleri.

Plajioklas

Plajioklaslar bütün serilerde fenokrist, mikrofenokrist ve mikrolit olarak yer almaktadır. Bu mineral grubu sıklıkla yamalı zonlanma göstermekte olup, bunun yanı sıra normal, salınımlı ve ters zonlanmalarda yaygındır (Şekil 2.50a-2.50d). V1a serisinde yer alan plajioklas çekirdekde labrodorit, kenar zonunda andezin kimyası sergilemektedir (An_{31-63}). V1b serisi plajioklasları daha evrimleşmiş olup, bazı örneklerde albite kadar ulaşan bileşimler gözlenmiştir (An_{09-52}). V2a serisinde, klinopiroksen fenokristallerine benzer şekilde karmaşık zonlanma yapıları gözlenmiştir. V2a serisinde yer alan plajioklasların çekirdekleri andezin ve labrodorit bileşiminde iken (An_{31-58}), aynı minerallerin kenar (manto)-köşe zonları anortit bakımından daha zengindir (An_{65-78}). V2b serisinde yer alan plajioklaslar ise çekirdek zonlarında genel olarak anortitçe zengin bir bileşimdeyken (An_{65-92}); kenar zonlarında daha evrimleşmiş olduğu görülmektedir (An_{37-75}; Şekil 2.48b).

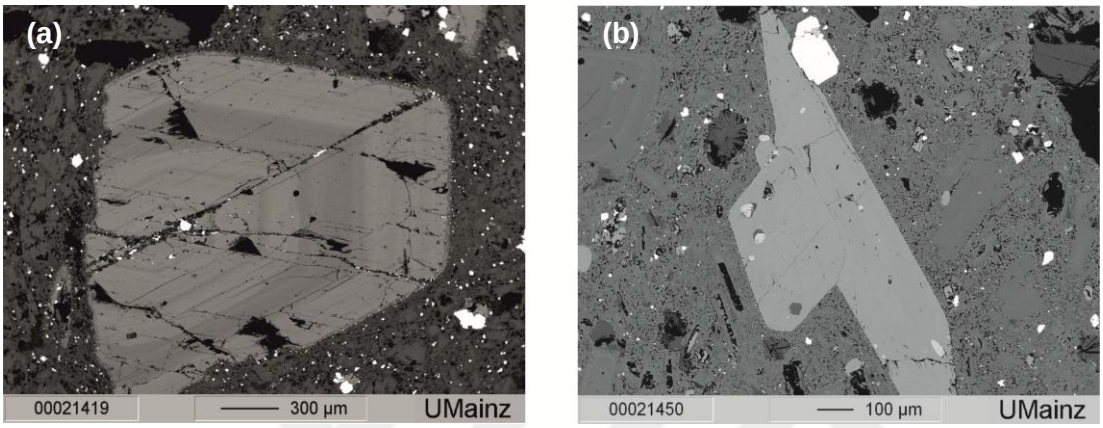


Şekil 2.50 : Plajioklas fenokristallerinde görülen **(a-b)** normal zonlanma **(c-d)** yamalı zonlanma dokuları.

Amfibol

Sulu lavlardan oluşan ve V1a ve V1b serilerinde yer alan amfibol mineralelleri genel olarak magnezyo-hastingsit ve edenit bileşimindedir (Şekil 2.48c). V1a serisi

mineralleri bileşimsel zonlanma sunmakta olup birbiri ile ardalanan koyu ve açık renkli zonlar göstermektedir (Şekil 2.51a). Orta koyu renkli zonda artdan Mg mumaralı, kenar zonda tekrar çekirdek ile benzer oranlara dönmektedir. (61-75 arası salınım). Bu durum amfibol fenokristallerinin magma odası içinde taşınması veya magma odası kimyasını kısmen etkileyen bir magma-geri beslenmesi olayı ile gelişmiş olabilir. V1b serisinde yer alan amfiboller homojen bir görüntü sergilemekte olup (Şekil 2.51b), Mg# daha dar bir aralıkta değişmektedir (Mg#63-67).



Şekil 2.51 : (a) V1a grubu lavlarda yer alan bileşimsel zonlanma gösteren amfibol fenokristali. **(b)** V1b grubu lavlarda homojen bir görüntü sergileyen amfibol fenokristali.

Biyotit

Biyotit fenokristalleri sadece V1b serisinde yer almaktadır. Genel olarak homojen bir kimya sergilemekte olup (Şekil 2.48d), Mg# değerleri 64 civarındadır.

2.5.2 Gabroik kayalar

Gabro sokulumun kimyasal evrimini anlamak adına olivinli gabrolar (1 adet piroksence zengin; 1 adet piroksence fakir) ve dayk kümesinden bir adet örnek üzerinden mineral kimyası analizleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.52).

Piroksence zengin ve fakir gabrolar başlıca olivin + klinopiroksen+ ortopiroksen + plajioklas + amfibol + biotit minerallerinden oluşmaktadır. Bu örnekler kimyasal olarak farklı özellikler sergilemediği için iki grupta olivinli gabro başlığı altında tanıtılacaktır. Bu grup dışında yer alan dayk kümesi örneklerinde ölçülen minerallerin de kimyası bu kısımda tanıtılacaktır.

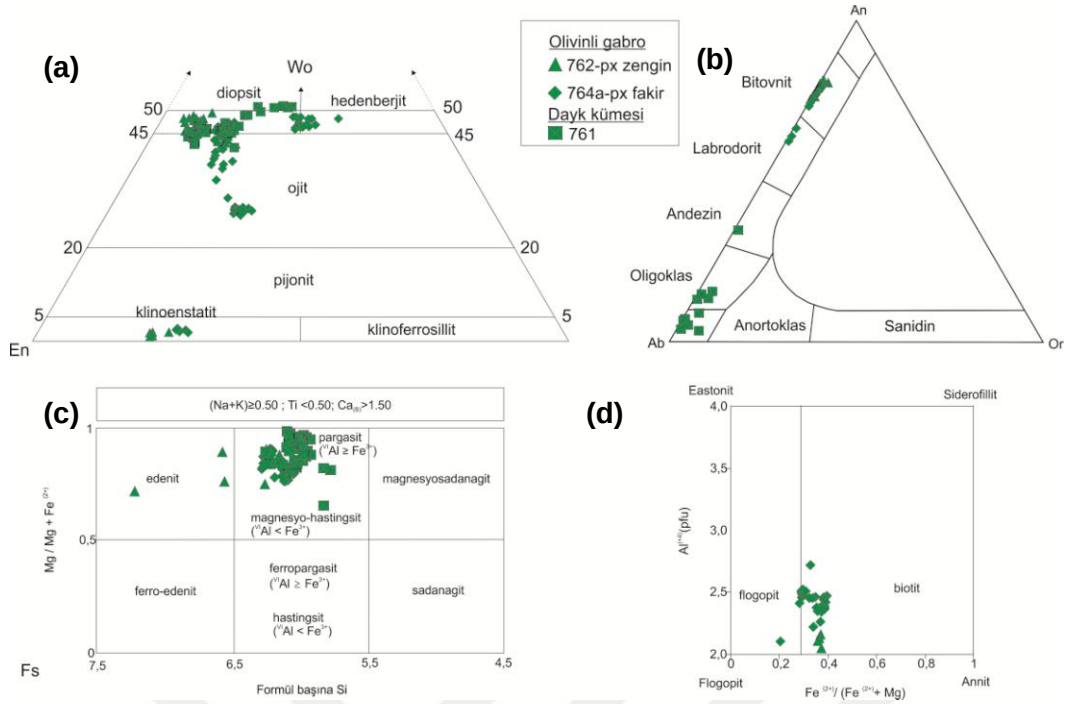
Olivin

Olivin mineralleri genel olarak taze ve alterasyondan etkilenmiş halde gözlenmiştir. Olivin minerallerinin Fo değerleri 67-74 arasında değişmektedir.

Klinopiroksenler

Olivinli gabroda yer alan klinopiroksen mineralleri diopsit, ojit ve hedenberjit kimyasına sahip olup, genel olarak mineraller çekirdek ve kenar zonlarına doğru bileşimsel olarak salınımlı bir zonlanma göstermektedir (Şekil 2.53a). Klinopiroksen mineralleri orta ve yüksek Mg# değerleri göstermekte olup (64-85); bileşimsel olarak geniş bir kimyasal aralık sunmaktadır (Şekil 2.52a; Wo_{27-52} En_{36-53} Fs_{8-26}). Bu minerallerdeki Mg# çekirdek kısımlarında yüksek, kenar zonlarına doğru düşüktür ve normal zonlanma gelişimine işaret etmektedir.

Dayk kümesinde yer alan klinopiroksen mineralleri ojit ve diopsit kimyasına sahiptir (Wo_{42-51} En_{26-49} Fs_{6-22}) ve belirgin bileşimsel zonlanma sergilemektedir (Şekil 2.52a; 2.53b). Bu minerallerin Mg#'ları 54 ile 88 arasında değişmekte olup, yüksek değerler bazı minerallerde çekirdek bazılarında ise kenar kesimlerde yer almaktadır. Bu durum klinopiroksenlerin oluşumu sırasında magma karışımının gerçekleşmiş olabileceğini göstermektedir. Magma odası süreçleri tartışma kısmında ayrıntılı olarak ele alınacaktır.



Şekil 2.52 : (a). Gabroik sokulum ve dayk kümesinde gözlenen klinopiroksen minerallerinin (Wo: vollastonit, En: Enstatit, Fs: ferrosillit) bileşimsel aralıkları. **(b)** Plajioklas minerallerinin bileşimsel aralıkları (An: Anortit; Ab: Albit; Or: Ortoz). **(c)** Amfibol minerallerin bileşimsel aralığı. **(d)** Biotit minerallerinin bileşimsel aralıkları.

Plajioklas

Olivin gabro örneklerinde yer alan plajioklas mineralleri bitovnit ve labradorit bileşimlidir (Şekil 2.52b, An_{62-81}). Plajioklasların çekirdek kesimleri (açık renkli kesimler) genel olarak An'ce zengin olup, kenar zonları ise An'ce fakirdir (2.53c). Bu durum plajioklasların An oranı düşük kenar kesimlerinin interkümülüs kalık ergiyikten kristallendiği göstermektedir.

Dayk kümesinde yer alan plajioklaslar genel olarak ince taneli olup, andezin ve oligoklas kimyası sergilemektedir. Bazı örneklerde albite yakın düşük An değerlerinin tespit edilmesi bu örneklerin son evre ürünler olarak kristallendiğine işaret etmektedir.

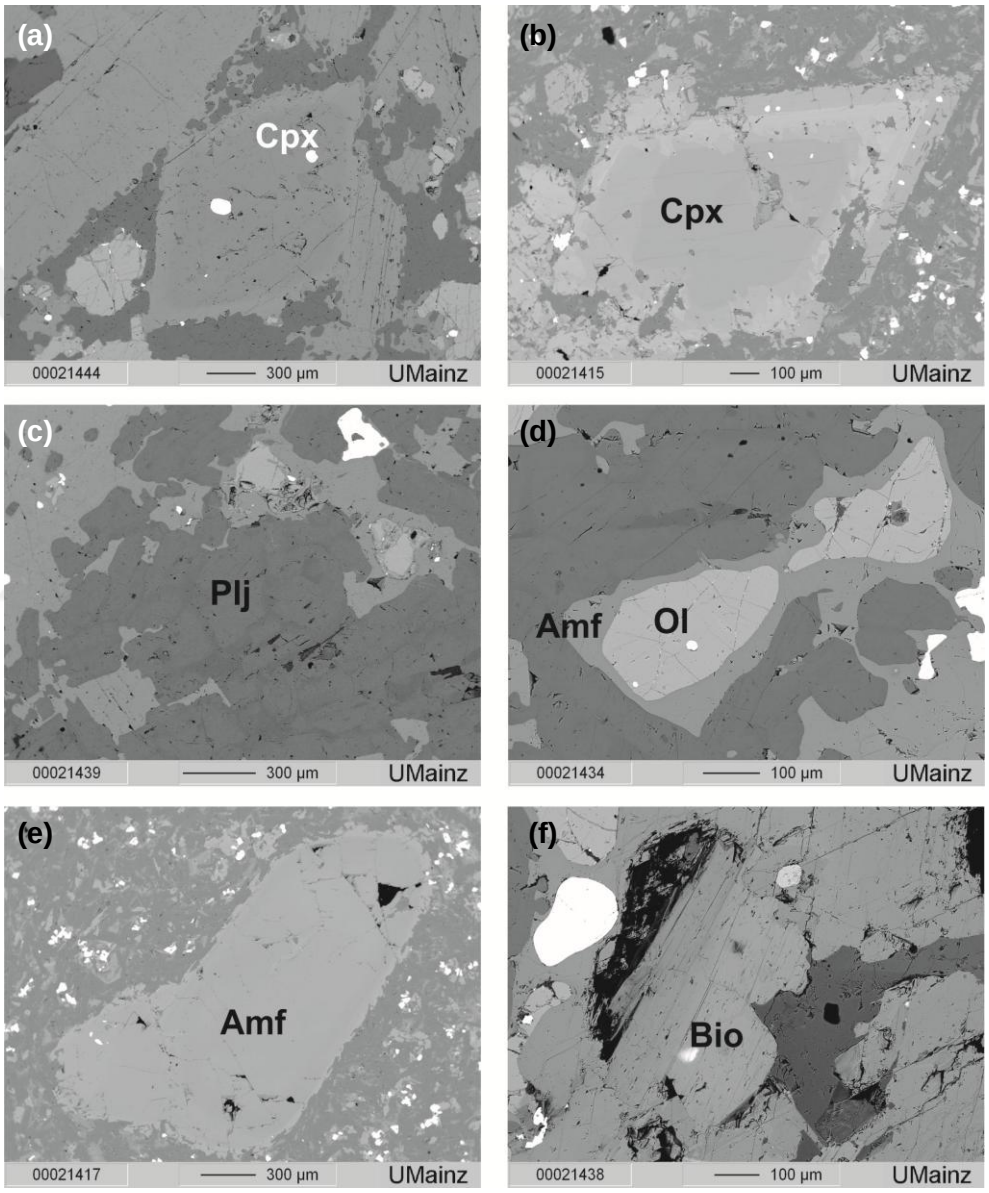
Amfibol

Olivinli gabrolarda yer alan amfiboller magnezyo hastingsit türünde olup, nadiren edenitik kimya sergilemektedir (Şekil 2.52c). Genelde klinopiroksen ve olivin minerallerinin üzerinde ve çeperlerinde gelişen amfibol minerallerinin (Şekil 2.53d) Mg# 70-73 arasındadır. Dayk kümelerinde yer alan amfiboller sadece magnezyo hastingsit kimyası göstermekte olup, Mg# 66-78 arasında değişmektedir. Bu

örneklerde de Mg# çekirdekte yüksek, kenar zonlarda düşük değerler göstermektedir. Bu durum geri saçımlı elektron fotolarında koyu renkli iç zonlar ve açık renkli kenar zonlar ile gözlenmektedir (Şekil 2.53e).

Biyotit

Biyotit mineralleri nadir olarak gözlenmekte olup genel olarak siyah mika ailesinin biyotit uç üyesine yakın bileşimdedir. Bununla beraber bazı örnekler flogopite benzer kimya da sergilemektedir (Şekil 2.52d ve 2.53f)



Şekil 2.53 : (a) Olivinli gabroda yer alan ve bileşimsel zonlanma gösteren klinopiroksen minerali. **(b)** Dayk kümesi içerisinde yer alan bileşimsel zonlanma gösteren klinopiroksen minerali. **(c)** Açık ve koyu renkli zonlar gösteren plajioklas minerali. **(d)** Olivin minerallerin etrafında büyümüş olan amfibol minerali. **(e)** Dayk kümesi içerisinde yer alan amfibol minerali. **(f)** Olivinli gabro içerisinde solidus altı koşullarda büyümüş olan biyotit minerali.

2.6 Tüm Kaya Jeokimyası

Tüm kaya jeokimyası çalışmaları sırasında 108 adet örnekten ana ve iz oksit element ölçümü gerçekleştirilmiştir. Bütün magmatik kayalardan elde edilen tüm kaya jeokimya verileri Ek-D'de verilmektedir. Önceki bölümlerde ayırtlanan ve stratigrafi, yaş tayini ve mineral kimyası bakımından farklılıklar gösteren volkanik ve plütonik birlikler, bulundukları yaş aralığı ve jeokimyasal gelişimlerine bağlı olarak ayrı ayrı anlatılacaktır. İlk bölümde eldeki yaş tayinlerine göre bölgenin en yaşlı üyesi olan bazik ve ortaç volkanizma (V1-V2 grupları) anlatılacak, daha sonra ortaç-asidik V3 grubunun özelliklerinden bahsedilecektir. Bu serinin betimlenmesinden sonra plütonik seri Yıldızdağ ana gabroik sokulumu ve dayk kümesinin jeokimyasal özellikleri tanıtılacaktır.

2.6.1 Volkanik gruplar

2.6.1.1 V1-V2 grupları

44.4-44.8 M.y.'lık V1-V2 gruplarında yer alan kayalar geniş bir bileşimsel aralık sergilemekte olup, bazalt/havaiitten- dasite kadar değişen bir kimya sunmaktadırlar. Örneklerin ateşte kayıp miktarları % 1.4 ile 6.9 arasında değişmektedir. Bu yüksek ateşte kayıp miktarı, bu örneklerde yer alan sulu mineral miktarının fazlalığı (amfibol ve biyotit) ile açıklanabilir. Bununla beraber tüm kaya analizlerinin kullanılabilirliğini test etmek adına kimyasal alterasyon indeksleri CIA (Kimyasal Alterasyon İndeksi, Nesbitt ve Young, 1982; 1984) ve magmatik kayalar için üretilen istatistiksel alterasyon yöntemi MFW (Ohta ve Arai, 2007) analizleri yapılmıştır. Söz konusu analizler sonucunda kayaların taze ya da hafif altere değerliklerde olduğu gözlenmiştir (gösterilmiyor). Örnekler toplam alkaliye karşın silisyum oksit diyagramında hem alkalin hem de sub-alkalin alanda yeralmaktadır (Şekil 2.54a). V1a serisindeki lavlar genel olarak havaiit (traki-bazalt) ve bazaltik traki-andezit türünde olup, örneklerin tümü alkalin alanında yer almaktadır. Bu kaya grubu genel olarak orta ve yüksek K'lu olup (Şekil 2.54b), silikaca doyumsuz kaya alanında yer almaktadır (Şekil 2.54c ve 2.54d). İki adet hipersten normatif örnek dışında, bütün örnekler nefelin normatif karakter sergilemektedir. Bu gruba ait lavların Mg# değerleri 46-70 arasında değişmektedir (ort. 53). V1b serisi lavları TAS diyagramında bazaltik andezitten dasite değişen geniş bir alanda saçılmaktadır (Şekil 2.54a). V1b serisine ait bazı lavlar, alkalin-sub-alkalin ayrım çizgisine yakın olarak

izdüşmekte olup, "hafif alkali" olarak nitelendirilebilir. Buna karşın bu seri örneklerinin büyük bir kısmı toleyitik ve kalk-alkalen bileşimlidir (Şekil 2.54b). Bu seri kayalarının Mg# ilk seriye nazaran daha düşüktür (21-58 arası, ortalama 43). Bu seri lavları da orta-yüksek K karaktere sahip olup, silikaya doygun kimya sergilemektedir (Şekil 2.54c ve 2.54d).

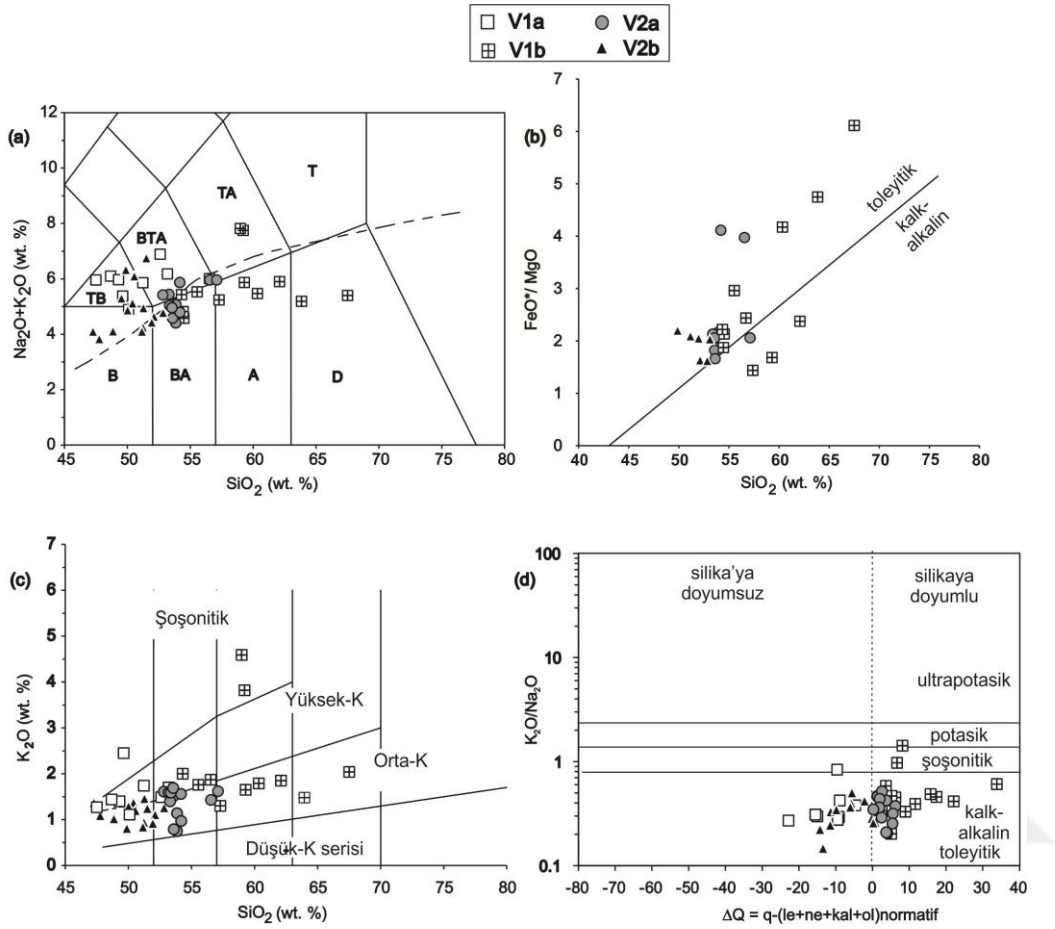
V2a serisi lavları bazaltik traki-andezit ve bazaltik andezit alanlarına izdüşmekte olup, örnekler alkalin/sub-alkalin ayrım çizgisi üzerinde kümelenmiştir (Şekil 2.54a). V2a serisinin sub-alkalin örnekleri genel olarak toleyitik karakterli olup, silikaya doygun özellikleri ile V1b serisine benzerlik göstermektedir (Şekil 2.54b). Buna karşın, V2a lavları V1b lavlarına nazaran daha yüksek Mg#'na sahiptir (33-52, ort. 45). V2b lavları bazalt, traki-bazalt, bazaltik andezit ve bazaltik traki-andezit alanlarına kümelenmiştir. V2b lavları genel olarak orta-yüksek K'lu, silikaya doyumsuz ve V2a'ya göre daha yüksek Mg#'na sahiptir (40-62, ort. 50).

V1-V2 grubu kayalarının SiO_2'ye bağlı olarak gösterdikleri kimyasal değişim Şekil 2.55'de gösterilmiştir. Bütün volkanik kayalarda artan SiO_2'ye karşın azalan TiO_2, CaO, MgO and $FeO_{(toplam)}$ değerleri izlenmektedir. Bununla birlikte Al_2O_3 ve Na_2O oksit değerleri, SiO_2 değeri %57'ye ulaştığında büklüm göstermekte ve azalmaktadır. Benzer gidişler SiO_2'ye karşı iz element desenlerinde de gözlenmiştir. Sr elementi, artan SiO_2'ye karşı genel olarak negatif yönelim gösterirken, Y elementi ise artan SiO_2'ye karşı yataya yakın ve negatif bir gidiş gösterir. Buna karşın büyük iyon litofil elementler (LILE; Ba, Rb) ile yüksek alan şiddetli elementler (HFSE, Zr, Th) düzensiz ve dağınık dağılım sergilemektedir.

Şekil 2.56'da V1(a-b) ve V2(a-b) serilerindeki lavlardan seçilmiş temsilci örneklerin kondrite göre normalize edilmiş iz element desenleri gösterilmektedir. V2b serisinde yer alan 151 numaralı örnek bütün seriler içerisinde en primitif örnek olarak kabul edildiği için (SiO_2 %48; Mg# 60; Cr: 21 ppm, Ni:32 ppm) karşılaştırma amacıyla bütün diyagramlara referans çizgisi olarak izdüşürülmüştür (Şekil 2.56 a-d).

Diyagramlarda bütün serilerde hafif nadir toprak elementleri (LREE), orta ve ağır nadir toprak elementlere (M-HREE) nazaran zenginleşme göstermektedir. LREE

değerleri farklı alt serilerde sistematik bir değişim sergilemezken, M-HREE değerleri artan veya azalan SiO_2'ye göre farklı değerler göstermektedir.

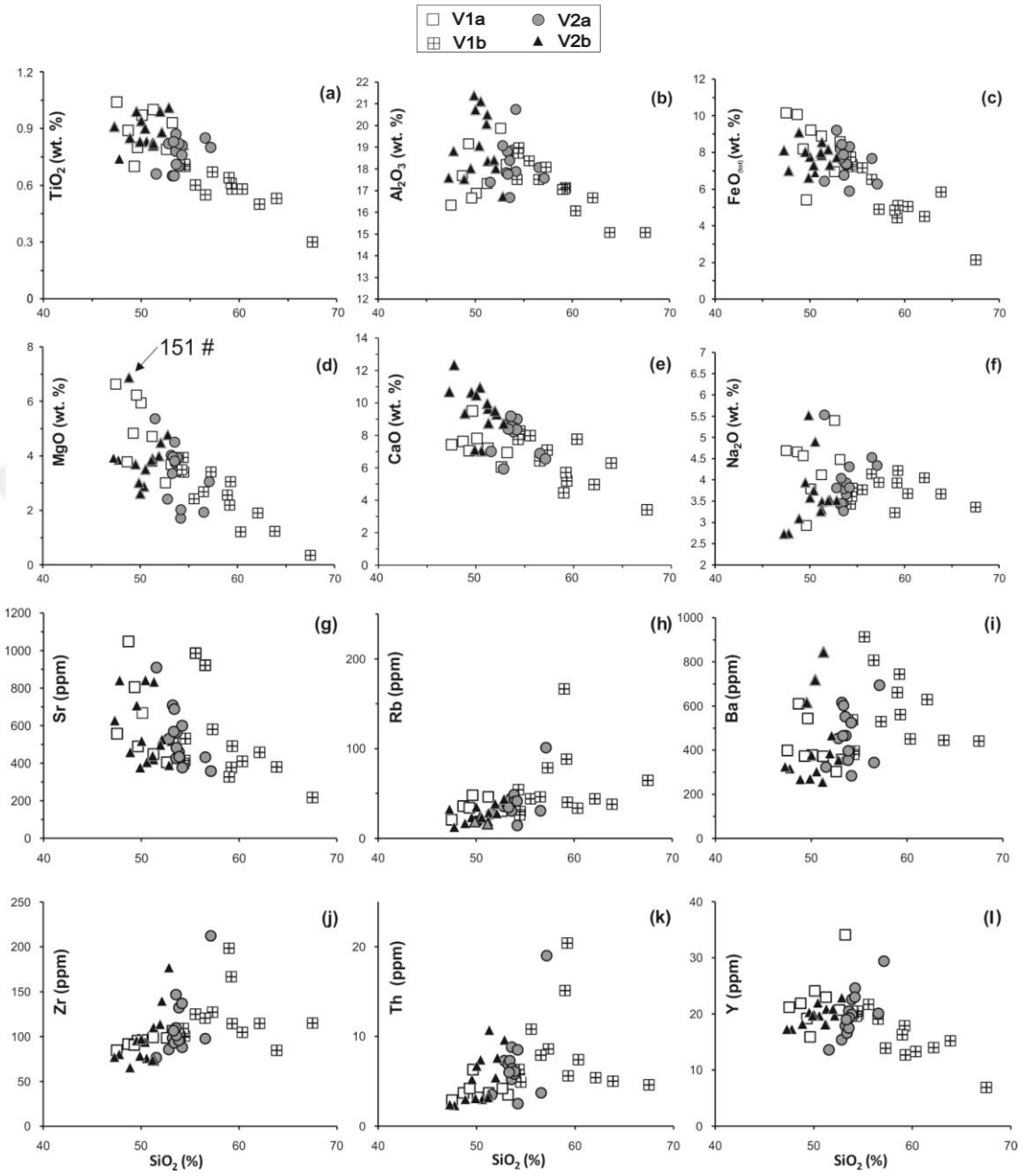


Şekil 2.54 : (a) V1-V2 gruplarında yer alan lavların TAS (toplam alkaliye karşın silika) diyagramındaki konumları (Le Bas ve diğ., 1986; TB: traki-bazalt; BTA; bazaltik traki-andezit; TA:traki-andezit; T: trakit; B: bazalt; BA: bazaltik andezit; A: andezit D: dasit; IB: Irvine ve Baragar, 1971 ayrım çizgisi). **(b)** Miyashiro (1974)'ün FeO*/MgO vs SiO_2 yay toleyitleri ve kalk-alkalin lavlar ayrım diyagramı. **(c)** Lavların potasyum oranına bağlı olarak K_2O vs SiO_2 diyagramındaki konumları. **(d)** Peccerillo (2005)'in silika doygunluk oranına göre ayrım diyagramı ΔQ vs. K_2O/Na_2O (q:normatif kuvars; lc: normatif lösit; ne: normatif nefelin; kal: normatif kalsilite; ol: normatif olivin).

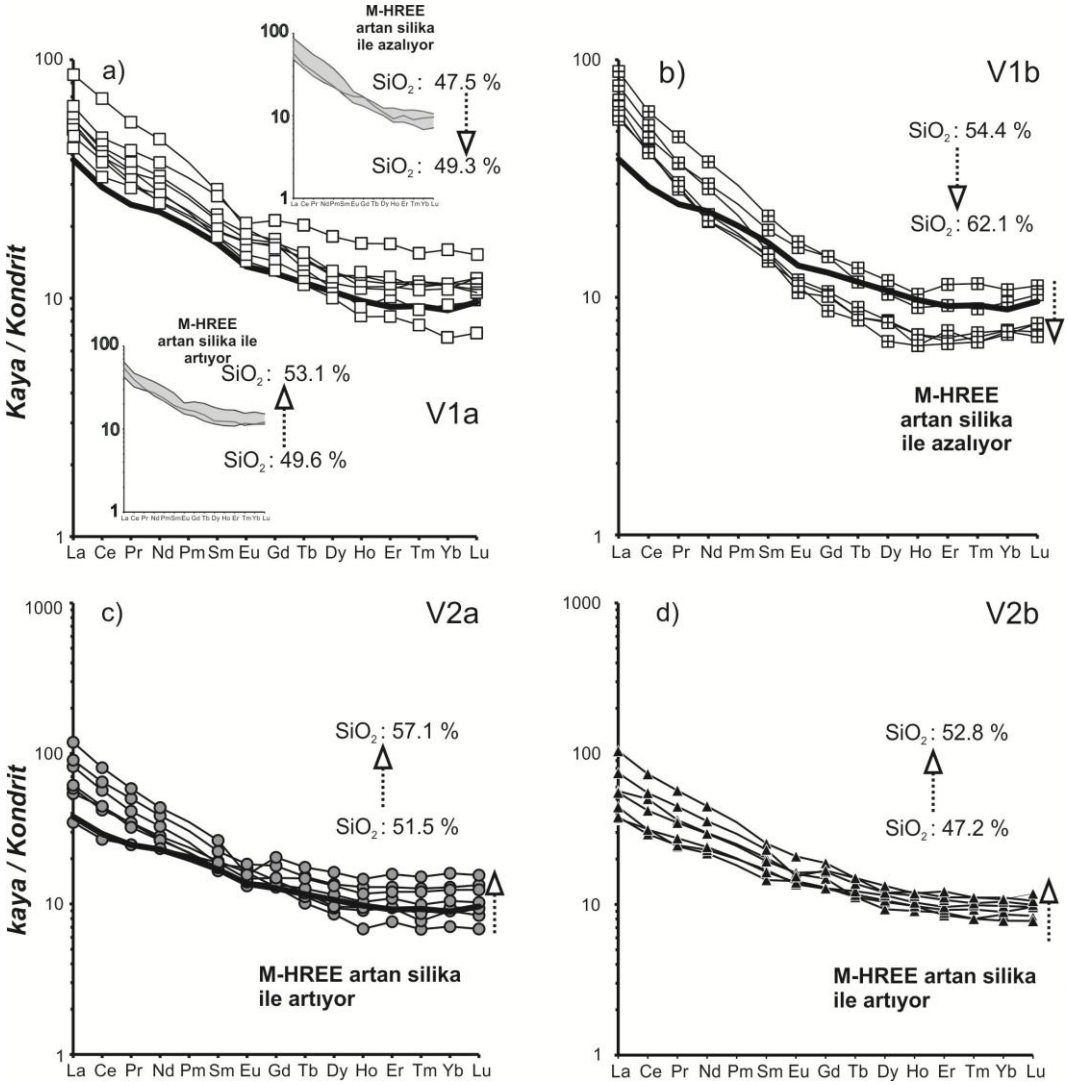
Bu diyagramlardaki bir diğer önemli özellik, V1b ve V2a serilerinde yer alan lavların M-HREE değerlerinin referans çizgisinden daha tüketilmiş değerler sergilemesidir (Şekil 2.56 b-c).

Primitif mantoya göre normalize edilmiş çoklu element diyagramlarında LIL elementlerde (Cs, Rb ve Ba) belirgin zenginleşmeler vardır (Şekil 2.57a-d). Buna karşın bütün serilerde Nb-Ta, ve özellikle V1b serisi lavlarında olmak üzere Ti elementlerinde negatif desenler görülmektedir. Ti anomalisi en belirgin olarak V1b serisi lavlarında görülmektedir. Alkali ve hafif alkali olan V1a ve V2b lavları genel

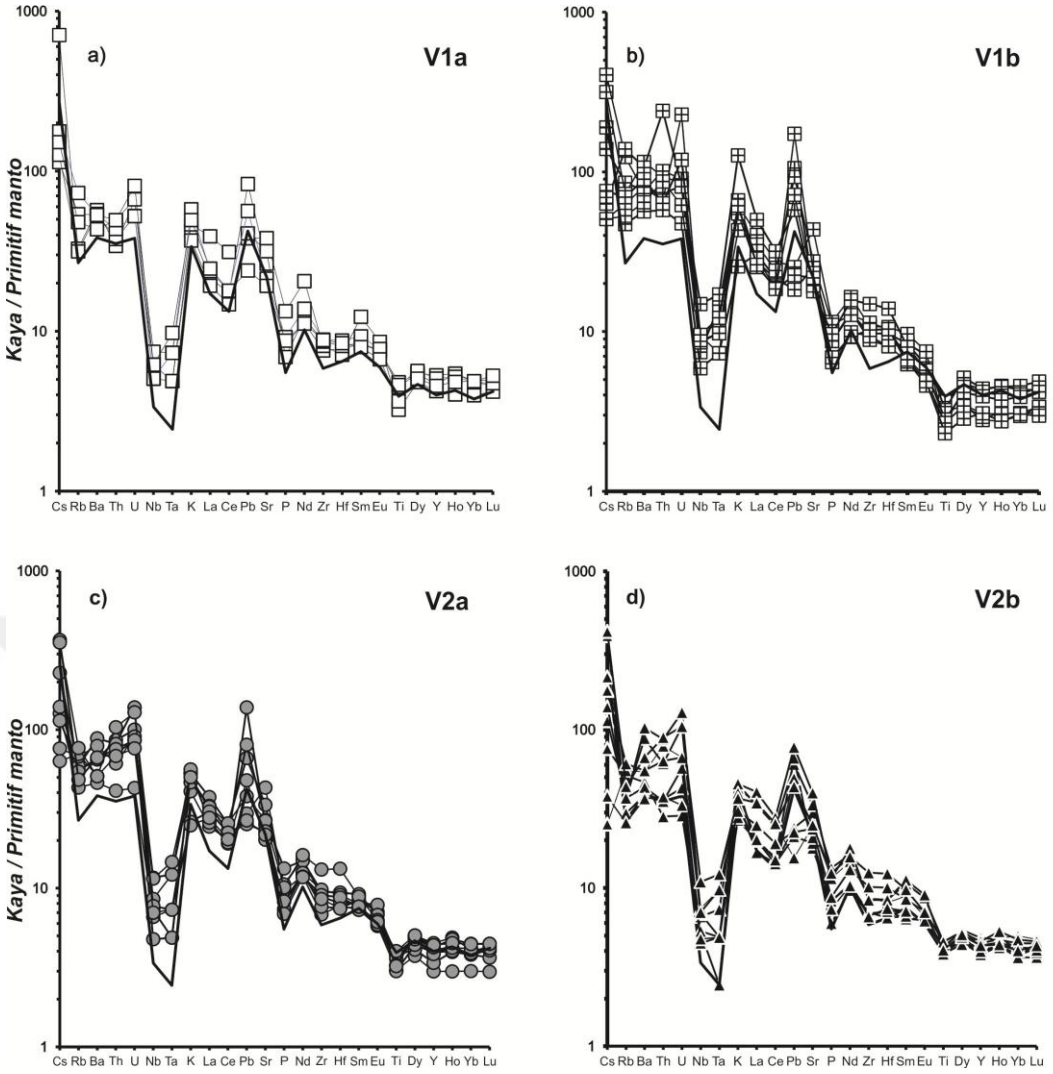
olarak yüksek HREE değerleri göstermekte iken, hafif alkali/sub alkali V1b ve V2a lavları daha düşük HREE değerlerine sahiptir.



Şekil 2.55 : (a-l) V1-V2 serisi lavlarının Harker diyagramlarındaki dağılımları.



Şekil 2.56 : (a-d) Farklı lav serilerinin kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element desenleri (Normlaştırma Boynton, 1984'e göre).



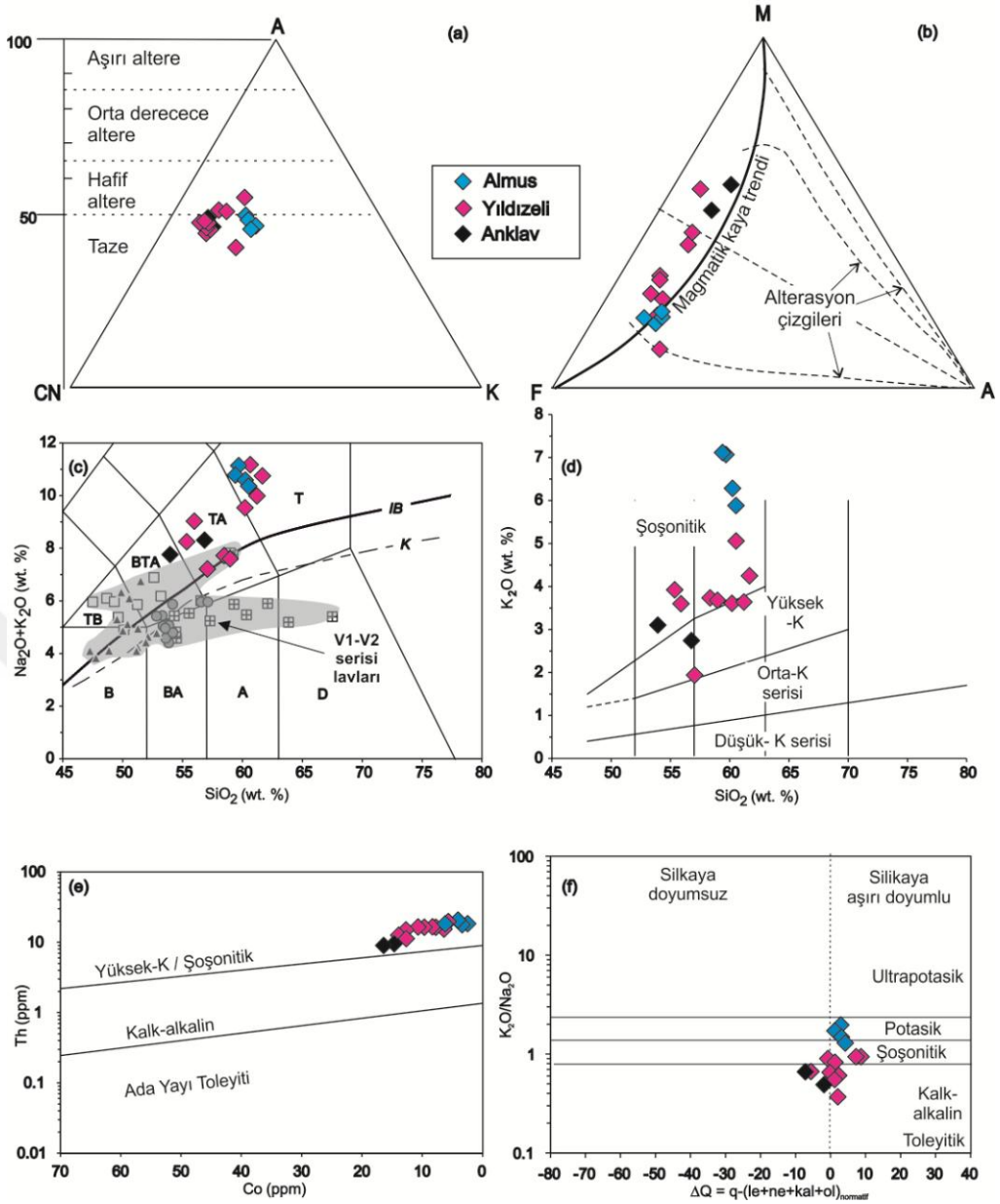
Şekil 2.57 : (a-d) V1-V2 grubu lav serilerinin primitif mantoya göre normalize edilmiş çoklu element desenleri (Normlaştırma Sun ve Mcdonough, 1989'e göre).

2.6.1.2 V3 grubu lavları

Radyometrik yaşları 40-41 milyon yıl arasında değişen V3 grubu lavlarından toplam 13 adet lav ve 2 adet monzodiyorit/monzonitik anklav örneğinden tüm kaya jeokimya analizi yapılmıştır (Şekil 2.58). Bu grupta yer alan lavların hamur kesimlerinde ve feldspatların üzerinde yaygın olarak serizit ve ikincil mineral gelişimi izlenmektedir. Bu nedenle kayaların ateşte kayıp miktarları yüksektir (% 1.1-5.2). Söz konusu nedenden ötür tüm kaya analizlerinin kullanılabilirliğini test etmek adına kimyasal alterasyon indeksleri CIA (Nesbitt ve Young 1982, 1984) ve istatistiki alterasyon yöntemi MFW (Ohta ve Arai, 2007) analizleri gerçekleştirilmiştir. CIA değerleri 30 ile 45 arasında olan kayalar genel olarak altere veya az altere olmuş örneklere karşılık gelmektedir (Nesbitt ve Young, 1982). Yıldızeli bölgesinde yer alan 331 numaralı örnek hariç (CIA değeri 56) bütün

örnekler jeokimyasal değerlendirmeye uygundur (Şekil 2.58a ve 2.58b). TAS diyagramında bütün örneklerin traki-andezit ve trakit alanlarına iz düştüğü görülmektedir (Şekil 2.58c). Traki-andezitik örnekler ise sadece Yıldızeli bölgesinde gözlenmektedir. Bu seri lavlarında yer alan yüksek sodyum oranları (% 3.6-6.5) sebebiyle aynı kayalar benmoreit, latit ve trakit olarak da isimlendirilebilir (Le Bas ve diğ, 1986). Bütün kayalar alkalin-sub-alkalin ayrım çizgisinin üzerinde yer almaktadır. Potasyuma karşılık silisyum ayırma diyagramında bütün örnekler yüksek K ve şoşonitik alanlarına iz düşmektedir (Şekil 2.58d; Peccerillo ve Taylor, 1976). Buna karşılık, Almus örnekleri, Yıldızeli örneklerine nazaran potasyumca daha zengindir. Altere volkanik kayaların ayırtlanmasında kullanılan Co-Th diyagramında bütün örnekler yüksek-K ve şoşonitik kayalar alanında toplanmaktadır (Şekil 2.58e), Hastie ve diğ, 2007). Silika doygunluk indeksinde ise Yıldızeli bölgesinden bir örnek ve anklavlar silikaya doyumsuz alana izdüşmekte, buna karşın diğer örnekler silikaya aşırı doygun, şoşonitik ve potasik alanda yeralmaktadır (Şekil 2.58f).

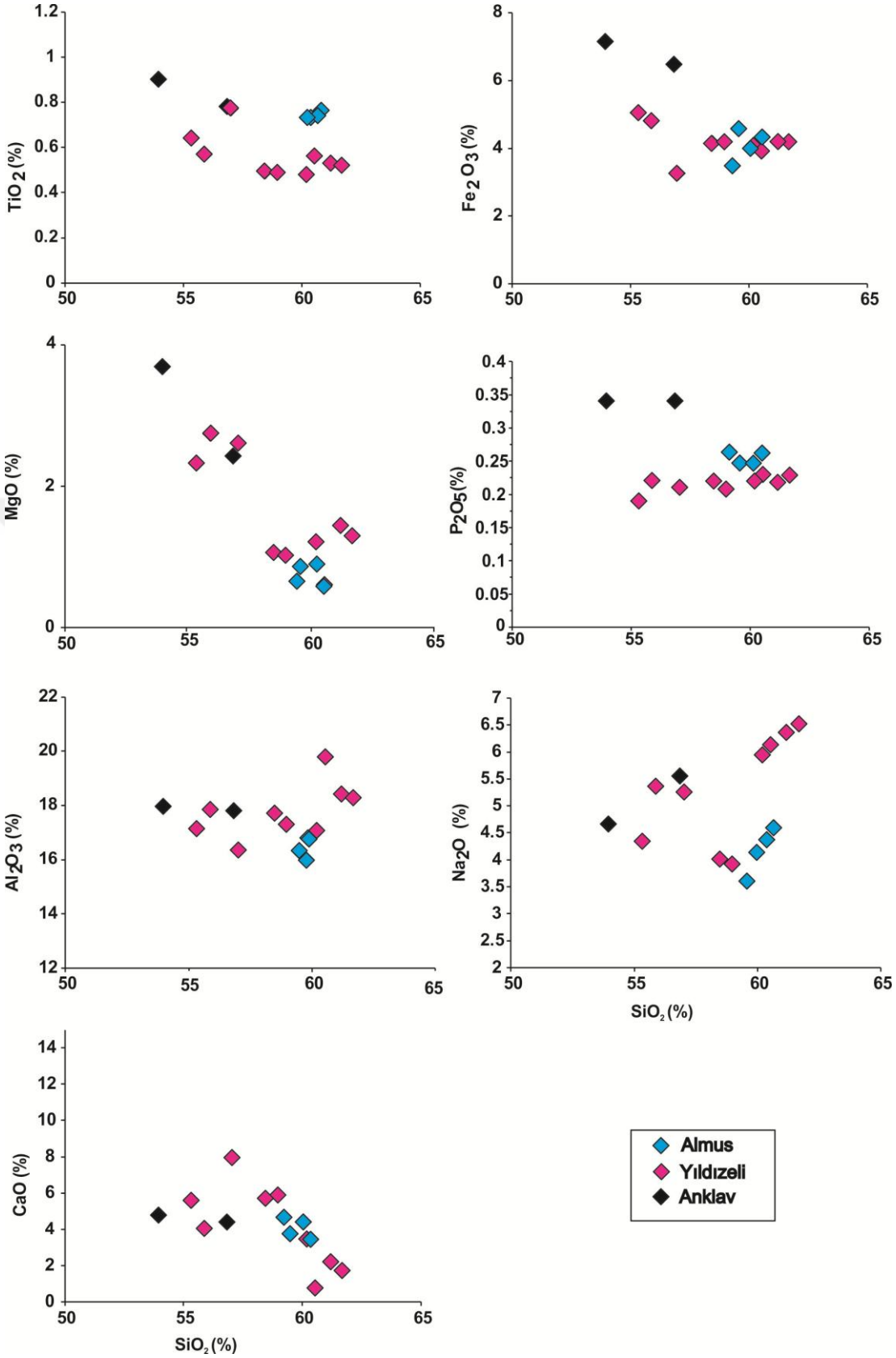
Bu gruptaki lavların silika içeriği % 55.3-61.6 ve magnezyum oksit içeriği % 0.56-2.7 arasında değişmektedir. Buna karşın anklavların silika içeriği %53.9-56.8; magnezyum oksit içeriği ise 2.4-3.9 arasında değişmektedir. Bu değerler, monzonitik- monzodiyoritik anklavların bu sistemin daha primitif kısmına karşılık gelebileceğini göstermektedir.



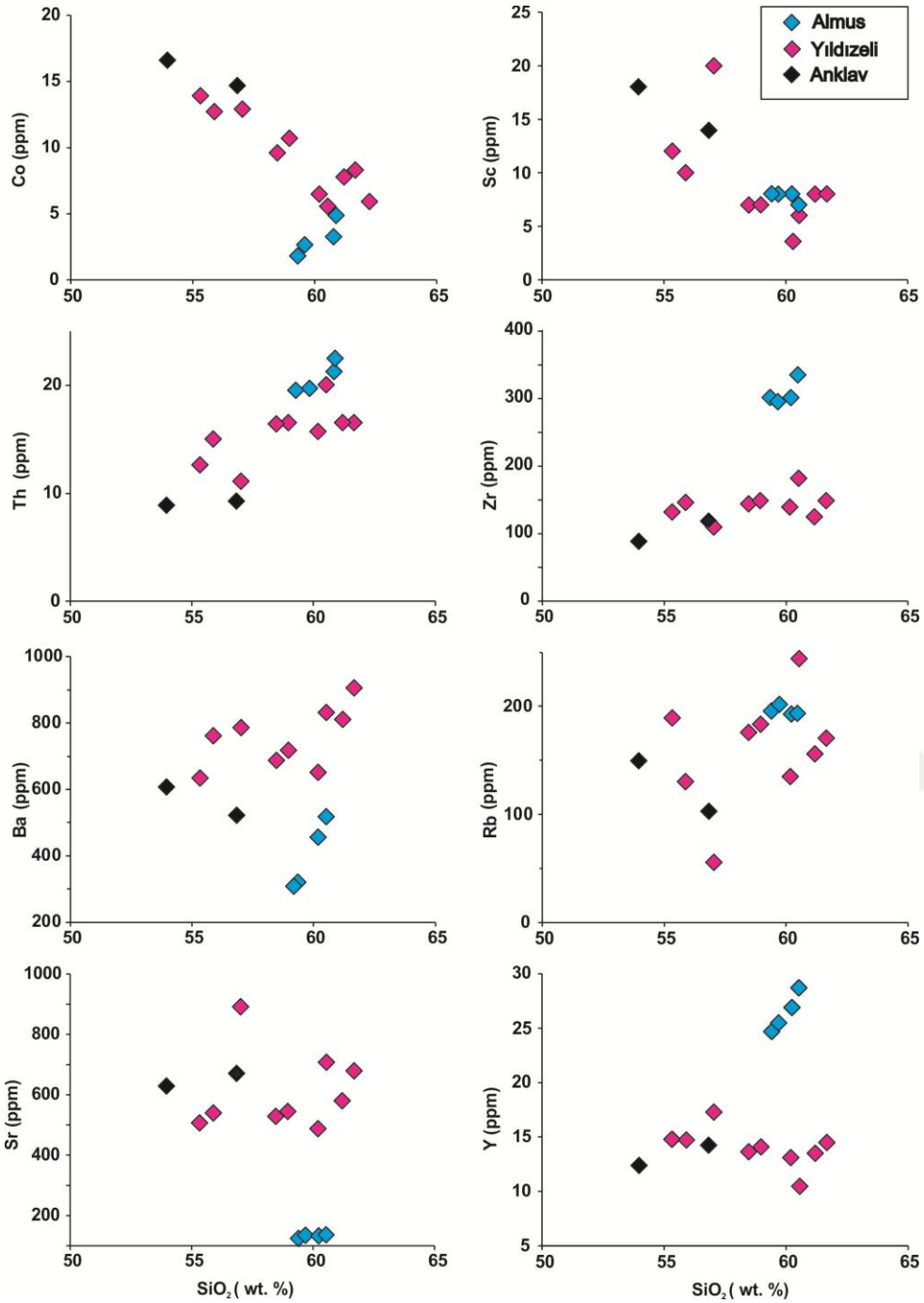
Şekil 2.58 : (a) Kimyasal alterasyon indeks diyagramında (A-CN-K; Nesbitt ve Young, 1982) trakitik örneklerin dağılımı. **(b)** MFW istatistiki alterasyon yöntemi ile V3 grubu kayalarının konumu. **(c)** V3 grubunda yer alan lavların TAS (toplam alkaliye karşın silika) diyagramındaki konumları (Le Bas ve diğ, 1986; TB: traki-bazalt; BTA; bazaltik traki-andezit; TA: traki-andezit; T: trakit; B: bazalt; BA: bazaltik andezit; A: andezit D: dasit; IB: Irvine ve Baragar, 1971 ayrım çizgisi;K: Kuno, 1966 ayrım çizgisi. **(d)** V3 grubu kayalarının potasyum oranına bağlı olarak K_2O vs SiO_2 diyagramındaki konumları. **(e)** Co-Th altere volkanik kaya ayrım diyagramında V3 grubu örneklerinin konumu (Hastie ve diğ, 2007). **(f)** Peccerillo (2005)'in silika doygunluk oranına göre ayrım diyagramı ΔQ vs. K_2O/Na_2O (q:normatif kuvars; lc: normatif lösit; ne: normatif nefelin; kal: normatif kalsilit; ol: normatif olivin)

Harker diyagramlarında TiO_2, Fe_2O_3, MgO ve P_2O_5 değerlerinin artan silisyum ile yatay veya negatif yönelimler sergilediği görülmektedir (Şekil 2.59a, 2.59c, 2.59d, 2.59g). Buna karşılık Al_2O_3 ve Na_2O değerleri artan silika ile yatay ve artan değerler sergilemektedir (Şekil 2.59b ve 2.59f). Silika oranı %57'ye geldiğinde CaO ve Na_2O oranlarında belirgin sapmalar gözlenmekte ve CaO değerleri genel olarak düşmektedir (Şekil 2.59e). Buna karşın Na_2O değerleri seri içinde farklı davranışlar sergilemektedir. Yıldızeli bölgesindeki örneklerin Na_2O değerleri artan silika ile artmakta, buna karşın Almus bölgesi örnekleri tam ters bir davranış göstermektedir.

İz element oranları da artan silikaya nazaran farklı davranışlar sergilemektedir. Uyumlu elementler Co ve Sc artan silika ile azalırken (Şekil 2.60a ve 2.60b), yüksek alan şiddetli elementler (HFSE) Zr ve Th, artan silisyum ile artan değerler sergilemektedir (Şekil 2.60c ve 2.60d). Ba elementi de HFSE elementlere benzer davranış sergilemekte olup, bu davranış Yıldızeli örneklerinde daha belirgindir (Şekil 2.60e). LILE elementlerden Rb genel olarak dağınık bir desen sunmaktadır (Şekil 2.60f). Sr elementi, artan silika ile yatay ve negatif gidişler gösterirken (Şekil 2.60g), Y artan silika ile yatay ve artan değerler sergilemektedir (Şekil 2.60h). İz element içeriği bakımından Almus bölgesi V3 kayaları Zr ve Y bakımından Yıldızeli örneklerine nazaran daha zenginken, Sr ve Ba bakımından Yıldızeli örnekleri daha yüksek değerler sergilemektedir. Bu durum iki bölgede yer alan V3 grubu lavların farklı modal mineral bolluklarına sahip olması (amfibol, biotit vb.) ile açıklanabilir



Şekil 2.59 : (a-g) V3 grubu lav ve anklalarının ana oksit Harker diyagramları.

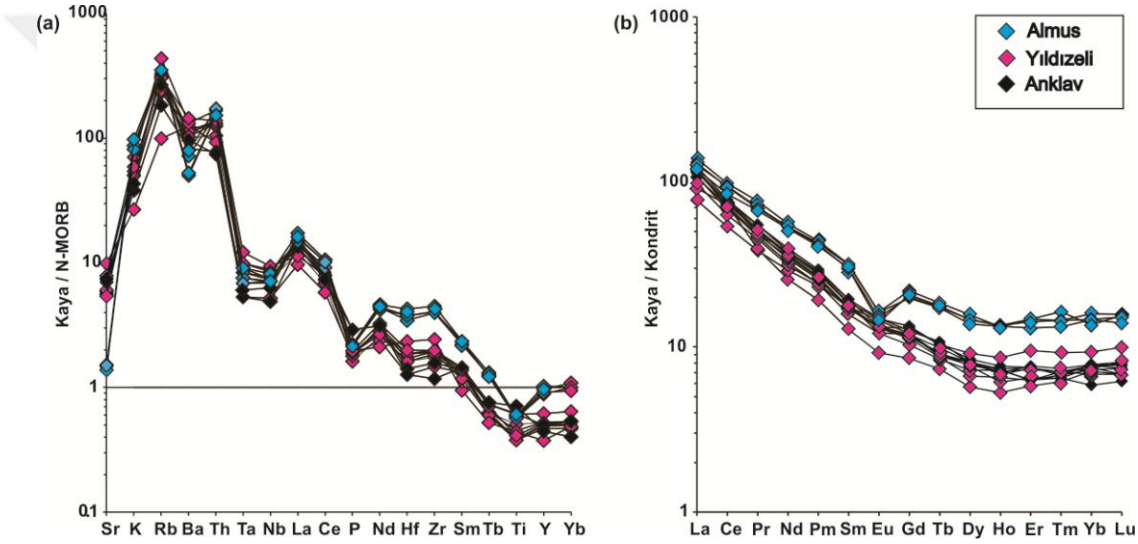


Şekil 2.60 : (a-g) V3 grubu lav ve anklavlarının iz element Harker diyagramları.

Çoklu element diyagramlarında genel olarak bütün örneklerin normal okyanus ortası sırtı bazalt (N-MORB) değerlerine göre zenginleşmiş olduğu görülmektedir. Sadece Ti ve Yb değerleri düşük veriler sunmaktadır (Şekil 2.61a). HFSE elementleri Nb-Ta ve Hf-Zr; LILE'e ve hafif nadir toprak elementlere nazaran

daha düşük değerlere sahiptir. Bunun yanı sıra Ba, P ve Ti elementlerinde belirgin negatif anomaliler gözlenmektedir. Ayrıca Almus trakitlerinin HFSE değerleri Yıldızeli trakitlerine nazaran daha zenginleşmiştir.

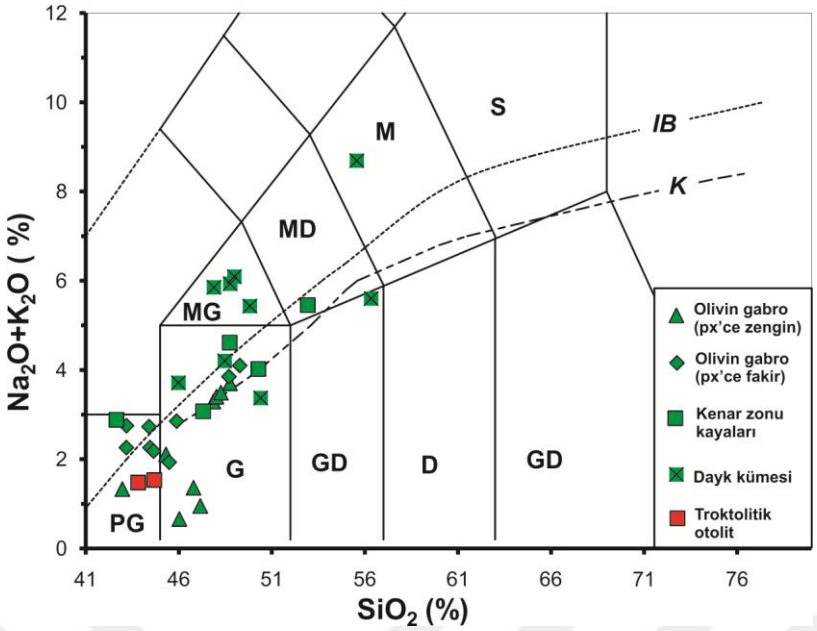
Kondrite normalize edilmiş nadir toprak elementi desenleri her iki bölgedeki kayaların da LREE bakımından zenginleştiğini göstermektedir. Almus bölgesinde yer alan örnekler REE bakımından Yıldızeli örneklerine nazaran daha fazla zenginleşmiştir (Şekil 2.61b). Bunun yanı sıra Almus örneklerinde belirgin negatif Eu anomalisi bulunduğu halde, Yıldızeli bölgesi V3 grubu örneklerinde Eu anomalisi gözlenmemiştir.



Şekil 2.61 : (a) V3 grubu lav anklavlarının N-MORN'a göre normalize edilmş çoklu element desenleri (normlaştırma değerleri Sun ve McDonough 1989'a göre). **(b)** V3 grubu lav ve anklarının kondrite normalize nadir toprak element desenleri (Boynton, 1984'e göre).

2.6.2 Yıldızdağ gabrosu ve dayk kümesi

Yıldızdağ gabroik ana kütlesi ve dayk kümesi içerisinde yer alan litolojiler olivinli gabro (px fakir; px'ce zengin), kenar zonu gabroları, dayk kümesi ve troktolitik anklavlardan meydana gelmektedir (Şekil 2.62). Olivinli gabro kayalarının tamamı peridot gabro ve gabro alanlarına izdüşmekte olup, SiO_2 yüzdeleri % 40.9-49.2, MgO yüzdeleri % 5.5 - 16.7, Al_2O_3 oranları %7-20 arasında değişmektedir. Bu magmatik toplulukta gözlenen geniş MgO ve Al_2O_3 oranları kümülat mineralojiden kaynaklanan ve analizlerde mineral yığışımlarına bağlı bazı minerallerin tüm kaya kimyasını kontrol etmesi ile açıklanabilir.



Şekil 2.62 : Toplam alkaliye karşın silika diyagramında Yıldızdağ gabrosu ve çevre kayalarının konumu (PG: Peridot gabro; G: Gabro, GD: Gabro-diyorit, D: Diyorit, GD: Granodiyorit MG: Monzogabro, MD: Monzodiyorit, M: Monzonit, S:Siyenit. Alanlar Middlemost, (1994)'ten alınmıştır (IB: Irvine ve Baragar 1971; K: Kuno, 1966).

Kenar zonu kayaları peridot gabro, gabro ve gabro-diorit alanlarına izdüşmektedir (Şekil 2.62). Bu grup kayaları da SiO_2 oranları % 42.6 - 52.9 arasında değişmektedir. Bu kaya grubunda da kalık ergiyikte gelişen mineraller (amfibol, biyotit, ilmenit) olasılıkla kayalardaki alkaliniteyi arttırmış ve TAS diyagramında alkali alanına ya da hafif alkali alanına izdüşen kimyaların gözlenmesine sebep olmuşlardır.

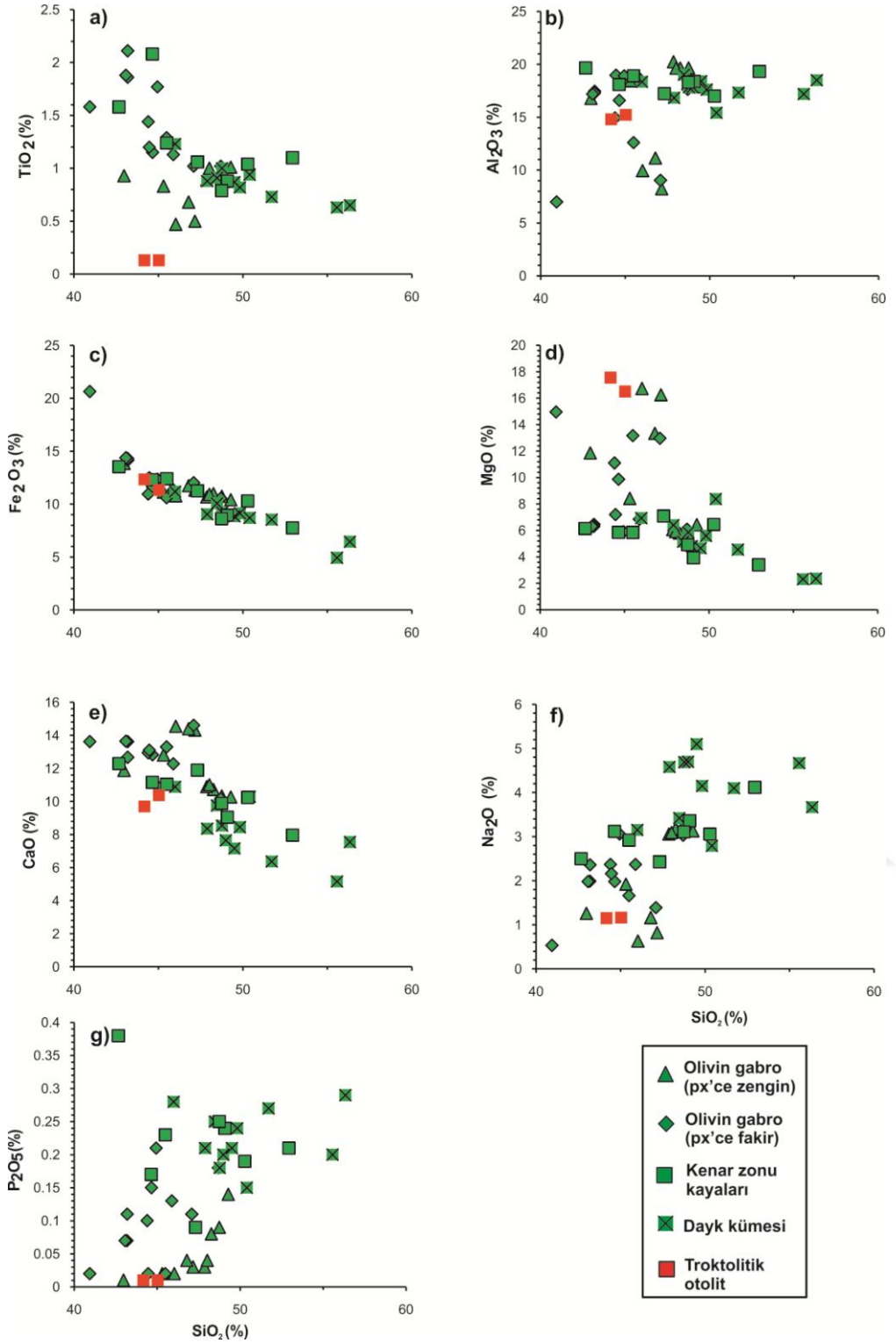
SiO_2 yüzdeleri 46-56.3 arasında değişen dayk kümesi kayaları gabro, monzogabro, gabro-diorit ve monzonit alanlarına izdüşmektedir. Bu grupda gözlenen geniş SiO_2 aralığı örneklerin porfirik ve mikrogranüler dokulu olması nedeniyle gelişen modal mineral bolluk oranları farklılığı sonucu olmalıdır. Troktolit otolitleri peridot-gabro alanına izdüşmekte olup, kümülat kökenli gelişime uygun olarak yüksek MgO %16.5-17.5 değerlerine sahiptirler.

Harker varyasyon diyagramlarında artan SiO_2 ile TiO_2, Fe_2O_3, MgO ve CaO genel olarak negatif bir gidiş gösterirken, Al_2O_3 yatay; Na_2O ve P_2O_5 artan değerler sergilemektedir (Şekil 2.63). Bunun yanı sıra iz elementlere bağlı olarak yapılan Harker diyagramlarında Sr değerleri plajioklas birikimine bağlı aşırı yüksek değerler sergilemektedir (1500ppm, Şekil 2.64a). Y değerleri de artan silika ile hafif artmakta,

daha sonra saçılmış ve yatay bir gidiş sergilemektedir (Şekil 2.64b). Cr içeriklerine bakıldığında, en yüksek değer olivinli gabroda olup, artan silisyumla beraber Cr değerleri azalmaktadır (Şekil 2.64c). Yüksek Ni değerleri troktolitik otolitler içerisinde yer almakta olup (300-350 ppm), artan silisyumla beraber Cr'a benzer şekilde Ni oranları düşmektedir (Şekil 2.64d). Silikaya karşın Hf, Ba ve Zr değerleri artarken, Co değerleri azalmaktadır (Şekil 2.64e-h).

Kondrit normalize nadir toprak element diyagramlarında genel olarak LREE'ler, M-HREE'lere nazaran zenginleşmiştir (Şekil 2.65). Px-zengin gabrolarda genel olarak LREE zenginleşmesi izlenmekle birlikte, bazı örnekler yataya yakın veya LREE'ce tüketilmiş bir kimya göstermektedir (Şekil 2.65a). Buna karşın px-fakir olivinli gabrolarda ve troktolitik otolitlerde belirgin Eu anomalisi gözlenmiştir. Bunun yanı sıra olivinli gabroların, N-MORB'a göre troktolitlerden üç-dört kat fazla zenginleştiği görülmektedir. (Şekil 2.65b). Kenar zonu kayaları ve dayk kümesi kayaları belirgin LREE zenginleşmesi sergilemekte olup, M-HREE'lerde kaşık şekilli bükülmeler görülmektedir (Şekil 2.65c ve 2.65d).

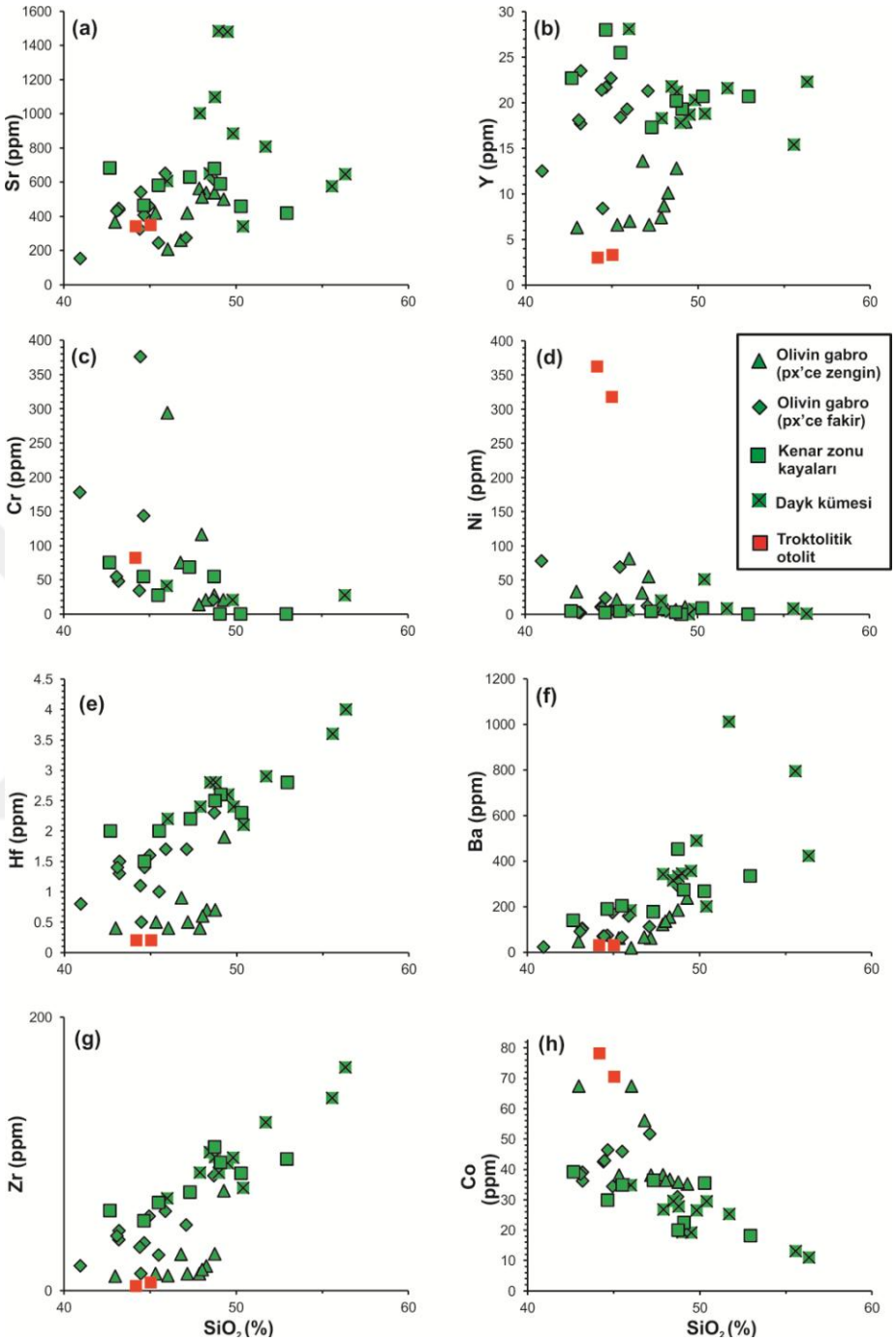
N-MORB'a normalize edilmiş çoklu element diyagramlarında bütün örneklerde negatif Nb-Ta, Rb ve P anomalisi gözlenmekte olup, dayk kümesi haricinde diğer bütün kaya topluluklarında da Hf-Zr'da negatif pikler görülmektedir (Şekil 2.66a-d).



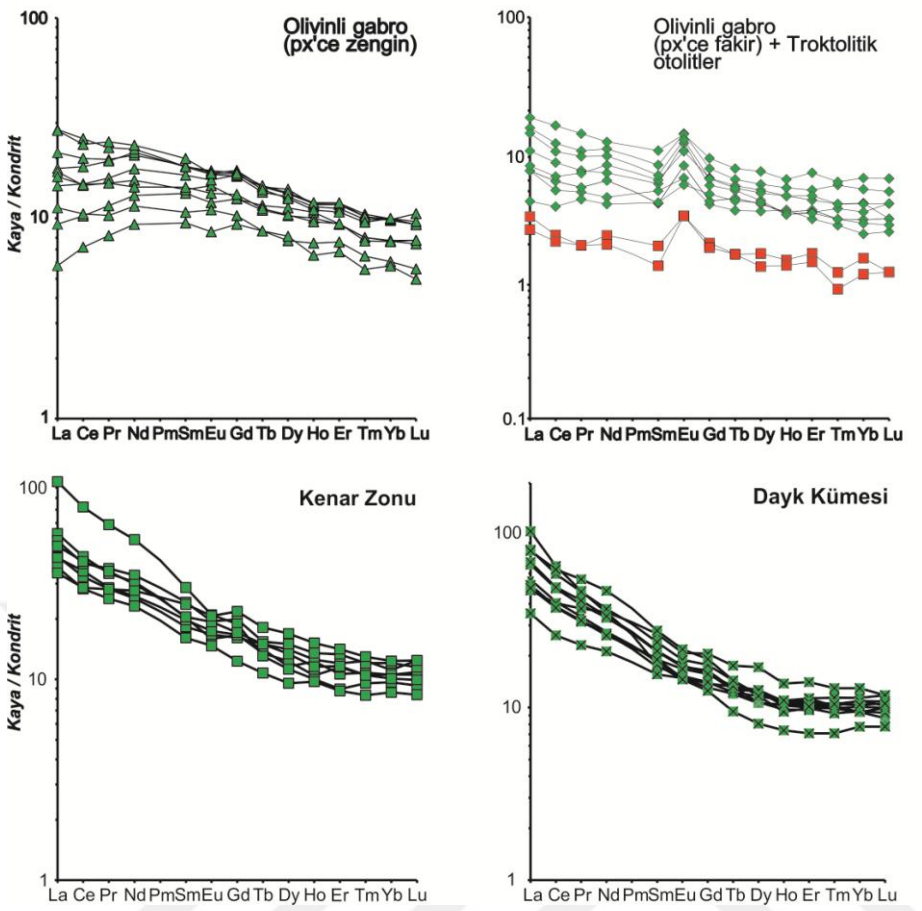
Şekil 2.63 : (a-g) Yıldızdağ gabroik sokulumu ve dayk kümesinde yer alan kayaların silikaya karşı ana oksit miktarlarının değişimi.

Bununla beraber ayrıca kenar zonu kayaları ve dayk kümesi kayalarında negatif Ti anomalisi gözlenmektedir (Şekil 2.66c ve 2.66d). Ayrıca bütün gruplarda Sr belirgin bir zenginleşme sergilemektedir. Px'ce fakir kayalar ve troktolitler genel olarak N-MORB'a daha yakın değerler sergilerken, px'ce zengin olivinli gabrolardan dayk

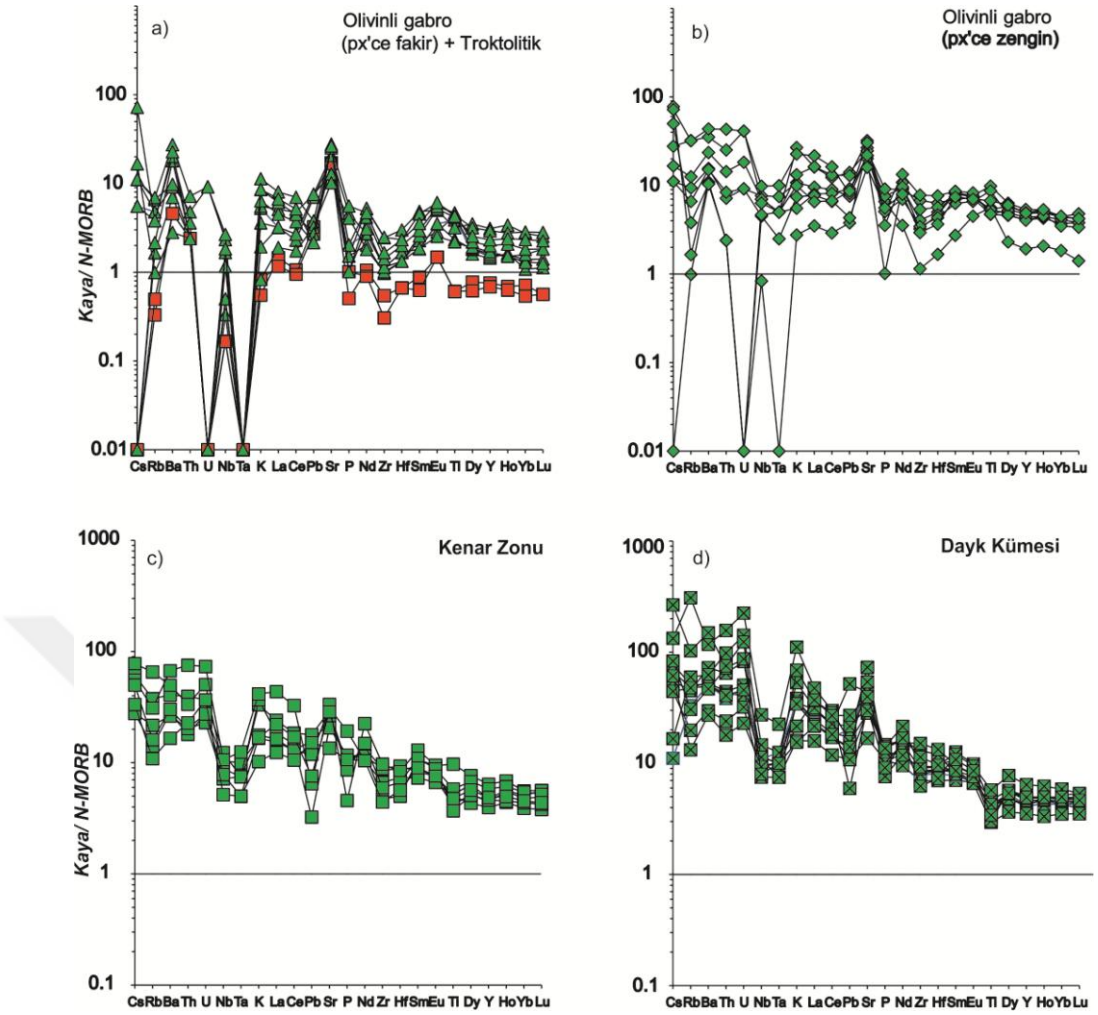
kümesine doğru seçilen çoklu elementlerde N-MORB'a nazaran daha fazla zenginleşme gözlenmektedir.



Şekil 2.64 : (a-h) Yıldızdağ gabroik sokulumu ve dayk kümesinde yer alan kayaların silikaya karşı iz element oranlarının değişimi.



Şekil 2.65 : (a-d) Yıldızdağ gabroik sokulumu ve dayk kümesinde yer alan kayaların silikaya karşı iz element miktarlarının değişimi Yıldızdağ gabroik sokulumu ve dayk kümesinde yer alan kayaların kondrite normalize edilmiş nadir toprak element davranışları, normlaştırma: Boynton, (1984). Kırmızı örnekler troktolitik anklavları temsil ediyor.

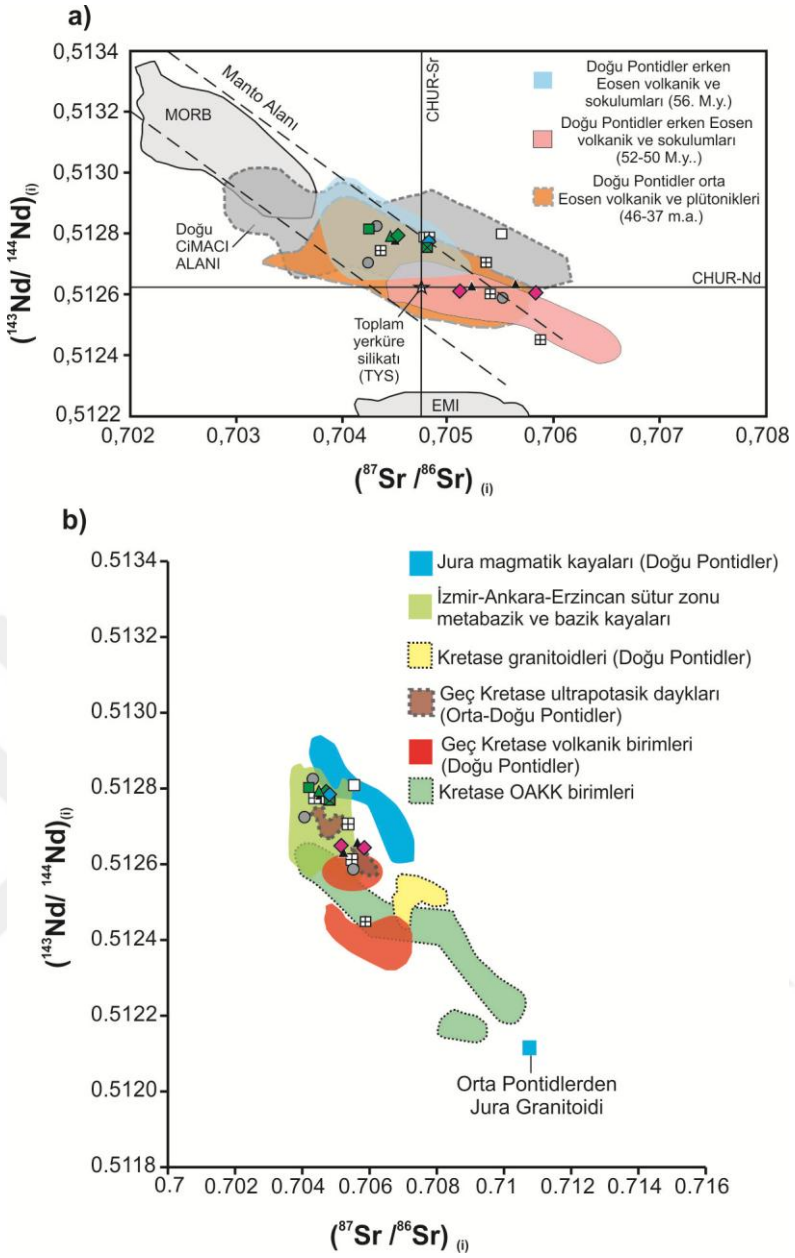


Şekil 2.66 : (a-d) Yıldızdağ gabroik sokulumu ve dayk kümesinde yer alan kayaların çoklu element desneleri. Normlaştırma: Sun ve McDonough, (1989). Kırmızı örnekler troktolitik anklavları temsil ediyor.

2.7 İzotop Jeokimyası

Çalışılan birimlerin magma kaynak alanına yaklaşımlarda bulunmak amacıyla, tüm kaya Sr-Nd izotop analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu analizler kapsamında Sr-Nd değerlerinin ilksel oranları yaş tayinleri baz alınarak ilksel değerler / $^{87}Sr/^{86}Sr_{(i)}$ ve $^{143}Nd/^{144}Nd_{(i)}$ hesaplanmış ve Çizelge 2.3'de verilmiştir. Şekil 2.67'de sunulan verilerin tümü, literatürde yer alan Sr-Nd değerleri ile karşılaştırılmıştır. Genel olarak volkanik ve plütonik kayalardan elde edilen bütün veriler Manto Alanı (Mantle Array) çizgileri arasında yer almaktadır. Tüm lav istiflerinden elde edilen örnekler genel olarak birbirleri ile çakışmaktadır. Bunun yanı sıra Yıldızdağ bölgesinde yer alan kayalar da V2a ve V2b serisi lavları ile benzer alana izdüşmektedir. Genel olarak örneklerin Sr izotop değerleri yüksekdir (> 0.705). Özellikle V1a, V1b ve V3 gruplarına ait örneklerde gözlenen bu durum kayaların sığ denizel ortamdaki çökellerle ardanlanması nedeniyle alterasyona uğraması ile açıklabilir. Ayrıca örneklerin tamamı daha önce literatürden elde edilmiş olan Erken Eosen (56 My; 50-52 My) ve Orta Eosen (37-46 My) kayalarına benzer alanlara izdüşmektedir. Bunun yanı sıra örnekler Sr-Nd izotop değerleri açısından Akdeniz bölgesindeki Senozoyik yaşlı anorojenik alkali magmatik bölgelerini tanımlayan doğu CiMACİ indeksine (Lustrino ve Wilson 2007) de benzer alanlarda yeralmaktadır (Şekil 2.67a).

Orta Eosen magmatiklerini oluşturan manto kaynak alanının, eskiden gelişen manto kaynakları ile benzerliğini anlamak adına, örnekler kendinden yaşlı temel birimler ile karşılaştırılmıştır (Orta Pontidler, Doğu Pontidler ve OAKK, Şekil 2.67b). Bunun sonucunda örneklerin İzmir-Ankara-Erzincan sütur zonu metabazik ve bazik kayaları, Doğu Pontidler Kretase yaşlı volkanikleri ve Geç Kretase yaşlı ultrapotasik volkaniklerine (Orta Pontidler) benzer Sr-Nd değerleri sergiledikleri görülmüştür (Şekil 2.67b).



Şekil 2.67 : (a) Almus, Yıldızeli ve Yıldızdağ bölgelerinde yer alan kayaların ilksel $^{87}Sr/^{86}Sr$ ve $^{143}Nd/^{144}Nd$ değerleri. MORB ve manto aralığı değerleri Gill, (1981); EMI (zenginleşmiş manto tip I), TYS (Toplam Yerküre Silikatı), CHUR (Kondritik Tekil Rezervuar); Sr ve Nd referans çizgileri Zindler ve Hart (1986). Doğu CiMACİ alanı (Lustrino ve Wilson, 2007). Doğu Pontidler Erken-Orta Eosen volkanik ve sokulum birimleri: Topuz ve diğ. (2011); Eyüboğlu ve diğ (2011; Karslı ve diğ. (2011); Arslan ve diğ.(2013); Temizel ve diğ. (2016 ve içerisindeki referanslar. **(b)** Çalışılan kayaların Sr-Nd izotopik değerlerinin daha yaşlı magmatik birimler ile karşılaştırılması. Jura yaşlı magmatik birimleri, (Nzegge ve diğ, 2006, Genç ve Tüysüz, 2010), IAESZ metabazik ve bazik birimler, (Çelik ve diğ, 2013, 2016), Doğu Pontid Granitoidleri (Delibaş ve diğ, 2016 ve içerisindeki referanslar). Doğu Pontidler Geç Kretase volkanik birimleri (Özdamar ve diğ, 2016, Delibaş ve diğ, 2016), OAKK Kretase granitoidleri (Boztuğ ve diğ, 2007, Köksal ve diğ, 2013).

Çizelge 2.3 : Almus, Yıldızeli ve Yıldızdağ bölgelerinde yer alan Eosen magmatik birliklerinin ^{40}Ar-^{39}Ar yaş verileri ve Sr-Nd izotopik değerleri.

Seri	Örnek	Kaya Tipi	Plato yaşı	$^{87}Sr/^{86}Sr$ $\pm 2\sigma$	$^{143}Nd/^{144}Nd$ $\pm 2\sigma$	$^{87}Sr/^{86}Sr_{(i)}$	$^{143}Nd/^{144}Nd_{(i)}$
V1a	47a	Havaiit	-	0.705623	0.512847	0.705568	0.5128067
V1a	565	Havaiit	-	0.704915	0.512822	0.704784	0.5127803
V1a	606	Havaiit	44.89 ± 0.22 My	-	-	-	-
V1b	D-27	Traki-andezit	44.72 ± 0.18 My	-	-	-	-
V1b	D-45	Bazaltik andezit	-	0.704611	0.512775	0.704364	0.512775
V1b	473a	Andezit	44.68 ± 0.080 My	0.706291	0.51274	0.705361	0.5127063
V1b	695	Andezit	-	0.705553	0.512644		
V1b	708	Andezit	-	0.704985	0.512811	0.70480	0.512771
V1b	731	Andezit	-			0.705874	0.5124503
V2a	D-22	Bazaltik andezit	-	0.70564	0.51262	0.705513	0.5125868
V2a	100	Bazaltik andezit	-	0.704442	0.512867	0.704311	0.5128251
V2a	429	Bazalt		0.704389	0.512736	0.704244	0.5127044
V2b	71	Bazalt	44.59 ±0.16 My	0.705701	0.512658	0.705639	0.512658
V2b	151	Bazalt	-	0.704566	0.512819	0.704498	0.512819
V2b	551	Bazalt	-	0.705304	0.512671	0.705221	0.5126321
V3	201	Trakit	41.9 My	0.707134	0.512803	0.70474	0.512773
V3	331	Traki-andezit	-	0.706423	0.512631	0.70586	0.512605
V3	354	Traki andezit	-	0.705542	0.512634	0.70513	0.512609
Ol-gabro	766	(px zengin)	-	0.705304	0.512671	0.705221	0.5126321
Ol Gabro	764a	(Px-fakir)	-	0.705304	0.512671	0.705221	0.5126321
Kenar Zonu	779	Gabro	42.9 My	0.705304	0.512671	0.705221	0.5126321
Dayk Kümesi	759	Monzo -gabro	-	0.705304	0.512671	0.705221	0.5126321

3. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE TARTIŞMA

Bu bölümde genel olarak Almus ve Yıldızeli bölgesindeki volkanik birimlerin manto kaynak alanının karakteri ve bu kaynaktan gelişen kayaların kıtasal kabuk içindeki evrimi tartışılacaktır. Bunun yanısıra Yıldızdağ bölgesinde yer alan birimler kümülat karakterli ve solidus altı mineral gelişimi sergilediğinden, bu plütonik birimi oluşturan manto kaynak alanı hakkında sadece genel önermelerde bulunulacaktır. Dayk kümesi kayaları ise nispeten daha homojen bir yapı sergilediği için, bu kayaların evrimi daha detaylı olarak betimlenecektir.

Petrolojik çalışmaları izleyen bölümde söz konusu verilerle Orta-Doğu Pontid bölgesi ve güneyinin Erken Senozoyik tektono-magmatik evrimi yeniden değerlendirilecektir.

3.1 Manto Kaynak Alanının Genel Özellikleri

Alp-Himalaya Orojenik kuşağı veya Altaidler gibi büyük levha sınırı sistemleri Paleozoyikten eski dalma-batma sistemlerine karşılık gelen manto kamalarını bünyesinde barındırmaktadır. Bu sistemler birbirini üzerleyen dalma-batma, çarpışma, çarpışma sonrası gerilmeli tektonik süreçleri kapsamaktadır. Bu süreçler sırasında dalma-batma izi taşıyan büyük kütleler kıta-altı litosferine eklenmiş olup, bu materyal zaman zaman sütur zonlarında, üzerlenmiş okyanusal litosferde ve manto ksenolitlerinde yeryüzüne çıkarak bu süreçlerin gelişim aşamalarını belgelemektedir (Prelevic ve diğ, 2013). Kıta altı litosferine eklenmiş olan bu materyalin farklı tektono-magmatik süreçler ile ergimesi sonucunda, aktif dalma batmanın olmadığı alanlard da dalma-batma izi taşıyan ürünler gelişebilir (Gill, 1981; Pearce, 1983; Pearce ve diğ, 1990; Lustrino, 2005). Bu nedenle, çarpışma sonrası alanlarda gelişen magmatik birimlerin evrimini açıklamak adına dalma batma sistemlerinde gelişen magmatiklerde kullanılan iz element sistematikleri de kullanılabilir (Nd izotopları, Ba/Th, La/Sm, Ce/Pb, vb.)

3.2 İzotopik Verilerin Değerlendirilmesi

Almus, Yıldızeli ve Yıldızdağ bölgelerinden elde edilen ilksel Sr-Nd izotop değerleri, literatürde yer alan Erken ve Orta Eosen izotopik değerleri ile benzer değerler sergilemektedir (Şekil 3.1). Bu durum söz konusu volkaniklerin kaynak alanının Erken-Orta Eosen boyunca benzer özellikler gösterdiğine işaret etmektedir. Bunun yanı sıra söz konusu kayalar doğu CiMACI türü magmatiklerle de aynı alanlara izdüşmekte olup, söz konusu kayaların da jenetik olarak benzer alanlardan geliştiği düşünülebilir (Lustrino ve Wilson, 2007). CiMACI türü magmatik birimler MORB benzeri ve zenginleşmiş Avrupa astenosferik rezervuarına (EAR, Wilson ve Bianchini, 1999) benzer özellikler sergilemekte olup, bu birimlerin türediği ilksel kaynak alanının konvektif üst manto veya astenosferik kökenli olduğunu önerilmektedir. Buna karşın kıta altı litosferik mantosu (SCLM, Witt-Eickschen ve diğ, 2003) ve obdüksiyona uğramış, sulu mineral içeren metasomatik peridotitik manto alanları da, CiMACI türü magmatik birimler için kaynak alan olarak gösterilebilir (Lustrino ve diğ, 2011).

Türkiye'nin kuzeyinde yer alan Orta Eosen magmatik birimleri genel olarak kalık bir manto kaması üzerinde gelişmiş olup (IAESZ içerisindeki ofiyolit ve yığışım karmaşası toplulukları) bu bölge Triyas ve Kretase zamanlarında birbirlerini üzerleyen dalma-batma süreçlerine maruz kalmıştır (Permo-Triyas: Genç, 2004, Okay ve diğ, 2006; Kretase: Yılmaz ve diğ, 1997a; Gülmez ve diğ, 2016). Bunun yanı sıra Erken-Orta Paleosen döneminde bölgede iyi bilinen bir çarpışma olayı meydana gelmiştir (Okay ve Tüysüz, 1999). Bu nedenle, bu bölgede yer alan Orta Eosen magmatik birimlerinin eski dalma-batma bölgesindeki manto kaynak alanına benzer izotopik özellikler göstermesi beklenebilir.

Analiz edilen örneklerdeki $^{87Sr}/^{86}Sr_{(i)}$ - $^{143}Nd/^{144}Nd_{(i)}$ değerleri IAESZ bölgesinde yer alan Permo-Triyas'tan Kretase'ye kadar olan yaş aralığında gelişmiş olan metabazik ve bazik kayaların değerleri ile çakışmaktadır (Şekil 2.67b, Çelik ve diğ, 2013, 2016). Bunun yanı sıra Orta Pontidlerde Geç Kretase döneminde gelişmiş olan ultrapotasik dayk kümesinin Sr-Nd değerleri ile de uyum göstermektedir (Gülmez ve diğ, 2016). Bu durum Orta Eosen magmatiklerinin manto kaynak alanında eski

dalma-batma olaylarıyla modifiye olmuş olabileceğini destekler niteliktedir. Sr-Nd izotopik oranlarının erken ve Orta Eosen magmatiklerinde çok fazla değişmemiş olması, bu magmatiklerin, Mesozoyik dalma-batma süreçleri boyunca metasomatize olmuş benzer bir kaynak alandan türediğini desteklemektedir.

3.3 Tüm Kaya Jeokimya Verilerinin Değerlendirilmesi

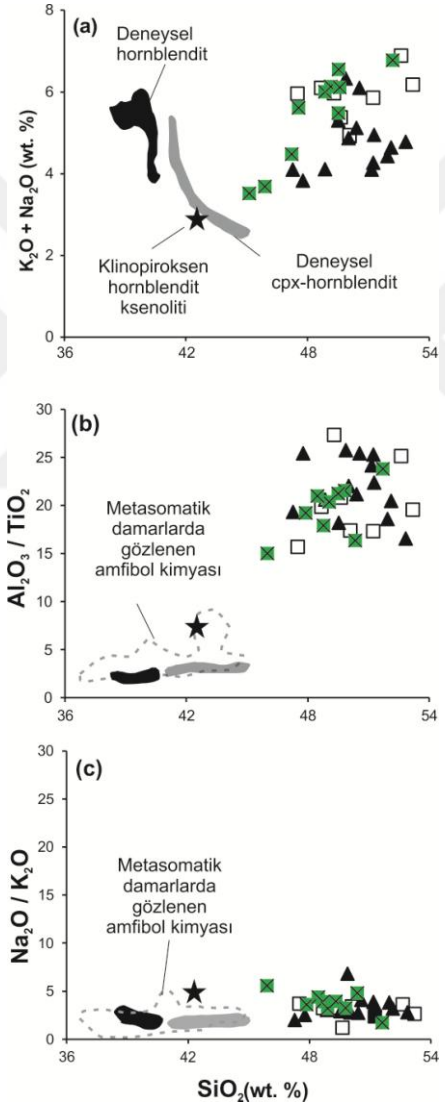
Magmatik sistemin ergiyik gelişiminden volkanik kristallenme aşamasına kadar geçen evrimini anlamak adına, ilk olarak en primitif lavlar, dayklar ve ksenolitlerin tüm kaya değerleri kullanılarak, magma kaynak alanı hakkında yorumlarda bulunulacaktır. Bunu takip eden bölümlerde ise magmanın kabuk içerisindeki jeokimyasal evrimi anlaşılmaya çalışılacaktır.

3.3.1 Ana oksitler yardımıyla kaynak alanın incelenmesi

Almus ve Yıldızeli bölgesindeki kayaların magma kaynak alanını yorumlamak adına bu bölgelerdeki en primitif alkali lavlar ve ksenolitler yardımıyla magma kaynak alanı hakkında yorumlarda bulunulacaktır. Buna karşın Yıldızdağ bölgesindeki gabroik kaya kümülat karakterli olduğu için, magma kaynak alanı hakkında vereceği bilgiler sınırlı olacağından, bu bölgedeki primitif dayk kümesi kayalarından yararlanarak magma kaynak alanı hakkında çıkarsamalar yapılacaktır. Lav serilerinde yer alan SiO_2'ce doyumsuz alkali V1a, V2b serileri ve dayk kümesi içerisinde yer alan alkali dayk kümesi kayaları da benzer kökenden geldiği kabul edilerek bu grup kayalarına dâhil edilecektir. Bunun yanı sıra kaynak alanını direkt olarak temsil etmesi açısından klinopiroksen-hornblendit ksenoliti de bu kayalarla beraber değerlendirilecektir.

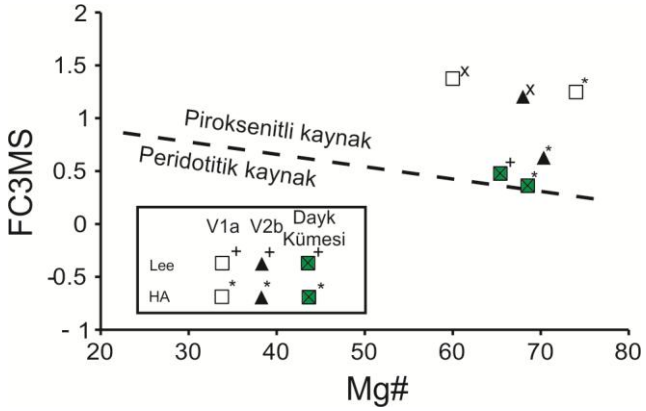
Son yıllarda üretilen deneysel ve petrolojik yayınların büyük bir kısmında nefelin normatif alkali ergiyiklerin metasomatik hornblenditlerin kısmi ergimesiyle türetilebileceği ileri sürülmektedir (Pilet ve diğ, 2008). Bunun yanı sıra karbonatça zengin peridotitik kayaların, granat-peridotit (eklojitik) metabazaltlarının ve kıta altına eklenen melanj diapirlerinin ergimesiyle de alkali kayaların üretibileceği deneysel olarak öne sürelmektedir (Hirschmann ve diğ, 2003; Dasgupta ve diğ, 2007 ve içerdiği atıflar; Cruz-Uribe ve diğ, baskıda). Dünya genelinde genel olarak metasomatize alanların, düşük dereceli kısmi ergimesi sonucunda alkali kayaların

tüm kaya ana oksit değerlerinin üretilebileceği gösterilmiştir (Pilet, 2015). Dünya çapında metasomatize kaynak alanlara karşılık gelen karbonatlı peridotit, SiO_2'ce fakir eklojit ve granat-peridotit alanlarından türeyen ergiyik alanları ile klinopiroksen-hornblendit ksenoliti karşılaştırıldığında bu kayaların jeokimyasal olarak birbiri ile uyumlu olmadığı gözlenmektedir. Buna karşın, deneysel hornblendit, klinopiroksen-hornblendit ile peridotitik manto içerisinde yer alan amfibollü dayklardan elde edilen verilerle karşılaştırıldığında, klinopiroksen-hornblendit ksenolitinin bu alanlara daha yakın bir bölgeye düştüğü görülmektedir (Şekil 3.1a-c).



Şekil 3.1 : (a-c) V1a, V2b, dayk kümesi ve klinopiroksen-hornblendit ksenolit verileri ile literatürde yer alan deneysel hornblendit, cpx-hornblendit ve metasomatik damarlarda yer alan amfibol kimyası verileri ile karşılaştırılması (Bütün alanlar Pilet ve diğ, 2011'den alınmıştır).

Piroksenitik, peridotitik ve eklojit benzeri kaynak alanlarının araştırılmasında "FC3MS" adı verilen bir değer de kullanılmaktadır. Bu değer yüzde olarak FeO/CaO-3*MgO/ SiO_2 değerinin hesaplanması ile elde edilmekte olup (Le Roux ve diğ, 2010), primitif bazaltik kayaların araştırılmasında kullanılmaktadır. Piroksenitik kaynak alanlar genel olarak 0.5-0.6'dan büyük değerlerle temsil edilmektedir (Yang ve Zhou, 2013). Bu durumu incelemek adına veri setimizde yer alan kayaların FC3MS değerleri hesaplanmıştır. Fakat, lav örneklerinin büyük bir kısmı düşük MgO (< %7) ve düşük Ni (<65ppm) değerlerine sahip olduğu için bu kayalardaki fraksiyonlaşma etkisi çekilerek, bu kayaların FC3MS değerleri fraksiyonlaşmaya karşı düzeltilmiş ilksel magma değerleri temel alınarak incelenmiştir. İlksel magma değerleri Herzberg ve Asimow (2008) ve Lee ve diğ. (2009) yöntemlerine göre hesaplanmıştır. V1a serisinin en bazik örneği 606 (Mg#70); V2b serisinin en bazik örneği 151 (Mg#60) ve dayk kümesi serisinden 761 numaralı örnek (Mg# 58) ilksel kimya ve FC3MS değerleri incelenmesi adına seçilmiştir. V1a örneği için FC3MS değerleri 0.95(HA) ve 1.19 (Lee); V2b için 0.51 (HA) ve 1.25 (Lee); dayk kümesi örneği için 0.64 ve 0.54 olarak hesaplanmıştır (Şekil 3.2). Bu hesaplamalar da volkanik kaya ve dayk kümesi kayalarının kaynak alanında olasılıkla piroksenit benzeri litolojilerin yer aldığını desteklemektedir.



Şekil 3.2 : Lee ve diğ. (2009; Lee) ve Herzerg ve Asimow (2008, HA), ilksel magma hesaplama değerleri ile edilen FC3MS değerlerinin Mg#'na karşı iz düşümü. Grafiğin orta kesiminin yukarısında kalan örnekler, piroksenitik kaynak alanlardan türemeyi göstermektedir (Yang ve Zhou, 2013).

Yukarıda tanıtılan veriler ışığında söz konusu magmatik kayaları üreten kaynak alanda, hornblendit, klinopiroksen hornblendit veya bu birimlerin peridotitik manto ile belirli oranlarda karışımından türemiş bir kaynak alanın varlığından söz edilebilir (hornblend-peridotit sandviçi). Bu türdeki kaynak alanların literatürde sıklıkla

gözlenen düşük SiO_2'li alkali kayaların kaynak alanlarında yer almış olabileceği deneysel çalışmalarla da desteklenmektedir (Pilet ve diğ, 2008). Bunun yanı sıra, söz konusu kaynak alanın kısmi ergimenin ilerleyen aşamalarında tüketilmesi ve piroksenit + peridotitik kaynak alanın ergimesi sonucunda SiO_2'ye daha doyumlu, toleyitik karakterli V1b ve V2a lavlarının türediği önerilebilir. Bunun yanı sıra V3 grubu lavları da düşük MgO, Cr ve Ni oranları ile ilksel olmayan fraksiyonlaşmış ve asimilasyona uğraşmış örnekleri temsil ettikleri için ergiyiklerin kıta içindeki evrimi kısmında tanıtılacaktır.

3.3.2 İz elementler yardımıyla kaynak alanın incelenmesi

Volkanik seriler ve dayk kümesinden elde edilen iz element verileri yay karakterli magmatik birimler ile benzerlik göstermekte olup, başlıca pozitif Sr ve Pb, negatif HFSE (Nb-Ta; Hf-Zr) ve Ti anomalileri göstermektedir (Şekil 2.57, 2.61 ve 2.66). Negatif HFSE pikleri dalma-batma ile ilişkili magmatik kayaların tipik özelliklerinden biri olmakla beraber, söz konusu desenler asimilasyon süreçleri ile de elde edilebilir (Pearce ve Norry, 1979; Pfänder ve diğ, 2012). Buna karşın petrografik incelemeler sonucunda sadece V1b serisi ve V3 grubu lavlarında asimilasyona bağlı dokular saptanmıştır. Bu sebepten, genel olarak lav serilerinde gözlenen HFSE değerlerindeki sapmaların asimilasyondan ziyade, dalma-batma etkileşimi ile gelişmesi olasıdır.

Kaynak alanla ilgili sınırlamalar potasyum (K) içeriğiyle de kontrol edilmektedir. V1a, V2b ve dayk kümesinde yer alan örnekler göreceli olarak orta-yüksek K değerlerine sahiptir (%1.1.-2.5 V1a; %0.8-1.5 V2b; dayk kümesi %0.6-4) Yüksek K değerlerine sahip trakitik örnekler daha sığ kökenli magmatik kaynaklardan türemiş olup, bu birimlerin kökeni ilerideki bölümlerde tanıtılacaktır. Söz konusu örneklerdeki yüksek K değeri kaynak alanda potasyumca zengin hornblend ve/veya flogopit benzeri bir mineralin varlığını destekler niteliktedir (Foley ve diğ, 1992). Hornblend minerali flogopite nazaran Rb ve Ba için düşük, fakat Sr için yüksek katılım katsayısı değerleri göstermektedir (Tieopolo ve diğ, 2007). Bu sebepten, flogopitin bulunmadığı ve amfibollü kaynak alanlardan türeyen kısmi erigiyikler, düşük Rb/Sr (<0.1) ve yüksek Ba/Rb (>20) değerlerine sahiptirler (Furman ve Graham, 1999; Wang ve diğ, 2017). V1a ve V2b serileri düşük Rb/Sr (sırasıyla 0.03-0.1 and 0.01-0.1) ve orta derecede Ba/Rb değerlerine (8-19 ve 8-31) sahiptir. Dayk

kümesi kayaları da (Rb/Sr: 0.01-0.08; Ba/Rb: 11-23) benzer değerler sergilemektedir. Bu değerler ışığında kaynak alanda yaygın olarak hornblend ve olasılıkla az miktarda flogopitin varlığından söz edilebilir.

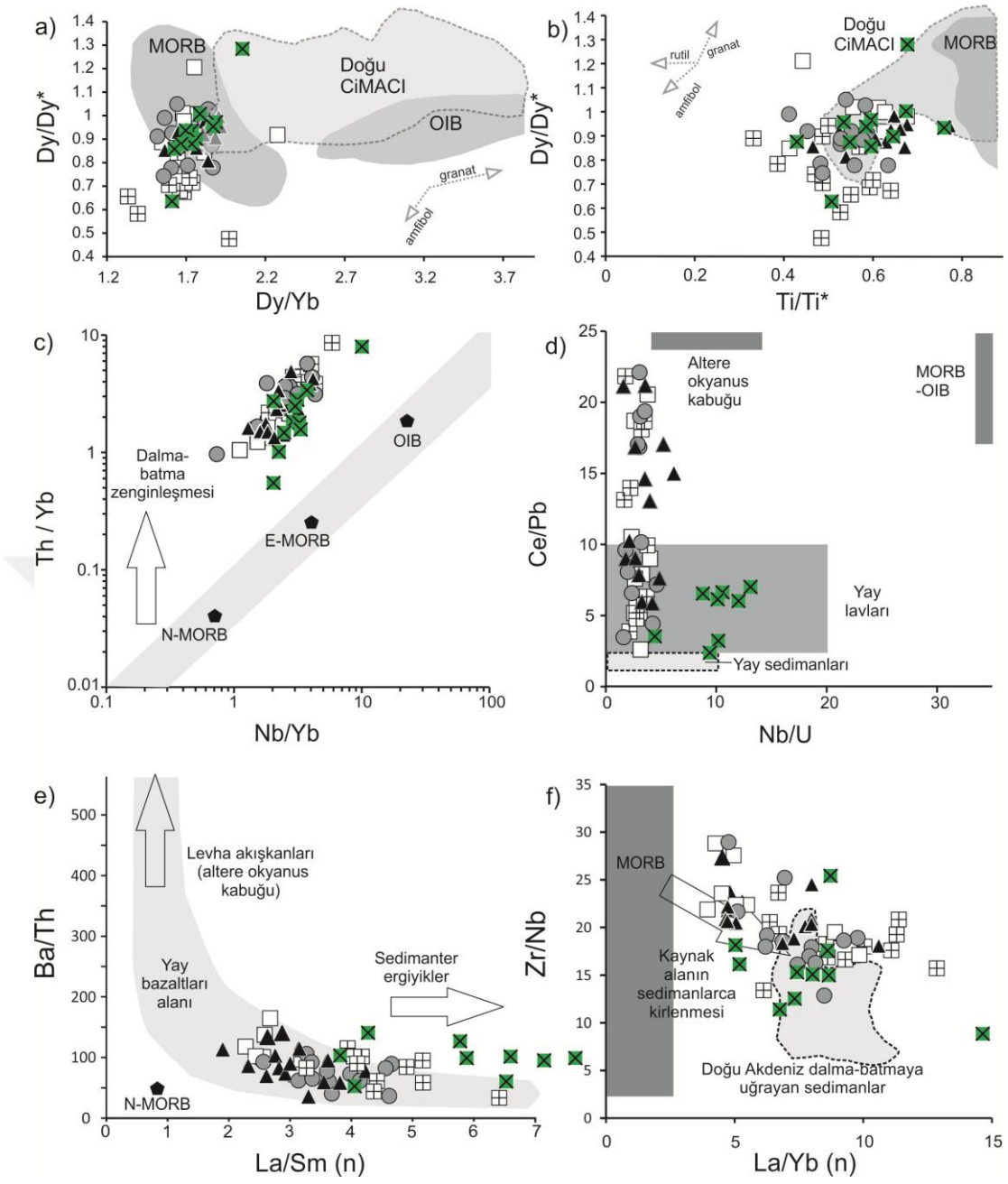
LREE değerlerinin M-HREE'ye göre yüksek miktarlarda olması, kaynak alanda kalık granatın varlığına işaret etmektedir (Şekil 2.56, 2.65). Buna karşın M-HREE desenleri fraksiyonlaşma ile değişebileceğinden, kaynak alandaki granat varlığı diğer iz elementlerin davranışlarıyla da kontrol edilmiş olmalıdır.

Fraksiyonlaşma oranını kontrol etmekte kullanılan Dy/Yb'ye karşılık Dy/Dy* ve Ti/Ti* değeleri garnet ve amfibol fraksiyonlaşmasını kontrol etmek adına hesaplanmıştır. Dy/Dy* değerleri $Dy_{(n)}/(La_{(n)}^{(4/13)} + Yb_{(n)}^{(4/13)}$ formülü ile; Ti/Ti* değeri ise $Ti/Ti^*=Ti_{(n)}/(Sm_{(n)} + Yb_{(n)}^{(4/13)}$ formülü ile hesaplanmaktadır (Davidson ve diğ, 2013; (n): normalleşme değeri Sun ve McDonough, (1989); formül Reid ve diğ, (2017) versiyonuna göre düzenlenmiştir.

Söz konusu indeksler ile hesaplanan değerler, volkanik lavların ve dayk kümesinin büyük kısmının, MORB türü kayaların zenginleşmiş kesimine izdüştüğünü göstermektedir (Şekil 3.3a). Bunun yanı sıra dayk kümesi, V1a ve V2b serisinde yer alan kayaların bir kısmı da doğu CiMACİ alanındaki birimler ile çakışmaktadır (Şekil 3.3a ve 3.3b). V1b ve V2a serisinde yer alan kayalar amfibol fraksiyonlaşması ile uyumlu bir yönelim sergilemektedir, buna karşın granat fraksiyonlaşmasına dair veriler net değildir.

Nb/Yb'ye karşılık Th/Yb diyagramda bütün kayalar manto alanının üst kesiminde yer almakta ve dalma-batma süreçleri ile zenginleşmiş kesimlerde kümelenmiştir. (Şekil 3.3c). Önceki bölümlerde de belirtiği gibi, Akdeniz bölgesinde yer alan Erken Senozoyik kayaları, aktif olarak dalma batmaya uğrayan bir levhadan etkilenmese de, dalma-batma karakteristiğine sahip jeokimyasal izler sergilemektedir (Marchev ve diğ, 2004; Keskin ve diğ, 2008; Arslan ve diğ, 2013; Sahakyan ve diğ, 2016). Dalma-batmayı temsil eden kimyasal ajanların türlerinin saptanması farklı LILE ve HFSE oranları sayesinde gerçekleştirilebilmektedir. Bu kapsamda kullanılan Ce/Pb değerleri söz konusu kimyasal ajanların sediman katkısı, dalan altere okyanusal

kabuk katkısını ayırmada kullanılmaktadır. Söz konusu Ce/Pb değerleri volkanik kayalar için 4-23 arasında değişmektedir. Buna karşın dayk kümesi kayaları genel olarak yay lavlarının karakteristik değerleri olan 3-7 arasında yer almaktadır (Şekil 3.3d; Klein, 2003). Bu durum söz konusu dayk kümesi ve lavların oluşumunda hem dalan okyanusal levha kökenli hem de sedimanter kaya kökenli malzeme içeren kaynak alanların ergimesinin etkili olabileceğini gösterir. Bir diğer önemli kimyasal ikili olan Ba/Th değeri de dalan okyanusal levha ve sediman kaynaklarını ayırmakta kullanımaktadır. Düşük Ba/Th değerleri genel olarak sedimanter ergiyiklerce zenginleşmiş bir kaynak alana işaret etmektedir (Şekil 3.3e). Lav serileri ve dayk kümesi kayalarına bakıldığı zaman, bütün kayalarda genel olarak sedimanter ergiyiklerin daha baskın olduğu görülmektedir. Bu durumu destekleyebilecek bir diğer jeokimyasal veri, Doğu Akdeniz bölgesinde dalma-batma zonuna giren sedimanların jeokimyasal özellikleri ile karşılaştırma yolu ile yapılabilir. Kirchenbaur ve Münker (2015) tarafından yapılan toplama ile incelenen magmatik örnekler birbiri ile izdüşürüldüğünde kayalarımızın genel olarak dalma-batmaya uğrayan sedimanlarca kirletişmiş kaynak alanlarla eşleştiği görülmektedir (Şekil 3.3f). Söz konusu veriler ışığında magmatik kayalarımızın kaynak alanının baskın olarak dalma-batma ile taşınmış sedimanter ergiyik ve akışkanlarca ve az miktarda altere okyanusal kabuk katkısı ile modifiye edilmiş olabileceği sonucuna varmaktayız.



Şekil 3.3 : (a-b) Dy/Dy* - Dy/Yb ve Dy/Dy* - Ti/Ti* diyagramları (Davidson ve diğ, 2013; Reid ve diğ, (2017)'de belirtilen düzeltmelere göre). Doğu CiMACİ alanı Lustrino and Wilson (2007)'dan alınmıştır. **(c)** Almus-Yıldızeli Volkanitleri ve Yıldızdağ dayk kümesi örneklerini içeren Th/Yb - Ta/Yb diyagramı (SiO_2 %60'dan küçük örnekler alınmıştır. **(d)** Dalma-batmaya uğrayan sedimanlar ve dalan altere okyanus kabuğu katkılarını ayırmak için kullanılan Nb/U - Ce/Pb diyagramı. Şekildeki alanlar Klein, (2003) ve içerdiği referanslardan alınmıştır. **(e)** Dalma-batmaya uğrayan sedimanlar ve dalan altere okyanus kabuğu katkılarını ayırmak için kullanılan $La/Sm_{(n)}$ - Ba/Th diyagramı. N-MORB verisi, ve (n;normalleştirme verisi; primitif manto) Sun ve McDonough (1989)'dan alınmıştır. **(f)** Kaynak alandaki sedimanter katkıları ayırmak için kullanılan $La/Yb_{(n)}$ - Zr/Nb diyagramı (n;normalleştirme verisi; primitif manto).

3.3.3 Kısmi ergime koşulları

Kısmi ergime koşullarının hesaplanması ergiyik ayrılma derinliklerinin saptanması ve buna bağlı olarak gelişen jeodinamik süreçlerin ortaya çıkarılması açısından kritik önem taşımaktadır. Yakın geçmişte bu süreçleri anlamak adına deneysel ve sayısal farklı termobarometrik yöntemler geliştirilmiştir (Putirka, 2008; Lee ve diğ, 2009 ve içerisindeki atıflar). Peridotit ergime deneyleri sonucunda hesaplanan Wood (2004) eşitlikleri ile sulu ve susuz ortamdaki kısmi ergime koşulları hakkında yaklaşıma gitmek mümkündür. Bunun yanı sıra Lee ve diğ. (2009) tarafından üretilen ve geniş bir basınç ve sıcaklık alanında kullanılan termobarometrik yöntem ile de kısmi ergime derinlikleri hakkında sınırlamalar getirilebilir.

Olası kısmi ergime derinliklerini belirlemek adına Almus ve Yıldızeli bölgelerinden birer adet lav örneği (V1a-606; V2b-151), Yıldızdağ bölgesinden ise bir adet dayk kümesi örneği (761) seçilmiştir. Kısmi ergime koşullarını anlamak adına seçilen örneklerin fraksiyonel kristallenme ve asimilasyon etkilerinden az miktarda etkilendiği düşünülen ve Mg#>60'dan büyük olan örnekler olmasına dikkat edilmiştir.

Kısmi ergime derinliğini anlamak adına Wood (2004) ve Lee ve diğ. (2009)'da belirtilen yöntemler yardımıyla, fraksiyonlaşma düzeltmesi yapılan örnekler kullanılmıştır. Fraksiyonlaşma düzeltmesi önceki bölümde de belirtiği gibi Herzberg & Asimow (2008) ve Lee ve diğ. (2009)'da belirtilen yöntemlere göre hesaplanmıştır. Wood (2004) hesaplaması, V1a serisi için 2.38 ± 0.3 Gpa basınç ve 1414 ± 40˚C sıcaklık; V2b için 2.17 ± 0.3 Gpa ve 1402 ± 40˚C sıcaklık; dayk kümesi için ise, 2.41 ± 0.3 Gpa ve 1413 ± 40˚C sıcaklık değerleri vermektedir. Buna karşılık Lee ve diğ., (2009) hesaplaması; V1a için 2.39 ± 0.2 Gpa basınç ve 1366˚C sıcaklık, V2b için 1.74 ± 0.2 Gpa basınç ve 1338˚C sıcaklık; dayk kümesi için 2.04 ± 0.2 Gpa basınç ve 1325 ˚C sıcaklık değerleri göstermektedir. Bu durum söz konusu magmatik birimlerin büyük bir kısmının spinel-granat değişim zonundan türediğini ve olasılıkla litosferik manto veya kıta altı-litosferi kökenli olduğuna işaret etmektedir (Şekil 3.4a).

3.3.4 Kısmi ergime süreçlerinin modellenmesi

Alkali kökenli kayaların gelişmesinde genel olarak kümülat damarlar içeren kıta altı litosferinin ergimesinin etkili olabileceği ve bu damarların gelişmesinde değişik metasomatik ajanların (sedimanter veya altere okyanus kabuğuna bağlı) peridotitik manto ile reaksiyona girmesinin etkili olduğu iddaa edilmektedir (O'Reilly ve Griffin, 2013). Bu çalışmanın konusunu oluşturan magmatik kayalar Pontid kuşağının güney kesiminde yer aldığından, bu bölgenin kaynak alanında Triyas'tan Kretase zamanına kadar birbirini üzerleyen dalma-batma ve çarpışma sistemlerinin var olması nedeniyle kümülat damar litolojilerinin yer alması yüksek bir olasılıktır (Yılmaz ve diğ., 1997a; Okay ve diğ., 2006; Topuz ve diğ, 2013, Yücel ve diğ, 2017).

Kıtasal alanlarda yer alan kümülat damarlarının mineralojisi geniş bir aralık sergilemekte olup, apatit, amfibol, flogopit, piroksen ve Ti-oksitler ve sülfid benzeri mineralleri bünyesinde barındırabilir (Foley ve diğ, 1992; Pilet, 2015). Bunların arasında kalsik-amfibol ve piroksen mineralleri daha yaygın olarak görülmekte olup, kıta üstüne bindirme ile gelen litosferik alanlarda ve ksenolitlerde sıklıkla gözlenmektedir (Vidal ve diğ, 1989; Vaselli ve diğ, 1995; Witt-Eickschen ve diğ., 2003; Scamberulli ve diğ, 2006; Grützner ve diğ, 2013).

Olası kısmi ergime koşullarını belirlemek için, veri setimiz içerisinde yer alan bir adet klinopiroksen-hornblendit ksenolitinden kısmi ergime modelleri gerçekleştirilmiştir. Bunun yanı sıra Anadolu'nun altında yer alan litosfer/astenosfer koşullarını temsil eden Kula bölgesinden bir adet örnek de kullanılarak kısmi ergime modelleri yapılmıştır (örnek 11KUL02-1; Grützner ve diğ, 2013). Bu örneğin seçilmesinin nedeni, doğu CiMACİ alanını da temsil edebilecek coğrafi konumda yer almasıdır. Bu hesaplama sırasında Pilet ve diğ. (2011) tarafından derlenen dağılım katsayısı (Kd) değerlerinden yararlanılmıştır. 11KUL02-1 örneği mineralojik olarak flogopit, apatit, amfibol ve klinopiroksen benzeri mineraller içermekte olup, metasomatik bir kümülat damarını andırmaktadır. Bu örnekten üretilen kısmi ergime eğrileri, kısmi ergimede ilk oluşabilecek yüksek Mg#'na sahip alkali örneklerimizle çakışmamakta, sadece bazı iz elementler benzer desenler sergilemektedir. Fakat bu desenleri de üretmek için yaklaşık %50'lik bir kısmi ergime oranına ihtiyaç

duyulmakta olup bu doğal örneklerde ulaşılması güç bir değerdir. Buna karşın cpx-hornblendit örneğinden elde edilen %5 ile %10 arası kısmi ergime değerleri, volkanik ve dayk kümesi serisi içerisinde yer alan alkali lavlara benzer desenler göstermektedir (Şekil 3.4b). Magmatik sistemi temsil etmek adına, ilksel kısmi ergime koşullarını belirlemede kullanılan V1a, V2b ve dayk kümesi örneği primitif mantoya göre normalize edilerek iz düşürülmüştür. Elde edilen element desenlerinden K ve Pb, modelleme değerleri ile tam olarak çakışmamaktadır. Bu durumun sebebi kayalarda gözlenen geç evre fraksiyonlaşma ve/veya alterasyon olabilir.

Cpx-hornblendit ile yapılan kısmi ergime modelleri, bu kaya grubunun SiO_2 'ye doyumsuz alkali karakterli Orta Eosen alkali magmatik kayalarının kaynak alanlarını temsil edebilecek bir mineralojiye sahip olduğunu göstermektedir. Buna karşın toleyitik/kalk-alkali, SiO_2 'ye doyumlu ve genel olarak V1b ve V2a serilerince temsil edilen örneklerin gelişiminde, peridotitik manto içerisindeki kümülat damarlarının tamamen ergimesi ve ergimenin ilerleyen aşamalarında damarlara evsahipliği yapan peridotitik kısmın da kısmi ergimeye katılması söz konusu olabilir. Buna karşın cpx-hornblendit kaynak alanın sadece ufak bir kesimini temsil etmekte olup, bu bölgedeki litosferik mantoda apatit, rutil, allanit, flogopit benzeri değişik mineral fazlarının bulunması da olasıdır.

3.4 Magmatizmanın Kıtasal Kabuk İçerisindeki Evrimi

Almus, Yıldızeli ve Yıldızdağ bölgesinde yer alan magmatik birlikler genel olarak benzer zaman aralıklarında oluşmuştur. Almus ve Yıldızeli bölgesinde yer alan bazik ve ortaç magmatizma (V1-V2 grupları) yaklaşık 44.4-44.8 milyon yıl aralığında gelişmiş olup, benzer stratigrafik ve jeokimyasal özellikler göstermektedir. Yıldızdağ bölgesinde yer alan gabroik kayalar ve dayk kümesi kayaları bu seri lavlarına benzer jeokimyasal ve mineral kimyası değerlerine sahiptirler. Bununla beraber söz konusu alandaki yaş verisinin sınırlı olması, iki dönem arasında yapılacak korelasyonların ilave yaş tayinleri ile teyid edilmesini gerektirmektedir. V1-V2 grupları ile Yıldızdağ magmatik kompleksinde yer alan toplulukların kıta içi evrimi bir arada değerlendirilecektir. Buna karşın 40-41 Milyon yıl arasında gelişmiş olan trakitik

volkanizma (V3) her iki bölgede de daha geç evre bir faaliyetin ürünü olduğundan, bu kesimin evrimi, ayrı bir alt başlıkta açıklanacaktır.

3.4.1 V1-V2 grupları ve Yıldızdağ gabrosu magmatiklerinin kıtasal kabuk içerisindeki evrimi

3.4.1.1 Ana oksit ve iz elementlerin değerlendirilmesi

Erken evre magmatizmasını (44.4-44.8 milyon yıllık seriler) oluşturan V1-V2 lav gruplarının Harker ana oksit değerlerinde artan silika ile olan değişimleri incelemek adına, #151 numaralı olivinli bazalt örneği en bazik primitif örnek olarak değerlendirilmiştir. Bu örnekten en ortaç-asidik örneğe doğru genel olarak lav serileri kesiksiz bir gidiş sergilemektedir. Buna karşın, genel olarak silisyum oksit oranı % 57 seviyesine geldiği zaman, bazı ana oksitlerde sapmalar gözlenmiştir (Şekil 2.55). TiO_2 Al_2O_3, Fe_2O_3, MgO ve CaO'nin %57' SiO_2'den sonra gösterdiği negatif gidiş ferro-magnezyen minerallerin ve az miktarda plajioklas mineralinin fraksiyonlaşması ile açıklanabilir. LILE (Sr-Ba) ve HFSE (Zr-Th) elementlerin SiO_2 elementlerine göre yatay ve dağınık davranışları da ferro-magnezyen mineral fraksiyonlaşmasını destekler.

Sr elementinin artan silisyuma bağlı olarak negatif yönelimi feldspar fraksiyonlaşması ile uyumludur. Rb-Ba elementlerinin artan silika ile dağınık ve yatay gidişi ise feldspat ve biyotit fraksiyonlaşmasının yanı sıra alterasyon ve asimilasyon süreçleri ile de açıklanabilir. Zr-Th elementlerinde artan silika ile birlikte gözlenen saçılma da HFSE içeren ilmenit, zirkon ve allanit gibi minerallerin fraksiyonlaşması ile açıklabilir. Buna karşın aynı dağınık gidiş, kıtasal litolojilerin asimilasyonu ile de elde edilebilir. HFSE'lere karşılık Y elementi amfibol fraksiyonlaşmasını işaret eden yatay ve negatif gisişler sergilemektedir.

Kondrit normalize REE diyagramları değerlendirildiğinde bütün serilerin konkav şekilli desenler gösterdiği ve LREE bakımından belirgin olarak zenginleştiği görülmektedir. V1a serisindeki kayaların bir bölümü (SiO_2 % 47.5 - 49.3 arasında olan) ve V1b serisi kayaları M-HREE değerleri bakımından belirgin negatif anomaliler sergilemekte olup amfibol fraksiyonlaşmasını destekleyen desenler içermektedir. V1a serisinde yer alan SiO_2'ca daha zengin kayaların M-HREE oranları

artan SiO_2 ile artmaktadır. Bu durum, V1a serisini oluşturan magma odasının kendi içerisinde gerçekleşmiş olan magma karışımı ve asimilasyon süreçleri ile açıklanabilir. V1a serisindeki yüksek SiO_2'li örneklere benzer şekilde, V2a ve V2b serisindeki M-HREE değerleri artan silika ile birlikte artmaktadır. Bu durum da benzer şekilde asimilasyon ve magma karşımı süreçleri ile gelişmiş olmalıdır.

Özet olarak V1-V2 gruplarına bakıldığı zaman, gözlenen REE desenlerinin fraksiyonlaşma ile açıklanabileceği görülmektedir. V1a ve V1b serisindeki lavlar genel olarak ferromagnezyen mineraller, amfibol ve feldspat minerallerinin fraksiyonlaşması ve asimilasyonla şekillenmiş olmalıdır. Buna karşın V2a ve V2b serisinde magma karışımı ve seri içi fraksiyonlaşma süreçlerinin de etkin olduğu gözlenmiştir.

Yıldızdağ bölgesinde yer alan gabroik kayalar genel olarak artan silisyuma göre hem ana oksit hem de iz elementler bakımından dağınık gidişler göstermektedir (Şekil 2.63 ve 2.64). Bu durum kümülat kayalardan elde edilen tüm kaya jeokimyasının kaynak alanı tam olarak temsil etmemesi nedeniyledir. Buna karşın dayk kümesi kayaları daha homojen bir karakterde olup, genel olarak alkali karakterli V1a ve V2b serilerine benzer şekilde ana oksit değişimleri sergilemektedir. Bunun yanı sıra LILE ve HFSE desenleri bakımından da bu grupta yer alan kayalarla benzer davranmaktadır. Bu grup kayaların en belirgin özelliklerden biri aşırı yüksek Sr miktarına sahip olmalarıdır.

Yüksek Sr'lu kaya gruplarınının özel bir türü olan adakitik kayalar yüksek $SiO_2 \geq$ % 56; $Al_2O_3 \geq$ % 15, tüketilmiş Y ve HREE değerleri göstermektedir (Defant ve Drummond, 1990). Bunun yanı sıra yüksek $Sr/Y(n) \geq 40$ ve yüksek $La/Yb(n) \geq 5$ değerleri tipik olarak adakitik kaya kimyasını temsil etmektedir (Castillo, 2012). Yıldızdağ dayk kümesi bölgesinde yer alan kayaların bir kısmı bu jeokimyasal parametreleri sağlamakta olup adakitik karakterli olarak betimlenebilir (SiO_2: % 47-56; Al_2O_3: % 15-19, Sr/Y(n): 4-18; La/Yb(n): 4-14). Fakat bu kayaların SiO_2 ve Sr/Y(n) oranı tipik adakitiklere nazaran düşük olduğu için bu kayalar daha çok alkalin özellikli kayalar olarak değerlendirilmiştir. Bununla beraber dayklardan izotopik verinin sınırlı sayı da olması ve radyometrik veri bulunmaması, ayrıca

mineral kimyasının da az miktarda olması bu kayalar hakkında yorum yapılmasında engel oluşturmaktadır. Bu kayaların evrimini anlamak adına ilave çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bununla beraber söz konusu dayklar, Almus ve Yıldızeli bölgesinde yer alan V1a ve V2b serisi içerisindeki dayk kümesine benzer özellikler sergilediği için dayk kümesi ile bu grup kayalar beraber değerlendirilecektir.

3.4.1.2 Fraksiyonel kristallenme, asimilasyon ve magma karışımı modellemesi

Kıtasal kabuk içerisindeki süreçleri daha iyi karakterize etmek adına, V1-V2 grubu lavlarına odaklanan Rayleigh fraksiyonlaşma modelleri, MELTS algoritması ve EC-AFC (enerjisi sınırlandırılmış asimilasyon ve fraksiyonal kristallenme) modellemeleri gerçekleştirilmiştir. Rayleigh fraksiyonlaşma modelleri Shaw (1970) hesaplamalarına göre yapılmıştır. Bu hesaplama yöntemlerinde genel olarak uyumsuz olan Th elementi ve uyumlu davranış gösteren Sc elementleri seçilerek teorik fraksiyonlaşma eğrileri oluşturulmuştur. Th genel olarak diferansiye olmuş alkali magmalarda yaygın olarak görülmektedir (Salters, 2016), buna karşın Sc genel olarak manto kayalarında kalmayı tercih etmekte olup (örneğin: dünit komatit), genel olarak olivin hariç ferro-magnezyen minerallerin yapısına dâhil olur (Samson ve Chassé, 2016). Modelleme hesaplamalarında en primitif örnek olarak seçtiğimiz 151 numaralı örnek başlangıç bileşimi olarak belirlenmiş (Mg# 60, Th:3; Sc:35ppm), değişik mineral oranları uygulanarak söz konusu fraksiyonal kristallenme eğrileri üretilmiştir (Şekil 3.4c). Farklı mineral oranları ve seçilen değerler Şekil 3.4c içerisinde yer almaktadır. Bunun yanı sıra Kd değerleri ise Çizelge 3.1 de verilmiştir.

Çizelge 3.1 : Katılım katsayısı veri bankasından alınan değerler (Url-1).

Magma bileşimi	Elementler	Amfibol	Ortopiroksen	Klinopiroksen	Olivin	Plajioklas
Bazik	Th	0.009	0.01	0.01	0.0001	0.01
	Sc	3.65	0	2.21	0.22	0.01
Ortaç	Th	0.14	0.1	0.1	0.02	0.2
	Sc	9.58	3.73	13.3	0.2	0.2

Hesaplanan eğriler ile elde edilen jeokimyasal veriler genel olarak birbiri ile çakışmaktadır. V1a ve V1b serisi üzerinde kalan örneklerin bir kısmı Ç2 ve Ç5 eğrilerinin üzerine düşmektedir (Şekil 3.4c). Klinopiroksen, amfibol ve plajioklas minerallerinin fraksiyonlaşması V1a ve V1b serisi lavlarının evrimini açıklayabilir. V2b serisi lavlarının bir kısmı Ç1 ve Ç6 eğrilerinin üzerinde yer almaktadır. Buna

karşın V2a serisi lavlarının büyük bir kısmı hipotetik düz hatlar üzerinde dizilmiştir. Bu durum, incelenen örneklerin magma karışımı veya asimilasyon benzeri süreçlerden etkilenmiş olabileceğini gösterir.

Magma karışımı ve asimilasyon süreçlerini anlamak adına MELTS ve EC-AFC algoritmasından yararlanılmıştır. MELTS algoritması farklı basınç ve sıcaklık parametrelerinin yanında oksijen fugasitesi ve termodinamik parametreleri de kullanarak hesaplamalar yapmaktadır (Ghiorso ve Sack, 1995). Genel olarak magma karışımı ve asimilasyon süreçlerinden en çok etkilendiği düşünülen en ortaç ve en bazik gruplar V1b ve V2b arasındaki grubu oluşturan V2a serisi kayalarının evrimini anlamak adına modellemeler gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda seçilen 481 nolu felsik örnek (V1b) ve 151 numaralı bazik örnek (V2b) farklı oranlarda karıştırılmıştır. İzobarik ve izentropik karışım eğrileri, sabit basınçta (2 kbar), değişken sıcaklıkta ve asimilasyonun etkisi katılmadan gerçekleştirilmiştir. Bu hesaplamalarda %60'lık bazik örnek 1200 derece sıcaklıkta ve %40'lık felsik örnek 750 derece sıcaklıkta değerlendirilmiştir. Bu hesaplamalar sonucunda üretilen ara ergiyik grupları tek bir çizgi üzerinde Şekil 3.4d ve 3.4e'de gösterilmektedir. Bu şekillerde MELTS ile üretilen eğriler ile V2a grubu kayalarının genel olarak birbiri ile çakıştığı gözlenmiştir. Bu durum V2a kayalarının, V1b türü bir magma ergiyiğine V2b türü bazik bir magmanın karışıması ile oluştuğunu gösterebilir. Bu hesaplama söz konusu kayaların asimilasyon oranları hakkında genel bir açıklama yapmamaktadır.

Asimilasyon süreçlerini anlamak adına EC-AFC modellemesi gerçekleştirilmiştir (Bohrson ve Spera, 2001). Bu hesaplama yönteminde termal parametreler ve termodinamik eşitlikler kullanıcı tarafından belirlenmekte, çeşitli kirletici değerleri kullanılarak modellemeler yapılmaktadır. Bu kapsamda Pontidler, IAESZ ve OAKK kayalarından kirleticiler seçilmiş olup, sadece OAKK kayalarından olan Köksal ve diğ. (2013)'de yer alan granitoidlerle yapılan hesaplamalar anlamlı sonuçlar vermektedir. Termal ve termodinamik parametreler Çizelge 3.2'de verilmektedir.

Çizelge 3.2 : V1-V2 lav gruplarında, EC-AFC modellemesi için kullanılan termal ve bileşimsel parametreler.

Termal Parametreler		**Bileşimsel Parametreler**		
			Sr	Nd
Magma likidus sıcaklığı $T_{l,m}$	1300 ^{0}C	Magma ilksel bileşimi (ppm), C_m^o	458.7	13.8
Magma ilksel sıcaklığı T_m^o	1300 ^{0}C	Magma izotop oranı, £$_m$	0.704566	0.512847
Kirletici likidus sıcaklığı $T_{l,a}$	1000 ^{0}C	Magma katılım katsayısı, D_m	1.219	0.11
Kirletici ilksel sıcaklığı T_a^o	600 ^{0}C	Kirletici ilksel bileşimi (ppm) C_m^o	706.3	37.1
Solidus sıcaklığı T_s	950 ^{0}C	Kirletici izotop oranı, £$_a$	0.708757	0.512204
Denge Sıcaklığı T_{eq}	990 ^{0}C	Kirletici dağılım katsayısı, D_a	1.5	0.25
Kristallenme entalpisi, Δh_{cry} (J/Kg)	396000			
Magmanın izobarik belirli ısı kapasitesi $C_{p,m}$ (J/Kg per K)	1484			
Füzyon entalpsi Δh_{fus} (J/Kg)	354000			
Kirleticiın izobarik belirli ısı kapasitesi $C_{p,a}$ (J/Kg per K)	1388			

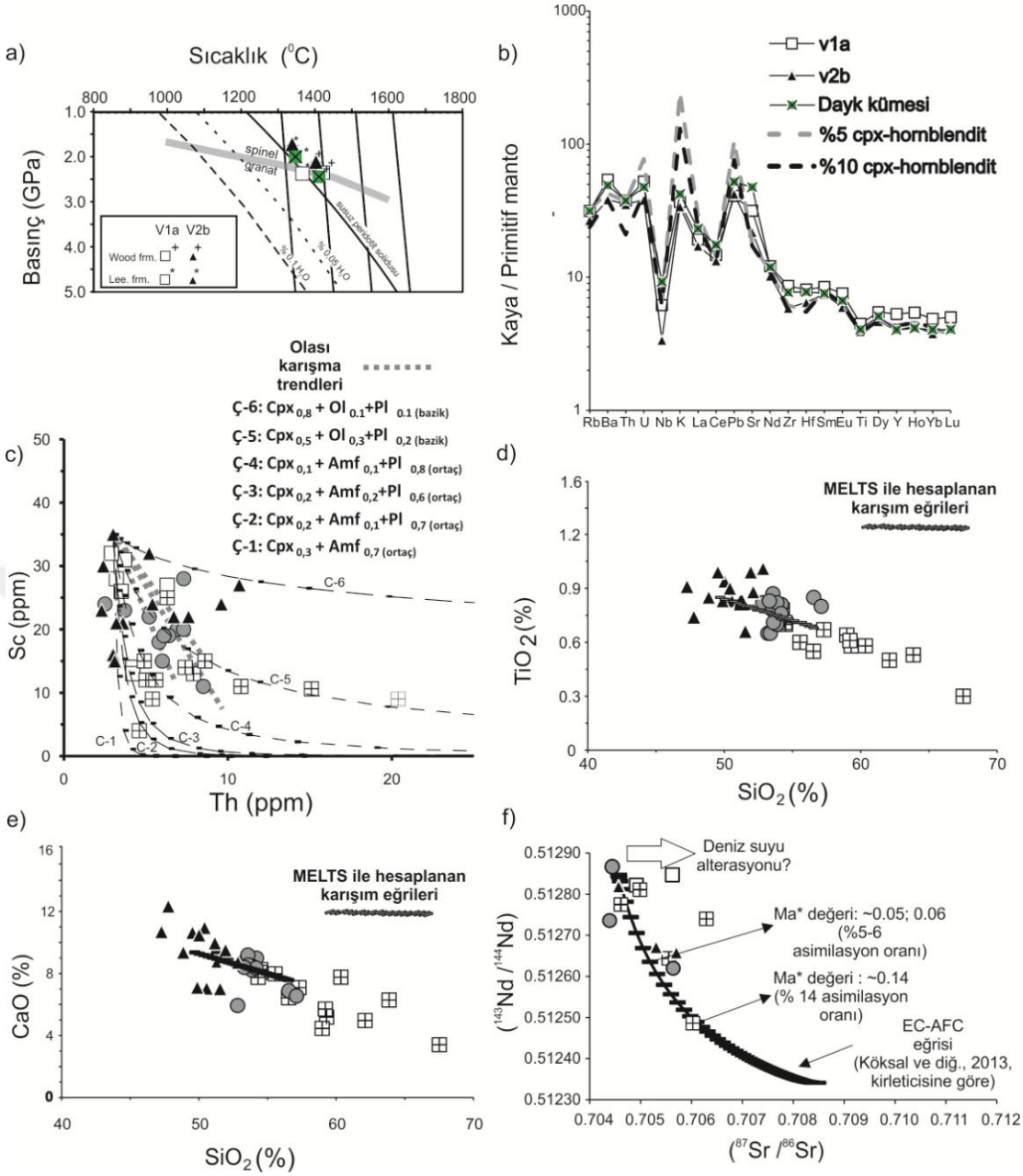
Jeokimyasal verilerde gözlenen ana oksit ve iz element değerleri genel olarak magma karışımı ve fraksiyonel kristallenme süreçleri ile açıklansa dahi, izotopik değerlerde gözlenen geniş aralık sadece bu süreçlerle gelişmemiş olabilir. Özellikle Sr izotopik oranlarında gözlenen yüksek değerler sığ denizel ortamlarda oluşan V1a serisi lavlarındaki zenginleşmeyi açıklayabilecek olsa da, Nd izotoplarındaki geniş aralık bu süreçlerle açıklanamamaktadır. Bölgede yer alan en bazik örnek yine başlangıç örneği seçilerek EC-AFC hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. EC-AFC hesaplamalarında kütle, enerji ve tür değişimleri de dikkate alınmaktadır. Tokat masifi, melanj birimleri ve farklı türdeki kirleticiler ile yapılan denemeler sonucunda sadece Köksal ve diğ, (2013)'den elde edilen granitoid kayaları tutarlı kirletici

modelleme sonuçları vermiştir. Bu hesaplama sonucunda % 5-6'lık OAKK granitoid asimilasyonu ile V1b, V2a ve V2b serilerinde yer alan kayaların izotopik oranları üretilebilmektedir. Bunun yanı sıra daha fazla miktarda asimilasyon ile (%14) ortaç-felsiğe yaklaşan V1b serisi lavlarının izotopik bilişimi elde edilmiştir (Şekil 3.4f). Bu durum V1b lavlarındaki yüksek SiO_2 oranı ve kayalarda zaman zaman gözlenen felsik ksenokristlerin varlığı ile de uyumludur.

3.4.1.3 Mineral kimyası ile yapılan sınırlamalar

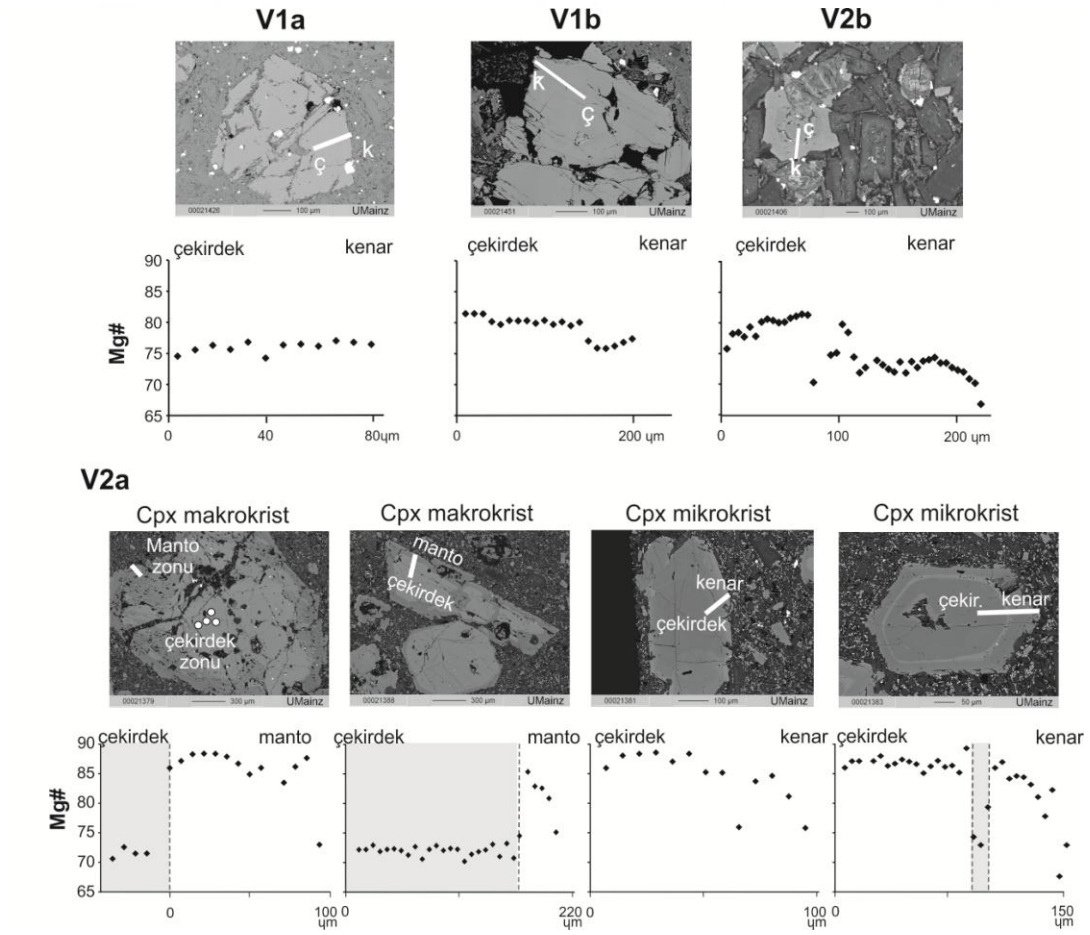
V1-V2 grubu lavlarının kıta içindeki davranışlarını belirlemek amacıyla bu kayalardan mineral kimyası analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma ile seri içinde gelişen süreçlerin anlaşılması hedeflenmiş ve bu nedenle de özellikle bütün kayalarda bulunan klinopiroksen ve plajioklas fenokrist ve mikrofenokristallerine yoğunlaşılmıştır.

V1a serisinden ölçülen klinopiroksen fenokristalleri belirgin bir zonlana göstermeyip genel olarak sabit bir Mg#'na sahiptir (~80; Şekil 3.5). Buna karşın amfibol mineralleri salınımlı zonlanmalar göstermekte olup düşük Mg#'na sahip çekirdek (65) ve yüksek Mg#'na sahip manto ve kenar zonları (72) sergilemektedir. Bu değişim, amfibollerin sistemin kendi içerisinde gelişmiş bir magma odası geri beslenmesi sürecine maruz kaldığına işaret etmektedir. Bu durum, bu seride yer alan tüm kaya kimyasına bağlı olarak REE değerlerindeki değişimlerle de uyumludur. Buna karşın bu seride yer alan plajioklaslar yüksek An'li çekirdek ve düşük An'li kenar zonlarına sahiptir ve bu plajioklasların fraksiyonel kristallenme ile geliştiğini belgelemektedir. Plajioklaslarda gözlenen normal zonlanma, söz konusu lavdaki plajioklas ve amfibollerin farklı magma ceplerinde gelişmiş olabileceğine işaret etmektedir. V1b serisinde yer alan klinopiroksenler genel olarak yüksek Mg#'na sahip çekirdekler ve düşük Mg#"na sahip kenar zonlarından oluşmaktadır (Şekil 3.5). Buna karşın aynı seride bulunan amfiboller homojen yapıda olup çekirdekten kenara kimyasal olarak değişim göstermemektedir. Bunun yanı sıra aynı seride yer alan plajioklaslarda normal zonlanma izlenmektedir. V2b serisinde yer alan klinopiroksen fenokrsitalleri de normal zonlama ve fraksiyonel kristallenme ile uyumlu dokular sergiler.



Şekil 3.4 : (a) V1a, V2b ve dayk kümesi örneklerinden elde edilen olası kısmi ergiime basınç ve sıcaklık değerleri. Solidus çizgileri Katz ve diğ. (2003)'den, spinel-granat faz sınırı Klemme ve O'Neill (2000)'den. **(b)** Cpx-hornblendit örneğine göre hazırlanan kısmi ergime modelleme çizgileri. Modellemede kullanılan Kd değerleri Pilet ve diğ, (2011)'den alınmıştır. Primitif manto normalizasyon değeri Sun ve McDonough, (1989)'dan. **(c)** Th-Sc oranlarına göre hesaplanan teorik Rayleigh fraksyionel kristallenme eğrileri. Farklı mineraller için toplanan Kd değerleri Çizelge 3.1'de verilmiştir. Şekildeki her kalın işaret %5'lik kristallenme aralığına karşılık gelmektedir. (**d**) SiO_2 vs TiO_2 oranlarına göre MELTS algoritmasına göre hazırlanan karışım eğrileri. **(e)** SiO_2 vs CaO oranlarına göre MELTS algoritmasına göre hazırlanan karışım eğrileri. **(f)** $^{87}Sr/^{86}Sr$ vs. $^{143}Nd/^{144}Nd$ oranlarına göre EC-AFC karışım eğrileri. EC-AFC parametreleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

V2a serisinde yer alan klinopiroksen fenokristalleri belirgin dengesizlik dokuları sergiler. Klinopiroksen makrofenokrsitallerinde çekirdek düşük Mg#'na sahip olup kenar zonları yüksek Mg#'na sahiptir (Şekil 3.5). Aynı seride yer alan mikrofenokristaller ise, makrofenokristal kenar zonlarına benzeyen yüksek Mg# değerleri göstermekte, kenar zonlarına doğru ise bu değerler azalmaktadır. Bu ilişki benzer bir şekilde plajioklas fenokristallerinde de gözlenmiştir. Söz konusu veri klinopiroksen makrofenokristal kenar zonları ile klinopiroksen mikrofenokristallerinin benzer bir ergiyikten kristallendiğini göstermektedir. Bu durum V2a serisinin kimyasının magma karışımı sonucu değiştiği, sonraki aşamada ise fraksiyonel kristallenme ile yeniden şekillendiğine işaret etmektedir. Bu durum jeokimyasal modelleme teknikleri ile üretilen önermeler ile de uyumludur.



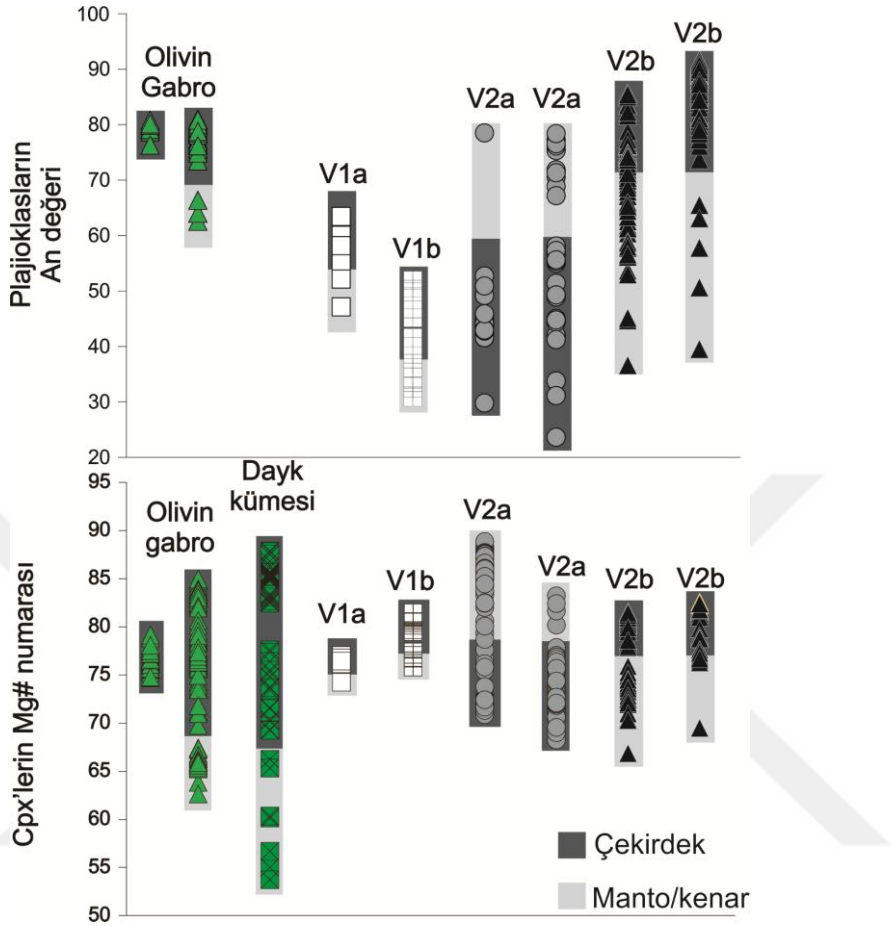
Şekil 3.5 : Dört farklı lav serisinde (V1a, V1b, V2a ve V2b) yer alan klinopiroksen fenokristal ve mikrofenokristallerinden yapılan çekirdekten-kenara ölçüm hatları ve bu hatlar boyunca hesaplanan Mg# değerleri. Ölçümler ile ilgili açıklama metin içinde.

3.4.1.4 Yıldızdağ bölgesi intrüzif kayaları ve Almus-Yıldızeli V1-V2 gruplarının karşılaştırılması

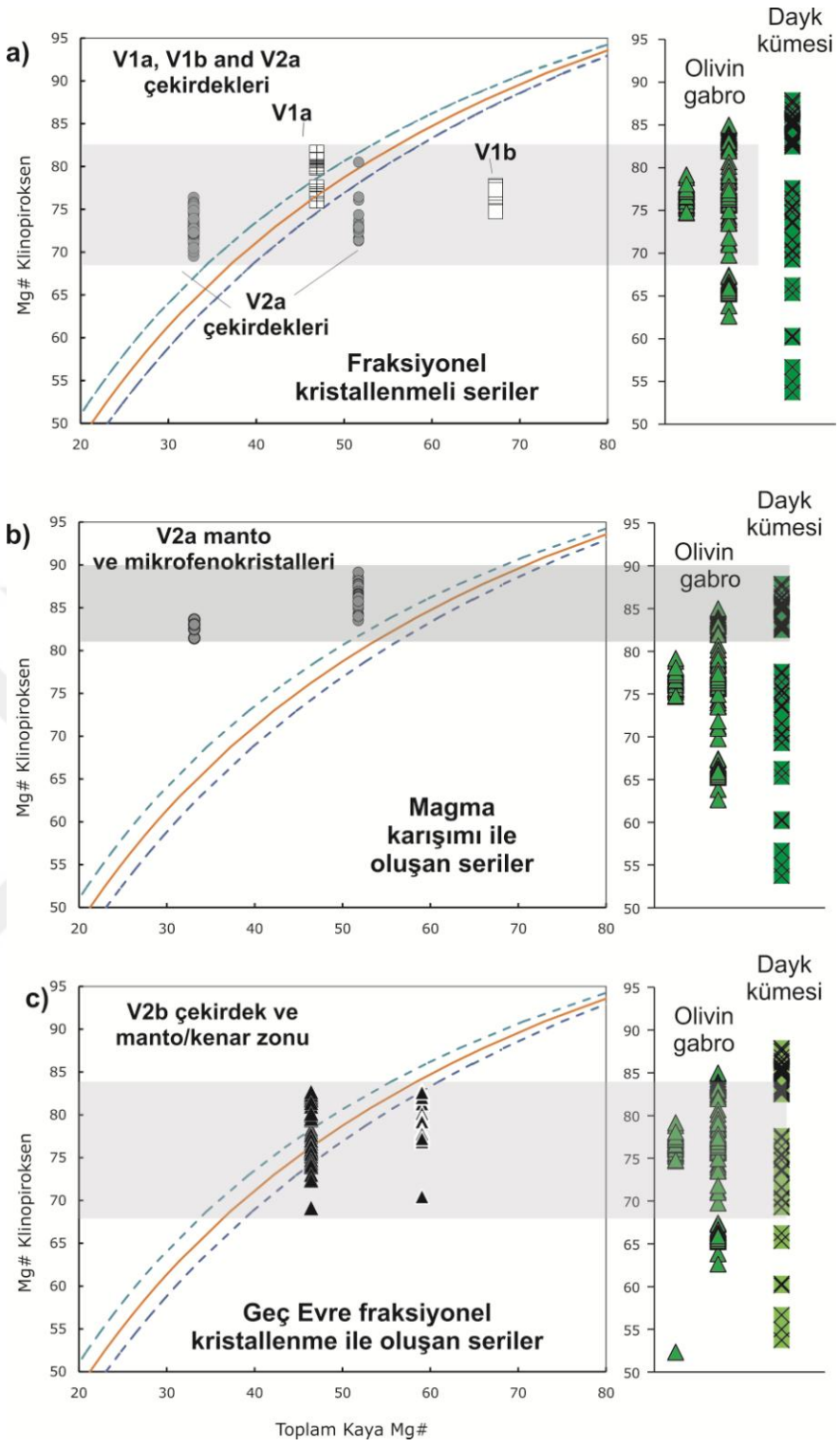
Yıldızdağ bölgesinden elde edilen ana oksit, iz element değerleri ve mineral kimyası verileri bu bölgede yer alan kaya gruplarının V1-V2 grubu lavları ile benzer kaynak alanlardan geldiğini göstermektedir. Buna karşın analitik verilerin az olması, bu konuda sadece genel sınırlamalar getirilmesine izin vermektedir. Yıldızdağ olivinli gabroik kayalarında yer alan plajioklas mineralleri ile V1-V2 gruplarında yer alan plajioklaslar karşılaştırıldığında çekirdek An değerlerinin V2a ve V2b çekirdek An değerleri ile benzerlik sergilediği görülmektedir (Şekil 3.6). Bu durum söz konusu kayaların petrolojik olarak benzer kaynaklardan türemiş olabileceğini göstermektedir. Bunun yanı sıra olivinli gabro ve dayk kümesi kayaları ile, V1-V2 gruplarının klinopiroksen Mg# karşılaştırıldığında da benzerlikler gözlenmektedir.

Olivinli gabrodan ölçülen klinopiroksenlerin magnezyum değerleri genel olarak V1-V2 grubunda yer alan bütün klinopiroksenler ile eşleşmektedir (Şekil 3.7a). Buna karşın dayk kümesinde daha yüksek Mg# değerleri de mevcuttur. Dayk kümesinde piroksen çekirdeklerinde Mg# ile V2a serisinde magma geri beslenmesi sırasında oluşan klinopiroksen manto zonlarının Mg#'nın benzer olduğu gözlenmiştir (Şekil 3.7b). Bu durumu incelemek için kayaların ergiyik kimyası (söz konusu durumda ortalama tüm kaya kimyası) ile klinopiroksen Mg# değerleri karşılaştırılarak Rhodes diyagramında minerallerin içinde bulunduğu kayalarla olan kimyasal uyumuna bakılmıştır (Şekil 3.7). Bu diyagramlarda V1a serisi hariç, V1b ve V2a serisinin klinopiroksenlerinin içinde bulunduğu ergiyik ile dengede olmadığı, ancak bu kayalardaki klinopiroksenlerin olivin gabroda yer alanlarla benzer olduğu görülmüştür. Ayrıca V2a serisinde yer alan klinopiroksenlerin Mg# da dayk kümesinde yer alan klinopiroksenlerin çekirdek Mg numaraları ile benzerlik göstermektedir (Şekil 3.7b). Bunun yanı sıra V2b serisindeki klinopiroksenler genel olarak içinde bulunduğu ergiyik ile uyumlu Mg# göstermektedir (Şekil 3.7c). Söz konusu diyagramlar ışığında olivinli gabro kayalarının V1a serisi ile, dayk kümesi kayalarının ise V2a serisi kayaları ile benzer kimyasal özellikler sergilediği önerilmektedir. Buna karşın bütün serilerdeki mineral kimyası verisi sınırlı sayıda örnekle tespit edilmiş olup, bu durum sadece bir önerme niteliği taşımaktadır. Söz

konusu olayların zamansal gelişimi ilave yaş tayinleri ve petrolojik analizlerle tespit edilip araştırılmalıdır.



Şekil 3.6 : Olivinli gabro, dayk kümesi ve V1-V2 gruplarında yer alan kayaların plajiyoklas anortit (An) ve klinopiroksen magnezum numarası (Cpx Mg#) değerlerinin karşılaştırılması.



Şekil 3.7 : **(a)** V1a, V1b ve V2a klinopiroksenlerinin Yıldızdağ bölgesi örnekleri ile Rhodes diyagramında karşılaştırılması. **(b)** V2a manto kenar zonu örneklerinin Yıldızdağ örnekleriyle karşılaştırılması. **(c)** V2b örneklerinin Yıldızdağ örnekleriyle karşılaştırılması.

3.4.1.5 İlk evre magmatik sistemin basınç-sıcaklık gelişimi

Yakınsayan levha sınırlarında yer alan magmatik sistemler birbirinden farklı magma ergiyik zonları, bacaları ve odaları içerebilir (Cooper, 2017). Bu bölgelerde volkanik faaliyet öncesi basınç (P) ve sıcaklık (T) koşullarını anlamak, bölgenin petrolojik gelişimini anlamak adına önemli bilgiler sağlamaktadır. P-T koşullarını hesaplamak için literatürde yer alan yöntemler ile tüm kaya kimyası, amfibol ve klinopiroksen mineral kimyası verilerinden yararlanılmıştır. Amfibol minerallerinin P-T koşullarını hesaplamak için Ridolfi ve Renzulli (2012, RIDO-2012) yöntemi seçilmiştir. Bunun yanı sıra kıyaslama yapmak adına amfibol Mg# ve fugasite değerlerini kullanan Krawczynski ve diğ., (2012, KRAW-2012) yöntemi de kullanılmıştır.

Klinopiroksen fenokristalleri Putirka (2003: PUT- 2003); Putirka (2008: PUT-2008) ve Neave ve Putirka (2017, NEV-2017)'da sözü edilen hesaplama yöntemleri ile hesaplanmıştır. V1a ve V2b serileri için alkali sistemlere özel olarak kalibre edilmiş PUT-2003'den yaralanılmıştır. Bunun yanı sıra NEV-2017 eşitlikleri, PUT-2008'deki basınç oranlarını daha iyi sınırladığı için seçilmiştir. Sonuç olarak volkanik serilerden elde edilen P-T koşulları Çizelge 3.3'de verilmektedir.

V1a serisi klinopiroksenlerinden elde edilen değerler, bu fenokristallerin ~ 500-600 megapascal (MPa) koşullarında kristallendiğini göstermektedir. Buna karşın aynı seride yer alan amfiboller 300-450 MPa basınç koşullarında kristallenmiştir. Her iki fenokristalde hesaplama yöntemlerinde yer alan standart sapmalar göz önüne alındığında bu gruptaki lavların orta derinlikteki magma oda ve bacalarından beslendiği görülmektedir (~10-20 km arası). V1b serisinde yer alan klinopiroksen fenokristalleri daha düşük basıç koşullarını yansıtmakta olup (300-400 MPa); amfibol fenokristalleri de V1a'a ya nazaran daha sığ derinlikler göstermektedir (~150-200 MPa). Bu durum bu grup lavların yüzeye yakın sığ magma odalarından beslendiğine işaret eder.

V2a serisinde yer alan lavlar karmaşık bir kristallenme evrimi göstermektedir. Bu seride yer alan klinopiroksen makrofenokristallerinin çekirdekleri 800 MPa gibi yüksek basınçlar göstermekte olup, ortalama olarak yaklaşık 700 MPa'lık değerlere

sahiptir. Buna karşın aynı minerallerin kenar zonlarından 400 MPa'lık değerler elde edilmiştir.

Çizelge 3.3 : Almus ve Yıldızeli bölgelerinde yer alan lav gruplarının P-T hesaplamaları (MPa: megapascal)

V1a	**Amfibol (n=63) (KRAW, 2012)**	**Amfibol (n=63) (RIDO, 2012)**	**Klinopiroksen (n=11) (PUT, 2003)**	**Klinopiroksen (n=11) (NEA, 2017)**
Basınç (MPa)	P_{maks} : 760 ± 22	P_{maks} : 630 ± 45	P_{maks} : 790 ± 170	P_{maks} : 682 ± 140
	P_{min} : 146 ± 22	P_{min} : 290 ± 45	P_{min} : 540 ± 170	P_{min} : 419 ± 140
	P_{ort} : 340 ± 22	P_{ort} : 416 ± 45	P_{ort} : 630 ± 170	P_{ort} : 523 ± 140
Sıcaklık (C°)				
	-	T_{maks} : 1005 ± 22	T_{maks} : 1208 ± 33	T_{maks} : 1133 ± 45
	-	T_{min} : 925 ± 22	T_{min} : 1185 ± 33	T_{min} : 1108 ± 45
	-	T_{ort} : 967 ± 22	T_{ort}: 1192 ± 33	T_{ort} : 1116 ± 45
V1b	**Amfibol (n=9) (KRAW,2012)**	**Amfibol (n=9) (RIDO, 2012)**	**Klinopiroksen (n=20) (PUT, 2008)**	**Klinopiroksen (n=20) (NEA, 2017)**
Basınç (MPa)	P_{maks} : 240 ± 22	P_{maks} : 237 ± 45	P_{maks} : 443 ± 170	P_{maks} : 520 ± 140
	P_{min} : 72 ± 22	P_{min} : 149 ± 45	P_{min} : 200 ± 170	P_{min} : 220 ± 140
	P_{ort}: 162 ± 22	P_{ort}: 190 ± 45	P_{ort}: 310 ± 170	P_{ort} : 400 ± 140
Sıcaklık (C°)				
	-	T_{maks} : 913 ± 22	T_{maks} : 1063 ± 33	T_{maks} : 1045 ± 22
	-	T_{min} : 852 ± 22	T_{min} : 1042 ± 33	T_{min} : 1020 ± 22
	-	T_{ort} : 879 ± 22	T_{ort} : 1053 ± 33	T_{ort} : 1032 ± 22
V2a	**Cpx - Makrofenokristal çekirdek (n=4) (PUT, 2008)**	**Cpx - fenokristal kenar zonu zonu (n=12) (PUT, 2008)**	**Cpx- Mikrofenokrisal (n=26) (PUT, 2008)**	
Basınç (MPa)	P_{maks} : 812 ± 150	P_{maks} : 600 ± 150	P_{maks} : 603 ± 150	-
	P_{min} : 651 ± 150	P_{min} : 280 ± 150	P_{min} : 318 ± 150	-
	P_{ort} : 742 ± 150	P_{ort}: 414 ± 150	P_{ort} : 417 ± 150	-
Sıcaklık (C°)				
	T_{maks} : 1170 ± 45	T_{maks} : 1191 ± 45	T_{maks} : 1182 ± 45	-
	T_{min} : 1149 ± 45	T_{min} : 1144 ± 45	T_{min} : 1122 ± 45	-
	T_{ort} : 1163 ± 45	T_{ort} : 1158 ± 45	T_{ort} : 1152 ± 45	-
V2b	**Klinopiroksen çekirdek zonu (n=8) (NEA, 2017)**	**Klinopiroksen kenar zonu (n=20) (NEA, 2017)**		
Basınç (MPa)	P_{maks} : 700 ± 140	P_{maks} : 470 ± 140		
	P_{min} : 450 ± 140	P_{min} : 290 ± 140		
	P_{ort} : 570 ± 140	P_{ort} : 390 ± 140		
Sıcaklık (C°)				
	T_{maks} : 1116 ± 45	T_{maks} : 1080 ± 45		
	T_{min} : 1103 ± 45	T_{min} : 1066 ± 45		
	T_{ort}: 1092 ± 45	T_{ort} : 1044 ± 45		

Bu değerlere benzer basınç koşulları, bu örneklerde yer alan klinopiroksen mikrofenokristallerinde de gözlenmektedir. Bu durum mineral kimyasında önerilen

makrofenokristal manto/kenar zonu kristallenmesi ve mikrofenokristal kristallenmesinin aynı koşullarda oluştuğu önermesini desteklemektedir. Bu serideki klinopiroksenlerin geniş bir aralıkta yer alması, söz konusu sistemde farklı magma cep ve bacalarından minerallerin taşınarak yeniden işlendiği ve antekristik kökenli minerallerin yaygın olduğunu göstermektedir. Bu durum V2a serisinde sıklıkla bulunan glomerokristlerle de desteklenemektedir.

V2b serisi lavlarındaki klinopiroksenlerde çekirdek zonları ortalama ~ 570 MPa, kenar zonlarında ise 390 MPa'lık değerler sergilemekte olup, bu kayaların orta-sığ derinliklerde fraksiyonlaşma ile değiştiğini göstermektedir.

Söz konusu hesaplamalar sonucunda genel olarak klinopiroksenlerin amfibollere nazaran derin koşullarda kristallendiği görülmektedir. Bazı örneklerden elde edilen farklı P-T koşulları bu fenokristallerin antekristik kökenli olduğuna işaret etmektedir.

Yıldızdağ bölgesindeki olivinli gabrolarda yapılan hesaplamalar aynı örnek içerisinde birbirinden çok farklı koşulları yansıtan kristallenme derinlikleri göstermektedir (Çizelge 3.4). Klinopiroksen fenokristallerinden derin koşulları temsil eden ort. 950 MPa derinlik koşullarına kadar çıkan değerler elde edilmiştir. Buna karşın aynı kayada klinopiroksen ve ortopiroksen ikilisi ile yapılan P-T hesapları kayanın homojenleşmesi sırasındaki değerleri daha iyi yansıtmaktadır (~400-500 MPa). Bunun yanı sıra solidus altı katılaşma ardından oluştuğu düşünülen amfibol minerallerinden de her iki hesaplama yöntemi ile 200-300 MPa'lık değerlere ulaşılmıştır. Bu durum amfibol minerallerinin plütonun soğuması esnasında geliştiğini desteklemektedir. Dayk kümesi kayalarından elde edilen hesaplamalar amfibol mineralleri için nispeten derin kristallenme basınçları göstermektedir (~600 MPa'ya çıkan değerler).

Çizelge 3.4 : Yıldızdağ bölgelerinde yer alan gabro ve dayk kümesi serilerinden P-T hesaplamaları (MPa: megapascal)

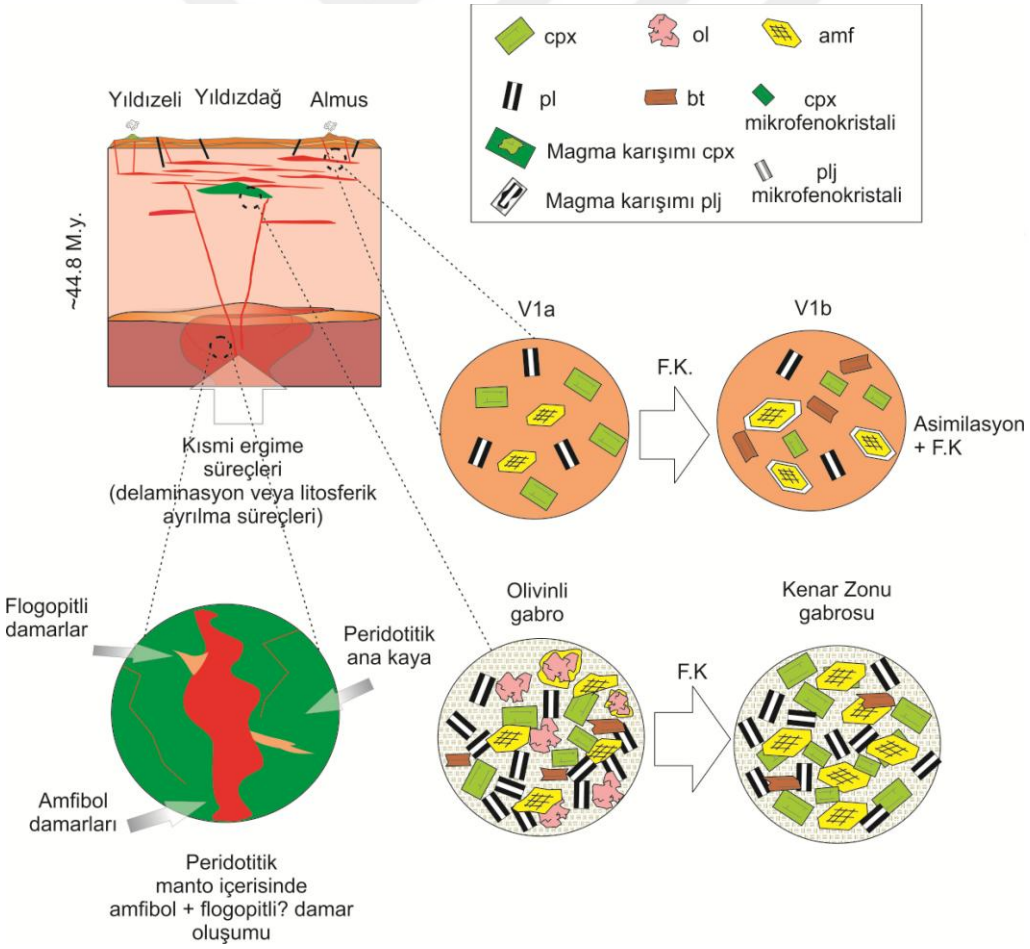
Olivin Gabro (762)	**Amfibol (n=5) (KRAW, 2012)**	-	**Klinopiroksen (n=16) (NEA 2017)**	**Klinopiroksen-Ortopiroksen (n=8) (PUT, 2008)**
Basınç (MPa)	P_{maks} : 266 ± 22	-	P_{maks} : 1147 ± 170	P_{maks} : 450 ± 280
	P_{min} : 111 ± 22	-	P_{min} : 628 ± 170	P_{min} : 390 ± 280
	P_{ort} : 201 ± 22	-	P_{ort} : 974 ± 170	P_{ort} : 410 ± 280
Sıcaklık (C°)	-	-	T_{maks} : 1214 ± 33	T_{maks} : 955 ± 45
	-	-	T_{min} : 1090 ± 33	T_{min} : 878 ± 45
	-	-	T_{ort}: 1154 ± 33	T_{ort} : 928 ± 45
Olivin Gabro (764)	**Amfibol (n=5) (KRAW,2012)**	**Amfibol (n=45) (RIDO, 2012)**	**Klinopiroksen (n=40) (PUT, 2008)**	**Klinopiroksen-Ortopiroksen (n=3) (PUT, 2008)**
Basınç (MPa)	P_{maks} : 360 ± 22	P_{maks} : 382 ± 45	P_{maks} : 722 ± 150	P_{maks} : 528 ± 280
	P_{min} : 124 ± 22	P_{min} : 288 ± 45	P_{min} : 170 ± 150	P_{min} : 455 ± 280
	P_{ort}: 210 ± 22	P_{ort}: 344 ± 45	P_{ort}: 537 ± 150	P_{ort}: 482 ± 280
Sıcaklık (C°)	-	T_{maks} : 983 ± 22	T_{maks} : 1273 ± 33	T_{maks} : 1076 ± 45
	-	T_{min} : 941 ± 22	T_{min} : 1134 ± 33	T_{min} : 942 ± 45
	-	T_{ort} : 968 ± 22	T_{ort} : 1200 ± 33	T_{ort} : 1027 ± 45
Dayk Kümesi (761)	**Amfibol (n=29) (KRAW, 2012)**	**Amfibol (n=29) (RIDO, 2012)**	**Klinopiroksen-1 (n=44) (NEA 2017)**	**Klinopiroksen-2 (n=34) (NEA 2017)**
Basınç (MPa)	P_{maks} : 549 ± 150	P_{maks} : 614 ± 45	P_{maks} : 500 ± 150	P_{maks} : 760 ± 150
	P_{min} : 414 ± 150	P_{min} : 447 ± 45	P_{min} : 160 ± 150	P_{min} : 240 ± 150
	P_{ort} : 476 ± 150	P_{ort}: 520 ± 45	P_{ort} : 370 ± 150	P_{ort}: 500 ± 150
Sıcaklık (C°)				
	-	T_{maks} : 1025 ± 22	T_{maks} : 1081 ± 45	T_{maks} : 1100 ± 45
	-	T_{min} : 987 ± 22	T_{min} : 1052 ± 45	T_{min} : 1056 ± 45
	-	T_{ort} : 1005 ± 22	T_{ort} : 1066 ± 45	T_{ort} : 1073 ± 45

Lav serisi kayaları ile olivinli gabro ve dayk kümesi kayalarının kristallenme derinlikleri birbirleri ile genel olarak benzer basınç koşullarını yansıtmaktadır. Bu durum gabroik ve dayk kümesi kayalarının; V1-V2 lavlarıyla aynı magmatik sistemin ürünleri olduğu hipotezini güçlendirmektedir.

3.4.1.6 İlk evre magmatik sistemin sentezi

Almus ve Yıldızeli bölgelerinde yer alan V1-V2 grubu ile Yıldızdağ bölgelerinde yer alan olivinli gabro ve dayk kümesi serilerinin petrolojik gelişimi adına elde edilen veriler sonucunda söz konusu magmatik kayaların metasomatize olmuş bir kaynak alanın kısmi ergimesi ile oluştuğu sonucuna varılmıştır. Bu kaynak alan ergimesi olasılıkla delaminasyon ve/veya litosferik ayrılma süreçleri ile gelişmiş olup bu konu

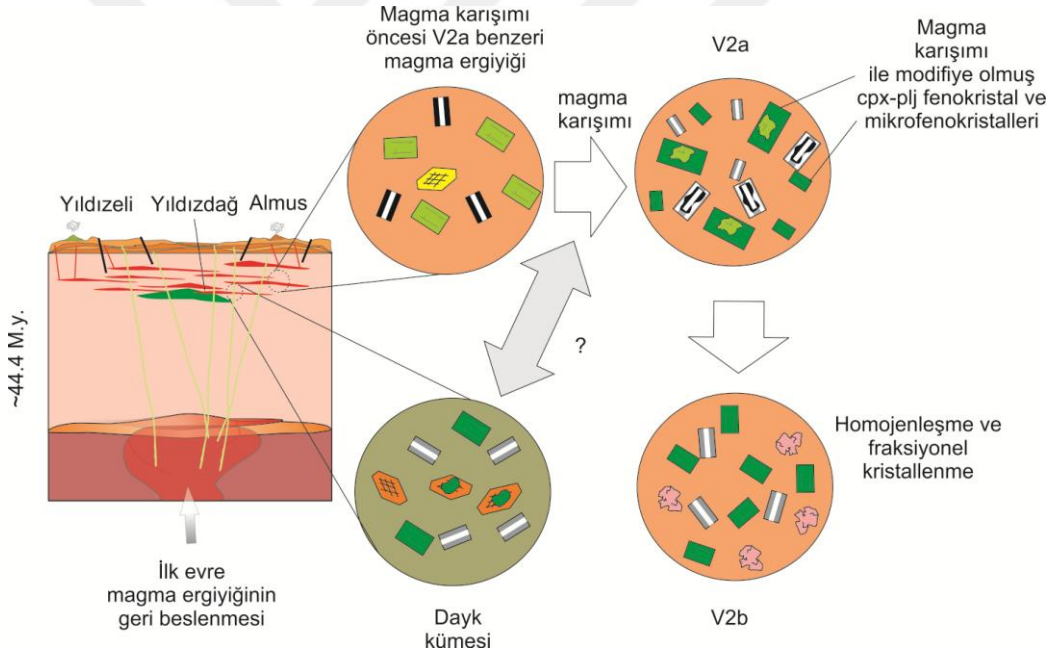
hakkındaki tartışma ilerideki bölümlerde yapılacaktır. Bununla beraber kaynak alan olasılıkla amfibol ve az miktarda flogopit içeren, bizim veri setimizde yer alan klinopiroksen hornblendit kümülat damarları içeren peridotitik bir mineralojiye sahiptir. Söz konusu peridotitik alanın kısmi ergimesi sonucu, ilk evrede (44.8 M.y.) sulu minerallerce zengin V1a serisi ve olivin gabro yerleşimi gelişmiştir. Her iki lav serisinin fraksiyonel kristallenme ile farklılaşması sonucunda V1a serisi lavları daha sığ kökenli V1b serisine doğru evrilmiştir. Bu evrilme aynı zamanda yüksek oranda asimilasyon ile de desteklenmektedir. Buna karşılık olivinli gabrolar kenar zonlarından itibaren fraksiyonlaşmaya uğrayıp olivinli ve piroksenli mineralojisini kaybederek ve yerinde kristallenmeye uğrayarak amfibolce zengin litolojilere değişmektedir (Şekil 3.8). Gabroik kütle bu sırada olasılıkla ilksel olarak sulu ergiyiklerce zengin olup, bu ergiyiğin derin magma odasında hapsolması ile amfibol ve biyotit minerallerinin gelişimi solidus altı koşullarda gerçekleşmiştir.



Şekil 3.8 : V1a-Vb lav serileri ile olivinli gabro sokulumunun petrolojik evrimi (cpx: klinopiroksen, amf: amfibol, bt: biotit, pl: plajioklas, ol: olivin).

Bu dönemden sonra V2a'nın çekirdek ve V1b'nin son fraksiyonlaşmış koşullarını andıran magma ergiyik zonu, magma geri beslenmesi bazik magma tarafından modifiye edilmiştir (Şekil 3.9). Bu değişim ile klinopiroksen ve plajioklas minerallerinde dengesizlik dokuları oluşmuş ve yeni gelişen magma odasında klinopirosken mikrofenokristalleri gelişmiştir. Aynı dönemde geri besleme sonucu dayk kümesi kayalarında izlenen klinopiroksen kimyasına sahip minerallerin gelişmiş olduğu, benzer klinopirosken kimyalarına dayanarak önerilebilir.

V2b kayaları olasılıkla V2a'da yeniden modifiye olan magma odasının homojenleşmesi ve daha sonra tekrar fraksiyonel kristallenme ile evrimleşme sonucunda jeokimyasal gelişimini tamamlamıştır.



Şekil 3.9 : V2a-V2b lav serileri ile dayk kümesi kayalarının petrolojik gelişimi. Kısaltmalar Şekil 3.8'deki lejand ile aynıdır.

3.4.2 V3 grubu lavlarının kıtasal kabuk içindeki evrimi

Geç evre magmatizma Almus ve Yıldızeli bölgelerinde trakitik dayk, stok ve tıkaçlarla temsil edilemekte olup, bu kaya grubunun gelişimi her iki bölgede de 40-41 M.y.'lık yaşlar ile sınırlanmıştır. Bu kaya gruplarında mineral kimyası ve izotopik veriler sınırlı olduğu için bu gruplar hakkında genel sınırlamalar getirilecektir.

3.4.2.1 V3 grubu lavlarının jeokimyasal özellikleri

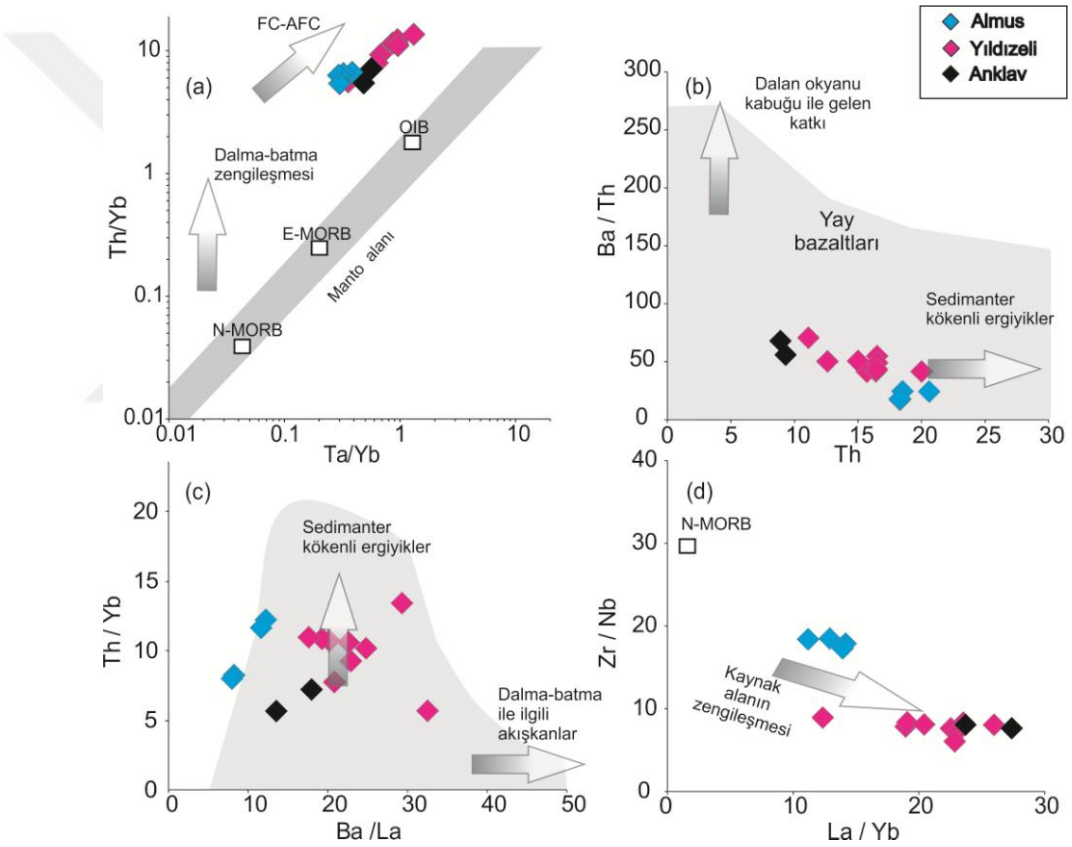
Almus ve Yıldızeli bölgelerinde yer alan lavlar ve anklavlar genel olarak evrimleşmiş Mg# değerleri (ortalama 36) ve düşük Ni ve Cr içeriklerine sahiptir. Bu durum söz konusu kayaların ilksel ergiyikler olmayıp genel olarak evrimleşmiş volkanik ürünler olduğunu işaret etmektedir. Bu nedenle, yüksek K değerine sahip bu evre ürünleri metasomatize olmuş bir kaynak alanın oluşturduğu bir magma ergiyik zonunun ikincil olarak evrimleşmesi ve değişmesi (fraksiyonlaşma ve/veya asimilasyon) ile söz konusu petrolojik özelliklerini kazanmış olmalıdır. V3 grubu kayalarının, V1-V2 grupları için betimlenen metasomatize kaynak alan ile aynı veya az miktarda değişiklik gösteren bir kaynakdan türediği düşünülmekte olup, söz konusu kaynak alanın özellikleri hakkında genel sınırlamalar getirilecektir.

Almus ve Yıldızeli bölgesinde V3 grubu lavları MORB normalize diyagramlarda LILE ve LREE'ler bakımından zenginleşmiş olup, HFSE'lerce genel olarak düşük değerler sergiler. Bu durum tipik olarak dalma-batma ile ilişkili oluşmuş kayalarda gözlenmektedir (Pearce, 1983). Buna karşın benzer desenler asimilasyonla da üretilebilmektedir. Dalma-batma zenginleşmesi ile ilgili süreçleri anlamak adına, Ta/Yb - Th/Yb ikili diyagramında trakitik örneklerin hepsi SiO_2 oranları yüksek olsa dahi iz düşürülerek incelenmiştir. Bütün trakitik ve anklav örneklerinin manto alanının üzerinde yer aldığı ve tipik olarak yitim zonu zenginleşmesine uğradığı görülmektedir (Şekil 3.10a).

Dalma batma süreçlerinde dalan okyanusal levha veya sedimanter ergiyiklerin mi baskın olduğunu ayırtlamak adına farklı iz element sistematikleri kullanılmaktadır. Yay karakterli alanlarda Ba gibi LILE elementler genel olarak altere okyanus kabuğundan türeyen akışkanlarca taşınırken, Th gibi elementler ise genel olarak dalan sedimanter kökenli ergiyiklerce sağlanmaktadır (Hawkesworth ve diğ, 1997). Trakitik örnekler genel olarak düşük Ba/Th ve yüksek Th oranları ile temsil edilmektedir (Şekil 3.10b). Bunun yanı sıra Th/Yb - Ba/La diyagramında sedimanter ergiyik katkısının daha baskın olduğu görülmektedir (Şekil 3.10c). Genel olarak hareketsiz elementlere karşılık, hareketli elementlerin izdüşürülmesi ile oluşturulan diyagramlarda, kaynak alanın zenginleşmesi ve ergiyik ile modifiye olma süreçleri ayırt edilebilir. La/Yb - Zr/Nb diyagramında, N-MORB'a karşı zenginleşen Zr/Nb

oranları kaynak alanın zenginleşme süreçlerini ifade etmektedir (Kirchenbaur ve diğ., 2012). V3 grubu lavları her iki bölgede de bu bakımdan kaynak alanın zenginleşmesini gösteren gidişler sergilemektedir (Şekil 3.10d). Bununla beraber Ba, ve Th oranları evrimleşmiş lavlarda potasyum feldspar fraksiyonlaşması ile kontrol edildiğinden bu elementlerle kaynak alan için yapılan yorumlar öneri niteliğindedir ve kaynak alandan ziyade, fraksiyonlaşma süreçleri ile gelişmiş olabilir.

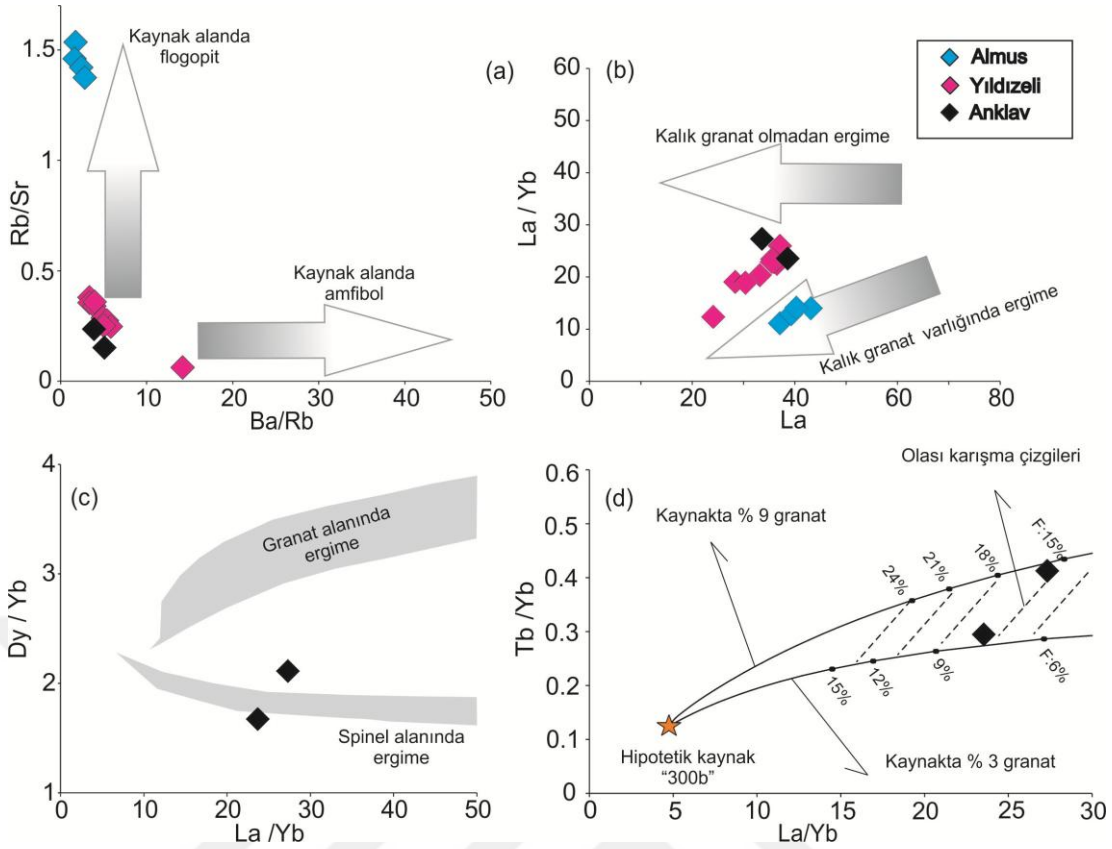
Tüm veriler değerlendirildiğinde, V3 grubu lavlarının da, V1-V2 grubu lavlarına benzer şekilde genel olarak sedimanter ergiyiklerce modifiye edilmiş bir kaynak alandan türediği görülmektedir.



Şekil 3.10 : (a) Ta/Yb - Th/Yb diyagramında V3 grubu lavlarının konumu (Pearce, 1983). **(b)** Dalan okyanusal levhadan ve sedimanter kayalardan gelen ergiyik ve akışkanları ayırtlamada kullanılan Th-Th/Ba diyagramı (Hawkesworth ve diğ, 1997). **(c)** Benzer sedimanter kaynak ve okyanusal dalan levha kaynaklarını ayırtlamakta kullanılan Ba/La -Th/Yb diyagramı (Kirchenbaur ve diğ, 2012). **(d)** Kaynak alan zenginleşmesini ayırtlamada kullanılan La/Yb- Zr/Nb diyagramı (Kirchenbaur ve diğ,, 2012).

3.4.2.2 V3 grubu lavlarının kaynak alanı hakkında sınırlamalar

V3 grubu lavlarının kaynak alanı olasılıkla V1-V2 grubu lavlarında tanıtılan metasomatize kaynak alan ile benzerlikler göstermektedir. Bu serinin kaynak alanının mineralojisi hakkında sınırlamalarda bulunmak için çeşitli iz elementlerden yararlanacaktır. LILE element ikilileri Rb/Sr ve Ba/Rb oranları kaynak alanda yer alabilecek metasomatik amfibol ve flogopit benzeri minerallerin ayırtlanmasında kullanılmaktadır (Duggen ve diğ., 2005). Yüksek Rb/Sr oranları kaynak alanda flogopit benzeri minerallerin varlığını işaret etmektedir. Almus bölgesinde yer alan V3 örnekleri bu bakımdan flogopitli kaynak alandan beslenmiş lavlara benzemektedir. Bunun yanı sıra amfibol minerallerinin de sınırlı olarak kaynak alanda yer aldığı görülmektedir (Şekil 3.11a). Trakitik lavlar ve anklavların düşük MgO'li olması, olasılıkla fraksiyonlaşma ve asimilasyondan yüksek oranda etkilenmiş olması nedeniyle kısmi ergime derinlik ve koşullarını saptamak güçtür. Kaynak alanda olası granatın varlığı düşük HREE ve yüksek LREE oranları ile önerilmektedir (Johnson, 1994). V3 grubu lavlarının nadir toprak element içeriği kaynak alanda granatın var olabileceğini göstermektedir. La – La/Yb oranları da kaynak alanda az miktarda granat veya spinelin var olduğunu göstermektedir (Şekil 3.11b; Vigouroux ve diğ, 2008). Dy/Yb - La/Yb oranlarına bakıldığı zaman primitif örnekler olarak tasvir edilen anklavların spinel lerzolit ve granat peridotit alanlarının arasına iz düştüğü görülmektedir (Şekil 3.11c). Önceki bölümlerde tasvir edilen metasomatik kaynak alan hakkında fraksiyonlaşma düzeltmesi ile hesaplanmış bazik lavlar ve cpx-hornblendit ksenolitleri ile çeşitli sınırlamalar getirilmiştir. Bununla beraber V3 grubu lavlarını oluşturan ergiyiğin kaynak alanında flogopit benzeri minerallerin de bulunmuş olma olasığı nedeniyle farklı bir hipotetik kaynak alan seçilerek, kısmi ergime süreçleri modellenmiştir. Bu kapsamda İtalya Ulten bölgesinde yer alan metasomatize peridotitik kayalardan bir örnek seçilerek (Örnek #300b; Scambelluri ve diğ, 2006) kısmi ergime modelleme gerçekleştirilmiştir. V3 grubu trakitik kayaları evrimleşmiş ürünleri temsil ettiği için sadece anklavların jeokimyası bu modelleme ile üretilmeye çalışılmıştır. Modelleme için Shaw (1970)'da belirtilen eşitlikler kullanılmıştır. Modelleme işlemini daha basit olarak betimlemek adına ikili La/Yb - Tb/Yb diyagramı kullanılmıştır. Spinel lerzolitli ve granat peridotitli iki ergime modeli üretilerek, veri setimizde yer alan anklavlarla korele edilmiştir. Modellemede kullanılan parametreler Çizelge 3.5'de verilmektedir.



Şekil 3.11 : (a) Kaynak alanda yer alan flogopit ve amfibol minerallerini ayırmak için kullanılan Ba/Sr - Rb/Sr diyagramı (Furman ve Graham, 1999). **(b)** Kaynak alandaki granat varlığını incelemek adına kullanılan La- La/Yb diyagramı (Vigouroux ve diğ, 2008). **(c)** Granatlı ve spinelli kaynak alanları incelemek için kullanılan La/Yb - Dy/Yb diyagramı (Prelević ve diğ, 2013). **(d)** La/Yb ve Tb/Yb oranlarına bağlı olarak kaynak alanın kısmi ergime modellemesi. Başlangıç bileşimi Scamberulli ve diğ., 2006'dan alınmıştır. Kd değerleri Çizelge 3.5'de verilmiştir. F: kısmi ergime oranı.

Çizelge 3.5 : Modal olmayan ergime modellemesinde kullanılan değerler. Dağılım katsayıları McKenzie ve O'Nions (1991)'den, kaynak modu için mineraller Scambelluri ve diğ. (2006)'den alınmıştır.

Mod	Olivin	Ortopiroksen	Spinel	Granat	Amfibol	Flogopit	Total
Kaynak modu (1)	0.54	0.21	0.06	0.03	0.12	0.04	1
Kaynak Modu (2)	0.54	0.21	0.06	0.09	0.06	0.04	1
Ergiyik oranı	0.05	0.10	0.15	0.15	0.20	0.35	
La	0,04	0.002	0.01	0.01	0.17	0.007	
Yb	0.0015	0.049	0.01	4.03	0.59	0.005	
Tb	0.0015	0.019	0.01	0.75	0.83	0.0001	

Petrolojik modelleme sonucunda, %3 ve %9 granat içeren metasomatik kaynak alanların kısmi ergimesi ile anklavların jeokimyasal özelliklerinin üretilebileceği görülmüştür (Şekil 3.11d). Buna karşın söz konusu parametreler V1-V2 grubu

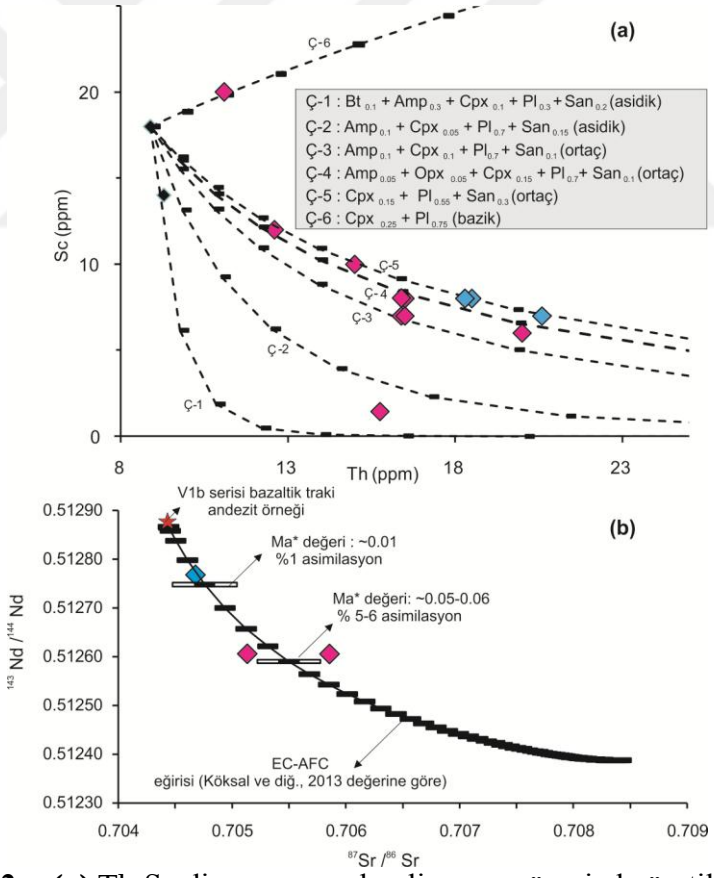
volkanizmasıyla gelişen magma odalarının spinel lerzolitik bir alandan türemesinden ötürü, V3 grubu lavlarının gelişiminde granatlı litojilerin ergimede aldığı rol olasılıkla sınırlı bir miktardadır. Bununla beraber söz konusu magmatizmanın gelişim alanı spinel-granat geçiş alanından türemiş olduğu düşünülmektedir.

3.4.2.3 V3 grubu lavlarının kıtasal kabuk içerisindeki evrimi

Trakitik kayaları oluşturan V3 lavlarının veri seti yüksek SiO_2 ve düşük MgO oranlarına sahip olup genel olarak bazik bir sistemin evrimleşmiş ürünleri olarak gözlenmektedir. Bu seride yer alan lavlardaki olası fraksiyonlaşma, asimilasyon ve magma karışımı süreçlerini anlamak adına ilk olarak ana oksit ve iz element değerleri değerlendirilecektir. Söz konusu seride yer alan örnekler içerisinde en bazik olan monzonitik anklavları primitif örnekler olarak baz alındığında, söz konusu lavlardaki artan silisyum oranına göre TiO_2, Fe_2O_3, MgO, Co, and Sc oranlarının düşmesi ferro-magnezyen minerallerin fraksiyonlaşması ile açıklanabilir. Ayrıca SiO_2 oranı yaklaşık %57'ye geldiğinde oluşan bükülmeler analiz edilen kayaların porfirik karakterli olmasından dolayı klinopiroksen, amfibol ve feldspat oranları ile kontrol edilmiş olaibilir. Artan SiO_2 ile yatay ve pozitif değerler sergileyen Na_2O oranları olasılık K-feldspat fraksiyonlaşmasını yansıtmaktadır. Ayrıca düşen P_2O_5 değerleri de apatit fraksiyonlaşması ile açıklabilir. Artan silika ile beraber pozitif gidiş gösteren Th ve Zr değerleri, allanit ve zirkon benzeri minerallerin fraksiyonlaşması ile açıklabilir. Ancak bu fazlar petrografik olarak saptanamamıştır. Dağınık desenler sunan Ba, Sr ve Rb değerleri ise plajioklas, K-feldspar ve flogopit fraksiyonlaşması ile açıklabilir. MORB normalize çoklu element diyagramlarında yer alan negative Ba değerleri plajioklas fraksiyonlaşmasını desteklemektedir. Ayrıca Almus bölgesi V3 örneklerinde gözlenen belirgin negatif Eu anomalileri de plajioklas fraksiyonlaşmasına işaret eder. Artan silika ile yatay ve negatif gidiş gösteren Y değerleri de amfibol fraksiyonlaşması ile uyumludur. Söz konusu ana ve iz elementler genel olarak fraksiyonlaşma ile şekillenmiş bir magma evrimine işaret etmektedir. Bununla beraber asimilasyon süreçleri de kayalarda sıklıkla gözlenen ksenokristik minerallerin varlığı nedeniyle olasıdır.

3.4.2.4 V3 grubu lavlarının fraksiyonlaşma ve asimilasyon Süreçleri

V3 grubu lavlarının fraksiyonlaşma ve asimilasyon süreçlerini anlamak adına en primitif anklav örnekleri baz alınarak Rayleigh fraksiyonlaşma eğrileri üretilmiştir. Bunun yanı sıra bu gruptaki lavların izotopik gelişimini de anlamak için asimilasyon modelleri yapılırken Sr-Nd izotopları kullanılarak EC-AFC modellemeleri de gerçekleştirilmiştir.V1-V2 gruplarındaki modellemeye benzer şekilde Th-Sc elementleri seçilerek, fraksiyonlaşma eğrileri oluşturulmuştur (Şekil 3.12a). V3 grubu örnekleri genel olarak hesaplanan eğrilerden Ç3 (%10 amfibol; %10 klinopiroksen; %70 plajioklas ve %10 sanidin) ve Ç5 (%15 klinopiroksen; %55 plajioklas ve %30 sanidin) arasına düşmektedir. Bununla beraber bazı trakit örnekler bu alanın dışında kalmaktadır. Bu durum söz kayalarda asimilasyon süreçleri ile açıklabilir.



Şekil 3.12 : (a) Th-Sc diyagramı ve bu diyagram üzerinde üretilen teorik fraksiyonlaşma eğrileri. Söz konusu mineraller için Kd değerleri URL-1'den derlenmiştir. **(b)** Sr-Nd izotop değerleri ile hazırlanan EC-AFC modellemeleri. Kirletici değerleri Köksal ve diğ., 2013'den alınmıştır. Bileşimsel parametreler Çizelge 3.6'da verilmektedir.

Anklav örneklerinden izotopik veri bulunmadığı için EC-AFC modellemesinde kullanılmak üzere ilksel bileşim olarak V1b serisinde yer alan bazaltik-traki andezitik örnek (473a) ilksel magma kaynağı olarak seçilmiştir (Şekil 3.12b). Farklı kirletici değerleri ile (Tokat Masifi, IAESZ metabazik kayaları) 300, 450 ve 600 ˚C'lik sıcaklıklarda denemeler yapılmış olup sadece Kretase yaşlı OAKK granitoid birimlerinden anlamlı sonuçlar elde edilmiştir (Köksal ve diğ, 2013). Modellemede kullanılan fiziko-kimyasal parametreler Çizelge 3.6'da verilmektedir.

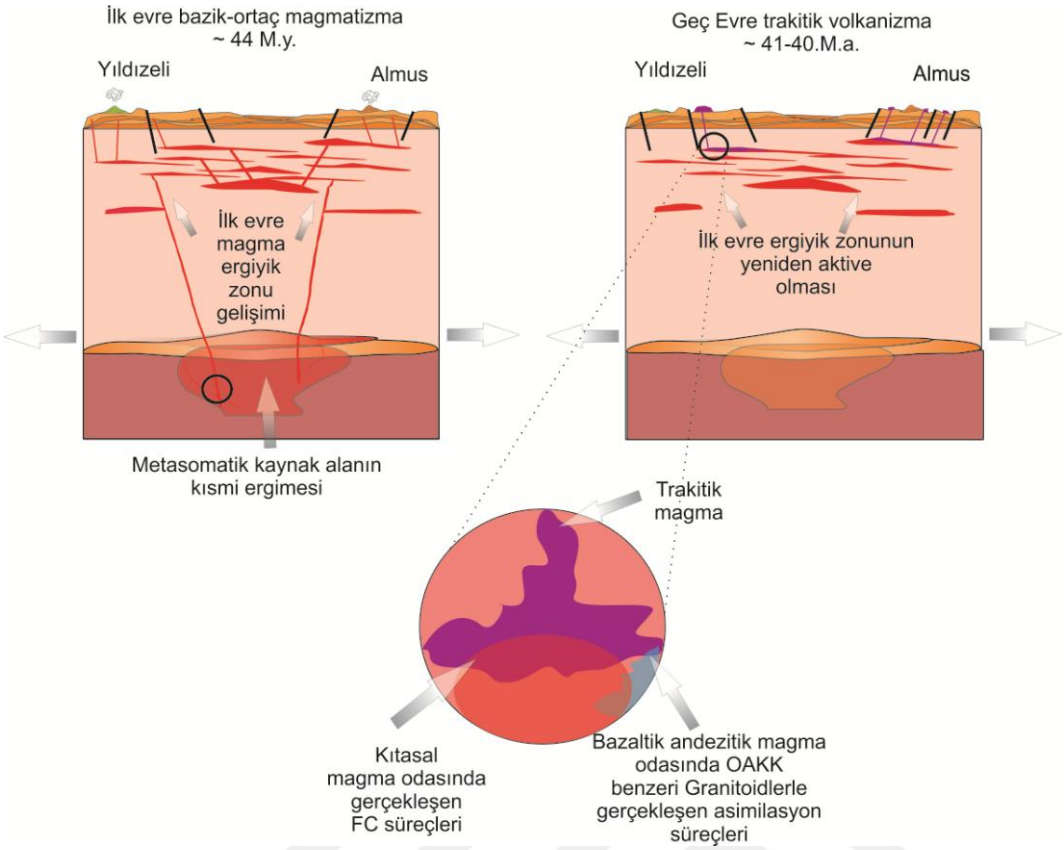
Çizelge 3.6 : V3 lav grubunda EC-AFC modellemesi için kullanılan termal ve bileşimsel parametreler.

Termal Parametreler		**Bileşimsel**		
		Parametreler	Sr	Nd
Magma likidus sıcaklığı $T_{l,m}$	1200 ^{0}Ce	Magma ilksel bileşimi (ppm), C_m^o	431	24.6
Magma ilksel sıcaklığı T_m^o	1200 ^{0}C	Magma izotop oranı, £$_m$	0.7044	0.512867
Kirletici likidus sıcaklığı $T_{l,a}$	1000 ^{0}C	Magma katılım katsayısı, D_m	1.219	0.11
Kirletici ilksel sıcaklığı T_a^o	600 ^{0}C	Kirletici ilksel bileşimi (ppm) C_m^o	706.3	37.1
Solidus sıcaklığı T_s	950 ^{0}C	Kirletici izotop oranı, £$_a$	0.708757	0.512204
Denge Sıcaklığı T_{eq}	989 ^{0}C	Kirletici dağılım katsayısı, D_a	1.5	0.25
Kristallenme entalpisi, Δh_{cry} (J/Kg)	396000			
Magmanın izobarik belirli ısı kapasitesi $C_{p,m}$ (J/Kg per K)	1484			
Füzyon entalpsi Δh_{fus} (J/Kg)	354000			
Kirleticiin izobarik belirli ısı kapasitesi $C_{p,a}$ (J/Kg per K)	1388			

Asimilasyon sırasında, asimile edilen anatektik ergiyiğin oranını temsil eden Ma* değerleri, asimilasyona uğrayan temel kayaların yüzdesini göstermektedir. Sr-Nd oranları ile yapılan modellemelerde Almus bölgesindeki V3 kayalarının asimilasyon oranının çok düşük değerlerde olduğu görülmektedir (%1). Buna karşın Yıldızeli bölgesi V3 kayalarını oluşturmak için yaklaşık %5-6'lık asimilasyon değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır (Şekil 3.12b). Bu durum söz konusu kayalarda yaygın olarak gözlenen ksenokristik minerallerin varlığı ile de uyumludur.

V3 grubu lavlarının oluşumuna bakıldığında, V1-V2 gruplarında yer alan lavlara benzeyen metasomatik bir kaynak alandan farklılaşarak geliştikleri görülmektedir. Mineral kimyası ve izotopik verilerin az olmasına karşın, söz konusu kayaların V1-V2 kayaları ile petrojenetik olarak benzer özellikler sergilediği gözlenmektedir. Söz konusu kayaların evrimleşmiş ve asimilasyonla modifiye olmuş ürünler olmaları, bu kayaların olasılıkla ilk evre magmatizması ile oluşan sığ magma ergiyik zonlarının yeniden aktive olması ile oluştuğunu göstermektedir. Kıta kabuğunun üst seviyelerinde yer alan alkali magma odalarının yeniden aktive olarak trakitik volkanizma üretmeleri literatürde yaygın olarak gözlenmektedir Yeniden aktive olma genel olarak bazik magma karışımı ve kıtanın incelmesine sebep olan tektonik süreçlerle kontrol edilebilir (Wolff, 2017). IAESZ boyunca gözlenen geniş siyenitik plütonlar (Kösedağ Siyeniti, Boztuğ, 2008) ve trakitik dayklar (Keskin ve diğ, 2008; Gülmez ve Genç, 2015) bu hat boyunca alkali karakterli sığ magma odalarının gelişmişe obileceğini ve bu magma odalarının yeniden aktive olması ile trakitik karakterli volkanizmanın aktive olduğunu göstermektedir.

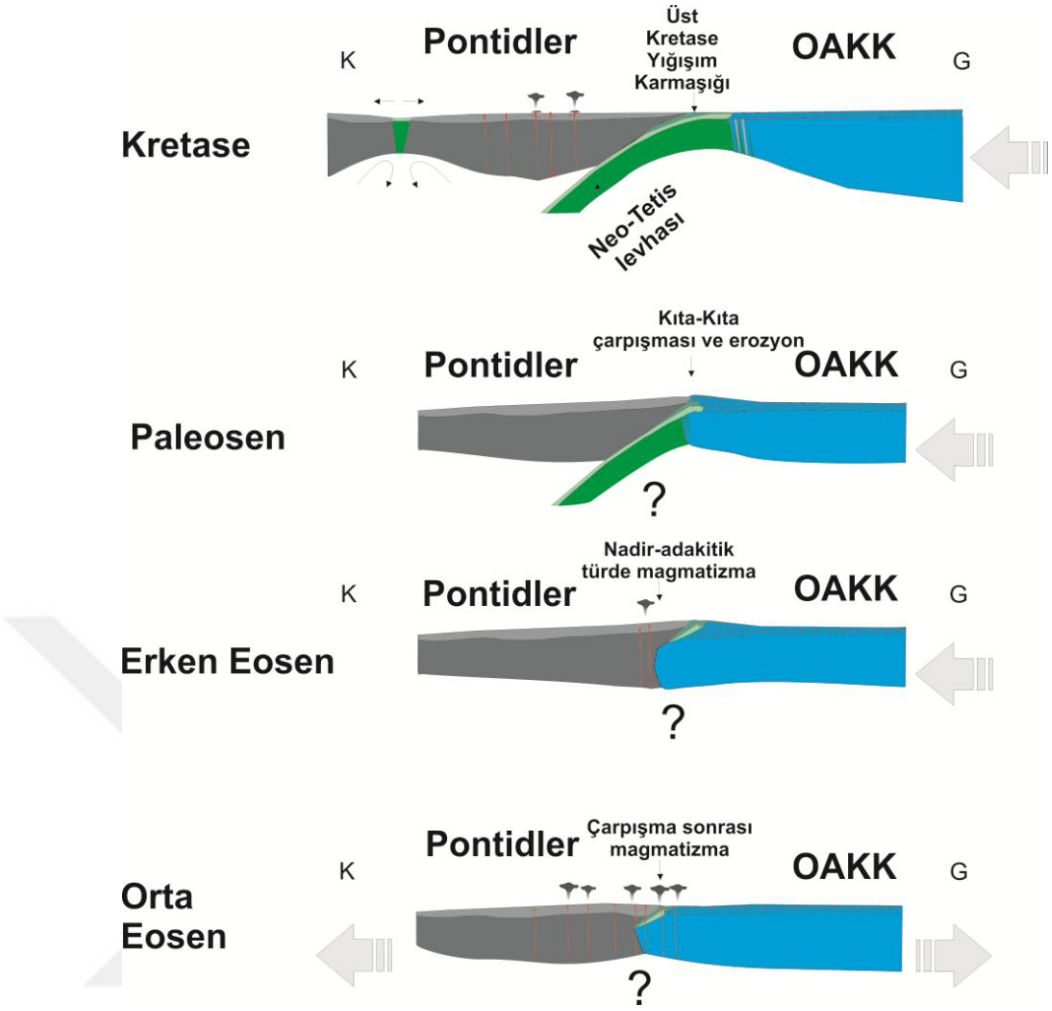
Almus ve Yıldızeli bölgelerinde gözlenen trakitik kayaların düz hatlar boyunca dizilmiş olmaları, bu kayaların Orta Eosen'deki gerilmeli tektonizma sonucu yeniden aktive olan kıtasal kabukta, sığ magma odalarında fraksiyonlaşma ve az miktarda asimilasyonla geliştiği önerilebilir (Şekil 3.13). Trakitik kayaların düz hatlar boyunca gelişmiş olmaları (B-D; KD-GB; KB-GD), bu kayaların bu dönemde gelişen normal fayları takip ederek tıkaçlar ve sığ stoklar olarak kabuğa yerleştiğine işaret etmektedir.



Şekil 3.13 : Trakitik magmatizmanın gelişimi için önerilen şematik evrim modeli. İlk evre magmatik birimlerin (44 M.y.) oluşturduğu bazaltik traki-andezitik magmatik ergiyik zonu; 40-41 M.y. lık dönemde yeniden aktive olarak fraksiyonal kristallenme ve az miktarda asimilasyon ile trakitik volkanik kayaları üretmektedir.

3.5 Orta Eosen Magmatiklerinin Geç Kretase-Erken Senozoyik Jeodinamik Evrimi İçerisindeki Yeri

IAESZ bölgesi Pontidler ile OAKK ve Anatolid Torid bloklarının birbirine kenetlenmesi ile genel yapısal özelliklerini kazanmıştır (Şengör ve Yılmaz, 1981, Okay ve Tüysüz, 1999). Kretase döneminin sonunda yay magmatizmasının sona ermesi, Erken ve Orta Paleosen döneminde IAESZ'nin çevresinde yer alan kuşakta sedimanter ve magmatik birimlerin az oranda bulunması bu dönemde kıta-kıta çarpışmasının en önemli kanıtlarından biri olarak önerilmektedir (Şekil 3.14; Okay ve Tüysüz, 1999, Keskin ve diğ, 2008). Bununla beraber Kretase-Erken Senozoyik döneminde dalan-levhanın, magmatizmanın ve kıta altı litosferin nasıl evrimleştiği hakkında farklı fikirler öne sürülmüştür.



Şekil 3.14 : Pontidlerin güney kenarının Kretase-Orta Eosen dönemindeki jeodinamik evriminin şematik gösterimi.

Balkanlar'dan, Kafkaslar ve İran'a uzanan, Pontidlerin kuzeyi ve IAESZonunu da kapsayan kuşak boyunca yaygın olarak izlenen Erken Senozoyik magmatiklerinin gelişimi hakkında farklı petrolojik ve jeodinamik modeller önerilmiştir. IAESZ boyunca batından doğuya doğru takip edilebilen ve Pontidlerin güneyinde de izlenen Erken Senozoik plütonik ve volkano-sedimanter birimlerinin gelişimi üç ana başlık altında özetlenebilir: bunlar (i) Pontidler ile OAKK ve Anatolid Torid tektonik bloklarının çarpışması ile kalınlaşması (Paleosen-Erken Eosen, adakitik magmatizma) ve bunu izleyen dönemde delaminasyon süreçleri ile Orta Eosen döneminde alkali ve kalk-alkali magmatizmanın gelişmesi (Topuz ve diğ, 2011, Eyüboğlu ve diğ, 2013), (ii) Anatolid-Toridlerin güneyinde yer alan güney Neo-Tetis levhasının yay ardı gerilmesi etkisi ile İran-Kafkas ve Kuzey Anadolu hattında kıtasal kabuğun incelmesi ve magmatizma üretmesi (Vincent ve diğ, 2005) (iii)

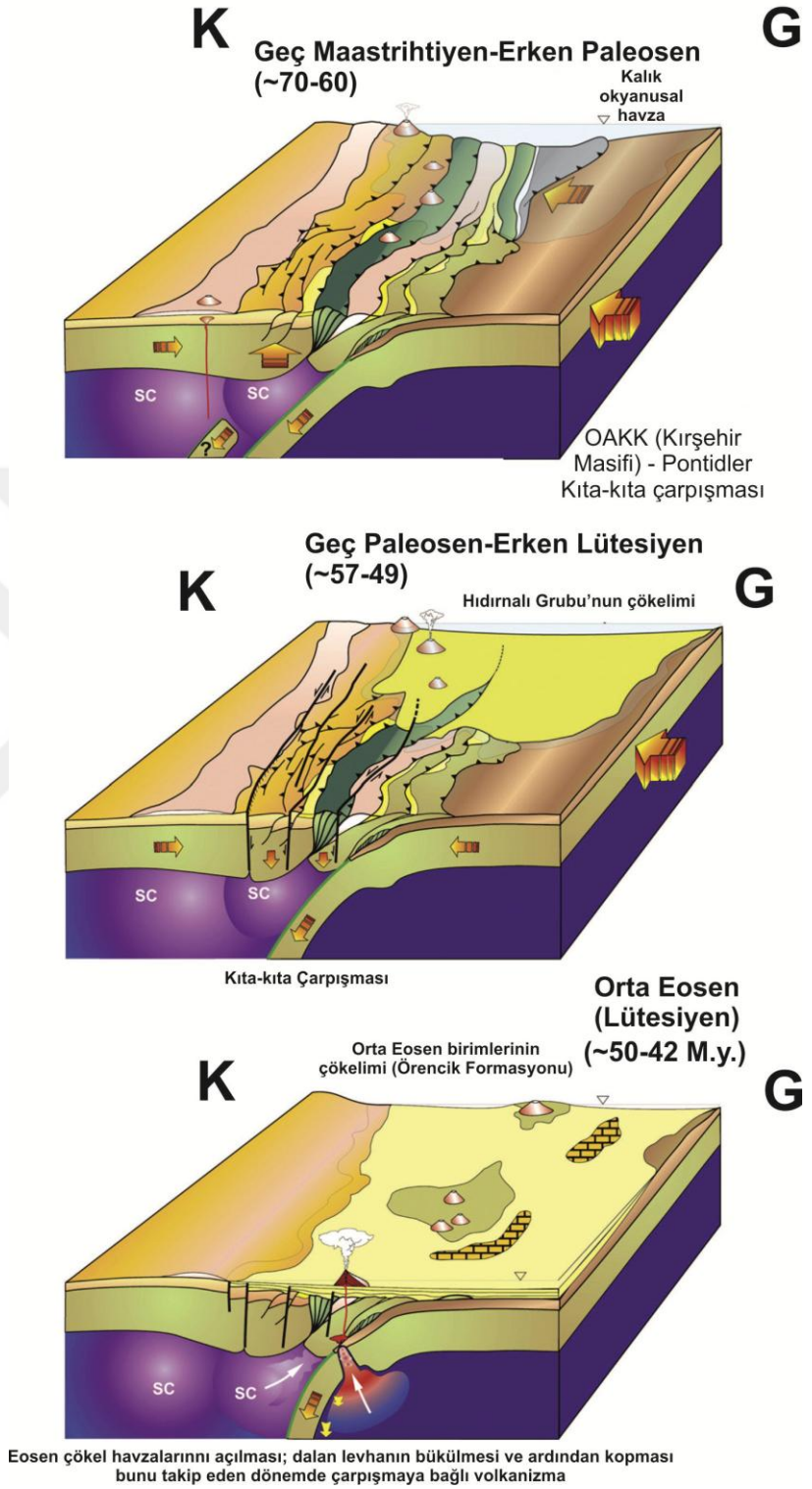
IAESZ boyunca dalan levhanın geriye çekilerek IAESZ zonunun altında bükülmesi ve Orta Eosen döneminde koparak alkalin ve kalk-alkalin karakterli magmatizmayı üretmesi (Keskin ve diğ, 2008, Gülmez ve diğ, 2013, Ersoy ve diğ, 2017), olarak sıralanmaktadır.

Bu jeodinamik önermelerden ilki genel olarak Doğu Pontidlerde yapılan petrolojik çalışmalara dayanmaktadır. Erken Eosen döneminde çoğunlukla Doğu Pontid kuşağının güney kesiminde olmak üzere nadir adikitik magmatik birliklerin varlığı gözlenmiş ve bunların oluşumu hakkında farklı jeodinamik senaryolar önerilmiştir (Topuz ve diğ, 2011, Eyüboğlu ve diğ, 2013; Şekil 3.14). Eyüboğlu ve diğ. (2013) bu kayaların direkt olarak dalan bir okyanusal levhadan türediğini, buna karşın Topuz ve diğ. (2011) ve Karslı ve diğ. (2011) bu kayaların kalınlaşan bir kıtasal kabuğun ve litosferin kısmi ergimesi ile oluştuğunu düşünmektedir.

Petrolojik çalışmalarla, çarpışma süreçleri boyunca adakitik kayaların genel olarak derin kökenli kaynak alanlardan beslendiği gösterilmiştir (Karslı ve diğ, 2011; Topuz ve diğ, 2011; Eyüboğlu ve diğ, 2013). Orta Eosen dönemine doğru, genişlemeli tektonik ile litosferik mantonun IAESZ ve Pontidler boyunca incelmesi, MOHO'nun daha sığ derinliklere doğru yükselmesi nedeniyle adakitik magmatizma azalarak yok olmaktadır (Topuz et al,, 2011; Eyüboğlu et al, 2013).

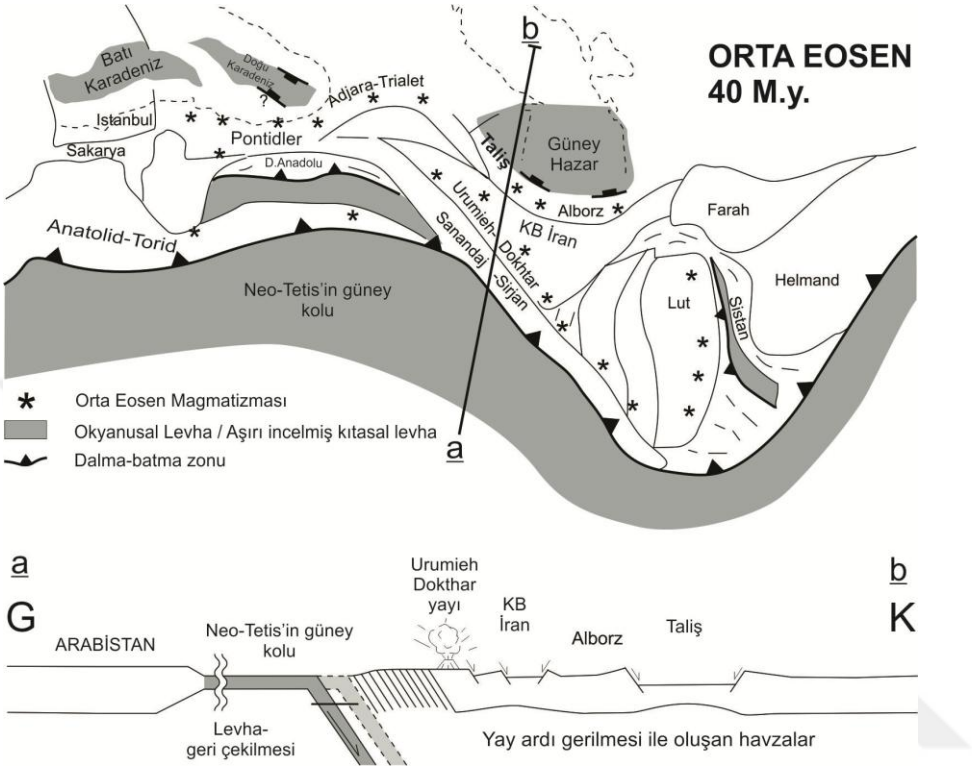
İkinci önerme; Kretase-Erken Senozoyik dönemi, Pontid kuşağı ve Anatolid Torid ile OAKK birimlerinin çarpışmasını, sonrasındaki havza ve magmatizma gelişimlerini ayrıntılı stratigrafik, paleontolojik ve petrolojik çalışmalara dayandırmaktadır (Tüysüz ve Dellaloğlu 1992, Yılmaz ve diğ, 1993b; Yılmaz ve diğ, 1997b; Boztuğ ve diğ, 2004; 2007; Keskin ve diğ, 2008; Espurt ve diğ, 2014;Hippolyte ve diğ, 2016; 2017). Keskin ve diğ. (2008)'de IAESZ boyunca gelişmiş olan Eosen volkano-sedimanter birimleri ayrıntılı olarak çalışmıştır. Bu çalışmada Paleosen-Erken Eosen döneminde IAESZ boyunca gelişmiş havzalar kalık havzalar olarak yorumlamış, Orta Eosen döneminde gelişen yaygın magmatizma ise dalan levhanın dikleşerek kopması ile açıklamıştır (Şekil 3.15). Ayrıca Lütesiyen başındaki sığ denizel sedimanter havzaların dalan levhanın çekme etkisiyle oluştuğu belirtilmiştir. Daha sonraki dönemde bölgenin genel olarak karasallaşması ve buna eşlik eden

magmatizma ise dalan-levhanın kopması sonucu elastik olarak rahatlayan levhanın hızlı bir şekilde yükselmesi ile açıklanmıştır (Keskin ve diğ, 2008).



Şekil 3.15 : Keskin ve diğ. (2008) yayınına göre Kretase-Erken Senozoyik döneminde Pontidlerin güney kenarında gelişen tektono-magmatik süreçler.

Üçüncü modelde Eosen magmatizması güney Neo-Tetis kolunun Anatolid-Toridler, Doğu Anadolu ve İran Bloklarının altına dalarken geri çekilmesi ve bu geri çekilmeye bağlı olarak üst levhada gerçekleşen yay ardı gerilmesine bağlı olarak açıklamaktadır (Vincent ve diğ, 2005, Şekil 3.16).



Şekil 3.16 : Vincent ve diğ. (2005) modeline göre yay ardı gerilmesi ile oluşan Eosen magmatizması.

Üç modelde de jeolojik ve petrolojik çalışmalar sonucu üretilmiş olan veriler, geniş bölgelere uyarlanarak tektonik önermelerde bulunulmuştur. Bununla beraber söz konusu bölgelerde halen genel olarak jeolojik ve analitik veri eksikliği söz konusudur.

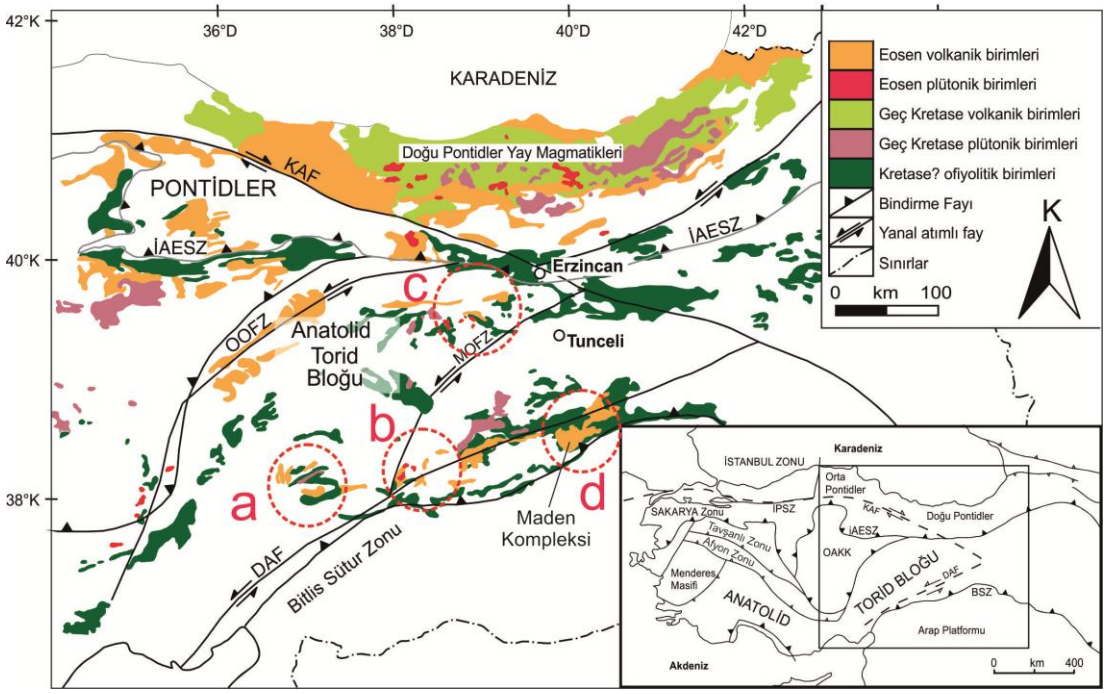
İlk modelde kıtasal kabuğun kalınlaşması süresince Geç Paleosen-Erken Eosen döneminde adakitik karakterli ve granat peridotit kaynak alanından türemiş bir magmatizmanın varlığı ve bunu izleyen dönemde kıta altı litosferinin, delaminasyonla yoğunlaşarak incelmesi ve soyulması petrolojik açıdan analitik verilerle uyumludur (Topuz ve diğ, 2011, Eyüboğlu ve diğ, 2013). Bununla beraber, delaminasyon süreçleri kıta altı litosferin tamamen soyulması ve kopmasını gerektirmektedir (Sierra Nevada örneği; Elkins-Tatton ve Grove 2003), ancak bu

bölgedeki magmatik evrim izotopik ve petrolojik olarak delaminasyondan ziyade, ufak ölçekli litosferik soyulma süreçleri ile açıklanabilir.

İkinci model, Neo-Tetis okyanusunun kuzey koluna ait dalan levhanın Erken-Orta Eosen dönemleri sırasında incelerek kopması ve buna bağlı olarak magmatizma oluşumunu, Anadolu'nun kuzey kesiminde Batı, Orta ve Doğu Pontid kuşakları için farklı çalışmalarda gösterilmiştir. (Keskin ve diğ, 2008, Gülmez ve diğ, 2013, Ersoy ve diğ, 2017). Bununla beraber, levha yırtılması nedeniyle astenosferik ergiyikten türemesi beklenen yüksek Mg#, Ni ve Cr, normalize diyagramlarda yatay veya pozitif piklere sahip Nb-Ta, Hf-Zr element değerlerinin saptanmamış olması bu modeli zayıflatmaktadır. Bunun yanı sıra jeolojik olarak çarpışma sonrası dönemlerde kıta altı litosferinin ayrılması, soyulması (litospheric removal) süreçleri ile kabuğun incelmesi; öncelikle kıtasal alanda çökme ve sedimanter havza gelişimi ve bunu takip eden dönemde ise ani olarak kıtasal yükselemenin gelişeceği de sayısal modelleme çalışmaları ile önerilmektedir (Göğüş ve Pysklywec, 2008, Wang ve diğ, 2015). Yukarıdaki veriler ışığında bu model genel jeolojik ve petrolojik verilerin uyumu bakımından daha tutarlı bir önerme olsa da, levha-kopması süreçleri de Erken Senozoyik'de dalan levhanın nasıl davrandığının bilinmesi ile aydınlanabilir.

Yay ardı gerilmesi ile magmatizmanın tetiklenmesini öneren üçüncü model İran-Taliş (Hazar Denizi) hattı boyunca gelişen magmatizmayı açıklasa da, Anatolid-Torid'lerin Doğu ucu ve Doğu Anadolu bölgesindeki Erken-Senozoyik jeodinamik hakkındaki verilerin sınırlı olması nedeniyle kontrol edilmesi güç bir önermedir. Bu bölgede yapılan kapsamlı jeolojik çalışmalarla Anatolid-Toridlerin güneyinde yer alan bölgede (Şekil 3.17): (a) Yüksek sıcaklık-yüksek basınç başkalaşımı ile oluşmuş olan kıta-altı litosferi kayaları (Berit granülit fasiyesi metagabroik birimler, Karaoğlan ve diğ, 2013; Awalt, 2016 (51 M.y. oluşum yaşı)), (b ve c) Eosen yaşlı granitik birimler (Doğanşehir Granitleri, Karaoğlan ve diğ, 2013; Karamazıdağı Granitleri, Kuşçu ve diğ, 2010 (50-48 M.y.), Çöpler-Kabataş magmatik kompleksi, İmer ve diğ., 2013, 44.4 M.y.) ve (d) Eosen yaşlı düzenli volkano-sedimanter istifler (Maden Grubu, Yılmaz ve diğ, 1993b, Yiğitbaş ve diğ, 1996, Elmas ve Yılmaz, 2003, Ertürk ve diğ, 2017; Maden Kompleksi, Yazgan, 1981; Perinçek ve Özkaya, 1981; Aktaş ve Robertson, 1984) ayırtlanmış olup, bu birimlerin geliştikleri paleo-tektonik ortamlar hakkında değişik önermelerde bulunulmuştur. Bununla birlikte

bölgede yer alan kayalardan radyometrik yaş verisi ve analitik verinin halen sınırlı sayıda olması bölgenin Miyosen öncesi evriminin anlaşılmasına engel teşgil etmektedir. Erken Senozoyik döneminde hem Pontidlerin altında dalan hem de Doğu Anadolu bölgesinin altına dalan bir levhanın ürettiği magmatik sistemlerin, yakın alanlarda kuzeye doğru dalan iki okyanusal levhanın eş zamanlı olarak çalışmasını gerektirmektedir.

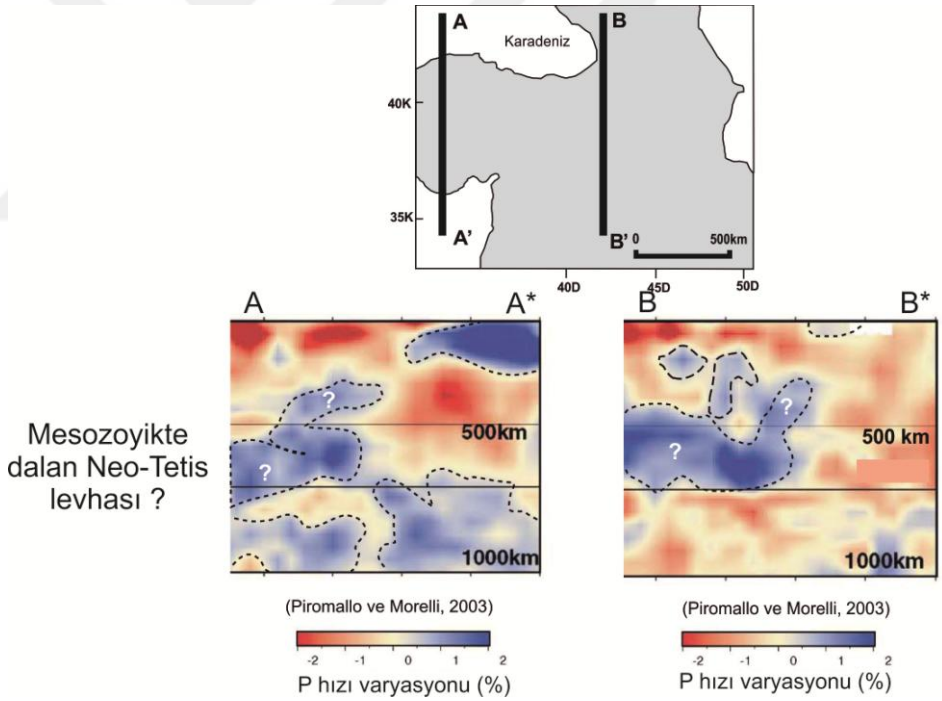


Şekil 3.17 : Doğu Anadolu bölgesinin batı ucunda yer alan Eosen yaşlı magmatik toplulukların genel dağılımı (a) Berit granülit fasiyesi metagabroları (Berit Metaofiyoliti), (b) Doğanşar-Karamazıdağı Granitleri, (c) Çöpler-Kabataş granitleri (d) Maden Kompleksi (Harita İmer ve diğ, 2013'den alınmıştır).

Dünyadaki örneklerde birbirini takip eden dalan levha sistemlerinin Pasifik kıyılarında, Japon Denizi ve Filipinler'de gelişmiş olduğu bilinmektedir (Hall, 2002). Bununla beraber Alp-Himalaya tipi kapalı havzalarda birbirilerini üzerleyen yay, dalma-batma, levha geri çekilmesi ve transform sistemler paleo-tektonik evrimin anlaşılmasını güçleştirmektedir. Buna karşın, Alp-Himalaya sisteminde birbirini takip eden yay-ardı gerilmesi ile aktif dalma-batma'dan yaklaşık 800 km uzaklıkta dahi kıta-altı litosferin incelmesi ve astenosferin yükselmesi ile magmatizmanın gelişimini kontrol ettiği bilinmektedir (Sardinya ve Tireniyen Denizi: Carminati ve diğ, 2012; Faccenna ve diğ, 2014; Peccerillo, 2016).

Şengör ve diğ. (2008) çalışmasında, bütün Doğu Anadolu bölgesi bir yığışım karmaşığı olarak yorumlanarak bu bölgedeki levhanın tek bir levha olduğu belirtilmiştir. Pontidlerin altındaki Neo-Tetis levhasının geriye çekilmesi geniş bir aralıkta (günümüz Bitlis Süturu- Pontidler arası yaklaşık 300km) yay ardı gerilmesi ve magmatizması yaratılmasına sebep olmuştur. Üst Kretase döneminin sonunda gelişen ultrapotasik volkanizmanın dalan Neo-Tetis levhasının geri çekilme (roll-back) mekanizması ile oluştuğu, stratigrafik, petrolojik ve jeokronolojik yöntemler kullanılarak önerilmiştir (Gülmez ve diğ, 2016, Keskin ve Tüysüz, 2017).

Orta-Doğu Anadolu bölgesinde yer alan güncel jeofiziksel tomografilere bakıldığında 660 km süreksizliğinde bükülmüş ve Neo-Tetis okyanusunun levhaları olduğu düşünülen yapılar tespit edilmiştir (Şekil 3.18, Keskin, 2007 ve içerdiği referanslar).



Şekil 3.18 : Anadolu boyunca P hızı varyasyonlarını inceleyen sismik kesitler (Keskin, 2007'den alınmıştır).

Önerilen modeldeki kıta altı litosferinin soyulması süreçleri, Neo Tetis levhasının bükülürken kopması ile astenosferik manto ile etkileşim ile veya kıtasal çarpışma sonrası kalınlaşan levhanın izostatik dengesini kaybetmesi ile gelişmiş olabilir. Bu durum dalan-levhanın IAESZ zonunda ve bu zonun güneyinde yer alan okyanusal

litolojilerin ve Erken Senozoyik birimlerinden elde edilecek yeni veriler ile sınırlandırılabilir.

3.6 Almus, Yıldızeli ve Yıldızdağ Bölgelerinde Gelişen Orta – Eosen Magmatizmasının Tektono-Magmatik Gelişimi

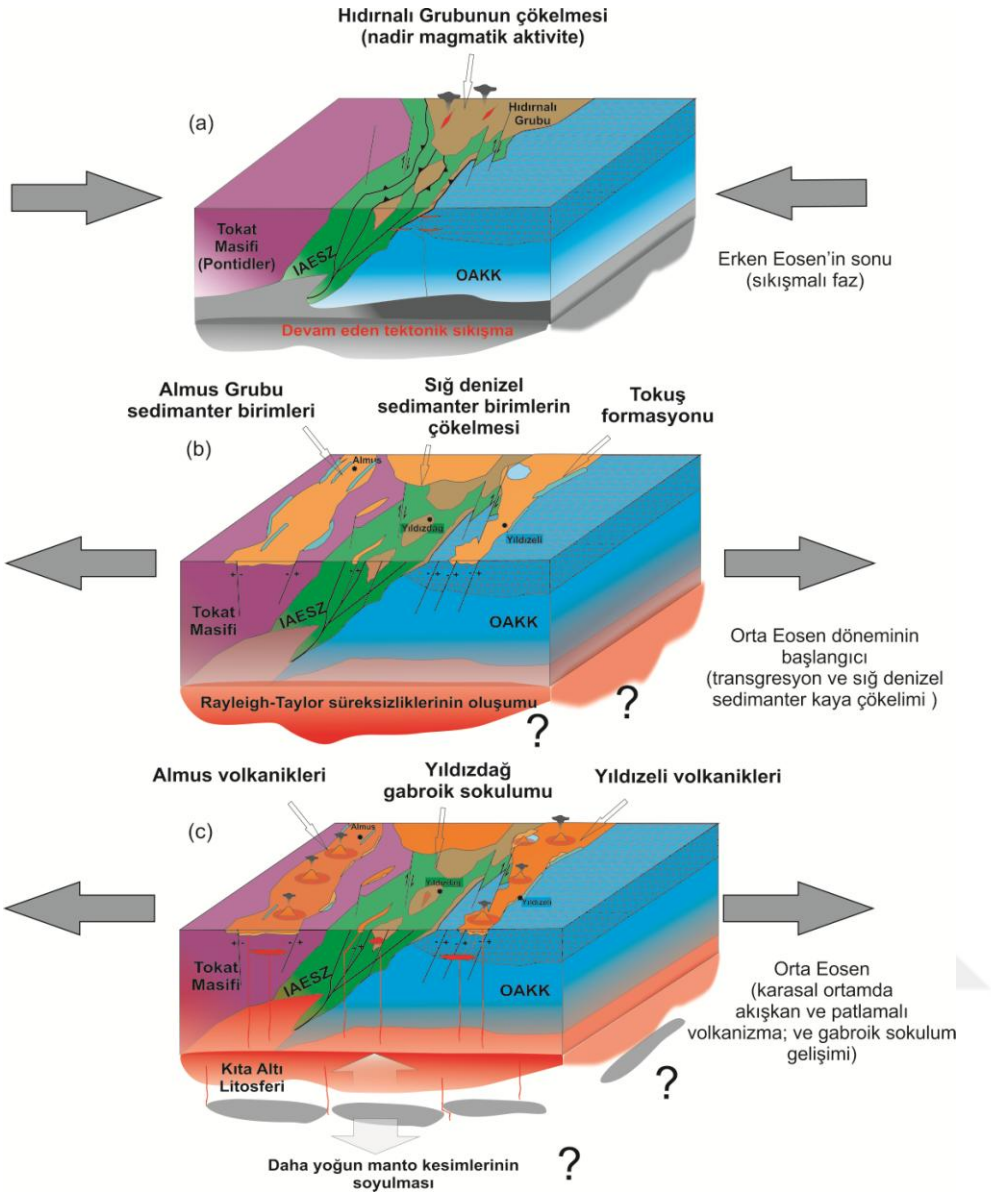
Almus-Yıldızeli ve Yıldızdağ bölgelerinde yer alan Orta Eosen magmatizmasının gelişimi hakkında tez kapsamında elde edilen jeolojik, stratigrafik ve petrolojik veriler ile yeni sınırlamalar getirilebilir.

Bölgede Erken Senozoyik zamanında, temel birimleri içerisindeki en genç birim Hıdırnalı Grubudur. Sedimanter karakterli ve aşırı deforme olan bu birimde yer yer lav ara katkılı seviyeler bulunsa da, bunların jeokimyasal özellikleri bilinmemektedir. Akçay ve Büyükpirinç (2017) tarafından Yıldızeli bölgesinin batı kesimindeki benzer kaya topluluklarından yapılan çalışamalarda bu kaya gruplarının eşleniği magmatik birimlerden Erken Eosen kristallenme yaşları elde edilmiştir. Bu birimler, söz konusu dönemde mikro-kıtasal çarpışmanın son evresindeki kalınlaşmayla ilişkili olabilecek magmatizma ile korele edilebilir (Şekil 3.19a). Erken Eosen'de sıkışmalı yapıların gözlendiği bölge, Orta Eosen döneminde gerilmeli tektonik, normal faylanma, sığ denizel sedimantasyon ve taban çakıltaşı gelişimi ile karakterize olmaktadır. (Şekil 3.19b). Bu durum bölgede gerilmeli havzalarda çökelmenin geliştiğini işaret etmektedir. Bunun yanı sıra, Erken ve Orta Eosen döneminde küresel olarak bütün dünyada aşırı yükselen su seviyeleri tespit edilmiştir (Miller, 2009). Bu zaman aralığında sedimanter havzalarda sıklıkla gözlenen sığ denizel fosillerin gelişimi östatik değişimlerle de desteklenmiş olabilir. Söz konusu gerilme, kıtasal litosferin bulunduğu alanda mikro-kıtasal çarpışmanın geliştiği sırada oluşabilecek Rayleigh-Taylor süreksizlikleri ile de açıklabilir. Rayleigh-Taylor süreksizlikleri tektonik süreçlerde kıta altında bulunan bölgenin yoğunluğunun artarak, bu bölgenin altında yer alan mantodan daha yoğun hale gelmesi ve reolojik olarak stabilitesinin bozularak, altında bulunan daha az yoğun manto kesimi ile yer değiştirmesini tanımlamak için kullanılmaktadır (Houseman ve Molnar, 1997).

Rayleigh-Taylor süreksizlikleri ile oluşan magmatizma dünyada farklı bölgelerde gelişen magmatik süreçleri açıklamak için kullanılmıştır (Sierra Nevada: Elkins-

Tanton ve Grove, 2003; Andlar: Kay ve Kay, 1993; Trans-Mexican Kuşağı: Mori ve diğ., 2009; Akdeniz bölgesi: Lustrino ve diğ., 2011). Bu süreçlerde magmatik aktivite kıta altı litosferinin, litosferik ayrılma ve damlama yöntemleri ile aşınması ile açıklamaktadır.

Rayleigh-Taylor süreksizliklerinin ilk olarak üst kabuğu aşağı çekerek sedimanter havzalar oluşturması; söz konusu yoğunluk değişimi sonucunda ise kıta altı litosferinin soyularak üst kabukta yükselmeye sebep olması, aynı zamanda metasomatize olmuş kıta altı litosferini kısmi ergimeye uğrayarak magmatizmayı tetiklenmesi Orta Eosen'de magmatizmayı kontrol eden mekanizma olabilir (Şekil 3.19c). Söz konusu magmatizma kıtasal derinliklerde fraksiyonel kristallenme ve asimilasyon ile modifiye olarak Almus ve Yıldızeli bölgesinde volkanik birlikleri oluştururken, Yıldızdağ bölgesinde intrüzif bir birim olarak kıta kabuğunda sığ derinliklere yerleşmiştir.



Şekil 3.19 : (a) Erken Eosen döneminde Almus-Yıldızeli ve Yıldızdağ bölgesinin şematik tektonik gelişimi. **(b)** Orta Eosen döneminin başında Rayleigh-Taylor süreksizliklerinin gelişmesi ve kıtasal kabuğun gerilemli ortamda çökerek sığ denizel sedimanter havzaların oluşması. **(c)** Kıta altı litosferinin soyularak magmatizmanın gelişimi tetiklemesi.

Önerilen modeldeki kıta altı litosferinin soyulması süreçleri, dalan levhanın bükülürken kopması veya kıtasal çarpışma sonrası kalınlaşan levhanın izostatik dengesini kazanmak adına gerilmeli deformasyonla genleşmesi ve incelmesi ile de gelişmiş olabilir. Bu durum ancak dalan-levhanın IAESZ zonunda ve bu zonun güneyinde yer alan birimlerinden elde edilecek ilave veriler ile sınırlandırılabilir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Almus, Yıldızeli ve Yıldızdağ bölgelerinde yapılan arazi çalışmaları sonucunda jeoloji haritaları üretilerek, farklı birimlerin varlığı ortaya konmuştur.

Bölgede lav akıntıları, breşik lav akıntısı, volkanoklastik akma breşi, epiklastik birimler, piroklastik birimler, dayk sistemleri ve bunlarla ardalanan sedimanter birimler Almus ve Yıldızeli Grubu volkano-sedimanter istifleri olarak tanımlanmıştır. Volkano stratigrafik gelişimi anlamak adına her iki bölgeden dört adet olmak üzere toplam sekiz adet stratigrafik kesit hazırlanmıştır. Bu istiflerin alt kesimleri sığ denizel kumtaşı (*nummulites* sp. içeren), kireçtaşı ve taban konglomerası ile başlamakta, yer yer bu istifle ardalanan ve peperitik doku gösteren volkanik-sedimanter birimler de istifin alt kesimlerinde yer almaktadır. Bu bölgede volkanik ürünlerin (V1) ilk serisi havaiit ve trakibazalt türü lavlarla temsil edilirken (V1a), ikinci seri bazaltik andezit, andezit ve dasitten oluşan daha ortaç lavlardan oluşmaktadır (V1b). Bu serinin ardından sulu mineral içermeyen ve piroksenli bazaltik andezitlerden oluşan V2a serisi baskın hale gelmektedir. Bu istifin en üst kesimleri ise olivinli bazaltlardan oluşan V2b serisi ile temsil edilmektedir. Bütün bu seriler epiklastik sedimanter kayalar, breşik lav akıntıları ve volkanoklastik akma breşi ile yanal ve düşey olarak düzensiz bir şekilde ardalanmaktadır. Volkano-klastik akma breşlerinin olası çıkış noktalarına yakın yerlerde geliştiği tahmin edilmektedir.

Ayrıca Yıldızeli bölgesinde Almus'dan farklı olarak serilerin orta kesimlerinde yaygın piroklastik birimler de gözlenmiştir. Bu birimlerin gelişimi olasılıkla V1b serisindeki ortaç birimlerin kendi içindeki evrimi ile kontrol edilmektedir. Bu birimlerin tümü (V1-V2) geç evre trakitik dayk, stok ve tıkaçları tarafından kesilmektedir. Trakitik lavlar genel olarak belirli hatlarda ve uzanımlarda gelişmiş olup (KD-GB, D-B) olasılıkla oluştukları dönemlerdeki zayıflık zonları ve/veya fay zonlarını kullanarak yüzeye ulaşmışlardır.

Bölgede yapılan volkano-stratigrafik kesitler ve arazi çalışmaları sonucunda Almus ve Yıldızeli bölgelerinde üç farklı volkanik evre ayırtlanmıştır. Ar-Ar radyometrik yaşlandırma yöntemi ile V1a serisinden elde edilen yaş tayinleri yaklaşık 44.8 ± 0.2 - 44.4 ± 0.2 M.y.'lık bir kristallenme yaşı göstermektedir. V1b serisinden elde edilen yaşlar ise nispeten daha genç 44.7 ± 0.1 44.6 ± 0.08 M.y. aralığındadır. V2b serisi lavları ise 44.5 ± 0.1 M.y.'lık bir yaş ile volkano-sedimanter istiflerin en üst kesimlerinin yaşını vermektedir. Her iki bölgedeki en genç volkanik aktiviteyi oluşturan V3 grubuna ait lavlar ise 40-41 m.y. lık yaşlara sahip olup, volkanizmanın son ürünlerini temsil eder.

Yıldızeli bölgesindeki gabroik sokulumda olivinli gabro, kenar zonu gabrosu ve dayk kümesi birimleri ana litolojiler olarak ayırtlanmış olup; olivinli gabroik litolojiler de içerdiği mineral bolluğuna göre arazide piroksence zengin ve fakir gabrolar olarak ikiye ayrılmıştır. Kenar zonu litolojilerinden 42.9 M.y.'lık Ar-Ar yaşı elde edilerek, plütonun Orta Eosen döneminde sokulduğu belgelenmiştir. Söz konusu yaşın olasılıkla soğuma yaşı olduğu, gabroik kütlenin ilksel sokulum yaşının daha erken olduğu düşünülmektedir. Yıldızdağ bölgesinde yer alan dayk kümesi kayaları da belirli doğrultularda gelişmiş olup (D-B; KD-GB) bölgedeki gerilmeli tektonik rejimi yansıtacak şekilde yerleşmiştir.

Örneklerden elde edilen tüm kaya kimyası sonuçları ile ilk evre V1a volkanikleri nefelin normatif, alkali karakterli, yüksek Mg#'na sahip bazaltik andezit ve havaiit birlikleri olarak tanımlanmıştır. V1b serisi lavları ise hipersten normatif, toleyitik karakterli ve daha düşük Mg#'na sahip bazaltik andezit, andezit ve dasitten meydana gelmektedir. Bu serinin üzerindeki V2a serisi genel olarak toleyitik-alkali karakterli, orta Mg#'lı hem nefelin, hem de hipersten normatif karakter gösteren bazaltik andezitlerce zengin bir seri olarak ayırtlanmıştır. Volkano-stratigrafik istifin en üst kesimlerinde gelişen V2b serisi olivinli bazaltlar ve trakibazaltlardan oluşmuş nefelin normatif, alkali ve yüksek Mg#'lı lavlarla temsil edilmektedir. V3 grubu lavları ise trakitik ve trakiandezitik lavlarla tesmil edilmekte olup, yüksek-K'lu fakat düşük Mg# içeren kaya toplulukları olarak tanımlanmıştır.

Yıldızdağ gabrosunda yer alan kayalar Mg#'ları yüksek, silikaca fakir ürünler olsa da, olivinli gabroların tamamı kümülat katmanlanmasından meydana gelmiştir. Bu

nedenle, mineraller genel olarak magma oda ve/veya ceplerinde biriktiğinden iz element ve tüm kaya kimyaları ile yorum yapmaktan kaçınılmıştır. Bununla beraber daha homojen bir magmatik evreyi temsil eden dayk kümesi kayaları genel olarak alkali karakterli, yüksek Mg#'lu nefelin normatif birimler ile temsil edilmektedir.

Bütün kayalar normalize diyagramlarda HFSE elementlerce tüketilme göstermektedir (Hf-Zr; Nb-Ta). Buna karşın gabroik kütle hariç; diğer bütün kaya gruplarında LREE elementlerce zenginleşme, HREE fakirleşme ve MREE elementlerinde de hafif bir fakirleşme tespit edilmiştir. Söz konusu jeokimyasal verilerin tamamı magmatik birliklerin dalma-batma zonu zenginleşmesi sonucu gelişen bir kaynak alanın ürünleri olduğunu göstermektedir. Bununla beraber bazı kaya grupları yüksek MgO'ya sahip olsa da (V1a,V2b ve dayk kümesi) alkali örnekler OIB benzeri bir karaktere sahip değildir.

Örneklerin Sr-Nd değerleri bütün magmatik birimler için geniş bir aralıkta saçınmakta, hem tüketilmiş hem de zenginleşmiş alanlara izdüşmektedir. Gabroik kayalar, dayk kümesi ve V1a,V2b serisindeki bazı kayalar tüketilmiş mantoya benzer alanlarda kümelenmiş olsa da, doğu Akdeniz bölgesindeki kıta altı litosferini tesmil eden, OIB benzeri kaya indeksindeki birliklere benzer izotopik izler de göstermektedir.

Bütün magmatik birimlerde bulunan dalma-batma "izinin" gelişimi olasılıkla Akdeniz bölgesini de kapsayan Alp-Himalaya orojenik kuşağının genelinde gözlenen kaynak alan metasomatizması süreçlerinin Eosen dönemi magmatizmasında etkin olmasıdır. Söz konusu bölgede yer alan eski dalma-batma süreçleri de kaynak alan metasomatizmasını destekleyen, Almus-Yıldızeli-Yıldızdağ Eosen magmatiklerine benzer Sr-Nd izotop değerleri göstermektedir.

Cpx-hornblendit ksenolitlerinden elde edilen jeokimyasal veriler, bu kayaların dünya çapında gözlenen, litosferik manto içine yerleşmiş olan kümülat türü metasomatik damarlara benzer özellikler gösterdiğine işaret etmektedir. Söz konusu ksenolitten yapılan kısmi ergime modelleri kapsamında %5-10'luk kısmi ergime ile alkali magmatiklerin jeokimyasal özellikleri üretilebilmiştir. Bu durum ilk evre alkali lavların gelişimi sırasında peridotitik manto içerisindeki sulu kümülat damarların

kısmi ergimesi ile magmatizmanın başladığını göstermektedir. Bunun yanı sıra toleyitik ergiyiklerde olasılıkla aynı kaynak alanda, kümülat cpx-hornblenditlerin tamamen ergimesi sonucu peridotitik kaynağın da ergimeye katılması ile alkalinitenin gelişmiş olmalıdır.

Alkali ve nefelin normatif kayalardan elde edilen geri-fraksiyonlaşma düzeltmesi ile yapılan hesaplamalarla magmatizmayı oluşturan kısmi ergiminin gerçekleştiği manto alanının litosferik derinliklerde ve spinel lerzolitik-granat peridotit geçiş zonuna yakın bir bölgede olduğu (1.7-2.4 Gpa) gösterilmiştir. Bu durum, Erken Eosen döneminde adakitik (granat peridotitik derinliklerden gelen 80-100 km'lik) ergiyiklerle oluşan magmatizmanın, Orta Eosen döneminde yerini daha sığ kökenli kısmi ergime derinliklerinden gelen (65-90km) ergiyiklere bıraktığını ve kıta altı litosferinin inceldiğini göstermektedir.

Yüksek FC3MS değerleri ile alkali kayaların kaynak alanın piroksenitik bir kaynakdan geldiği tanımlanmıştır. Kaynak alanın metasomatizma süreçleri incelendiğinde, metasomatizmanın büyük oranda sedimanter ergiyikler tarafından meydana geldiği, metasomatik süreçlerin oluşumunda dalan altere okyanusal levhadan gelen ergiyik ve akışkanların sınırlı oranda katkı sağladığı gözlenmiştir. Kısmi ergime sonucu gelişen ergiyikler kıtasal derinliklerdeki magma bacaları, odaları veya ceplerinde birikip bulundukları bölgelerde fraksiyonel kristallenme, asimilasyon, magma karışımı süreçleri ile söz konusu jeokimyasal özelliklerini kazanmışlardır.

V1a kayaları alkali ilk evre ürünleri genel olarak nispeten derin magma odalarında kristallenerek genel olarak fraksiyonel kristallenme süreçleri ile evrimleşmişlerdir. Bu lav serisindeki fenokristaller 300-600 MPa arasındaki derinliklerde kristallenerek, lav serisinin içine katılmışlardır. V1b serisi de fraksiyonel kristallenme süreçleri ile şekillenmiş olup, 160-400 MPa arasındaki sığ magma odalarında ve yüksek oranda asimilasyon ile jeokimyasal ve izotopik özelliklerini kazanmıştır. V2a serisi kayaları hem jeokimyasal, hem izotopik olarak daha primitif bir karakterde olup, mineral ve tüm kaya kimyasındaki terslenmelerin magma geri beslenmesi/magma karışımı süreçleri ile oluştuğu tespit edilmiştir. Bu seride yer alan cpx makrofenokristallerinin derin bir magma cebinde oluştuğu (700 MPa), dış zonlarının ve mikrofenokristallerin

ise daha sığ derinliklerde kristallendiği (400 MPa) tespit edilmiştir. Bu seride antekrist göçü ve farklı seviyelerde polibarik kristallenmenin gerçekleştiği gözlenmiştir. Aynı zamanda bu seride yer alan lavlarmagma karışımı modellemesi MELTS algoritması ile de V1b ve V2b serisi kayalarından farklı oranlarda karıştırılarak yeniden üretilebilmiştir. V2b serisi kayaları geri besleme sonucu oluşan magmatik ergiyik zonunun kendi içerisinde fraksiyonel kristallenmesi ile şekillenmiştir (400-570 MPa).

Gabroik kayalarda yer alan olivinli gabrolar aynı örnek içerisinde değişken derinlikler sergilediğinden (970 MPa; 410 MPa, 200 MPa), barometrik olarak derinliği tespit etmek güçtür. Buna karşın dayk kümesi kayaları 370-520 MPa aralığında kristallenme derinlikleri göstermekte olup, V1-V2 serisi lavlarına benzer magma ergiyik zonundan türemiştir.

Gabroik kayalardaki mineral kimyası özellikleri bu kayaların da genel olarak fraksiyonel kristallenme ile yerinde ayrımlaşarak ve kalık ergiyikten solidus altı koşullarda çökelen minerallerin büyümesi ile şekillenmiştir. Solidus altı dönemde çökelen amfibol, biyotit ve ilmenit benzeri mineraller kayaların tüm kaya kimyasını karmaşık hale getirerek yorumlamayı güçleştirmiştir. Fakat mineral kimyası verileri, olivinli gabroların olasılıkla V1a-V1b serisi lavları ile benzer kimyasal özelliklere sahip olduğu ve bu grubun derinlik eşleniği olabileceğini göstermektedir. Bunun yanı sıra V2a grubu klinopiroksen kenar zonu kimyası ile dayk kümesi kayalarında yer alan klinopiroksenlerin çekirdekleri benzer kimyasal özellikler göstermekte olup, bu iki kaya topluluğu da aynı magmatik kökenden türemiş olabilir.

V3 grubu lavları jeokimyasal olarak diğer gruplara nazaran daha felsik ve potasyumca zengin özellikler göstermektedir. Bu grupta yer alan bazaltik traki-andezitik anklavlar temel alınarak üretilen fraksiyonel kristallenme ve EC-AFC asimilasyon modelleri, bu volkanik evrenin, ilk evre V1-V2 magmatizması ile oluşan magma ergiyik zonunun yeniden aktive olması ile oluştuğunu göstermektedir. Bu gruptaki kayaların sığ kökenli olduğu hakkında mineral kimyası verisi bulunmasa dahi, söz konusu kayaların düşük Mg#, Cr ve Ni oranlarına sahip olması, bu birimlerin olasılıkla sığ magma odalarında geliştiğine işaret etmektedir.

Magmatizmayı tetikleyen tekno-magmatik olayın olasılıkla (i) kıta altı litosferin dalan levhanın dalma-batma zonunun altında Orta Eosen'de kopması ile kısmi ergimeyi tetiklemesi veya (ii) Erken-Orta Paleosen'de kalınlaşan levhanın, Rayleigh Taylor süreksizlikleri oluşturması sonucu soyularak, kıta altı litosferinde kısmi ergimenin başlaması ile açıklanabilir. IAESZ boyunca gelişmiş olan Eosen magmatizmasının evrimini anlamak adına Pontidlerin altına dalan kuzey Neo-Tetis okyanusal levhası ve Anatolid-Torid'lerin altına dalan güney Neo-Tetis levhasının evrimlerinin daha iyi anlaşılması ve Doğu Anadolu bölgesinde yapılacak kapsamlı jeolojik ve jeofizik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

Akçay, A. E., Beyazpirinç, M. (2017). Sorgun (Yozgat) - Yildizeli (Sivas) Önülke Havzasinin Jeolojik Evrimi, Havzada Etkin Olan Volkanizmanin Petrografik, Jeokimyasal Özellikleri Ve Jeokronolojisi. *Maden Tetkik Arama Dergisi, 155,* 71-80.

Alpaslan, M., Guzeou, J.C., Bonhomme, M. & Boztuğ, D. (1996). Yıldızeli Metasedimanter Grubu içerisindeki Fındıcak Metamorfitinin metamorfizması ve yaşı, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, *39* (1), 17-27.

Alpaslan, M. (2000). Pazarcık Volkanitinin (Yıldızeli-Sivas) Mineralojik-Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri, *Türkiye Jeoloji Bülteni, 43 (2)*, 49-60.

Akiman, O., Erler, A., Göncüoğlu, M. C., Güleç, N., Geven, A., Türeli, T. K., & Kadioğlu, Y. K. (1993). Geochemical characteristics of granitoids along the western margin of the Central Anatolian Crystalline Complex and their tectonic implications. *Geological Journal*, *28* (3-4), 371-382.

Aktaş, G., & Robertson, A. H. F. (1984). The Maden Complex, SE Turkey: evolution of a Neotethyan active margin. *Geological Society of London, Special Publications*, *17* (1), 375-402.

Arslan, M., Temizel, I., Abdioğlu, E., Kolaylı, H., Yücel, C., Boztuğ, D., & Şen, C. (2013). ^{40}Ar–^{39}Ar dating, whole-rock and Sr–Nd–Pb isotope geochemistry of post-collisional Eocene volcanic rocks in the southern part of the Eastern Pontides (NE Turkey): implications for magma evolution in extension-induced origin. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, *166* (1), 113-142.

Awalt, M. (2016). *Petrogenesis of metaophiolitic granulites from SE Anatolia*. (Master Thesis). Retrieved from the University of Minnesota Digital Conservancy, http://hdl.handle.net/11299/182133.

Bernard, B., de Vries, B. V. W., & Leyrit, H. (2009). Distinguishing volcanic debris avalanche deposits from their reworked products: the Perrier sequence (French Massif Central). *Bulletin of volcanology*, *71* (9), 1041.

Bohrson, W. A., & Spera, F. J. (2001). Energy-constrained open-system magmatic processes II: application of energy-constrained assimilation–fractional crystallization (EC-AFC) model to magmatic systems. *Journal of Petrology*, *42* (5), 1019-1041.

Bonin, B., (2004). Do coeval mafic and felsic magmas in post-collisional to within plate regimes necessarily imply two contrasting, mantle and crustal, sources? A review. *Lithos, 78,* 1–24.

Bozkurt, E., & Koçyiğit A. (1995). Almus Fault Zone: its age, total offset and relation to the North Anatolian Fault Zone. *Turkish Journal of Earth Sciences, 4,* 93-104.

Bozkurt, E., & Koçyiğit, A. (1996). The Kazova basin: an active negative flower structure on the Almus Fault Zone, a splay fault system of the North Anatolian Fault Zone, Turkey. *Tectonophysics, 265*(3-4), 239-254.

Boztuğ D., Yağmur M., Otlu N., Tatar, S., Yeşiltaş, A. (1998). Petrology of the Post-Collisional, Within Plate Yıldızdag Gabbroic Pluton, Yıldızeli-Sivas Region, Central Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences, 7,* 37-51.

Boztuğ, D., Jonckheere, R. C., Wagner, G. A., & Yeğingil, Z. (2004). Slow Senonian and fast Palaeocene–Early Eocene uplift of the granitoids in the Central Eastern Pontides, Turkey: apatite fission-track results. *Tectonophysics, 382* (3), 213-228.

Boynton, W.V. (1984). Geochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. In Handerson P (Eds) . *Rare Earth Element Geochemistry.* (1st ed., Vol.1 pp.63-114). Amsterdam : Elsevier.

Boztuğ, D., Jonckheere, R. C., Wagner, G. A., & Yeğingil, Z. (2004). Slow Senonian and fast Palaeocene–Early Eocene uplift of the granitoids in the Central Eastern Pontides, Turkey: apatite fission-track results. *Tectonophysics, 382*, 213-228.

Boztuğ, D., Tichomirowa, M., & Bombach, K. (2007). ^{207} Pb–^{206} Pb single-zircon evaporation ages of some granitoid rocks reveal continent-oceanic island arc collision during the Cretaceous geodynamic evolution of the central Anatolian crust, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences, 31*(1), 71-86.

Boztuğ, D., Jonckheere, R. C., Heizler, M., Ratschbacher, L., Harlavan, Y., & Tichomirova, M. (2009). Timing of post-obduction granitoids from intrusion through cooling to exhumation in central Anatolia, Turkey. *Tectonophysics, 473* (1), 223-233.

Carminati, E., Lustrino, M., & Doglioni, C. (2012). Geodynamic evolution of the central and western Mediterranean: Tectonics vs. igneous petrology constraints. *Tectonophysics, 579*, 173-192.

Cas, R. A. F., & Wright, J. V. (1987). *Volcanic Successions, Modern and Ancient: A Geological Approach to Processes, Products and Successions*, 528 pp. Allen and Unwin, London.

Castillo, P. R. (2012). Adakite petrogenesis. *Lithos, 13*, 134–135.

Cooper, K.M. (2017). What does a magma reservoir look like? The "crystal's eye" view. *Elements, 13*, 23-28.

Cruz-Uribe, A. M., Marschall, H. R., Gaetani, G. A., & Le Roux, V. (baskıda). Generation of alkaline magmas in subduction zones by partial melting of mélange diapirs—An experimental study. *Geology*.

Çelik, Ö. F., Chiaradia, M., Marzoli, A., Billor, Z., & Marschik, R. (2013). The Eldivan ophiolite and volcanic rocks in the İzmir–Ankara–Erzincan suture zone, Northern Turkey: Geochronology, whole-rock

geochemical and Nd–Sr–Pb isotope characteristics. *Lithos*, *172*, 31-46.

Çelik, Ö. F., Chiaradia, M., Marzoli, A., Özkan, M., Billor, Z., & Topuz, G. (2016). Jurassic metabasic rocks in the Kızılırmak accretionary complex (Kargı region, Central Pontides, Northern Turkey). *Tectonophysics*, *672*, 34-49.

Dasgupta, R., Hirschmann, M. M., & Smith, N. D. (2007). Partial melting experiments of peridotite + CO_2 at 3 GPa and genesis of alkalic ocean island basalts. *Journal of Petrology*, *48* (11), 2093-2124.

Davidson, J., Turner, S., & Plank, T. (2013). Dy/Dy*: variations arising from mantle sources and petrogenetic processes. *Journal of Petrology*, *54* (3), 525-537.

Defant, M. J. & Drummond, M. S. (1990). Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere. *Nature*, 347, 662–665.

Delibaş, O., Moritz, R., Ulianov, A., Chiaradia, M., Saraç, C., Revan, K. M., & Göç, D. (2016). Cretaceous subduction-related magmatism and associated porphyry-type Cu–Mo prospects in the Eastern Pontides, Turkey: New constraints from geochronology and geochemistry. *Lithos*, *248*, 119-137.

Deer, W.A., Howie, R.A., Zussman, J. (1992). *An Introduction to the Rock Forming Minerals*. London: Longman.

Duggen, S., Hoernle, K., van den Bogaard, P., & Garbe-Schönberg, D. (2005). Post-collisional transition from subduction-to intraplate-type magmatism in the westernmost Mediterranean: evidence for continental-edge delamination of subcontinental lithosphere. *Journal of Petrology*, *46* (6), 1155-1201.

Elkins-Tanton, L. T., & Grove, T. L. (2003). Evidence for deep melting of hydrous metasomatized mantle: Pliocene high-potassium magmas from the Sierra Nevadas. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 108(B7).

Elmas, A., & Yilmaz, Y. (2003). Development of an oblique subduction zone—tectonic evolution of the Tethys suture zone in southeast Turkey. *International Geology Review*, *45* (9), 827-840.

Ersoy, E. Y., Akal, C., Genç, Ş. C., Candan, O., Palmer, M. R., Prelević, D., Uysal, İ., & Mertz-Kraus, R. (2017). U-Pb zircon geochronology of the Paleogene–Neogene volcanism in the NW Anatolia: Its implications for the Late Mesozoic-Cenozoic geodynamic evolution of the Aegean. *Tectonophysics*, *717*, 284-301.

Erturk, M. A., Beyarslan, M., Chung, S. L., & Lin, T. H. (2017). Eocene magmatism (Maden Complex) in the Southeast Anatolian orogenic belt: Magma genesis and tectonic implications. *Geoscience Frontiers*.

Espurt, N., Hippolyte, J. C., Kaymakci, N., & Sangu, E. (2014). Lithospheric structural control on inversion of the southern margin of the Black Sea Basin, Central Pontides, Turkey. *Lithosphere*, *6* (1), 26-34.

Eyuboglu, Y., Dudas, F. O., Santosh, M., Yi, K., Kwon, S., & Akaryali, E. (2013). Petrogenesis and U–Pb zircon chronology of adakitic porphyries within the Kop ultramafic massif (Eastern Pontides Orogenic Belt, NE Turkey). *Gondwana Research*, *24* (2), 742-766.

Eyuboglu, Y., Dudas, F. O., Santosh, M., Zhu, D. C., Yi, K., Chatterjee, N., & Liu, Z. (2016). Cenozoic forearc gabbros from the northern zone of the Eastern Pontides Orogenic Belt, NE Turkey: implications for slab window magmatism and convergent margin tectonics. *Gondwana Research*, 33, 160-189.

Faccenna, C., Becker, T. W., Auer, L., Billi, A., Boschi, L., Brun, J. P., & Piromallo, C. (2014). Mantle dynamics in the Mediterranean. *Reviews of Geophysics*, *52* (3), 283-332.

Foley, S. (1992). Vein-plus-wall-rock melting mechanisms in the lithosphere and the origin of potassic alkaline magmas. *Lithos*, 28, 435-453.

Furman, T., & Graham. D. (1999). Erosion of lithospheric mantle beneath the East African Rift system: Geochemical evidence from the Kivu volcanic province, *Lithos*, *48*, 237–262.

Genç, Ş. C. (2004). A Triassic large igneous province in the Pontides, northern Turkey: geochemical data for its tectonic setting. *Journal of Asian Earth Sciences*, *22* (5), 503-516.

Genç, Ş. C., & Tüysüz, O. (2010). Tectonic setting of the Jurassic bimodal magmatism in the Sakarya Zone (Central and Western Pontides), Northern Turkey: a geochemical and isotopic approach. *Lithos*, *118* (1), 95-111.

Gill, J. B. (1981). *Orogenic andesites and plate tectonics*. New York: Springer Science & Business Media.

Ghiorso, M. S. & Sack, R. O. (1995). Chemical transfer in magmatic processes IV. A revised and internally consistent thermodynamic model for the interpolation and extrapolation of liquid-solid equilibria in magmatic systems at elevated temperatures and pressures. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, *119*, 197-212.

Göçmengil, G., Altıntaş, İ. E., Topuz, G., Çelik, Ö. F., & Özkan, M. (2013). Diverse tectonic settings of formation of the metaigneous rocks in the Jurassic metamorphic accretionary complexes (Refahiye, NE Turkey) and their geodynamic implications. *Geodinamica Acta*, *26* (3-4), 294-310.

Göğüş, O. H., & Pysklywec, R. N. (2008). Near-surface diagnostics of dripping or delaminating lithosphere. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, *113* (B11).

Gökten, E. (1993).Yıldızeli (Sivas) güneyinde Akdağ metamorfitleri ve örtü kayalarının stratigrafisi ve tektoniği. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, *36*, 83-93.

Grützner, T., Prelević, D., & Akal, C. (2013). Geochemistry and origin of ultramafic enclaves and their basanitic host rock from Kula Volcano, Turkey. *Lithos*, *180*, 58-73.

Guidotti, C. V. (1984). Micas in metamorphic rocks. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, *13* (1), 357-467.

Gülmez, F., Genç, Ş. C., Keskin, M., & Tüysüz, O. (2013). A post-collision slab-breakoff model for the orgin of the Middle Eocene magmatic rocks of the Armutlu–Almacık belt, NW Turkey and its regional implications. *Geological Society, London, Special Publications*, *372* (1), 107-139.

Gülmez, F., Genç, Ş. C., Prelević, D., Tüysüz, O., Karacık, Z., Roden, M.F., & Billor, Z., (2016). Ultrapotassic Volcanism from the Waning Stage of the Neotethyan Subduction: a Key Study from the Izmir–Ankara–Erzincan Suture Belt, Central Northern Turkey. *Journal of Petrology, 57*, 561-593.

Hall, R. (2002). Cenozoic geological and plate tectonic evolution of SE Asia and the SW Pacific: computer-based reconstructions, model and animations. *Journal of Asian Earth Sciences, 20*(4), 353-431.

Hawkesworth, C. J., Turner, S. P., McDermott, F., Peate, D. W., & Van Calsteren, P. (1997). U-Th isotopes in arc magmas: Implications for element transfer from the subducted crust. *Science*, *276* (5312), 551-555.

Herzberg, C., & Asimow, P. D. (2008). Petrology of some oceanic island basalts: PRIMELT2. XLS software for primary magma calculation. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, *9*(9).

Hippolyte, J. C., Espurt, N., Kaymakci, N., Sangu, E., & Müller, C. (2016). Cross-sectional anatomy and geodynamic evolution of the Central Pontide orogenic belt (northern Turkey). *International Journal of Earth Sciences*, *105* (1), 81-106.

Hippolyte, J. C., Müller, C., Sangu, E., & Kaymakci, N. (2017). Stratigraphic comparisons along the Pontides (Turkey) based on new nannoplankton age determinations in the Eastern Pontides: geodynamic implications. *Geological Society, London, Special Publications*, *428*(1), 323-358.

Hirschmann, M. M., Kogiso,T., Baker, M. B. & Stolper, E. M. (2003). Alkalic magmas generated by partial melting of garnet pyroxenite. *Geology, 31*, 481-484.

Houseman, G. A., & Molnar, P. (1997). Gravitational (Rayleigh–Taylor) instability of a layer with non-linear viscosity and convective thinning of continental lithosphere. *Geophysical Journal International*, *128* (1), 125-150.

İmer, A., Richards, J. P., & Creaser, R. A. (2013). Age and tectonomagmatic setting of the Eocene Çöpler–Kabataş magmatic complex and porphyry-epithermal Au deposit, East Central Anatolia, Turkey. *Mineralium Deposita*, *48* (5), 557-583.

Inan, N., & Inan, S. (1999). New findings on the age and depositional conditions from the Tokus Formation (Sivas, Turkiye). *Geological Bulletin of Turkey, 42*, 119-130.

Irvine, T. N., & Baragar, W. R. A. (1971). A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences, 8* (5), 523-548.

Irvine, T. N., Andersen, J. C. Ø., & Brooks, C. K. (1998). Included blocks (and blocks within blocks) in the Skaergaard intrusion: Geologic relations and the origins of rhythmic modally graded layers. *Geological Society of America Bulletin, 110*(11), 1398-1447.

Johnson, K. T. M. (1994). Experimental cpx/and garnet/melt partitioning of REE and other trace elements at high pressures: petrogenetic implications. *Mineralogical Magazine A, 58,* 454-455.

Karaoğlan, F., Parlak, O., Robertson, A., Thöni, M., Klötzli, U., Koller, F., & Okay, A. İ. (2013). Evidence of Eocene high-temperature/high-pressure metamorphism of ophiolitic rocks and granitoid intrusion related to Neotethyan subduction processes (Doğanşehir area, SE Anatolia). *Geological Society, London, Special Publications, 372* (1), 249-272.

Kay, R. W., & Kay, S. M. (1993). Delamination and delamination magmatism. *Tectonophysics, 219* (1-3), 177-189.

Karsli, O., Ketenci, M., Uysal, İ., Dokuz, A., Aydin, F., Chen, B., & Wijbrans, J. (2011). Adakite-like granitoid porphyries in the Eastern Pontides, NE Turkey: potential parental melts and geodynamic implications. *Lithos, 127*(1), 354-372.

Katz, R. F., Spiegelman, M., & Langmuir, C. H. (2003). A new parameterization of hydrous mantle melting. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems,* 4(9).

Keskin, M. (2007). Eastern Anatolia: a hotspot in a collision zone without a mantle plume. *Geological Society of America Special Papers, 430,* 693-722.

Keskin, M., Genç, Ş. C., & Tüysüz, O. (2008). Petrology and geochemistry of post-collisional Middle Eocene volcanic units in North-Central Turkey: evidence for magma generation by slab breakoff following the closure of the Northern Neotethys Ocean. *Lithos, 104* (1), 267-305.

Keskin, M., & Tüysüz, O. (2017). Stratigraphy, petrogenesis and geodynamic setting of Late Cretaceous volcanism on the SW margin of the Black Sea, Turkey. *Geological Society, London, Special Publications, 464,* SP464-5.

Klein, E.M. (2003). Geochemistry of the Igneous Oceanic Crust, In R.L. Rudnick (Eds.), *Treatise on Geochemistry* (1st ed., Vol. 1. pp 433-463. Oxford: Elsevier-Pergamon.

Kirchenbaur, M., Münker, C., Schuth, S., Garbe-Schönberg, D., & Marchev, P. (2012). Tectonomagmatic constraints on the sources of Eastern Mediterranean K-rich lavas. *Journal of Petrology, 53* (1), 27-65.

Kirchenbaur, M., & Münker, C. (2015). The behaviour of the extended HFSE group (Nb, Ta, Zr, Hf, W, Mo) during the petrogenesis of mafic K-rich lavas: The Eastern Mediterranean case. *Geochimica et Cosmochimica Acta, 165,* 178-199.

Klemme, S., & O'Neill, H. S. (2000). The near-solidus transition from garnet lherzolite to spinel lherzolite. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, *138* (3), 237-248.

Koçbulut, F., Yılmaz-Şahin, S. & Tatar, O. (2011). Akdağmadeni (Yozgat)-Yıldızeli (Sivas) arasındaki Kaletepe volkanitinin Mineralojik-Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri. *İstanbul Üniversitesi, Yerbilimleri Dergisi, 14*, (1-2), 77-91.

Köksal, S., & Göncüoğlu, M. C. (2008). Sr and Nd isotopic characteristics of some S-, I-and A-type granitoids from Central Anatolia. *Turkish Journal of Earth Sciences*, *17* (1), 111-127.

Köksal, S., Toksoy-Köksal, F., Göncüoğlu, M. C., Möller, A., Gerdes, A., & Frei, D. (2013). Crustal source of the Late Cretaceous Satansarı monzonite stock (central Anatolia–Turkey) and its significance for the Alpine geodynamic evolution. *Journal of Geodynamics*, *65*, 82-93.

Kuno, H. (1966). Lateral variation of basalt magma type across continental margins and island arcs. *Bulletin volcanologique*, *29* (1), 195-222.

Kuşçu, I., Kuşçu, G. G., Tosdal, R. M., Ulrich, T. D., & Friedman, R. (2010). Magmatism in the southeastern Anatolian orogenic belt: transition from arc to post-collisional setting in an evolving orogen. *Geological Society, London, Special Publications*, *340* (1), 437-460.

Le Bas, M., Maitre, R. L., Streckeisen, A., Zanettin, B., & IUGS Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. (1986). A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *Journal of Petrology*, *27* (3), 745-750.

Le Roux, V., Lee, C. T., & Turner, S. J. (2010). Zn/Fe systematics in mafic and ultramafic systems: Implications for detecting major element heterogeneities in the Earth's mantle. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, *74* (9), 2779-2796.

Leake, B. E., Woolley, A. R., Arps, C. E., Birch, W. D., Gilbert, M. C., Grice, J. D., & Linthout, K. (1997). Nomenclature of amphiboles: report of the subcommittee on amphiboles of the international mineralogical association commission on new minerals and mineral names. *Mineralogical Magazine*, *61* (2), 295-321.

Lee, C. T. A., Luffi, P., Plank, T., Dalton, H., & Leeman, W. P. (2009). Constraints on the depths and temperatures of basaltic magma generation on Earth and other terrestrial planets using new thermobarometers for mafic magmas. *Earth and Planetary Science Letters*, *279* (1), 20-33.

Lefebvre, C., Meijers, M. J., Kaymakci, N., Peynircioğlu, A., Langereis, C. G., & Van Hinsbergen, D. J. (2013). Reconstructing the geometry of central Anatolia during the late Cretaceous: Large-scale Cenozoic rotations and deformation between the Pontides and Taurides. *Earth and Planetary Science Letters*, *366*, 83-98.

Ludwig, K. R. (2003). User's manual for isoplot 3.00, a geochronlogical toolkit for microsoft excel. *Berkeley Geochronl. Cent. Spec. Publ.*, *4*, 25-32.

Lustrino, M., & Wilson, M. (2007). The circum-Mediterranean anorogenic Cenozoic igneous province. *Earth-Science Reviews*, *81*(1), 1-65.

Lustrino, M., Duggen, S., & Rosenberg, C. L. (2011). The Central-Western Mediterranean: anomalous igneous activity in an anomalous collisional tectonic setting. *Earth-Science Reviews*, *104* (1), 1-40.

Marchev, P., Raicheva, R., Downes, H., Vaselli, O., Chiaradia, M., & Moritz, R. (2004). Compositional diversity of Eocene–Oligocene basaltic magmatism in the Eastern Rhodopes, SE Bulgaria: implications for genesis and tectonic setting. *Tectonophysics*, *393*(1), 301-328.

McKenzie, D. A. N., & O'nions, R. K. (1991). Partial melt distributions from inversion of rare earth element concentrations. *Journal of Petrology*, *32*(5), 1021-1091.

Mesci B.L, Gürsoy, H. (2002).Çobansaray-Karakaya (Yıldızeli Kb-Sivas) Arasındaki Orta Anadolu Bindirme Kuşağının (Kuzey Neotetis Kenedi) Tektonostratigrafik ve Yapısal Özellikleri. *Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A-Yerbilimleri 19*, (2), 135-150.

Middlemost, E. A. (1994). Naming materials in the magma/igneous rock system. *Earth-Science Reviews*, *37* (3-4), 215-224.

Miyashiro, A. (1974). Volcanic rock series in island arcs and active continental margins. *American Journal of Science*, *274*, 321–355.

Mori, L., Gómez-Tuena, A., Schaaf, P., Goldstein, S. L., Pérez-Arvizu, O., & SolÍs-Pichardo, G. (2009). Lithospheric removal as a trigger for flood basalt magmatism in the Trans-Mexican Volcanic Belt. *Journal of Petrology*, *50* (11), 2157-2186.

Morimoto, N. (1988). Nomenclature of pyroxenes. *Mineralogy and Petrology*, *39* (1), 55-76.

MTA, (2002). 1:500 000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

Nzegge, O. M., Satir, M., Siebel, W., & Taubald, H. (2006). Geochemical and isotopic constraints on the genesis of the Late Palaeozoic Deliktaş and Sivrikaya granites from the Kastamonu granitoid belt (Central Pontides, Turkey). *Neues Jahrbuch für Mineralogie-Abhandlungen: Journal of Mineralogy and Geochemistry*, *183* (1), 27-40.

Okay A.C. (1955). Sivas ile Tokat arasındaki bölgenin jeolojik etüdü. *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası*, seri B, *20* (1-2), 95-10.

Okay, A. I. & Tüysüz, O. (1999). Tethyan sutures of northern Turkey. *Geological Society of London Special Publications*, *156* (1), 475-515.

Otlu N, Yalçın H, Bozkaya, Şakar İ, Yeşildağ H. (2010). Yıldızeli (Sivas) yöresi Karakoç mafik/ultramafik plütoniklerinin mineraloji-petrografi ve jeokimyası. *Cumhuriyet Yerbilimleri Dergisi*, *27* (1), 31-54.

O'Reilly, S. Y., Griffin, W. L. (2013). Mantle metasomatism. In D.E. Harlov, H. Autrheim, (Eds.), *Metasomatism and the Chemical Transformation of*

Rock, Lecture Notes in Earth System Sciences. (1st ed., Vol. 1. pp. 471-533). Heidelberg: Springer-Verlag.

Özdamar, Ş. (2016). Geochemistry and geochronology of late Mesozoic volcanic rocks in the northern part of the Eastern Pontide Orogenic Belt (NE Turkey): Implications for the closure of the Neo-Tethys Ocean. *Lithos*, *248*, 240-256.

Özdamar, Ş., Roden, M. F., & Billor, M. Z. (2017). Petrology of the shoshonitic Çambaşı pluton in NE Turkey and implications for the closure of the Neo-Tethys Ocean: Insights from geochemistry, geochronology and Sr–Nd isotopes. *Lithos*, *284*, 477-492.

Peccerillo, A., & Taylor, S. R. (1976). Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, *58* (1), 63-81.

Peccerillo, A. (2005). *Plio-quaternary Volcanism in Italy: Petrology, Geochemistry, Geodynamics*. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag,

Peccerillo, A. (2017). *Cenozoic Volcanism in the Tyrrhenian Sea Region*. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, Springer.

Perinçek, D., & Özkaya, I. (1981). Tectonic evolution of the northern margin of Arabian plate: *Bulletin of Earth Science, Hacettepe University*, *8* , 91–101.

Pfänder, J. A., Jung, S., Münker, C., Stracke, A., & Mezger, K., (2012). A possible high Nb/Ta reservoir in the continental lithospheric mantle and consequences on the global Nb budget–Evidence from continental basalts from Central Germany. *Geochimica et Cosmochimica Acta, 77*, 232-251.

Pilet, S. (2015). Generation of low-silica alkaline lavas: Petrological constraints, models, and thermal implications. *Geological Society of America Special Papers*, *514*, SPE514-17.

Pilet, S., Baker, M. B., & Stolper, E. M. (2008). Metasomatized lithosphere and the origin of alkaline lavas. *Science*, *320* (5878), 916-919.

Pilet, S., Baker, M.B., Müntener, O., & Stolper, E.M. (2011). Monte Carlo simulations of metasomatic enrichment in the lithosphere and implications for the source of alkaline basalts. *Journal of Petrology*, 52, 1415-1442.

Platzman, E. S., Platt, J. P., Tapirdamaz, C., Sanver, M., & Rundle, C. C. (1994). Why are there no clockwise rotations along the North Anatolian Fault Zone?. *Journal of Geophysical Research: Solid* Earth (1978–2012), *99* (B11), 21705-21715.

Prelević, D., Jacob, D. E., & Foley, S. F. (2013). Recycling plus: a new recipe for the formation of Alpine–Himalayan orogenic mantle lithosphere. *Earth and Planetary Science Letters*, *362*, 187-197.

Putirka, K. D., Mikaelian, H., Ryerson, F., & Shaw, H. (2003). New clinopyroxene-liquid thermobarometers for mafic, evolved, and volatile-bearing lava compositions, with applications to lavas from

Tibet and the Snake River Plain, Idaho. *American Mineralogist*, *88* (10), 1542-1554.

Putirka, K. D. (2008). Thermometers and barometers for volcanic systems. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, *69*(1), 61-120.

Reid, M. R., Schleiffarth, W. K., Cosca, M. A., Delph, J. R., Blichert-Toft, J., & Cooper, K. M. (2017). Shallow melting of MORB-like mantle under hot continental lithosphere, Central Anatolia. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 18*(5), 1866-1888.

Renne, P. R., Swisher, C. C., Deino, A. L., Karner, D. B., Owens, T. L., & DePaolo, D. J. (1998). Intercalibration of standards, absolute ages and uncertainties in $^{40}Ar/^{39}Ar$ dating. *Chemical Geology*, *145* (1-2), 117-152.

Ridolfi, F., & Renzulli, A. (2012). Calcic amphiboles in calc-alkaline and alkaline magmas: thermobarometric and chemometric empirical equations valid up to 1,130° C and 2.2 GPa. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, *163*(5), 877-895.

Rieder, M., Cavazzini, G., D'yakonov, Y. S., Frank-Kamenetskii, V. A., Gottardi, G., Guggenheim, S., & Robert, J. L. (1998). Nomenclature of the micas. *Clays and clay minerals*, *46* (5), 586-595.

Robinson, F. A., Foden, J. D., & Collins, A. S. (2015). Geochemical and isotopic constraints on island arc, synorogenic, post-orogenic and anorogenic granitoids in the Arabian Shield, Saudi Arabia. *Lithos*, *220*, 97-115.

Rolland, Y., Perincek, D., Kaymakci, N., Sosson, M., Barrier, E., & Avagyan, A. (2012). Evidence for~ 80–75Ma subduction jump during Anatolide–Tauride–Armenian block accretion and ~ 48Ma Arabia–Eurasia collision in Lesser Caucasus–East Anatolia. *Journal of Geodynamics*, *56*, 76-85.

Sahakyan, L., Bosch, D., Sosson, M., Avagyan, A., Galoyan, G., Rolland, Y., Brugier, O., Stepayan, B., Galland, B., & Vardanyan, S. (2017). Geochemistry of the Eocene magmatic rocks from the Lesser Caucasus area (Armenia): evidence of a subduction geodynamic environment. *Geological Society of London Special Publications*, *428* (1), 73-98.

Salters, V. (2016). Thorium. In W. White, (eds) *Encyclopedia of Geochemistry. Encyclopedia of Earth Sciences Series*. Cham: Springer.

Samson, I. M., & Chassé, M., 2016. Scandium. In W. White, (eds) *Encyclopedia of Geochemistry. Encyclopedia of Earth Sciences Series*. Cham: Springer.

Sayit, K. (2010). *Geochemistry and petrogenesis of the oceanic island and subduction-related assemblages from the palaeotethyan Karakaya subduction/accretion complex, central and Northwest Turkey* (Doktora Tezi). Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.

Scambelluri, M., Hermann, J., Morten, L., & Rampone, E. (2006). Melt-versus fluid-induced metasomatism in spinel to garnet wedge peridotites

(Ulten Zone, Eastern Italian Alps): clues from trace element and Li abundances. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 151, 372.

Schumacher, J. C. (1997). The estimation of ferric iron in electron microprobe analysis of amphiboles. *Mineralogy Magazine, 61*, 312-321.

Shaw, D. M. (1970). Trace element fractionation during anatexis. *Geochimica et Cosmochimica Acta, 34* (2), 237-243.

Shervais, J. W., & Choi, S. H. (2012). Subduction initiation along transform faults: The proto-Franciscan subduction zone. *Lithosphere*, *4*(6), 484-496.

Sobolev, A. V., Hofmann, A. W., Kuzmin, D. V., Yaxley, G. M., Arndt, N. T., Chung, S. L., & Gurenko, A. A. (2007). The amount of recycled crust in sources of mantle-derived melts. *Science*, *316* (5823), 412-417.

Speer, J.A, (1984). Micas in igneous rocks. In S.W. Bailey (eds). *Micas: Reviews in Mineralogy and Geochemistry. (*Vol. 13, pp. 299–356). Washington, D.C : Mineralogical Society of America.

Sun, S. S., & McDonough, W. S. (1989). Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. *Geological Society of London Special Publications, 42* (1), 313-345.

Sümengen, M. (2013a). 1: 100000 Scaled Geological Maps of Turkey. No:188, Tokat- H37 Sheet. Ankara, Turkey: MTA Geological Survey Department.

Sümengen, M. (2013b). 1: 100000 Scaled Geological Maps of Turkey. No:188, Tokat- H38 Sheet. Ankara, Turkey: MTA Geological Survey Department.

Şengör A., M. C. (1987). Tectonics of the Tethysides: orogenic collage development in a collisional setting. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 15* (1), 213-244.

Şengör, A.M.C., & Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181193203-190199241.

Şengör, A. M. C., Natal'in, B. A., & Burtman, V. S. (1993). Evolution of the Altaid tectonic collage and Palaeozoic crustal growth in Eurasia. *Nature*, *364* (6435), 299-307.

Tatar, Y. (1977). Ofiyolitli Çamlıbel (Yıldızeli) bölgesinin stratigrafisi ve petrografisi. *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi*, *88*, 56-72.

Tatar, Y. (1983). Yıldızeli-Subaşı köyü yöresinde tektonik incelemeler. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, *4*, 3-15.

Temizel, I. (2014). Petrochemical evidence of magma mingling and mixing in the Tertiary monzogabbroic stocks around the Bafra (Samsun) area in Turkey: implications of coeval mafic and felsic magma interactions. *Mineralogy and Petrology, 108* (3), 353-370.

Temizel, I., Arslan, M., Yücel, C., Abdioğlu, E., & Ruffet, G. (2016). Geochronology and geochemistry of Eocene-aged volcanic rocks around the Bafra (Samsun, N Turkey) area: Constraints for the

interaction of lithospheric mantle and crustal melts. *Lithos, 258*, 92-114.

Terlemez, İ., & Yılmaz, A. (1980). Ünye-Ordu-Koyulhisar-Reşadiye arasında kalan bölgenin stratigrafisi. *Türkiye Jeoloji Bülteni, 23* (2), 179-191.

Tiepolo, M., Oberti, R., Zanetti, A., Vannucci, R., & Foley, S. F. (2007). Trace-element partitioning between amphibole and silicate melt. *Reviews in mineralogy and geochemistry, 67* (1), 417-452.

Topbay, C. D. (2016). *Yıldızeli (Sivas) Batısında Yer Alan Eosen Yaşlı Volkanik Kayaların Jeokimyasal Özellikleri ve Petrojenezi*. (Yayınlamamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W. H., Siebel, W., Satır, M., & Dokuz, A. (2005). Post-collisional plutonism with adakite-like signatures: the Eocene Saraycık granodiorite (Eastern Pontides, Turkey). *Contributions to Mineralogy and Petrology, 150* (4), 441-455.

Topuz, G., Okay, A. I., Altherr, R., Schwarz, W. H., Siebel, W., Zack, T., Satır, M., & Şen, C. (2011). Post-collisional adakite-like magmatism in the Ağvanis Massif and implications for the evolution of the Eocene magmatism in the Eastern Pontides (NE Turkey). *Lithos, 125* (1), 131-150.

Topuz, G., Göçmengil, G., Rolland, Y., Çelik Ö,F., Zack, T., & Schmitt A.K. (2013). Jurassic accretionary complex and ophiolite from northeast Turkey: No evidence for the Cimmerian continental ribbon. *Geology, 41*, 255-258.

Tüysüz, O., & Dellaloğlu, A.A., (1992). Çankırı havzasının tektonik birlikleri ve jeolojik evrimi. *Türkiye 9. Petrol Kongresi, Bildiriler, Jeoloji*, (pp. 333-349). Türkiye : Ankara, Şubat 17-21.

Url-1: https://earthref.org, erişim tarihi 01.01.2017.

Vaselli, O., Downes, H., Thirlwall, M., Dobosi, G., Coradossi, N., Seghedi, I.,Szakacs, A., & Vannucci, R. (1995). Ultramafic xenoliths in Plio-Pleistocene alkali basalts from the Eastern Transylvanian Basin: depleted mantle enriched by vein metasomatism. *Journal of Petrology, 36* (1), 23-53.

Vidal, P., Dupuy, C., Maury, R., & Richard, M. (1989). Mantle metasomatism above subduction zones—trace-element and radiogenic isotope characteristics of peridotite xenoliths from Batan Island (Philippines). *Geology, 17*, 1115–1118.

Vigouroux, N., Wallace, P. J., & Kent, A. J. (2008). Volatiles in high-K magmas from the western Trans-Mexican Volcanic Belt: evidence for fluid fluxing and extreme enrichment of the mantle wedge by subduction processes. *Journal of Petrology, 49* (9), 1589-1618.

Vincent, S. J., Allen, M. B., Ismail-Zadeh, A. D., Flecker, R., Foland, K. A., & Simmons, M. D. (2005). Insights from the Talysh of Azerbaijan into the Paleogene evolution of the South Caspian region. *Geological Society of America Bulletin, 117* (11-12), 1513-1533.

Wang, H., & Currie, C. A. (2015). Magmatic expressions of continental lithosphere removal. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, *120* (10), 7239-7260.

Wang, Y., Foley, S. F., & Prelević, D. (2017). Potassium-rich magmatism from a phlogopite-free source. *Geology*, *45* (5), 467-470.

Wilson, M., & Bianchini, G. (1999). Tertiary–Quaternary magmatism within the Mediterranean and surrounding regions. In B. Durand, L. Jolivet, F. Horvath, M. Seranne, (Eds.), *The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine Orogen. Geological Society of London Special Publications*, 156, 141–168.

Witt-Eickschen, G., Seck, H. A., Mezger, K., Eggins, S. M., & Altherr, R. (2003). Lithospheric mantle evolution beneath the Eifel (Germany): constraints from Sr–Nd–Pb isotopes and trace element abundances in spinel peridotite and pyroxenite xenoliths. *Journal of Petrology*, *44*, 1077–1095.

Wolff, J. A. (2017). On the syenite-trachyte problem. *Geology*, *45*(12), 1067-1070.

Wood, B. J. (2004). Melting of fertile peridotite with variable amounts of H_2O. In R.S.J. Sparks & C.J. Hawkesworth (Eds.), *The State of the Planet: Frontiers and Challenges in Geophysics*, (vol.1. pp-69-80). Washington, D. C : American Geophysical Union.

Yang, Z. F., & Zhou, J. H. (2013). Can we identify source lithology of basalt?. *Scientific reports* 3.

Yazgan, E. (1981) A study of active continental paleomargin in the eastern Taurides (Upper Cretaceous–Middle Eocene) Malatya–Elazığ (eastern Turkey). *Bull Inst Earth Sci Hacettepe* Univ, *7*, 83–104.

Yılmaz, A. (1984). Tokat (Dumanli dagi) ile Sivas (Çeltek dagi) dolaylarinin temel jeoloji özellikleri ve ofiyolitli karışığın konumu. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, *99/100*, 1-18.

Yılmaz, A., & Ercan, T. (1984). Tokat ile Sivas Arasında Yer Alan Yıldızdağı Gabrosu'nun Petrokimyasal Özellikleri. *Jeoloji Mühendisliği*, *20*, 11-16.

Yılmaz, A., Uysal, Ş., Bedi Y., Yusufoğlu, H., Havzoğlu, T. Ağan, A., Göç, D., Aydın, N. (1995). Akdağ Masifi ve Dolayının Jeolojisi, *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi*, *117*, 125-138.

Yılmaz, Y., Gürpınar, O, Yiğitbaş, E., Yıldırım, M., Genç, Ş, C., Gürer, Ö.F., Elmas, A., Bozcu, M., Çalışkan B.A. (1993a). Tokat Masifi ve Yakın Çevresinin Jeolojisi. (Rapor No: 3390). Ankara : TPAO Arama Grubu Başkanlığı.

Yılmaz, Y., Yiğitbaş, E., & Genç, Ş. (1993b). Ophiolitic and metamorphic assemblages of southeast Anatolia and their significance in the geological evolution of the orogenic belt. *Tectonics*, *12* (5), 1280-1297.

Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yigitbas, E., Genç S.C., Şengör, A. M. C. (1997a). Geology and tectonic evolution of the Pontides. In A.G. Robinson (Eds.), *Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and*

Surrounding Region. American Association of Petroleum Geologists (AAPG) Memoir, 68.

Yılmaz, Y., Serdar, H. S., Genc, C., Yigitbas, E., Gürer, Ö. F., Elmas, A., Yıldırım, M., Bozcu, M., & Gürpinar, O. (1997b). The geology and evolution of the Tokat Massif, south-central Pontides, Turkey. *International Geology Review, 39* (4), 365-382.

Yiğitbaş, E., & Yilmaz, Y. (1996). New evidence and solution to the Maden complex controversy of the Southeast Anatolian orogenic belt (Turkey). *Geologische Rundschau, 85* (2), 250-263.

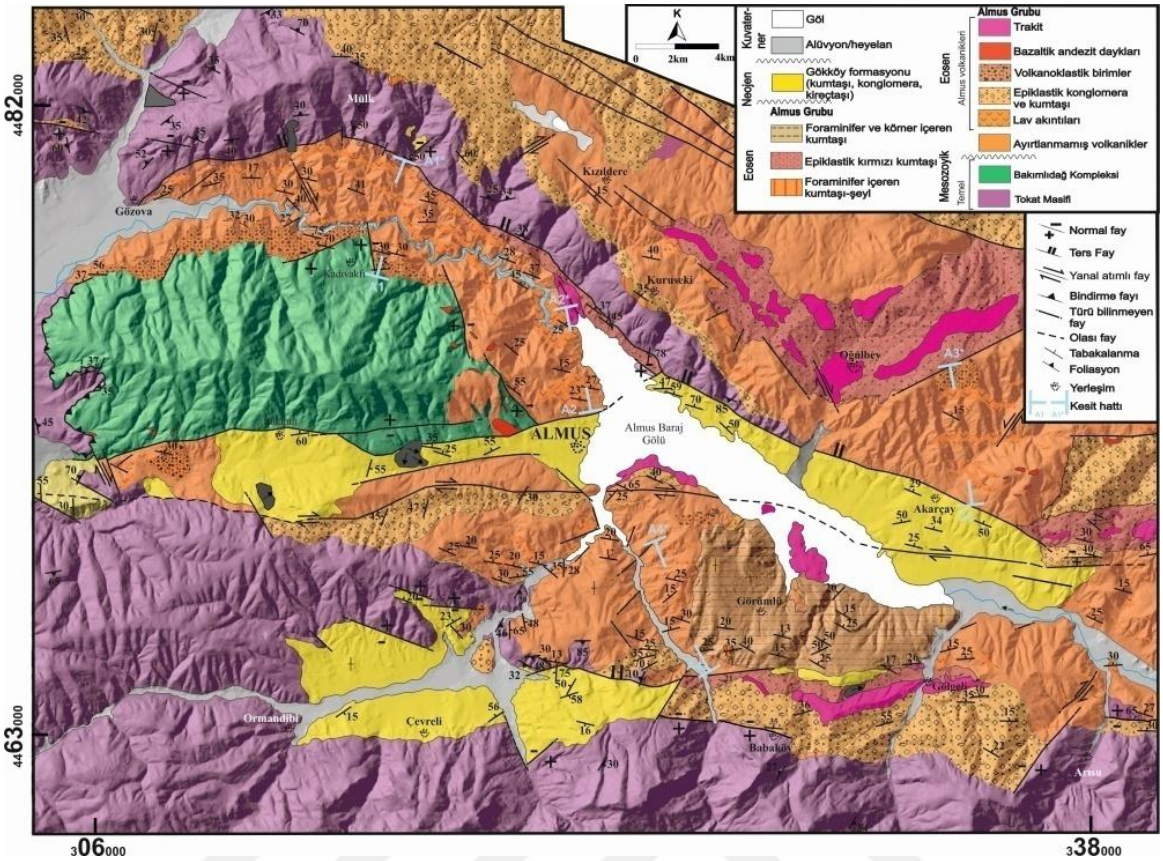
Yücel, C., Arslan, M., Temizel, I., Yazar, E. A., & Ruffet, G. (2017). Evolution of K-rich magmas derived from a net veined lithospheric mantle in an ongoing extensional setting: Geochronology and geochemistry of Eocene and Miocene volcanic rocks from Eastern Pontides (Turkey). *Gondwana Research,* 45, 65-86.

Zindler, A., & Hart, S. (1986). Chemical geodynamics. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 14* (1), 493-571.

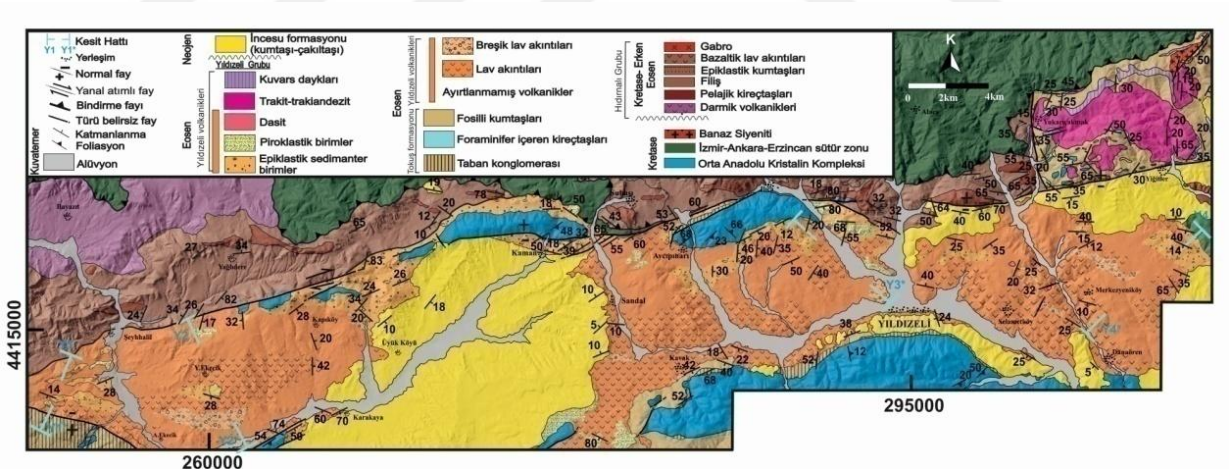
EKLER

EK A : Çalışma alanlarının jeoloji haritaları.
EK B : Ar-Ar yaş tayini analizlerinin sonuçları.
EK C : Mineral kimyası analizleri sonuçları.
EK D : Tüm kaya jeokimya analizlerinin sonuçları.

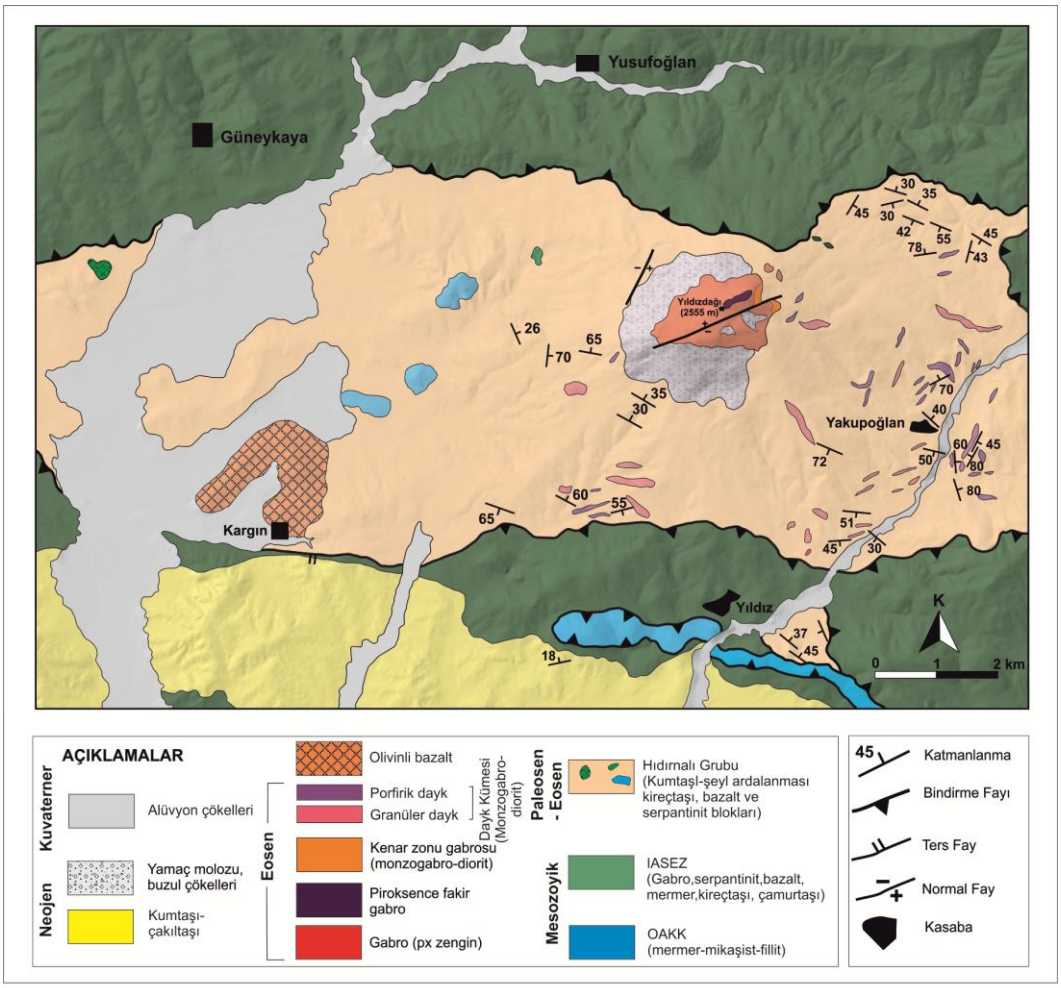
EK A



Şekil A.1 : Almus bölgesinin genel jeoloji haritası.



Şekil A.2 : Yıldızeli bölgesinin genel jeoloji haritası.



Şekil A.3 : Yıldızdağ bölgesinin genel jeoloji haritası.

EK B. Ar-Ar yaş tayini analizlerinin sonuçları.

Çizelge B.1 : V1a serisi kayalarının Ar-Ar yaş tayinlerinin analitik veri seti.

V1A

Örnek: 606 Mineral:hbl Size:20-30# J=0.0075115±0.0000093

Tek Tane Total Füzyon

Örnek	P	t	40 V	39 V	38 V	37 V	36 V	Mol 40Ar*	%Rad	R	Yaş (My)	%-sd
1	2.2	15	0.77593 ± 0.001416	0.17788	0.00700	1.36713	0.001027	5.96E-15	60.9%	3.3808	45.24 ± 0.35	0.77%
2	2.2	10	0.69356 ± 0.000793	0.18546	0.00862	1.55181	0.000730	5.33E-15	68.9%	3.3660	45.05 ± 0.30	0.67%
3	2.2	10	0.91980 ± 0.000840	0.23262	0.01022	1.96597	0.001097	7.07E-15	64.7%	3.3572	44.93 ± 0.26	0.58%
4	2	10	0.57425 ± 0.001212	0.14745	0.00808	1.28052	0.000683	4.41E-15	64.8%	3.3443	44.76 ± 0.43	0.96%
5	2	10	0.73112 ± 0.000899	0.18517	0.00870	1.43393	0.000830	5.62E-15	66.4%	3.3538	44.89 ± 0.35	0.77%
6	2	10	0.53611 ± 0.000683	0.11628	0.00697	1.02593	0.000807	4.12E-15	55.5%	3.3908	45.37 ± 0.56	1.23%
7	2	10	0.82898 ± 0.001334	0.11173	0.00931	1.32301	0.001942	6.37E-15	30.8%	3.3995	45.49 ± 2.60	5.71%
8	2	10	0.71075 ± 0.001099	0.17467	0.00831	1.46921	0.000899	5.46E-15	62.6%	3.3419	44.73 ± 0.54	1.21%
9	2	10	0.84598 ± 0.001271	0.20828	0.01309	1.62208	0.001010	6.50E-15	64.7%	3.3627	45.00 ± 0.33	0.72%
10	2	10	1.05469 ± 0.001114	0.23976	0.01190	2.03395	0.001510	8.10E-15	57.7%	3.3384	44.68 ± 0.32	0.72%
11	2	10	0.73618 ± 0.001128	0.15150	0.00731	1.24024	0.001168	5.65E-15	53.1%	3.3525	44.87 ± 0.50	1.11%
12	2.2	15	0.77593 ± 0.001416	0.17788	0.00700	1.36713	0.001027	5.96E-15	60.9%	3.3808	45.24 ± 0.35	0.77%
13	2	10	0.69271 ± 0.000865	0.16338	0.00851	1.40303	0.000923	5.32E-15	60.6%	3.3811	45.25 ± 0.36	0.79%
14	2	10	0.81074 ± 0.001172	0.19057	0.00808	1.56362	0.001072	6.23E-15	60.9%	3.3655	45.04 ± 0.34	0.75%
15	2	10	0.85897 ± 0.001268	0.19833	0.00784	1.50982	0.001115	6.60E-15	61.6%	3.3880	45.34 ± 0.34	0.75%
15	2	10	0.80083 ± 0.000957	0.19087	0.00761	1.52586	0.001011	6.15E-15	62.7%	3.3845	45.29 ± 0.37	0.81%

Tek Tane Kademeli Isıtma

Adımlar	P	t	40 V	39 V	38 V	37 V	36 V	Mol 40Ar*	%Rad	R	Yaş (My)	%-sd
1	1.1	10	0.05544 ± 0.000254	0.00049	0.00018	0.00886	0.000180	4.26E-16	3.9%	6.2359	82.58 ######	507.11%
2	1.2	10	0.07945 ± 0.000366	0.00343	0.00045	0.03017	0.000227	6.10E-16	15.5%	4.4166	58.88 ######	33.05%
3	1.35	10	0.37358 ± 0.000812	0.07198	0.00352	0.59227	0.000626	2.87E-15	50.5%	3.3953	45.43 ± 0.84	1.84%
4	1.5	10	0.54118 ± 0.000531	0.14276	0.00599	1.20806	0.000588	4.16E-15	67.9%	3.3717	45.12 ± 0.53	1.17%
5	1.65	10	0.71531 ± 0.001151	0.19910	0.00794	1.64528	0.000677	5.49E-15	72.0%	3.3673	45.06 ± 0.32	0.72%
6	1.5	10	0.54035 ± 0.000804	0.14634	0.00599	1.20806	0.000588	4.15E-15	67.8%	3.2830	43.95 ± 0.48	1.10%
7	1.8	10	0.31370 ± 0.000338	0.09085	0.00358	0.75318	0.000265	2.41E-15	75.0%	3.3729	45.14 ± 0.67	1.49%
8	1.9	10	0.12840 ± 0.000676	0.03587	0.00139	0.29960	0.000120	9.86E-16	72.4%	3.3812	45.25 ± 2.81	6.20%
9	2	10	0.10379 ± 0.000477	0.03002	0.00120	0.24822	0.000088	7.97E-16	74.8%	3.3666	45.05 ± 2.61	5.80%
10	2.1	10	0.03147 ± 0.001184	0.00725	0.00026	0.06005	0.000037	2.42E-16	65.3%	3.6158	48.35 ######	30.24%

Örnek: 562a Sample:hbl Size:20-30# J=0.0074957±0.0000077

Tek Tane Total Füzyon

Sample	P	t	40 V	39 V	38 V	37 V	36 V	Moles 40Ar*	%Rad	R	Yaş (My)	%-sd
1	2	10	1.14074 ± 0.001445	0.29124	0.01685	1.58313	0.001083	8.76E-15	72.0%	3.3308	44.49 ± 0.21	0.48%
2	2	10	1.06356 ± 0.001121	0.20495	0.00824	0.64727	0.001443	8.17E-15	59.9%	3.4063	45.48 ± 0.45	0.98%
3	2	10	3.01463 ± 0.002363	0.88148	0.03414	1.46295	0.000769	2.32E-14	92.5%	3.3186	44.33 ± 0.10	0.22%
4	2	10	1.75389 ± 0.001187	0.51531	0.02027	1.54485	0.000611	1.35E-14	89.7%	3.3361	44.56 ± 0.14	0.32%
5	2	10	2.22515 ± 0.001476	0.64120	0.02412	1.94186	0.000930	1.71E-14	87.7%	3.3274	44.44 ± 0.11	0.24%
6	2	10	1.23749 ± 0.000882	0.35583	0.01533	1.45311	0.000668	9.51E-15	84.0%	3.3080	44.19 ± 0.16	0.36%
7	2	10	0.72861 ± 0.000674	0.21503	0.01072	0.93402	0.000352	5.60E-15	85.7%	3.3148	44.28 ± 0.21	0.48%
8	2	10	1.09029 ± 0.001062	0.32176	0.01634	1.47953	0.000554	8.37E-15	85.0%	3.3132	44.26 ± 0.20	0.45%
9	2	10	0.99402 ± 0.001908	0.29136	0.01368	1.31711	0.000493	7.64E-15	85.4%	3.3382	44.59 ± 0.21	0.46%
10	2	10	0.90016 ± 0.001164	0.26441	0.01314	1.19237	0.000463	6.91E-15	84.8%	3.3118	44.24 ± 0.26	0.58%
11	2	10	0.92858 ± 0.000833	0.27922	0.01247	1.20075	0.000423	7.13E-15	86.5%	3.2830	43.86 ± 0.18	0.41%
12	2	10	1.01604 ± 0.001169	0.20390	0.00814	0.90670	0.001411	7.80E-15	59.0%	3.3582	44.85 ± 0.68	1.51%
13	2	10	0.56691 ± 0.000957	0.16741	0.00820	0.75233	0.000289	4.35E-15	84.9%	3.2995	44.08 ± 0.30	0.68%
14	2	10	0.48772 ± 0.000699	0.14309	0.00682	0.65681	0.000241	3.75E-15	85.4%	3.3441	44.66 ± 0.35	0.79%
15	2	10	1.00457 ± 0.001158	0.29694	0.01376	1.36904	0.000525	7.72E-15	84.6%	3.2955	44.02 ± 0.36	0.81%
16	2	10	0.93826 ± 0.001533	0.27576	0.01339	1.23840	0.000475	7.21E-15	85.0%	3.3168	44.30 ± 0.19	0.43%

* kullanılmayan veri

Tek Tane Kademeli Isıtma

Steps	P	t	40 V	39 V	38 V	37 V	36 V	Moles 40Ar*	%Rad	R	Yaş (My)	%-sd
1	0.6	15	0.02291 ± 0.000291	0.00067	0.00004	0.00183	0.000096	1.76E-16	#####	######	-109.49 ######	90.79%
2	0.7	15	0.02203 ± 0.000317	0.00085	0.00005	0.00884	0.000069	1.69E-16	7.7%	2.9763	39.81 ######	175.09%
3	0.8	10	0.00449 ± 0.000275	0.00030	0.00001	0.00833	0.000016	3.45E-17	-4.0%	2.0082	26.95 ######	549.92%
4	1	10	0.02671 ± 0.000282	0.00328	0.00019	0.03555	0.000073	2.05E-16	19.6%	2.6116	34.97 ######	33.47%
5	1.2	10	0.42794 ± 0.000487	0.07304	0.00437	0.40550	0.000749	3.29E-15	48.3%	3.3507	44.75 ± 0.74	1.66%
6	1.35	10	0.38514 ± 0.000910	0.10331	0.00606	0.58994	0.000337	2.96E-15	74.2%	3.3037	44.13 ± 0.51	1.16%
7	1.5	10	0.09267 ± 0.000425	0.02400	0.00158	0.13014	0.000079	7.12E-16	74.9%	3.4027	45.44 ± 3.85	8.47%
8	1.75	10	0.20229 ± 0.000433	0.05603	0.00328	0.31879	0.000165	1.55E-15	75.9%	3.2766	43.77 ± 0.97	2.22%
9	1.85	10	0.48401 ± 0.001221	0.14519	0.00775	0.79954	0.000258	3.72E-15	84.3%	3.3288	44.46 ± 0.34	0.76%
10	2	10	0.15517 ± 0.000512	0.04633	0.00236	0.26908	0.000079	1.19E-15	84.9%	3.3910	45.28 ± 1.03	2.28%
11	2.1	10	0.05703 ± 0.000370	0.01718	0.00089	0.09477	0.000029	4.38E-16	84.9%	3.3365	44.56 ± 2.59	5.81%

Çizelge B.2 : V1b serisi kayalarının Ar-Ar yaş tayinlerinin analitik veri seti.

V1B

Örnek: D27 ; Mineral: hbl 20-30# ; J=0.0075115±0.000009

Tek Tane Total Füzyon

Sample	P	t	40 V	39 V	38 V	37 V	36 V	Moles 40Ar*	%Rad	R	Yaş (My)	%-sd
1	2.8	15	1.74614 ± 0.001329	0.36777	0.11003	1.72420	0.002276	1.34E-14	61.5%	3.3613	44.99 ± 0.23	0.51%
2	2.8	15	1.40672 ± 0.001515	0.40272	0.14721	2.11573	0.000886	1.08E-14	81.4%	3.3381	44.68 ± 0.17	0.37%
3	2.8	15	1.46002 ± 0.000909	0.41736	0.11534	1.88300	0.000817	1.12E-14	83.5%	3.3452	44.77 ± 0.16	0.35%
4	2.8	15	1.04225 ± 0.000766	0.29668	0.08371	1.50997	0.000654	8.01E-15	81.5%	3.3419	44.73 ± 0.24	0.53%
5	2.8	15	1.73509 ± 0.000937	0.31582	0.13781	1.78684	0.002923	1.33E-14	50.2%	3.2923	44.07 ± 0.56	1.28%
6	2.8	15	1.19483 ± 0.000892	0.31839	0.13836	1.89222	0.001044	9.18E-15	74.2%	3.3447	44.77 ± 0.21	0.46%
7	2.8	15	1.34346 ± 0.000801	0.29508	0.09200	1.49551	0.001688	1.03E-14	62.9%	3.3400	44.70 ± 0.30	0.67%
8	2.8	15	1.03450 ± 0.001084	0.24823	0.09499	1.41267	0.001121	7.95E-15	68.0%	3.3699	45.10 ± 0.27	0.59%
9	2.8	15	1.01896 ± 0.001097	0.29229	0.08295	1.38400	0.000581	7.83E-15	83.2%	3.3457	44.78 ± 0.24	0.54%
10	2.8	15	1.04368 ± 0.001843	0.29172	0.10942	1.54890	0.000730	8.02E-15	79.3%	3.3386	44.68 ± 0.21	0.46%
11	2.8	15	0.84335 ± 0.001255	0.22080	0.09796	1.29429	0.000753	6.48E-15	73.6%	3.3653	45.04 ± 0.25	0.55%
12	2.8	15	1.09542 ± 0.001361	0.30410	0.10985	1.62821	0.000764	8.41E-15	79.4%	3.3645	45.03 ± 0.21	0.46%
13	2.8	15	0.99083 ± 0.001707	0.20427	0.07535	1.16387	0.001402	7.61E-15	58.2%	3.3598	44.96 ± 0.68	1.50%
14	2.8	15	1.16762 ± 0.000690	0.32154	0.12254	1.77120	0.000857	8.97E-15	78.3%	3.3633	45.01 ± 0.19	0.42%
15	2.8	15	0.91738 ± 0.000930	0.26411	0.07635	1.22371	0.000506	7.05E-15	83.7%	3.3441	44.76 ± 0.19	0.43%
16	3.2	15	1.97002 ± 0.001651	0.54554	0.22515	3.10653	0.001521	1.51E-14	77.2%	3.3240	44.49 ± 0.14	0.32%

Tek Tane Kademeli Isıtma

Adımlar	P	t	40 V	39 V	38 V	37 V	36 V	Moles 40Ar*	%Rad	R	Yaş (My)	%-sd
1	0.7	20	0.03715 ± 0.000301	0.00189	0.00015	0.00169	0.000098	2.85E-16	21.7%	4.3478	57.98 ######	35.45%
2	0.9	30	0.02459 ± 0.000309	0.00421	0.00051	0.00795	0.000026	1.89E-16	68.4%	4.1733	55.69 ± 8.09	14.53%
3	1.1	25	0.12054 ± 0.000411	0.01447	0.00440	0.06374	0.000248	9.26E-16	39.2%	3.6831	49.23 ± 3.00	6.09%
4	1.5	25	0.31477 ± 0.000390	0.08510	0.03052	0.46327	0.000235	2.42E-15	78.0%	3.3970	45.46 ± 0.51	1.13%
5	1.7	20	0.40197 ± 0.000671	0.11633	0.04023	0.62642	0.000259	3.09E-15	80.9%	3.3046	44.24 ± 0.35	0.79%
6	1.9	20	0.53939 ± 0.000615	0.15636	0.05275	0.82657	0.000325	4.14E-15	82.2%	3.3344	44.63 ± 0.33	0.74%
7	2.1	20	0.43825 ± 0.000514	0.12822	0.05794	0.74791	0.000268	3.37E-15	81.9%	3.3506	44.84 ± 0.32	0.72%
8	2.3	20	0.07358 ± 0.000409	0.01670	0.01942	0.17240	0.000115	5.65E-16	53.9%	3.3492	44.82 ± 2.06	4.59%
9	2.5	15	0.00735 ± 0.000282	0.00081	0.00069	0.00655	0.000011	5.65E-17	56.1%	5.8574	77.68 ######	56.35%

V1B

Örnek: 473a Mineral : bio ; Size:40-30# ; J=0.0075223±0.0000089

Tek Tane Total Füzyon

Örnek	P	t	40 V	39 V	38 V	37 V	36 V	Moles 40Ar*	%Rad	R	Yaş (My)	%-sd
1	2	10	1.71559 ± 0.001421	0.49582	0.01932	0.02187	0.000231	1.32E-14	96.0%	3.3266	44.59 ± 0.15	0.33%
2	2	10	3.07719 ± 0.001841	0.90628	0.03598	0.04105	0.000223	2.36E-14	97.9%	3.3270	44.59 ± 0.08	0.18%
3	2	10	2.19356 ± 0.001509	0.63244	0.02574	0.00658	0.000275	1.68E-14	96.3%	3.3408	44.78 ± 0.14	0.32%
4	2	10	2.60244 ± 0.001663	0.70554	0.02407	0.38854	0.000931	2.00E-14	89.4%	3.3506	44.91 ± 0.12	0.27%
5	2	10	2.54715 ± 0.002102	0.74642	0.02532	0.01703	0.000188	1.96E-14	97.8%	3.3401	44.77 ± 0.11	0.24%
6	2	10	3.17629 ± 0.002913	0.91567	0.02994	0.01726	0.000467	2.44E-14	95.7%	3.3199	44.50 ± 0.08	0.19%
7	2	10	1.45964 ± 0.001855	0.41857	0.01449	0.00885	0.000223	1.12E-14	95.5%	3.3319	44.66 ± 0.16	0.36%
8	2	10	3.00746 ± 0.002498	0.88232	0.03397	0.03136	0.000217	2.31E-14	97.9%	3.3393	44.76 ± 0.12	0.27%
9	2	10	3.29678 ± 0.001420	0.96546	0.03702	0.05979	0.000278	2.53E-14	97.5%	3.3355	44.71 ± 0.07	0.15%
10	2	10	5.02894 ± 0.003651	1.46711	0.05295	0.04933	0.000452	3.86E-14	97.3%	3.3398	44.76 ± 0.07	0.15%
11	2	10	1.96105 ± 0.002016	0.57860	0.01948	0.01351	0.000126	1.51E-14	98.1%	3.3273	44.60 ± 0.11	0.24%
12	2	10	3.45889 ± 0.001667	0.98987	0.03604	0.10122	0.000583	2.66E-14	95.0%	3.3298	44.63 ± 0.07	0.15%
13	2	10	2.96129 ± 0.001889	0.82715	0.03280	0.22341	0.000771	2.27E-14	92.3%	3.3301	44.64 ± 0.10	0.23%
14	2	10	3.79627 ± 0.002054	1.12240	0.04614	0.05531	0.000209	2.92E-14	98.4%	3.3320	44.66 ± 0.07	0.17%
15	2	10	4.41011 ± 0.003147	1.31125	0.04909	0.03337	0.000164	3.39E-14	98.9%	3.3287	44.62 ± 0.08	0.18%

* kullanılmayan veri

Tek Tane Kademeli Isıtma

Adımlar	P	t	40 V	39 V	38 V	37 V	36 V	Moles 40Ar*	%Rad	R	Yaş (My)	%-sd
1	0.6	20	0.02292 ± 0.000349	0.00330	0.00017	0.00858	0.000028	1.76E-16	63.3%	4.6521	62.05 ######	22.74%
2	0.7	20	0.01705 ± 0.000315	0.00340	0.00001	0.00286	0.000010	1.31E-16	82.2%	4.1971	56.08 ######	29.02%
3	0.8	15	0.34644 ± 0.000506	0.05590	0.00175	0.00603	0.000553	2.66E-15	52.8%	3.2852	44.04 ± 2.12	4.80%
4	0.95	15	0.65249 ± 0.000718	0.19085	0.00571	0.00279	0.000088	5.01E-15	96.0%	3.2845	44.03 ± 0.37	0.84%
5	1.1	15	1.06132 ± 0.001291	0.31407	0.00909	0.00366	0.000057	8.15E-15	98.4%	3.3268	44.59 ± 0.18	0.40%
6	1.25	15	1.37332 ± 0.001389	0.40633	0.01228	0.00281	0.000082	1.05E-14	98.2%	3.3212	44.52 ± 0.22	0.49%
7	1.35	15	1.16984 ± 0.001164	0.34830	0.01047	0.00052	0.000007	8.99E-15	99.8%	3.3525	44.93 ± 0.18	0.40%
8	1.45	10	0.39751 ± 0.000569	0.11828	0.00334	0.00012	0.000015	3.05E-15	98.9%	3.3224	44.53 ± 0.38	0.85%
9	1.6	10	1.83446 ± 0.001654	0.54644	0.01614	0.00089	0.000035	1.41E-14	99.4%	3.3385	44.75 ± 0.13	0.30%
10	1.7	10	0.15208 ± 0.000406	0.04460	0.00127	0.00021	0.000014	1.17E-15	97.2%	3.3167	44.46 ± 1.05	2.36%
11	1.85	10	0.00724 ± 0.000206	0.00219	0.00005	0.00006	########	5.56E-17	#####	3.3068	44.33 ######	69.09%

Çizelge B.3 : V2b serisi kayalarının Ar-Ar yaş tayinlerinin analitik veri seti.

V2B

Örnek: 71 Örnek :plg Size:60-80# J=0.0075115±0.0000093

Toplam Kaya Kademeli ısıtma

Adımlar	P	t	40 V	39 V	38 V	37 V	36 V	Moles 40Ar*	%Rad	R	Yaş (My)	%-sd
1	0.55	30	0.04547 ±0.000212	0.00289	0.00018	0.01555	0.000133	3.49E-16	13.5%	2.6272	35.26 ######	52.43%
2	0.65	30	0.07488 ±0.000295	0.00523	0.00019	0.03062	0.000207	5.75E-16	18.4%	3.1863	42.67 ± 9.83	23.04%
3	0.75	30	0.14489 ±0.000315	0.02119	0.00043	0.19726	0.000296	1.11E-15	39.7%	3.5941	48.06 ± 2.28	4.75%
4	0.85	30	0.16272 ±0.000331	0.03065	0.00044	0.31577	0.000291	1.25E-15	47.1%	3.4717	46.44 ± 1.96	4.23%
5	0.9	30	0.11950 ±0.000350	0.02884	0.00047	0.28272	0.000144	9.18E-16	64.5%	3.5991	48.12 ± 1.58	3.29%
6	0.95	30	0.15005 ±0.000297	0.03750	0.00050	0.33727	0.000163	1.15E-15	67.9%	3.5666	47.70 ± 1.40	2.94%
7	1.05	20	0.15302 ±0.000266	0.03990	0.00056	0.33351	0.000150	1.18E-15	71.1%	3.5158	47.03 ± 1.18	2.51%
8	1.15	20	0.41141 ±0.000899	0.11171	0.00158	0.83616	0.000399	3.16E-15	71.4%	3.3342	44.63 ± 0.48	1.08%
9	1.3	20	0.46552 ±0.000522	0.13379	0.00202	0.80704	0.000339	3.58E-15	78.5%	3.2991	44.16 ± 0.41	0.92%
10	1.45	20	0.39344 ±0.000806	0.11377	0.00180	0.54634	0.000219	3.02E-15	83.6%	3.3424	44.73 ± 0.43	0.97%
11	1.6	20	0.36682 ±0.000566	0.10637	0.00192	0.42354	0.000182	2.82E-15	85.3%	3.3168	44.40 ± 0.40	0.90%
12	1.75	20	0.29691 ±0.000630	0.08634	0.00159	0.29635	0.000132	2.28E-15	86.9%	3.3106	44.31 ± 0.58	1.32%
13	1.9	20	0.46242 ±0.001085	0.13720	0.00282	0.62290	0.000245	3.55E-15	84.3%	3.2705	43.78 ± 0.45	1.03%
14	2.05	20	0.23100 ±0.000512	0.06722	0.00134	0.20900	0.000089	1.77E-15	88.6%	3.3361	44.65 ± 0.64	1.43%
15	2.25	20	0.16732 ±0.000299	0.04909	0.00102	0.27929	0.000100	1.29E-15	82.4%	3.3458	44.78 ± 0.92	2.06%
16	2.45	20	0.19020 ±0.000286	0.05291	0.00109	0.79150	0.000296	1.46E-15	54.1%	3.3542	44.89 ± 0.90	2.00%
17	2.7	30	0.36691 ±0.000595	0.09886	0.00233	2.33660	0.000860	2.82E-15	30.7%	3.3694	45.09 ± 0.66	1.45%
18	2.8	30	0.01943 ±0.000223	0.00533	0.00014	0.12966	0.000039	1.49E-16	40.0%	3.7602	50.25 ± 9.00	17.90%

Çizelge B.4 : V3 grubu kayalarının Ar-Ar yaş tayinlerinin analitik veri seti.

Örnek: 311 Mineral:Kfs Size:20-30# J=0.0075223±0.0000089

Tek Tane Total Füzyon

Örnek	P	t	40 V	39 V	38 V	37 V	36 V	Moles 40Ar*	%Rad	R	Yaş (My)	%-sd
1	2	10	####### ± 0.005105	2.68956	0.04252	0.00377	0.019986	1.08E-13	57.9%	3.0221	40.55 ± 0.14	0.35%
2	2	10	5.45067 ± 0.006867	1.07674	0.01765	0.00085	0.007314	4.19E-14	60.3%	3.0549	40.99 ± 0.19	0.47%
3	2	10	####### ± 0.008816	1.77722	0.03120	0.00559	0.021136	8.94E-14	46.3%	3.0344	40.72 ± 0.25	0.62%
4*	2	10	2.10117 ± 0.003232	0.41903	0.00955	0.07168	0.003157	1.61E-14	55.6%	2.8045	37.66 ± 0.32	0.84%
5	2	10	####### ± 0.004882	2.76065	0.04196	0.00175	0.011796	9.11E-14	70.6%	3.0349	40.72 ± 0.10	0.24%
6	2	10	9.75589 ± 0.005104	1.74966	0.02902	0.00131	0.014986	7.49E-14	54.6%	3.0449	40.86 ± 0.18	0.43%
7	2	10	7.92316 ± 0.011119	1.57588	0.02523	0.00183	0.010963	6.09E-14	59.1%	2.9721	39.89 ± 0.18	0.44%
8*	2	10	####### ± 0.009879	1.43953	0.02896	0.00294	0.032554	1.09E-13	32.4%	3.2017	42.93 ± 0.52	1.22%
9	2	10	9.77224 ± 0.012989	2.09177	0.03340	0.00199	0.011797	7.51E-14	64.3%	3.0053	40.33 ± 0.16	0.39%
10	2	10	####### ± 0.009344	2.89921	0.04688	0.01612	0.016018	1.03E-13	64.6%	2.9829	40.03 ± 0.14	0.36%
11	2	10	####### ± 0.005318	2.10532	0.03533	0.00648	0.025919	1.07E-13	44.9%	2.9648	39.79 ± 0.20	0.49%
12	2	10	9.02086 ± 0.007698	2.18401	0.03330	0.00160	0.008159	6.93E-14	73.3%	3.0266	40.61 ± 0.11	0.27%
13	2	10	####### ± 0.007059	2.32441	0.03727	0.00367	0.015579	8.98E-14	60.6%	3.0501	40.92 ± 0.18	0.43%
14	2	10	5.29421 ± 0.004670	1.36608	0.02031	0.00102	0.003769	4.07E-14	79.0%	3.0603	41.06 ± 0.18	0.43%
15	2	10	####### ± 0.007609	2.99732	0.04660	0.00587	0.021515	1.19E-13	59.0%	3.0487	40.91 ± 0.14	0.35%

* kullanılmayan veri

Tek Tane Kademeli Isıtma

Adımlar	P	t	40 V	39 V	38 V	37 V	36 V	Moles 40Ar*	%Rad	R	Yaş (My)	%-sd
1	0.45	20	0.18903 ± 0.000468	0.02021	0.00040	0.00074	0.000469	1.45E-15	26.6%	2.4956	33.55 ± 4.07	12.14%
2	0.5	20	0.24899 ± 0.000709	0.05083	0.00072	0.00061	0.000378	1.91E-15	55.2%	2.7028	36.31 ± 1.58	4.36%
3	0.55	15	8.26470 ± 0.004533	0.48396	0.01369	0.00077	0.022731	6.35E-14	18.7%	3.1982	42.89 ± 0.76	1.76%
4	0.6	10	1.82405 ± 0.001439	0.44984	0.00668	0.00066	0.001601	1.40E-14	74.1%	3.0030	40.30 ± 0.17	0.41%
5	0.65	10	2.55690 ± 0.001398	0.54810	0.00844	0.00014	0.003064	1.96E-14	64.6%	3.0132	40.43 ± 0.19	0.47%
6	0.7	10	4.61241 ± 0.004251	0.74451	0.01302	0.00086	0.007933	3.54E-14	49.2%	3.0465	40.88 ± 0.28	0.67%
7	0.74	10	1.30769 ± 0.001413	0.32694	0.00490	0.00061	0.001080	1.00E-14	75.6%	3.0235	40.57 ± 0.26	0.63%
8	0.78	10	0.67980 ± 0.000918	0.17082	0.00250	0.00004	0.000546	5.22E-15	76.3%	3.0348	40.72 ± 0.39	0.96%
9	0.82	10	1.83724 ± 0.001029	0.44107	0.00658	#######	0.001696	1.41E-14	72.7%	3.0292	40.65 ± 0.22	0.53%
10	0.86	10	1.15912 ± 0.001343	0.28868	0.00430	#######	0.000970	8.90E-15	75.3%	3.0228	40.56 ± 0.23	0.57%
11	0.9	10	0.26391 ± 0.000415	0.06521	0.00100	0.00002	0.000219	2.03E-15	75.4%	3.0533	40.97 ± 0.78	1.90%
12	1	10	0.07959 ± 0.000350	0.01946	0.00028	#######	0.000022	6.11E-16	92.0%	3.7603	50.32 ± 3.54	7.03%

Çizelge B.5 : Olivin gabro kayalarının Ar-Ar yaş tayinlerinin analitik veri seti.

Kenar Zonu Gabrosu

779: Örnek:Hbl Size:60-80# J=0.0075115±0.0000093

Çoklu tane, kademeli ısıtma

Adımlar	P	t	40 V	39 V	38 V	37 V	36 V	Moles 40Ar*	%Rad	R	Yaş (My)	%-sd
1	0.75	30	0.12220 ±0.000368	0.02043	0.00088	0.02723	0.000277	9.39E-16	32.9%	2.0946	28.16 ± 2.19	7.77%
2	0.85	30	0.06637 ±0.000392	0.01581	0.00040	0.02202	0.000083	5.10E-16	63.0%	2.7734	37.20 ± 3.00	8.06%
3	0.9	30	0.04298 ±0.000259	0.01121	0.00028	0.01310	0.000049	3.30E-16	66.2%	2.6468	35.52 ± 4.42	12.45%
4	0.95	30	0.05186 ±0.000288	0.01365	0.00033	0.02024	0.000041	3.98E-16	76.5%	3.0458	40.81 ± 3.26	7.99%
5	1.05	20	0.03892 ±0.000274	0.01024	0.00030	0.01214	0.000025	2.99E-16	81.2%	3.1975	42.82 ± 5.64	13.17%
6	1.15	20	0.20188 ±0.000231	0.05095	0.01043	0.15477	0.000188	1.55E-15	72.5%	3.1608	42.33 ± 1.03	2.43%
7	1.3	20	0.35628 ±0.000637	0.09313	0.02825	0.41932	0.000329	2.74E-15	72.7%	3.2047	42.91 ± 0.62	1.44%
8	1.45	20	0.44174 ±0.000748	0.12064	0.01707	0.67268	0.000372	3.39E-15	75.1%	3.2750	43.84 ± 0.40	0.90%
9	1.6	20	0.65703 ±0.000708	0.18788	0.01711	1.29272	0.000595	5.05E-15	73.3%	3.2100	42.98 ± 0.36	0.83%
10	1.75	20	0.65152 ±0.000956	0.19425	0.01552	1.44224	0.000540	5.00E-15	75.5%	3.2315	43.27 ± 0.52	1.20%
11	1.9	20	0.73089 ±0.000858	0.22269	0.01624	1.44210	0.000537	5.61E-15	78.3%	3.1799	42.59 ± 0.31	0.73%
12	2.05	20	0.59946 ±0.000706	0.17979	0.01038	0.85355	0.000366	4.60E-15	82.0%	3.1795	42.58 ± 0.29	0.68%
13	2.15	15	0.17941 ±0.000259	0.05091	0.00216	0.18817	0.000085	1.38E-15	86.1%	3.3811	45.25 ± 0.91	2.02%
14	2.2	20	0.13763 ±0.000281	0.03849	0.00134	0.12170	0.000065	1.06E-15	86.0%	3.3734	45.14 ± 1.10	2.44%

EK C

Çizelge C.1 : Olivin minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volcanic seriler	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b
Örnek Numaraları	151	151	151	151	151	151	151	151
Mineral Türü	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler
Ölçülen Mineral	A	A	A	A	A	A	A	A
Ölçülen Zon								
Ölçüm Noktası	151-1	151-2	151-3	151-4	151-5	151-6	151-7	151-8
SiO_2	38.09	38.49	38.13	38.16	38.34	38.49	38.7	38.14
TiO_2	0	0.0374	0	0.0416	0	0.0158	0	0.0543
Al_2O_3	0	0	0.0562	0.0211	0.0089	0.0514	0.0505	0.0631
Cr_2O_3	0.0423	0	0.0348	0.0184	0	0.0865	0.014	0.0509
FeO	25.11	25.1	25.01	25.36	25.41	25.11	25.21	25.23
MnO	0.5392	0.5726	0.5174	0.513	0.6201	0.5542	0.5203	0.5714
MgO	37.79	37.64	37.48	37.79	37.62	37.6	37.54	37.76
CaO	0.2212	0.2396	0.2472	0.2445	0.2576	0.2041	0.2202	0.2343
Na_2O	0.0378	0.0316	0.045	0	0	0	0	0.0256
K_2O	0	0.0078	0	0	0.0019	0	0	0.0106
Toplam	101.8304	102.1189	101.5205	102.1485	102.2584	102.1119	102.255	102.1402
Fornül								
Si	0.988	0.994	0.991	0.987	0.991	0.994	0.997	0.986
Ti	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
Al	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.002	0.002	0.002
Cr	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001
Fe(ii)	0.544	0.542	0.544	0.548	0.549	0.542	0.543	0.546
Mn	0.012	0.013	0.011	0.011	0.014	0.012	0.011	0.013
MgO	1.461	1.449	1.452	1.457	1.449	1.447	1.442	1.456
Ca	0.006	0.007	0.007	0.007	0.007	0.006	0.006	0.006
Toplam	3.012	3.005	3.008	3.012	3.009	3.004	3.002	3.011
Fo	72.422	72.324	72.353	72.248	72.035	72.309	72.226	72.287
Fa	26.991	27.051	27.080	27.194	27.290	27.085	27.205	27.091
Tp	0.587	0.625	0.567	0.557	0.675	0.605	0.569	0.621
Mg #	73	73	73	73	73	73	73	73

Volkanik seriler	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b
Örnek Numaraları	151	151	151	151	151	151	151	151
Mineral Türü	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler
Ölçülen Mineral	A	A	A	A	A	A	A	A
Ölçülen Zon								
Ölçüm Noktası	151-25	151-26	151-27	151-28	151-29	151-30	151-31	151-32
SiO_2	38.48	38.22	38.21	38.1	38	38.24	38.19	38.32
TiO_2	0.0185	0	0.0076	0	0.0298	0.0045	0.0298	0
Al_2O_3	0.0212	0	0.0215	0.0281	0	0.0157	0.0011	0
Cr_2O_3	0.0032	0.0321	0.0258	0	0	0	0.035	0.0004
FeO	24.82	24.8	24.97	24.79	24.71	24.66	25	24.57
MnO	0.5242	0.5448	0.5606	0.5565	0.5809	0.5508	0.6212	0.5516
MgO	37.81	37.65	37.91	38.02	37.78	37.61	37.79	37.36
CaO	0.276	0.2683	0.2545	0.2537	0.2548	0.2426	0.2801	0.2548
Na_2O	0.027	0	0.0102	0.0065	0.0227	0.0458	0.0134	0.019
K_2O	0	0	0	0	0.0034	0.0035	0.0133	0
Toplam	101.98	101.5151	101.9702	101.7547	101.3815	101.3728	101.9738	101.0757
Fornül								
Si	0.994	0.992	0.988	0.987	0.988	0.994	0.988	0.998
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
Al	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Fe(ii)	0.536	0.538	0.540	0.537	0.537	0.536	0.541	0.535
Mn	0.011	0.012	0.012	0.012	0.013	0.012	0.014	0.012
MgO	1.456	1.457	1.462	1.468	1.465	1.457	1.458	1.450
Ca	0.008	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.008	0.007
Toplam	3.006	3.008	3.011	3.013	3.011	3.006	3.010	3.002
Fo	72.671	72.586	72.577	72.779	72.696	72.670	72.443	72.608
Fa	26.757	26.817	26.813	26.616	26.669	26.725	26.881	26.783
Tp	0.572	0.597	0.610	0.605	0.635	0.605	0.676	0.609
Mg #	73	73	73	73	73	73	73	73

Çizelge C.1 (devamı): Olivin minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b
Örnek Numaraları	151	151	151	151	151	151	151	151	151
Mineral Türü	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler
Ölçülen Mineral	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Ölçülen Zon									
Ölçüm Noktası	151-9	151-10	151-11	151-12	151-13	151-14	151-15	151-16	151-17
SiO_2	38.29	38.31	38.25	38.35	38.3	38.31	38.16	38.28	38.23
TiO_2	0	0	0	0.0099	0	0.0083	0.0012	0	0.0109
Al_2O_3	0.0065	0.0284	0.0196	0.0042	0.0294	0.0071	0	0.0289	0
Cr_2O_3	0.0585	0.0344	0	0.0366	0.0315	0	0.0025	0.0371	0.014
FeO	25.05	25.15	25.36	25.12	25.23	25.45	25.16	25.06	25.11
MnO	0.551	0.4947	0.5922	0.5557	0.5369	0.5607	0.5411	0.542	0.5443
MgO	37.49	37.96	37.75	37.55	37.69	37.43	37.61	37.56	37.59
CaO	0.2564	0.233	0.2348	0.2435	0.2337	0.2296	0.2271	0.234	0.2439
Na_2O	0.0098	0	0.053	0.0272	0	0	0	0.0168	0.0826
K_2O	0.0143	0	0	0.0037	0.0116	0.0078	0.0102	0	0.0199
Toplam	101.7265	102.2104	102.2596	101.9007	102.0631	102.0034	101.7121	101.7587	101.8455
Fornül									
Si	0.993	0.989	0.989	0.993	0.990	0.992	0.990	0.992	0.991
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000
Cr	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000
Fe(ii)	0.543	0.543	0.548	0.544	0.546	0.551	0.546	0.543	0.544
Mn	0.012	0.011	0.013	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012
MgO	1.449	1.460	1.454	1.449	1.453	1.445	1.455	1.451	1.453
Ca	0.007	0.006	0.007	0.007	0.006	0.006	0.006	0.006	0.007
Toplam	3.006	3.011	3.011	3.006	3.009	3.007	3.010	3.007	3.008
Fo	72.300	72.515	72.165	72.274	72.277	71.949	72.286	72.337	72.312
Fa	27.096	26.948	27.192	27.119	27.138	27.439	27.123	27.070	27.093
Tp	0.604	0.537	0.643	0.608	0.585	0.612	0.591	0.593	0.595
Mg #	73	73	73	73	73	72	73	73	73

Çizelge C.1 (devamı): Olivin minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b
Örnek Numaraları	151	151	151	151	151	151	151	151
Mineral Türü	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler
Ölçülen Mineral	A	A	A	A	A	A	A	A
Ölçülen Zon								
Ölçüm Noktası	151-17	151-18	151-19	151-20	151-21	151-22	151-23	151-24
SiO_2	38.23	38.3	38.28	38.12	38.28	38.35	38.43	38.16
TiO_2	0.0109	0	0	0	0	0	0.0376	0
Al_2O_3	0	0.033	0.0188	0.0243	0.0076	0.0247	0.0564	0.0034
Cr_2O_3	0.014	0	0.0524	0.0161	0.0682	0	0.0707	0.0535
FeO	25.11	24.93	25.24	24.87	25.1	25.05	24.95	24.88
MnO	0.5443	0.5451	0.5267	0.5366	0.5926	0.5484	0.5816	0.5364
MgO	37.59	37.49	37.77	37.68	37.5	37.52	37.67	37.5
CaO	0.2439	0.2523	0.2451	0.277	0.2414	0.2125	0.2253	0.2359
Na_2O	0.0826	0	0.0029	0	0.0216	0.0287	0.0149	0.0017
K_2O	0.0199	0	0	0.0051	0.0056	0.0082	0.0025	0.0007
Toplam	101.8455	101.5503	102.1358	101.529	101.8169	101.7424	102.0389	101.3716
Fornül								
Si	0.991	0.994	0.989	0.990	0.992	0.994	0.993	0.992
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Al	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.002	0.000
Cr	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001
Fe(ii)	0.544	0.541	0.545	0.540	0.544	0.543	0.539	0.541
Mn	0.012	0.012	0.012	0.012	0.013	0.012	0.013	0.012
MgO	1.453	1.451	1.455	1.459	1.449	1.450	1.451	1.454
Ca	0.007	0.007	0.007	0.008	0.007	0.006	0.006	0.007
Toplam	3.008	3.006	3.010	3.009	3.007	3.005	3.005	3.007
Fo	72.312	72.399	72.320	72.553	72.233	72.318	72.450	72.450
Fa	27.093	27.003	27.107	26.860	27.118	27.081	26.915	26.961
Tp	0.595	0.598	0.573	0.587	0.648	0.600	0.635	0.589
Mg #	73	73	73	73	73	73	73	73

Volkanik seriler	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b
Örnek Numaraları	151	151	151	151	151	151	151	151
Mineral Türü	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler
Ölçülen Mineral	A	A	A	A	A	A	A	A
Ölçülen Zon								
Ölçüm Noktası	151-25	151-26	151-27	151-28	151-29	151-30	151-31	151-32
SiO_2	38.48	38.22	38.21	38.1	38	38.24	38.19	38.32
TiO_2	0.0185	0	0.0076	0	0.0298	0.0045	0.0298	0
Al_2O_3	0.0212	0	0.0215	0.0281	0	0.0157	0.0011	0
Cr_2O_3	0.0032	0.0321	0.0258	0	0	0	0.035	0.0004
FeO	24.82	24.8	24.97	24.79	24.71	24.66	25	24.57
MnO	0.5242	0.5448	0.5606	0.5565	0.5809	0.5508	0.6212	0.5516
MgO	37.81	37.65	37.91	38.02	37.78	37.61	37.79	37.36
CaO	0.276	0.2683	0.2545	0.2537	0.2548	0.2426	0.2801	0.2548
Na_2O	0.027	0	0.0102	0.0065	0.0227	0.0458	0.0134	0.019
K_2O	0	0	0	0	0.0034	0.0035	0.0133	0
Toplam	101.98	101.5151	101.9702	101.7547	101.3815	101.3728	101.9738	101.0757
Fornül								
Si	0.994	0.992	0.988	0.987	0.988	0.994	0.988	0.998
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
Al	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Fe(ii)	0.536	0.538	0.540	0.537	0.537	0.536	0.541	0.535
Mn	0.011	0.012	0.012	0.012	0.013	0.012	0.014	0.012
MgO	1.456	1.457	1.462	1.468	1.465	1.457	1.458	1.450
Ca	0.008	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.008	0.007
Toplam	3.006	3.008	3.011	3.013	3.011	3.006	3.010	3.002
Fo	72.671	72.586	72.577	72.779	72.696	72.670	72.443	72.608
Fa	26.757	26.817	26.813	26.616	26.669	26.725	26.881	26.783
Tp	0.572	0.597	0.610	0.605	0.635	0.605	0.676	0.609
Mg #	73	73	73	73	73	73	73	73

Çizelge C.1 (devamı): Olivin minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b
Örnek Numaraları	151	151	151	151	151	151	151	151
Mineral Türü	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler
Ölçülen Mineral	B	B	B	B	B	B	B	B
Ölçülen Zon								
Ölçüm Noktası	151-33	151-34	151-35	151-36	151-37	151-38	151-39	151-40
SiO_2	37.93	37.84	37.9	37.99	37.92	38.09	38.08	37.8
TiO_2	0	0	0	0.0465	0	0.0341	0.0193	0.0456
Al_2O_3	0.0236	0.0538	0.0301	0.0324	0.0363	0.0545	0	0.0078
Cr_2O_3	0.0217	0.0057	0	0.038	0.0335	0.0786	0.0744	0.0505
FeO	27.87	27.85	28.08	28.02	27.64	27.39	27.56	27.53
MnO	0.6034	0.6515	0.6416	0.6433	0.5963	0.622	0.6382	0.6443
MgO	35.64	35.56	35.6	35.74	35.64	35.79	35.99	35.97
CaO	0.2462	0.2829	0.2477	0.2247	0.229	0.2851	0.2312	0.2492
Na_2O	0.0166	0	0.0227	0.0091	0	0	0	0
K_2O	0.0038	0.0194	0	0	0.0102	0	0	0
Toplam	102.3552	102.2633	102.522	102.744	102.1052	102.3442	102.5931	102.2973
Fornül								
Si	0.991	0.990	0.989	0.989	0.992	0.992	0.991	0.987
Ti	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001
Al	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000
Cr	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001
Fe(ii)	0.609	0.609	0.613	0.610	0.604	0.597	0.599	0.601
Mn	0.013	0.014	0.014	0.014	0.013	0.014	0.014	0.014
MgO	1.388	1.386	1.386	1.387	1.390	1.390	1.396	1.400
Ca	0.007	0.008	0.007	0.006	0.006	0.008	0.006	0.007
Toplam	3.009	3.009	3.010	3.009	3.007	3.005	3.008	3.012
Fo	69.050	68.980	68.840	68.967	69.228	69.487	69.464	69.471
Fa	30.286	30.302	30.455	30.327	30.114	29.827	29.836	29.823
Tp	0.664	0.718	0.705	0.705	0.658	0.686	0.700	0.707
Mg #	70	69	69	69	70	70	70	70

Volkanik seriler	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b
Örnek Numaraları	151	151	151	151	151	151	151	151
Mineral Türü	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler
Ölçülen Mineral	B	B	B	B	B	B	B	B
Ölçülen Zon								
Ölçüm Noktası	151-41	151-42	151-43	151-44	151-45	151-46	151-47	151-48
SiO_2	38.06	37.77	37.89	37.79	37.95	38	38.21	38
TiO_2	0.0037	0.0353	0	0	0	0	0	0.0223
Al_2O_3	0.0787	0.0233	0.0589	0.052	0	0.0216	0.0226	0.0352
Cr_2O_3	0.0237	0.035	0	0.0327	0.0043	0.0009	0.0308	0.0025
FeO	27.42	27.31	27.42	27.44	27.58	27.12	27.2	27.31
MnO	0.6592	0.6133	0.61	0.6093	0.6274	0.6069	0.5495	0.6175
MgO	35.78	35.96	35.86	36.19	36.29	36.23	36.14	36.38
CaO	0.2811	0.2657	0.2588	0.2639	0.2866	0.2792	0.3007	0.2559
Na_2O	0.006	0	0.038	0	0.0051	0	0.0185	0.0307
K_2O	0.0064	0.0093	0	0.009	0	0	0.0156	0.0063
Toplam	102.3187	102.0219	102.1356	102.3868	102.7434	102.2585	102.4876	102.6603
Fornül								
Si	0.992	0.988	0.990	0.985	0.986	0.990	0.993	0.987
Ti	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.002	0.001	0.002	0.002	0.000	0.001	0.001	0.001
Cr	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000
Fe(ii)	0.598	0.597	0.599	0.598	0.599	0.591	0.591	0.593
Mn	0.015	0.014	0.014	0.013	0.014	0.013	0.012	0.014
MgO	1.391	1.402	1.397	1.407	1.406	1.407	1.400	1.409
Ca	0.008	0.007	0.007	0.007	0.008	0.008	0.008	0.007
Toplam	3.006	3.011	3.009	3.013	3.014	3.010	3.006	3.012
Fo	69.430	69.654	69.515	69.694	69.633	69.961	69.892	69.896
Fa	29.844	29.671	29.813	29.639	29.683	29.373	29.504	29.430
Tp	0.727	0.675	0.672	0.667	0.684	0.666	0.604	0.674
Mg #	70	70	70	70	70	70	70	70

Çizelge C.1 (devamı): Olivin minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b
Örnek Numaraları	151	151	151	151	151	151	151	151
Mineral Türü	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler
Ölçülen Mineral	B	B	B	B	B	B	B	B
Ölçülen Zon								
Ölçüm Noktası	151-49	151-50	151-51	151-52	151-53	151-54	151-55	151-56
SiO_2	37.9	38.08	38.04	37.92	40.53	39.21	37.92	37.98
TiO_2	0.0315	0.0277	0	0.0077	0.0111	0	0.0033	0
Al_2O_3	0.0669	0.0224	0	0.0601	0.0105	0	0.0315	0.0415
Cr_2O_3	0	0.06	0.0302	0.0116	0	0.0144	0.0283	0
FeO	27.13	27.13	27.22	27.43	25.36	27.54	27.55	27.75
MnO	0.6257	0.5945	0.6197	0.6194	0.4573	0.5842	0.5511	0.6112
MgO	36.09	36.02	36.06	35.5	32.7	35.26	35.66	35.73
CaO	0.2581	0.2549	0.254	0.2747	0.3195	0.2843	0.2346	0.2958
Na_2O	0	0.0468	0.0345	0.0068	0	0.005	0	0
K_2O	0.0137	0	0.018	0.0134	0.0147	0	0.0168	0.0041
Toplam	102.1159	102.2362	102.2763	101.8436	99.4032	102.8978	101.9955	102.4125
Fornül								
Si	0.989	0.992	0.992	0.994	1.068	1.013	0.992	0.991
Ti	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.002	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.001
Cr	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Fe(ii)	0.592	0.591	0.593	0.601	0.559	0.595	0.603	0.605
Mn	0.014	0.013	0.014	0.014	0.010	0.013	0.012	0.014
MgO	1.404	1.400	1.401	1.387	1.285	1.358	1.391	1.389
Ca	0.007	0.007	0.007	0.008	0.009	0.008	0.007	0.008
Toplam	3.009	3.006	3.008	3.005	2.931	2.987	3.007	3.009
Fo	69.857	69.840	69.776	69.286	69.303	69.085	69.343	69.188
Fa	29.455	29.505	29.543	30.028	30.146	30.265	30.048	30.140
Tp	0.688	0.655	0.681	0.687	0.551	0.650	0.609	0.672
Mg #	70	70	70	70	70	70	70	70

Volkanik seriler	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b
Örnek Numaraları	151	151	151	151	151
Mineral Türü	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler
Ölçülen Mineral	B	B	B	B	B
Ölçülen Zon					
Ölçüm Noktası	151-57	151-58	151-59	151-60	151-61
SiO_2	37.99	38.09	38.13	36.24	37.94
TiO_2	0.0397	0	0.0061	0.4718	0.0507
Al_2O_3	0.0343	0.0528	0	0.3131	0.0507
Cr_2O_3	0.0153	0.0087	0.0141	0.0297	0.0287
FeO	27.97	27.51	27.52	29.89	27.55
MnO	0.6511	0.5978	0.6642	0.5923	0.617
MgO	35.53	35.64	35.8	35.04	35.86
CaO	0.2892	0.2927	0.259	0.302	0.2642
Na_2O	0	0	0.0415	0	0
K_2O	0.0159	0	0.0034	0	0
Toplam	102.5354	102.1919	102.4383	102.8789	102.3612
Fornül					
Si	0.991	0.994	0.994	0.955	0.989
Ti	0.001	0.000	0.000	0.009	0.001
Al	0.001	0.002	0.000	0.010	0.002
Cr	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001
Fe(ii)	0.610	0.600	0.600	0.658	0.601
Mn	0.014	0.013	0.015	0.013	0.014
MgO	1.382	1.387	1.391	1.376	1.394
Ca	0.008	0.008	0.007	0.009	0.007
Toplam	3.007	3.005	3.006	3.031	3.009
Fo	68.873	69.325	69.362	67.202	69.411
Fa	30.410	30.014	29.907	32.153	29.910
Tp	0.717	0.661	0.731	0.645	0.678
Mg #	69	70	70	68	70

Çizelge C.1 (devamı): Olivin minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b
Örnek Numaraları	151	151	151	151	151	151	151	151
Mineral Türü	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler
Ölçülen Mineral	B	B	B	B	B	B	B	B
Ölçülen Zon								
Ölçüm Noktası	151-49	151-50	151-51	151-52	151-53	151-54	151-55	151-56
SiO_2	37.9	38.08	38.04	37.92	40.53	39.21	37.92	37.98
TiO_2	0.0315	0.0277	0	0.0077	0.0111	0	0.0033	0
Al_2O_3	0.0669	0.0224	0	0.0601	0.0105	0	0.0315	0.0415
Cr_2O_3	0	0.06	0.0302	0.0116	0	0.0144	0.0283	0
FeO	27.13	27.13	27.22	27.43	25.36	27.54	27.55	27.75
MnO	0.6257	0.5945	0.6197	0.6194	0.4573	0.5842	0.5511	0.6112
MgO	36.09	36.02	36.06	35.5	32.7	35.26	35.66	35.73
CaO	0.2581	0.2549	0.254	0.2747	0.3195	0.2843	0.2346	0.2958
Na_2O	0	0.0468	0.0345	0.0068	0	0.005	0	0
K_2O	0.0137	0	0.018	0.0134	0.0147	0	0.0168	0.0041
Toplam	102.1159	102.2362	102.2763	101.8436	99.4032	102.8978	101.9955	102.4125
Fornül								
Si	0.989	0.992	0.992	0.994	1.068	1.013	0.992	0.991
Ti	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.002	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.001
Cr	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Fe(ii)	0.592	0.591	0.593	0.601	0.559	0.595	0.603	0.605
Mn	0.014	0.013	0.014	0.014	0.010	0.013	0.012	0.014
MgO	1.404	1.400	1.401	1.387	1.285	1.358	1.391	1.389
Ca	0.007	0.007	0.007	0.008	0.009	0.008	0.007	0.008
Toplam	3.009	3.006	3.008	3.005	2.931	2.987	3.007	3.009
Fo	69.857	69.840	69.776	69.286	69.303	69.085	69.343	69.188
Fa	29.455	29.505	29.543	30.028	30.146	30.265	30.048	30.140
Tp	0.688	0.655	0.681	0.687	0.551	0.650	0.609	0.672
Mg #	70	70	70	70	70	70	70	70

Magmatik kayalar	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro
Örnek Numaraları	762	762	762	762	762	762	762	762
Mineral Türü								
Ölçülen Mineral	B	B	C	C	C	C	C	C
Ölçülen Zon								
Ölçüm Noktası	762-9	762-10	762-11	762-12	762-13	762-14	762-15	762-16
SiO_2	38.52	38.49	38.68	38.32	35.45	38.34	38.49	38.43
TiO_2	0.0398	0.0355	0.0136	0	0.0088	0.0126	0.0494	0
Al_2O_3	0.0154	0	0	0	0.3042	0	0.0198	0.0252
Cr_2O_3	0.0243	0.0769	0.0302	0.0393	0.0208	0.0037	0.0178	0.0561
FeO	25.24	25.12	25.12	25.09	24.95	24.84	24.93	24.89
MnO	0.4841	0.4246	0.5171	0.5112	0.4944	0.4506	0.4665	0.5063
MgO	38.47	38.03	38.49	38.03	33.96	38.73	38.41	38.59
CaO	0.0141	0.0431	0.0151	0.0721	0.1397	0.0216	0.1077	0.0355
Na_2O	0	0	0.0048	0.0682	0.0282	0.0141	0.0275	0
K_2O	0.0012	0.0046	0	0.0169	0.039	0	0.0088	0.0187
Toplam	103.0182	102.4072	103.1433	102.3435	95.4869	102.56	102.7611	102.6718
Fornül								
Si	0.987445955	0.991792092	0.99016358	0.989648155	0.987740543	0.985487653	0.988602552	0.986692571
Ti	0.000767365	0.000688007	0.000261849	0	0.000184417	0.000243591	0.000954317	0
Al	0.000465241	0	0	0	0.00998886	0	0.000599334	0.000762504
Cr	0.000492468	0.001566549	0.000611184	0.000802403	0.000458179	7.51875E-05	0.000361442	0.001138726
Fe(ii)	0.541027772	0.541247018	0.537704003	0.541825115	0.581300026	0.533892503	0.535425741	0.534366867
Mn	0.010509956	0.009265982	0.011210727	0.01118111	0.011666588	0.009809096	0.01014762	0.01100926
MgO	1.470192221	1.460911586	1.468903521	1.464220632	1.410649763	1.484128325	1.470764035	1.477104191
Ca	0.000387229	0.001189794	0.000414113	0.00199486	0.004170086	0.000594805	0.002963544	0.000976476
Toplam	3.011288206	3.006661029	3.009268978	3.009672275	3.006158461	3.014231162	3.009818586	3.012050595
Fo	73	73	73	73	70	73	73	73
Fa	26.76063497	26.90864086	26.64779163	26.85989992	29.01254116	26.32826827	26.5543724	26.42136302
Tp	0.519849624	0.460667639	0.555586539	0.554281218	0.58227651	0.483723825	0.50326995	0.544344498
Mg #	73	73	73	73	70	73	73	73

Çizelge C.1 (devamı): Olivin minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Magmatik kayalar	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro
Örnek Numaraları	762	762	762	762	762	762	762
Mineral Türü							
Ölçülen Mineral	C	C	C	C	D	D	D
Ölçülen Zon							
Ölçüm Noktası	762-17	762-18	762-19	762-20	762-21	762-22	762-23
SiO_2	38.48	38.59	38.57	38.93	38.59	38.64	38.73
TiO_2	0	0	0.015	0.0258	0	0.0162	0.0393
Al_2O_3	0	0.0103	0	0	0.0471	0	0.0023
Cr_2O_3	0.0396	0.0497	0.0134	0	0.0313	0.0243	0.0395
FeO	24.74	24.37	23.93	23.71	25.08	25.34	25.25
MnO	0.5275	0.4857	0.4463	0.4972	0.4689	0.4925	0.5008
MgO	38.68	38.58	38.72	39.4	38.18	37.97	37.96
CaO	0.0274	0.0582	0.0444	0.0457	0.0572	0.0412	0.0489
Na_2O	0.0134	0.0084	0.0087	0	0.0085	0.0164	0
K_2O	0	0.011	0.0161	0.0063	0.0276	0.0079	0
Toplam	102.8086	102.438	102.056	102.7657	102.7386	102.722	102.7719
Fornül							
Si	0.987710165	0.991829967	0.993120534	0.992244553	0.991601321	0.993349231	0.994659837
Ti	0	0	0.000290493	0.000494591	0	0.000313236	0.000759122
Al	0	0.000311982	0	0	0.001426308	0	6.96121E-05
Cr	0.00080359	0.001009866	0.000272773	0	0.000635845	0.000493874	0.00080199
Fe(ii)	0.531003406	0.523746493	0.515226477	0.505322953	0.538881162	0.544721609	0.542240084
Mn	0.011467155	0.010572295	0.009732355	0.010732581	0.010204255	0.01072284	0.010892565
MgO	1.480150252	1.478255654	1.486320779	1.497115888	1.462591751	1.455225569	1.45337661
Ca	0.000753472	0.001602534	0.001224778	0.001247879	0.001574636	0.001134708	0.00134542
Toplam	3.01188804	3.007328792	3.006188189	3.007158444	3.006915278	3.005961066	3.00414524
Fo	73	73	74	74	73	72	72
Fa	26.25323555	26.02370786	25.6168498	25.10084075	26.7876561	27.09154681	27.02405094
Tp	0.566945343	0.525312019	0.48388872	0.533118094	0.507251107	0.533296845	0.542861418
Mg #	73	73	74	74	73	72	72

Magmatik kayalar	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro
Örnek Numaraları	764	764	764	764	764	764	764	764
Mineral Türü	Olivine	Olivine	Olivine	Olivine	Olivine	Olivine	Olivine	Olivine
Ölçülen Mineral	A	A	A	A	A	A	A	A
Ölçülen Zon								
Ölçüm Noktası	764-1	764-2	764-3	764-4	764-5	764-6	764-7	764-8
SiO_2	37.35	37.5	37.25	37.29	37.29	37.22	37.4	37.65
TiO_2	0.0095	0.0139	0.0064	0	0.0167	0.005	0.0088	0.0266
Al_2O_3	0.0201	0.016	0	0.0179	0	0.0065	0.0011	0.0381
Cr_2O_3	0.0096	0.0284	0.0271	0.0179	0.0381	0.0393	0.0035	0.026
FeO	28.85	28.75	28.84	28.92	28.61	28.64	28.58	28.69
MnO	0.6106	0.6308	0.5886	0.619	0.6224	0.6327	0.6541	0.6522
MgO	34.88	34.71	34.89	34.97	34.8	34.76	34.96	34.93
CaO	0.0257	0.0154	0.0434	0.0428	0.0421	0.0428	0.0433	0.0349
Na_2O	0	0	0	0.0139	0.0926	0.0038	0.0204	0.0158
K_2O	0	0.0064	0	0	0.0033	0	0.0007	0
Toplam	101.9959	101.8545	101.8926	102.1157	101.7224	101.5807	101.9332	102.3136
Fornül								
Si	0.986597027	0.990593527	0.98533868	0.984428327	0.987628681	0.986897781	0.987867126	0.990187307
Ti	0.00018874	0.000276166	0.00012733	0	0.000332667	9.97144E-05	0.000174824	0.00052617
Al	0.000625713	0.000498097	0	0.000556897	0	0.000203114	3.42413E-05	0.001180885
Cr	0.000200477	0.000593099	0.000566726	0.000373585	0.000797758	0.000823822	7.3087E-05	0.000540593
Fe(ii)	0.637232863	0.635046049	0.637907432	0.638400412	0.633610432	0.634997432	0.631236796	0.630937113
Mn	0.013659812	0.014112197	0.013186157	0.013839523	0.013960778	0.014207981	0.014632206	0.014526865
MgO	1.37356922	1.366921925	1.375894397	1.376297208	1.37405916	1.374043396	1.376649029	1.369543521
Ca	0.000727284	0.00043582	0.001229903	0.001210479	0.001194553	0.001215798	0.001225284	0.000983331
Toplam	3.012801138	3.008476882	3.014250626	3.015106432	3.01158403	3.012489037	3.011892594	3.008425785
Fo	67.84860821	67.80097063	67.87876425	67.84678372	67.96787286	67.91272482	68.06609422	67.96716745
Fa	31.47665386	31.49904742	31.47070613	31.47097476	31.34155686	31.38503919	31.21044096	31.31189899
Tp	0.674737937	0.699981955	0.650529623	0.682241516	0.690570275	0.702235991	0.72346482	0.720933559
Mg #	68	68	68	68	68	68	69	68

Çizelge C.1 (devamı): Olivin minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Magmatik kayalar	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro
Örnek Numaraları	764	764	764	764	764	764	764	764
Mineral Türü	Olivine	Olivine	Olivine	Olivine	Olivine	Olivine	Olivine	Olivine
Ölçülen Mineral	A	A	A	B	B	B	B	B
Ölçülen Zon								
Ölçüm Noktası	764-9	764-10	764-11	764-12	764-13	764-14	764-15	764-16
SiO_2	37.56	37.72	37.63	36.69	37.01	37.07	36.9	37.13
TiO_2	0	0.0093	0.0065	0	0	0.0185	0	0
Al_2O_3	0.003	0	0.2775	0	0.0368	0.0089	0.0044	0.0429
Cr_2O_3	0	0.0187	0.0192	0.044	0.021	0.032	0.0459	0.0838
FeO	28.47	28.54	28.52	29.81	29.84	30	29.82	29.86
MnO	0.6246	0.6185	0.5999	0.5656	0.5498	0.5399	0.5456	0.5735
MgO	34.99	35.08	34.61	34.03	34.32	34.56	34.45	34.3
CaO	0.0646	0.0316	0.0972	0.0623	0.0672	0.0743	0.0596	0.042
Na_2O	0.0316	0	0.0062	0	0	0	0	0
K_2O	0	0.007	0.0131	0.0067	0	0.0066	0.0068	0.0145
Toplam	101.9728	102.2057	101.9734	101.559	102.0077	102.5958	102.0331	102.284
Fornül								
Si	0.990418347	0.991320768	0.991248353	0.980744016	0.981930133	0.979580869	0.979518609	0.983063298
Ti	0	0.00018383	0.000128782	0	0	0.00036769	0	0
Al	9.32276E-05	0	0.008614723	0	0.00115064	0.000277165	0.000137648	0.001338579
Cr	0	0.000388534	0.000399848	0.000929834	0.00044048	0.000668517	0.000963261	0.001754064
Fe(ii)	0.62774565	0.627190745	0.628204341	0.666305016	0.662008358	0.662890988	0.661907216	0.661073104
Mn	0.013948703	0.013766418	0.013383382	0.012804308	0.012353925	0.012082861	0.0122659	0.012859637
MgO	1.375504177	1.37444379	1.359172996	1.356109574	1.357480687	1.361495845	1.363328235	1.35386553
Ca	0.001824936	0.000889716	0.002743067	0.001784095	0.001910085	0.002103432	0.001694941	0.001191318
Toplam	3.009535039	3.008183802	3.003895491	3.018676842	3.017274308	3.019467366	3.01981581	3.015145529
Fo	68.18883501	68.19703978	67.93281093	66.63212373	66.81031489	66.85568899	66.91177084	66.76529661
Fa	31.11967616	31.11989919	31.39827442	32.73873964	32.58166935	32.55098713	32.48622219	32.60053594
Tp	0.691488832	0.683061024	0.668914654	0.629136626	0.608015761	0.593323875	0.602006972	0.63416745
Mg #	69	69	68	67	67	67	67	67

Magmatik kayalar	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro
Örnek Numaraları	764	764	764	764	764	764	764	764
Mineral Türü	Olivine	Olivine	Olivine	Olivine	Olivine	Olivine	Olivine	Olivine
Ölçülen Mineral	B	B	B	B	B	B	B	B
Ölçülen Zon								
Ölçüm Noktası	764-17	764-18	764-19	764-20	764-21	764-22	764-23	764-24
SiO_2	36.88	36.8	37.1	37.12	36.78	37.13	37.48	37.47
TiO_2	0.019	0	0	0	0	0.0252	0	0
Al_2O_3	0.0543	0.0369	0.0418	0.0106	0.0201	0.0173	0.0541	0.0292
Cr_2O_3	0.0218	0.0003	0	0	0	0.0454	0.031	0.0167
FeO	29.69	29.77	29.72	29.78	29.44	29.7	29.88	29.81
MnO	0.5363	0.5214	0.5534	0.5128	0.5746	0.5809	0.5461	0.5343
MgO	34.25	34.54	34.45	34.7	34.4	34.61	34.64	34.83
CaO	0.0697	0.0643	0.0745	0.0481	0.0563	0.0659	0.0543	0.0667
Na_2O	0.0311	0.0163	0	0.0315	0.0273	0	0.0152	0.0248
K_2O	0.0171	0.0267	0.0021	0.0121	0	0.003	0	0
Toplam	101.7284	101.8841	102.0266	102.4069	101.579	102.3473	102.9575	102.9439
Fornül								
Si	0.981261302	0.977558413	0.982560874	0.980808368	0.980512495	0.98111497	0.984759045	0.983546363
Ti	0.000380224	0	0	0	0	0.000500827	0	0
Al	0.001702643	0.001155185	0.001304644	0.000330075	0.000631492	0.00053873	0.001675166	0.000903284
Cr	0.000458559	6.3003E-06	0	0	0	0.000948409	0.000643928	0.000346555
Fe(ii)	0.660552147	0.661267054	0.658169137	0.65796689	0.656269717	0.656227693	0.656468877	0.654299022
Mn	0.012084823	0.01173018	0.01241262	0.011475271	0.01297316	0.012999752	0.01215182	0.011877774
MgO	1.358561219	1.36786145	1.36019026	1.366880499	1.36717695	1.363394163	1.35685412	1.36298004
Ca	0.001986774	0.001829902	0.002113799	0.00136158	0.001607947	0.00186553	0.001528453	0.001875681
Toplam	3.016987692	3.021408483	3.016751333	3.018822684	3.01917176	3.017590075	3.014081408	3.015828718
Fo	66.88471987	67.02381999	66.97897396	67.12494664	67.13630127	67.07565035	66.98943422	67.16977297
Fa	32.52031982	32.40141314	32.40979939	32.31152425	32.2266415	32.28479372	32.41061659	32.24487188
Tp	0.594960311	0.574766877	0.611226649	0.563529113	0.637057235	0.639555932	0.599949181	0.585355148
Mg #	67	67	67	68	68	68	67	68

Çizelge C.1 (devamı): Olivin minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Magmatik kayalar	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro
Örnek Numaraları	764	764	764	764	764	764
Mineral Türü	Olivine	Olivine	Olivine	Olivine	Olivine	Olivine
Ölçülen Mineral	B	B	B	B	B	B
Ölçülen Zon						
Ölçüm Noktası	764-25	764-26	764-27	764-28	764-29	764-30
SiO_2	37.06	37.33	36.98	37.28	36.73	37.04
TiO_2	0	0	0	0.0021	0	0.0079
Al_2O_3	0	0.0077	0.0027	0.0001	0.1067	0
Cr_2O_3	0.0033	0.0249	0	0.0435	0.028	0.0195
FeO	29.65	29.55	29.31	29.7	29.71	29.54
MnO	0.542	0.5472	0.6258	0.5654	0.5408	0.482
MgO	34.32	34.63	34.33	34.57	34.56	34.53
CaO	0.0704	0.0606	0.078	0.0491	0.0833	0.0501
Na_2O	0.0075	0	0	0	0.0258	0.025
K_2O	0	0	0	0	0.0092	0
Toplam	101.8291	102.365	101.5939	102.3537	101.9115	101.882
Fornül						
Si	0.984223513	0.985169276	0.984382627	0.984168856	0.975559591	0.982781309
Ti	0	0	0	4.1697E-05	0	0.000157654
Al	0	0.000239482	8.47015E-05	3.11117E-06	0.003339853	0
Cr	6.92863E-05	0.000519514	0	0.000907879	0.000587944	0.00040904
Fe(ii)	0.658439945	0.652098958	0.652403081	0.655621693	0.659840059	0.655389611
Mn	0.012190636	0.012230317	0.014108191	0.012641199	0.012164893	0.010831078
MgO	1.358815455	1.362480323	1.362372018	1.360560854	1.368458042	1.36586371
Ca	0.002003009	0.001713355	0.002224403	0.001388664	0.002370281	0.001424117
Toplam	3.015741844	3.014451225	3.015575022	3.015333952	3.022320663	3.016856518
Fo	66.95499319	67.22290661	67.14886087	67.06156003	67.06605541	67.2149105
Fa	32.44431897	32.17366638	32.15577182	32.31535978	32.33776161	32.25208614
Tp	0.600687839	0.60342701	0.695367305	0.623080183	0.596182981	0.53300336
Mg #	67	68	68	67	67	68

Çizelge C.2 : Piroksen minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1b
Örnek Numaraları	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	D-27
Mineral Türü	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist
Ölçülen Mineral	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Ölçülen Zon	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Manto	Manto	Manto	Manto	Rim	Rim
Ölçüm Noktası	**556-1**	**556-2**	**556-3**	**556-4**	**556-5**	**556-6**	**556-7**	**556-8**	**556-9**	**556-10**	**556-11**	**556-12**	**D27-1**
SiO_2	51.29	51.69	52.18	51.63	52.06	50.29	51.8	52.2	51.55	51.96	52.5	52.99	48.96
TiO_2	0.3739	0.4062	0.3042	0.3561	0.3377	0.4981	0.3748	0.2906	0.3638	0.3204	0.2725	0.3031	1.0835
Al_2O_3	2.96	2.42	2.09	2.03	2.15	4.24	2.63	1.8608	2.47	2.16	2	2.05	6.42
Cr_2O_3	0.018	0.0277	0.0521	0.0257	0.0283	0.0281	0.027	0.0268	0.0221	0.0249	0.0293	0.0201	0.0834
FeO	8.74	8.51	8.47	8.64	8.15	8.91	8.28	8.38	8.32	8.06	8.29	8.47	7.26
MnO	0.3923	0.4296	0.4934	0.4718	0.4241	0.2943	0.3952	0.4786	0.4058	0.4076	0.4559	0.444	0.1489
MgO	14.91	15.43	16.13	15.78	15.87	14.78	15.63	16.11	15.55	15.84	16.17	16.18	13.99
CaO	20.94	20.59	19.68	19.93	20.31	20.31	20.63	19.85	20.64	20.89	20.03	20.3	22.09
Na_2O	0.4138	0.3611	0.3406	0.3475	0.3463	0.426	0.3336	0.2819	0.3466	0.3246	0.3087	0.3017	0.3109
K_2O	0.0011	0.0022	0	0.0099	0.0049	0.0121	0.0123	0.0064	0	0	0	0.0017	0.0077
TOPLAM	100.0391	99.8668	99.7403	99.221	99.6813	99.7886	100.1129	99.4851	99.6683	99.9875	100.0564	101.0606	100.3544
Formül													
Si	1.910	1.924	1.938	1.933	1.935	1.877	1.920	1.944	1.921	1.929	1.942	1.942	1.813
Al	0.090	0.076	0.062	0.067	0.065	0.123	0.080	0.056	0.079	0.071	0.058	0.058	0.187
Al	0.039	0.030	0.029	0.022	0.029	0.062	0.035	0.025	0.029	0.023	0.029	0.030	0.091
Fe(iii)	0.086	0.072	0.057	0.074	0.060	0.093	0.070	0.051	0.078	0.079	0.051	0.047	0.080
Cr	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002
Ti	0.010	0.011	0.008	0.010	0.009	0.014	0.010	0.008	0.010	0.009	0.008	0.008	0.030
Fe(ii)	0.184	0.191	0.205	0.195	0.192	0.183	0.185	0.208	0.179	0.170	0.205	0.212	0.144
Mn	0.012	0.014	0.016	0.015	0.013	0.009	0.012	0.015	0.013	0.013	0.014	0.014	0.005
Mg	0.828	0.856	0.893	0.881	0.880	0.822	0.864	0.894	0.864	0.877	0.892	0.884	0.772
Ca	0.836	0.821	0.783	0.799	0.809	0.812	0.819	0.792	0.824	0.831	0.794	0.797	0.876
Na	0.030	0.026	0.025	0.025	0.025	0.031	0.024	0.020	0.025	0.023	0.022	0.021	0.022
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TOPLAM	4.026	4.022	4.017	4.022	4.018	4.028	4.021	4.016	4.024	4.024	4.016	4.014	4.023
Wo (Ca)	0.429	0.420	0.401	0.407	0.414	0.423	0.420	0.404	0.421	0.422	0.406	0.408	0.467
En (mg)	0.425	0.438	0.457	0.448	0.450	0.428	0.443	0.456	0.441	0.445	0.456	0.453	0.412
Fs (Fe)	0.145	0.142	0.142	0.144	0.136	0.149	0.137	0.140	0.138	0.133	0.138	0.139	0.121
Mg #	75	76	76	76	77	74	76	76	76	77	77	76	77

Çizelge C.2 (devamı) : Piroksen minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b
Örnek Numaraları	D-27	D-27	D-27	D-27	D-27	D-27	D-27	D-27	D-27	D-27	D-27	D-27	D-27	D-27
Mineral Türü	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist
Ölçülen Mineral	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Ölçülen Zon	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek
Ölçüm Noktası	**D27-4**	**D27-5**	**D27-6**	**D27-7**	**D27-8**	**D27-9**	**D27-10**	**D27-11**	**D27-12**	**D27-13**	**D27-14**	**D27-15**	**D27-16**	**D27-17**
SiO_2	48.66	48.68	48.14	49.53	51.26	51.68	51.41	51.25	51.57	51.34	51.56	51.23	50.73	50.76
TiO_2	1.2185	1.2077	1.2148	0.9912	0.5774	0.5329	0.6089	0.551	0.5475	0.5812	0.5706	0.6248	0.6633	0.7265
Al_2O_3	6.68	6.78	6.71	6.08	4.05	3.67	3.72	3.88	3.75	3.73	3.88	3.94	4.35	4.58
Cr_2O_3	0.0357	0.0817	0.0578	0.0404	0.0108	0	0.0496	0.0524	0.0478	0.0146	0.0667	0.0189	0.0741	0.0632
FeO	7.51	7.76	7.58	7.5	6.59	6.83	6.6	6.76	6.56	6.7	6.57	6.51	6.43	6.69
MnO	0.1944	0.1471	0.1204	0.1205	0.1737	0.1852	0.1618	0.1743	0.1771	0.1741	0.1705	0.1909	0.1475	0.1858
MgO	13.75	13.8	13.49	14.22	15.16	15.2	15.24	15.19	15.39	15.25	15.34	15.25	15	15.05
CaO	22.22	22.15	21.97	22.35	22.22	22.17	22.19	22.42	22.46	22.31	22.42	22.25	22.61	22.48
Na_2O	0.3754	0.3636	0.3936	0.3938	0.341	0.3537	0.2596	0.3264	0.2943	0.3105	0.3631	0.2653	0.3348	0.3251
K_2O	0.0148	0.0299	0.0012	0.0238	0.0034	0.0193	0.0042	0	0	0.021	0.0077	0	0	0
TOPLAM	100.6588	101	99.6778	101.2497	100.3863	100.6411	100.2441	100.6041	100.7967	100.4314	100.9486	100.2799	100.3397	100.8606
Formül														
Si	1.801	1.797	1.800	1.820	1.887	1.899	1.895	1.886	1.892	1.891	1.889	1.888	1.871	1.864
Al	0.199	0.203	0.200	0.180	0.113	0.101	0.105	0.114	0.108	0.109	0.111	0.112	0.129	0.136
Al	0.090	0.089	0.093	0.081	0.062	0.057	0.056	0.053	0.053	0.052	0.055	0.058	0.059	0.061
Fe(iii)	0.098	0.103	0.095	0.103	0.062	0.059	0.048	0.076	0.066	0.068	0.072	0.055	0.079	0.081
Cr	0.001	0.002	0.002	0.001	0.000	0.000	0.001	0.002	0.001	0.000	0.002	0.001	0.002	0.002
Ti	0.034	0.034	0.034	0.027	0.016	0.015	0.017	0.015	0.015	0.016	0.016	0.017	0.018	0.020
Fe(ii)	0.133	0.134	0.140	0.125	0.140	0.150	0.155	0.131	0.134	0.137	0.128	0.144	0.118	0.123
Mn	0.006	0.005	0.004	0.004	0.005	0.006	0.005	0.005	0.006	0.005	0.005	0.006	0.005	0.006
Mg	0.759	0.759	0.752	0.779	0.832	0.833	0.837	0.833	0.842	0.838	0.838	0.838	0.825	0.824
Ca	0.881	0.876	0.880	0.880	0.876	0.873	0.876	0.884	0.883	0.881	0.880	0.878	0.894	0.884
Na	0.027	0.026	0.029	0.028	0.024	0.025	0.019	0.023	0.021	0.022	0.026	0.019	0.024	0.023
K	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
TOPLAM	4.029	4.030	4.028	4.030	4.019	4.018	4.014	4.023	4.020	4.021	4.022	4.017	4.024	4.025
Wo (Ca)	0.470	0.467	0.470	0.465	0.457	0.455	0.456	0.458	0.457	0.457	0.458	0.457	0.465	0.461
En (mg)	0.404	0.405	0.402	0.412	0.434	0.434	0.436	0.432	0.436	0.434	0.436	0.436	0.430	0.430
Fs (Fe)	0.126	0.129	0.128	0.123	0.108	0.112	0.108	0.110	0.107	0.109	0.107	0.107	0.105	0.109
Mg #	76	76	76	77	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80

Çizelge C.2 (devamı) : Piroksen minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V1b	V1b	V1b	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a
Örnek Numaraları	D-27	D-27	D-27	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429
Mineral Türü	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist
Ölçülen Mineral	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Ölçülen Zon	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Manto/Kenar	Manto/Kenar	Manto/Kenar	Manto/Kenar	Manto/Kenar	Manto/Kenar
Ölçüm Noktası	**D27-18**	**D27-19**	**D27-20**	**429-1**	**429-2**	**429-3**	**429-4**	**429-5**	**429-6**	**429-7**	**429-8**	**429-9**	**429-10**
SiO_2	50.29	50.38	50.64	50.73	50.09	50.34	50.64	50.93	51.44	52.25	51.99	52.22	52.04
TiO_2	0.7715	0.7052	0.6632	0.8032	0.7788	0.8392	0.7479	0.5312	0.4894	0.3228	0.3579	0.3549	0.2808
Al_2O_3	4.63	4.54	4.27	3.27	3.26	3.13	2.95	4.17	3.51	2.9	2.98	3.01	3.01
Cr_2O_3	0.0548	0.0328	0.0711	0.1183	0.1488	0.1273	0.1077	0.2231	0.4469	0.3447	0.4981	0.6855	0.783
FeO	6.44	6.01	6.02	10.14	10.12	10.2	10.33	5.37	4.75	4.23	4.14	3.9	3.92
MnO	0.1145	0.1436	0.1359	0.2865	0.2834	0.2356	0.2651	0.1066	0.1236	0.107	0.1016	0.0906	0.1095
MgO	14.76	15.02	15.08	14.26	14.13	14.31	14.38	15.66	16.18	16.73	16.73	16.66	16.67
CaO	22.55	22.74	22.69	19.89	20.02	19.83	19.85	22.69	22.58	22.6	22.98	23.13	23.13
Na_2O	0.3593	0.3564	0.2983	0.4104	0.454	0.4127	0.4257	0.2634	0.251	0.2784	0.2082	0.254	0.1928
K_2O	0.0285	0.0209	0.0139	0.0167	0.0121	0	0	0	0.0048	0.0135	0.001	0.0179	0.0027
TOPLAM	99.9986	99.9489	99.8824	96.1362	99.9252	99.2972	99.4249	99.9444	99.7757	99.7765	99.9869	100.3228	100.1387
Formül													
Si	1.863	1.864	1.874	1.899	1.891	1.896	1.902	1.877	1.894	1.916	1.906	1.907	1.905
Al	0.137	0.136	0.126	0.101	0.109	0.104	0.098	0.123	0.106	0.084	0.094	0.093	0.095
Al	0.063	0.061	0.059	0.043	0.035	0.034	0.032	0.057	0.045	0.041	0.034	0.036	0.034
Fe(iii)	0.082	0.089	0.073	0.059	0.087	0.072	0.075	0.071	0.057	0.051	0.061	0.054	0.055
Cr	0.002	0.001	0.002	0.004	0.004	0.004	0.003	0.007	0.013	0.010	0.014	0.020	0.023
Ti	0.021	0.020	0.018	0.023	0.022	0.024	0.021	0.015	0.014	0.009	0.010	0.010	0.008
Fe(ii)	0.116	0.095	0.112	0.257	0.230	0.247	0.247	0.094	0.088	0.078	0.066	0.064	0.065
Mn	0.004	0.005	0.004	0.009	0.009	0.008	0.008	0.003	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003
Mg	0.815	0.829	0.832	0.796	0.795	0.803	0.805	0.861	0.888	0.915	0.914	0.907	0.910
Ca	0.895	0.901	0.899	0.798	0.810	0.800	0.799	0.896	0.891	0.888	0.902	0.905	0.907
Na	0.026	0.026	0.021	0.030	0.033	0.030	0.031	0.019	0.018	0.020	0.015	0.018	0.014
K	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
TOPLAM	4.025	4.027	4.022	4.018	4.026	4.022	4.022	4.022	4.018	4.016	4.019	4.017	4.017
Wo (Ca)	0.468	0.470	0.468	0.42	0.42	0.41	0.41	0.47	0.46	0.46	0.46	0.47	0.47
En (mg)	0.426	0.432	0.433	0.41	0.41	0.42	0.42	0.45	0.46	0.47	0.47	0.47	0.47
Fs (Fe)	0.106	0.099	0.099	0.17	0.17	0.17	0.17	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06
Mg #	80	81	81	71	71	71	71	84	86	87	88	88	88

Çizelge C.2 (devamı) : Piroksen minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a
Örnek Numaraları	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429
Mineral Türü	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist
Ölçülen Mineral	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B
Ölçülen Zon	Manto/Kenar	Manto/Kenar	Manto/Kenar	Manto/Kenar	Manto/Kenar	Manto/Kenar	Manto/Kenar	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek
Ölçüm Noktası	**429-11**	**429-12**	**429-13**	**429-14**	**429-15**	**429-16**	**429-17**	**429-18**	**429-19**	**429-20**	**429-21**	**429-22**	**429-23**
SiO_2	52.33	54	53.28	52.47	52.43	51.94	52.56	51.8	51.83	51.52	51.25	51.89	51.65
TiO_2	0.2252	0.2847	0.3524	0.2994	0.3517	0.3043	0.2671	0.8494	0.8613	0.8284	0.8435	0.8231	0.8826
Al_2O_3	2.39	2.13	2.52	2.3	2.27	2.02	2.21	2.32	2.32	2.28	2.31	2.32	2.41
Cr_2O_3	0.7913	0.5737	0.6561	0.6601	0.481	0.4617	0.6038	0.1056	0.0604	0.1199	0.1181	0.0774	0.0739
FeO	3.88	4.21	4.05	4.69	5.41	4.98	3.73	10.29	10.24	10.4	10.21	10.25	10.48
MnO	0.1179	0.1556	0.1381	0.122	0.1413	0.142	0.0652	0.2803	0.2891	0.2951	0.2933	0.2598	0.2566
MgO	17.05	17.93	17.14	16.93	16.6	17.12	16.96	15.42	15.57	15.4	15.32	15.58	15.55
CaO	22.74	22.18	22.74	22.32	21.89	21.73	23.08	19.03	18.94	18.76	18.75	18.84	19.01
Na_2O	0.1663	0.2913	0.1649	0.2359	0.2815	0.1704	0.1712	0.4706	0.4535	0.4968	0.5423	0.4569	0.407
K_2O	0.0078	0.0137	0	0.0056	0.0186	0.0403	0.0067	0	0	0.0069	0.0126	0.0034	0.0079
TOPLAM	99.6985	101.7689	101.0414	100.033	99.8742	98.9087	99.6541	100.5658	100.5643	100.107	99.6498	100.5006	100.728
Formül													
Si	1.921	1.937	1.927	1.924	1.929	1.927	1.929	1.921	1.921	1.921	1.919	1.924	1.914
Al	0.079	0.063	0.073	0.076	0.071	0.073	0.071	0.079	0.079	0.079	0.081	0.076	0.086
Al	0.024	0.026	0.034	0.023	0.027	0.015	0.024	0.022	0.022	0.020	0.020	0.024	0.019
Fe(iii)	0.047	0.039	0.019	0.051	0.047	0.062	0.040	0.059	0.059	0.067	0.073	0.054	0.067
Cr	0.023	0.016	0.019	0.019	0.014	0.014	0.018	0.003	0.002	0.004	0.003	0.002	0.002
Ti	0.006	0.008	0.010	0.008	0.010	0.008	0.007	0.024	0.024	0.023	0.024	0.023	0.025
Fe(ii)	0.071	0.087	0.104	0.092	0.119	0.092	0.074	0.258	0.257	0.256	0.245	0.262	0.256
Mn	0.004	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.002	0.009	0.009	0.009	0.009	0.008	0.008
Mg	0.933	0.959	0.924	0.925	0.910	0.947	0.928	0.853	0.860	0.856	0.855	0.861	0.859
Ca	0.894	0.852	0.881	0.877	0.863	0.864	0.907	0.756	0.752	0.749	0.752	0.748	0.755
Na	0.012	0.020	0.012	0.017	0.020	0.012	0.012	0.034	0.033	0.036	0.039	0.033	0.029
K	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
TOPLAM	4.015	4.012	4.006	4.016	4.015	4.020	4.013	4.018	4.018	4.020	4.022	4.016	4.020
Wo (Ca)	0.46	0.44	0.46	0.45	0.44	0.44	0.47	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
En (mg)	0.48	0.49	0.48	0.47	0.47	0.48	0.48	0.44	0.44	0.44	0.44	0.45	0.44
Fs (Fe)	0.06	0.07	0.07	0.08	0.09	0.08	0.06	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
Mg #	88	88	88	86	84	86	89	72	73	72	72	73	72

Çizelge C.2 (devamı) : Piroksen minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1b
Örnek Numaraları	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	D-27
Mineral Türü	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist
Ölçülen Mineral	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Ölçülen Zon	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Manto	Manto	Manto	Manto	Rim	Rim
Ölçüm Noktası	**556-1**	**556-2**	**556-3**	**556-4**	**556-5**	**556-6**	**556-7**	**556-8**	**556-9**	**556-10**	**556-11**	**556-12**	**D27-1**
SiO_2	51.29	51.69	52.18	51.63	52.06	50.29	51.8	52.2	51.55	51.96	52.5	52.99	48.96
TiO_2	0.3739	0.4062	0.3042	0.3561	0.3377	0.4981	0.3748	0.2906	0.3638	0.3204	0.2725	0.3031	1.0835
Al_2O_3	2.96	2.42	2.09	2.03	2.15	4.24	2.63	1.8608	2.47	2.16	2	2.05	6.42
Cr_2O_3	0.018	0.0277	0.0521	0.0257	0.0283	0.0281	0.027	0.0268	0.0221	0.0249	0.0293	0.0201	0.0834
FeO	8.74	8.51	8.47	8.64	8.15	8.91	8.28	8.38	8.32	8.06	8.29	8.47	7.26
MnO	0.3923	0.4296	0.4934	0.4718	0.4241	0.2943	0.3952	0.4786	0.4058	0.4076	0.4559	0.444	0.1489
MgO	14.91	15.43	16.13	15.78	15.87	14.78	15.63	16.11	15.55	15.84	16.17	16.18	13.99
CaO	20.94	20.59	19.68	19.93	20.31	20.31	20.63	19.85	20.64	20.89	20.03	20.3	22.09
Na_2O	0.4138	0.3611	0.3406	0.3475	0.3463	0.426	0.3336	0.2819	0.3466	0.3246	0.3087	0.3017	0.3109
K_2O	0.0011	0.0022	0	0.0099	0.0049	0.0121	0.0123	0.0064	0	0	0	0.0017	0.0077
TOPLAM	100.0391	99.8668	99.7403	99.221	99.6813	99.7886	100.1129	99.4851	99.6683	99.9875	100.0564	101.0606	100.3544
Formül													
Si	1.910	1.924	1.938	1.933	1.935	1.877	1.920	1.944	1.921	1.929	1.942	1.942	1.813
Al	0.090	0.076	0.062	0.067	0.065	0.123	0.080	0.056	0.079	0.071	0.058	0.058	0.187
Al	0.039	0.030	0.029	0.022	0.029	0.062	0.035	0.025	0.029	0.023	0.029	0.030	0.091
Fe(iii)	0.086	0.072	0.057	0.074	0.060	0.093	0.070	0.051	0.078	0.079	0.051	0.047	0.080
Cr	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002
Ti	0.010	0.011	0.008	0.010	0.009	0.014	0.010	0.008	0.010	0.009	0.008	0.008	0.030
Fe(ii)	0.184	0.191	0.205	0.195	0.192	0.183	0.185	0.208	0.179	0.170	0.205	0.212	0.144
Mn	0.012	0.014	0.016	0.015	0.013	0.009	0.012	0.015	0.013	0.013	0.014	0.014	0.005
Mg	0.828	0.856	0.893	0.881	0.880	0.822	0.864	0.894	0.864	0.877	0.892	0.884	0.772
Ca	0.836	0.821	0.783	0.799	0.809	0.812	0.819	0.792	0.824	0.831	0.794	0.797	0.876
Na	0.030	0.026	0.025	0.025	0.025	0.031	0.024	0.020	0.025	0.023	0.022	0.021	0.022
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TOPLAM	4.026	4.022	4.017	4.022	4.018	4.028	4.021	4.016	4.024	4.024	4.016	4.014	4.023
Wo (Ca)	0.429	0.420	0.401	0.407	0.414	0.423	0.420	0.404	0.421	0.422	0.406	0.408	0.467
En (mg)	0.425	0.438	0.457	0.448	0.450	0.428	0.443	0.456	0.441	0.445	0.456	0.453	0.412
Fs (Fe)	0.145	0.142	0.142	0.144	0.136	0.149	0.137	0.140	0.138	0.133	0.138	0.139	0.121
Mg #	75	76	76	76	77	74	76	76	76	77	77	76	77

Çizelge C.2 (devamı) : Piroksen minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a
Örnek Numaraları	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429
Mineral Türü	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal
Ölçülen Mineral	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C
Ölçülen Zon	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Manto	Manto	Manto	Manto	Kenar	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek
Ölçüm Noktası	**429-38**	**429-39**	**429-40**	**429-41**	**429-42**	**429-43**	**429-44**	**429-45**	**429-46**	**429-47**	**429-48**	**429-49**	**429-50**
SiO_2	51.52	51.89	51.25	51.71	51.42	51.07	50.9	51.19	50.95	52.45	52.23	52.36	52.13
TiO_2	0.92	0.8647	0.9321	0.909	0.5383	0.5666	0.6278	0.606	0.8862	0.7458	0.3159	0.3222	0.3244
Al_2O_3	2.32	2.23	2.2	2.2	2.23	4.18	4.41	4.23	4.22	2.63	2.84	2.85	2.89
Cr_2O_3	0.0779	0.0635	0.0968	0.0679	0.1094	0.6876	0.5237	0.3225	0.1233	0.073	0.3229	0.2978	0.3839
FeO	10.33	10.3	10.4	10.49	7.75	5.22	5.44	5.55	6.98	8.78	4.15	4.23	4.32
MnO	0.2541	0.334	0.3014	0.3215	0.1553	0.1141	0.1387	0.1237	0.1522	0.263	0.0612	0.096	0.1135
MgO	15.53	15.42	15.55	15.27	16.37	16.25	15.93	15.84	15.99	16.16	16.62	16.61	16.57
CaO	18.83	18.98	18.77	18.94	18.32	22.27	22.01	22.1	20.92	19.81	23.14	23.22	23.1
Na_2O	0.5323	0.4047	0.4602	0.4288	0.3187	0.1631	0.1665	0.2261	0.3303	0.3347	0.1031	0.1958	0.1823
K_2O	0	0	0.0236	0	0.0425	0.0382	0.0014	0.0051	0	0.05	0	0	0.002
TOPLAM	100.3142	100.4868	99.9842	100.3372	97.2542	100.5595	100.148	100.1934	100.5519	101.2964	99.7832	100.1817	100.0161
Formül													
Si	1.916	1.925	1.915	1.924	1.944	1.869	1.870	1.880	1.871	1.919	1.916	1.915	1.911
Al	0.084	0.075	0.085	0.076	0.056	0.131	0.130	0.120	0.129	0.081	0.084	0.085	0.089
Al	0.017	0.022	0.011	0.020	0.043	0.049	0.060	0.062	0.053	0.032	0.039	0.037	0.036
Fe(iii)	0.075	0.046	0.079	0.051	0.006	0.065	0.047	0.047	0.069	0.047	0.037	0.051	0.055
Cr	0.002	0.002	0.003	0.002	0.003	0.020	0.015	0.009	0.004	0.002	0.009	0.009	0.011
Ti	0.026	0.024	0.026	0.025	0.015	0.016	0.017	0.017	0.024	0.021	0.009	0.009	0.009
Fe(ii)	0.244	0.272	0.243	0.274	0.239	0.094	0.120	0.123	0.144	0.220	0.090	0.077	0.077
Mn	0.008	0.010	0.010	0.010	0.005	0.004	0.004	0.004	0.005	0.008	0.002	0.003	0.004
Mg	0.861	0.853	0.866	0.847	0.923	0.887	0.872	0.867	0.875	0.881	0.909	0.906	0.906
Ca	0.750	0.754	0.751	0.755	0.742	0.873	0.866	0.869	0.823	0.776	0.910	0.910	0.907
Na	0.038	0.029	0.033	0.031	0.023	0.012	0.012	0.016	0.024	0.024	0.007	0.014	0.013
K	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
TOPLAM	4.023	4.014	4.024	4.015	4.002	4.020	4.014	4.014	4.021	4.014	4.012	4.016	4.017
Wo (Ca)	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.45	0.45	0.46	0.43	0.40	0.47	0.47	0.47
En (mg)	0.44	0.44	0.44	0.44	0.48	0.46	0.46	0.45	0.46	0.46	0.47	0.47	0.46
Fs (Fe)	0.17	0.17	0.17	0.17	0.13	0.08	0.09	0.09	0.11	0.14	0.07	0.07	0.07
Mg #	72	72	72	72	79	85	84	83	80	76	88	87	87

Çizelge C.2 (devamı) : Piroksen minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a
Örnek Numaraları	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429
Mineral Türü	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal
Ölçülen Mineral	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Ölçülen Zon	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek
Ölçüm Noktası	**429-51**	**429-52**	**429-53**	**429-54**	**429-55**	**429-56**	**429-57**	**429-58**	**429-59**	**429-60**	**429-61**
SiO_2	51.95	52.27	52.15	51.65	51.63	51.48	51.55	51.79	51.55	51.68	51.58
TiO_2	0.2936	0.3226	0.3129	0.3189	0.3499	0.3507	0.3399	0.366	0.3985	0.3543	0.3556
Al_2O_3	2.86	2.91	2.82	3.18	3.24	3.52	3.54	3.61	3.53	3.43	3.38
Cr_2O_3	0.3801	0.3355	0.3825	0.3995	0.3431	0.3436	0.3998	0.451	0.4335	0.4887	0.4651
FeO	4.21	4.19	4.32	4.36	4.5	4.45	4.51	4.52	4.6	4.47	4.5
MnO	0.0888	0.0996	0.1182	0.1242	0.1515	0.1181	0.1072	0.1337	0.0972	0.1211	0.1251
MgO	16.85	16.61	16.64	16.26	16.3	16.46	16.25	16.27	16.11	16.25	16.39
CaO	23.29	23.05	23.25	22.98	22.83	22.97	22.91	23.13	22.76	22.84	22.84
Na_2O	0.1852	0.2202	0.1794	0.1529	0.2032	0.1221	0.2067	0.1764	0.1862	0.2111	0.1917
K_2O	0.0137	0	0	0.0095	0.0053	0	0.0167	0.0035	0	0.0013	0.0084
TOPLAM	100.1213	100.0079	100.173	99.4351	99.5531	99.8146	99.8304	100.4505	99.6655	99.8466	99.836
Formül											
Si	1.904	1.914	1.910	1.905	1.903	1.893	1.895	1.893	1.898	1.899	1.896
Al	0.096	0.086	0.090	0.095	0.097	0.107	0.105	0.107	0.102	0.101	0.104
Al	0.027	0.039	0.031	0.043	0.043	0.044	0.048	0.048	0.051	0.047	0.042
Fe(iii)	0.082	0.051	0.063	0.049	0.057	0.062	0.061	0.057	0.044	0.052	0.062
Cr	0.011	0.010	0.011	0.012	0.010	0.010	0.012	0.013	0.013	0.014	0.014
Ti	0.008	0.009	0.009	0.009	0.010	0.010	0.009	0.010	0.011	0.010	0.010
Fe(ii)	0.046	0.077	0.068	0.085	0.081	0.074	0.077	0.081	0.097	0.085	0.076
Mn	0.003	0.003	0.004	0.004	0.005	0.004	0.003	0.004	0.003	0.004	0.004
Mg	0.921	0.907	0.909	0.894	0.896	0.902	0.891	0.887	0.884	0.890	0.898
Ca	0.915	0.904	0.912	0.908	0.902	0.905	0.902	0.906	0.898	0.899	0.900
Na	0.013	0.016	0.013	0.011	0.015	0.009	0.015	0.013	0.013	0.015	0.014
K	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
TOPLAM	4.026	4.016	4.020	4.015	4.018	4.019	4.019	4.018	4.014	4.016	4.019
Wo (Ca)	0.47	0.47	0.47	0.47	0.46	0.46	0.47	0.47	0.47	0.47	0.46
En (mg)	0.47	0.47	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
Fs (Fe)	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Mg #	88	87	87	87	86	87	86	86	86	86	86

Çizelge C.2 (devamı) : Piroksen minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a
Örnek Numaraları	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429
Mineral Türü	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal
Ölçülen Mineral	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Ölçülen Zon	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek
Ölçüm Noktası	**429-62**	**429-63**	**429-64**	**429-65**	**429-66**	**429-67**	**429-68**	**429-69**	**429-70**	**429-71**	**429-72**
SiO_2	51.91	51.73	51.54	52.39	52.57	52.94	52.29	53	52.79	52.53	53
TiO_2	0.3915	0.3638	0.3889	0.3058	0.4795	0.3204	0.2895	0.2856	0.3077	0.2928	0.32
Al_2O_3	3.48	3.45	3.69	2.93	2.54	2.02	2.59	1.97	1.7164	2	2.09
Cr_2O_3	0.3816	0.3922	0.4213	0.3829	0.2231	0.3491	0.5757	0.4559	0.4196	0.3713	0.2494
FeO	4.52	4.47	5.04	4.31	6.29	4.69	4.91	4.92	5.2	4.88	5.16
MnO	0.1352	0.0974	0.0794	0.0994	0.1772	0.1196	0.094	0.132	0.1942	0.1578	0.1982
MgO	16.36	16.42	16.09	16.97	17	17.42	17.3	17.41	17.34	17.33	17.33
CaO	22.81	22.82	22.29	23.15	20.18	22.14	21.77	21.8	21.48	21.63	21.46
Na_2O	0.214	0.1754	0.3128	0.2239	0.2586	0.2049	0.272	0.1636	0.2541	0.1407	0.2001
K_2O	0.023	0	0.0272	0.0128	0.0444	0.0072	0	0	0.002	0	0
TOPLAM	100.2252	99.9188	99.8797	100.7747	99.7628	100.2111	100.0912	100.1371	99.704	99.3326	100.0076
Formül											
Si	1.900	1.898	1.895	1.906	1.932	1.934	1.915	1.937	1.941	1.936	1.939
Al	0.100	0.102	0.105	0.094	0.068	0.066	0.085	0.063	0.059	0.064	0.061
Al	0.049	0.047	0.054	0.031	0.042	0.020	0.026	0.022	0.015	0.022	0.029
Fe(iii)	0.051	0.052	0.058	0.075	0.020	0.049	0.067	0.035	0.049	0.037	0.031
Cr	0.011	0.011	0.012	0.011	0.006	0.010	0.017	0.013	0.012	0.011	0.007
Ti	0.011	0.010	0.011	0.008	0.013	0.009	0.008	0.008	0.009	0.008	0.009
Fe(ii)	0.087	0.085	0.096	0.055	0.172	0.094	0.082	0.115	0.110	0.112	0.127
Mn	0.004	0.003	0.002	0.003	0.006	0.004	0.003	0.004	0.006	0.005	0.006
Mg	0.893	0.898	0.882	0.921	0.931	0.949	0.945	0.949	0.950	0.952	0.945
Ca	0.894	0.897	0.878	0.902	0.794	0.866	0.854	0.854	0.846	0.854	0.841
Na	0.015	0.012	0.022	0.016	0.018	0.015	0.019	0.012	0.018	0.010	0.014
K	0.001	0.000	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TOPLAM	4.016	4.016	4.018	4.023	4.006	4.015	4.021	4.011	4.016	4.012	4.010
Wo (Ca)	0.46	0.46	0.46	0.46	0.41	0.44	0.44	0.44	0.43	0.44	0.43
En (mg)	0.46	0.46	0.46	0.47	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.49	0.48
Fs (Fe)	0.07	0.07	0.08	0.07	0.10	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Mg #	86	87	85	87	82	87	86	86	85	86	85

Çizelge C.2 (devamı) : Piroksen minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a
Örnek Numaraları	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429
Mineral Türü	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal
Ölçülen Mineral	C	C	C	C	C	D	D	D	D	D	D
Ölçülen Zon	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Kenar	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek
Ölçüm Noktası	**429-73**	**429-74**	**429-75**	**429-76**	**429-77**	**429-78**	**429-79**	**429-80**	**429-81**	**429-82**	**429-83**
SiO_2	52.62	52.84	51.61	50.36	52.1	52.19	51.96	51.89	51.74	50.94	50.52
TiO_2	0.3721	0.4232	0.5339	0.3355	0.5041	0.2936	0.2804	0.2342	0.2621	0.3943	0.4333
Al_2O_3	2.26	2.53	2.54	13.39	2.11	2.77	2.83	2.79	2.86	3.83	4.01
Cr_2O_3	0.1969	0.1426	0.0748	0.0219	0.0871	0.5034	0.4578	0.4796	0.4616	0.424	0.4805
FeO	5.9	6.2	6.51	5.79	9.53	4.11	4.08	4.04	4.08	4.69	4.84
MnO	0.145	0.1376	0.2055	0.0811	0.3059	0.0821	0.0827	0.0987	0.1195	0.1125	0.1294
MgO	17.47	16.8	17.09	8.89	17.27	16.56	16.64	16.41	16.43	15.86	15.75
CaO	20.52	20.41	20.46	14.37	16.51	22.94	22.95	23.18	23.2	22.92	22.94
Na_2O	0.126	0.1262	0.1712	1.98	0.3314	0.1383	0.1978	0.2224	0.1856	0.2039	0.2399
K_2O	0.0153	0.0088	0.0153	0.2103	0.0817	0	0.0012	0	0	0.0083	0
TOPLAM	99.6254	99.6185	99.2107	95.4289	98.8303	99.5875	99.48	99.345	99.3389	99.3831	99.3432
Formül											
Si	1.934	1.941	1.914	1.882	1.944	1.919	1.913	1.915	1.910	1.885	1.873
Al	0.066	0.059	0.086	0.118	0.056	0.081	0.087	0.085	0.090	0.115	0.127
Al	0.032	0.051	0.024	0.489	0.036	0.038	0.035	0.035	0.034	0.051	0.047
Fe(iii)	0.026	0.000	0.063	0.000	0.025	0.033	0.054	0.057	0.060	0.066	0.085
Cr	0.006	0.004	0.002	0.001	0.003	0.015	0.013	0.014	0.013	0.012	0.014
Ti	0.010	0.012	0.015	0.009	0.014	0.008	0.008	0.006	0.007	0.011	0.012
Fe(ii)	0.155	0.191	0.138	0.186	0.271	0.093	0.071	0.067	0.065	0.078	0.064
Mn	0.005	0.004	0.006	0.003	0.010	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004
Mg	0.957	0.920	0.945	0.495	0.961	0.908	0.913	0.903	0.904	0.875	0.871
Ca	0.808	0.803	0.813	0.575	0.660	0.903	0.905	0.916	0.918	0.909	0.911
Na	0.009	0.009	0.012	0.143	0.024	0.010	0.014	0.016	0.013	0.015	0.017
K	0.001	0.000	0.001	0.010	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TOPLAM	4.008	3.995	4.019	3.912	4.008	4.010	4.017	4.018	4.019	4.020	4.026
Wo (Ca)	0.41	0.42	0.41	0.46	0.34	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
En (mg)	0.49	0.48	0.48	0.39	0.50	0.47	0.47	0.46	0.46	0.45	0.45
Fs (Fe)	0.10	0.10	0.11	0.15	0.16	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08
Mg #	84	83	82	72	76	88	88	88	88	86	85

Çizelge C.2 (devamı) : Piroksen minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b
Örnek Numaraları	429	429	429	429	429	429	429	429	551	551	551	551	551	551
Mineral Türü	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal	Mikrofenokristal	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist
Ölçülen Mineral	D	D	D	D	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A
Ölçülen Zon	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Manto	Manto	Manto	Kenar	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek
Ölçüm Noktası	**429-84**	**429-85**	**429-86**	**429-87**	**429-88**	**429-89**	**429-90**	**429-91**	**551-1**	**551-2**	**551-3**	**551-4**	**551-5**	**551-6**
SiO_2	51	50.83	48.39	48.67	50.16	50.02	49.95	50.58	50.67	50.22	50.38	50.78	51.05	51.28
TiO_2	0.4831	0.4603	0.4613	0.9142	0.6968	0.8329	0.981	0.9419	0.6745	0.5892	0.6003	0.5095	0.5277	0.556
Al_2O_3	3.92	3.76	4.15	6.08	4.63	3.89	3.07	2.68	4.89	5.05	4.99	4.5	4.45	4.42
Cr_2O_3	0.4864	0.494	0.3213	0.1638	0.1602	0.0877	0.0328	0.0041	0.1374	0.1942	0.1252	0.1197	0.0663	0.0939
FeO	4.75	4.85	8.17	6.65	6.48	7.72	9.73	10.21	5.8	5.94	5.86	5.74	5.83	5.78
MnO	0.0814	0.1295	0.1348	0.1433	0.1604	0.2071	0.3092	0.3156	0.1279	0.1367	0.1535	0.1237	0.1357	0.1294
MgO	15.69	15.62	14.77	14.54	15.37	15.3	15.09	15.23	14.92	14.98	14.93	15.51	15.46	15.25
CaO	22.75	22.91	18.98	22.2	22.25	21.21	19.53	18.74	22.51	22.87	22.9	22.51	22.42	22.22
Na_2O	0.225	0.1575	0.2545	0.2378	0.2542	0.2865	0.3979	0.3845	0.2947	0.3037	0.1747	0.2771	0.2177	0.2684
K_2O	0.0173	0	0	0.0006	0.0269	0.0226	0	0.0404	0.0285	0	0	0.0274	0.0165	0.0061
TOPLAM	99.4033	99.2114	95.632	99.5998	100.1885	99.5769	99.091	99.1265	100.0529	100.2838	100.1137	100.0974	100.1738	100.0037
Formül														
Si	1.886	1.886	1.876	1.813	1.854	1.867	1.884	1.905	1.868	1.852	1.859	1.871	1.878	1.887
Al	0.114	0.114	0.124	0.187	0.146	0.133	0.116	0.095	0.132	0.148	0.141	0.129	0.122	0.113
Al	0.056	0.049	0.065	0.078	0.054	0.037	0.020	0.023	0.079	0.070	0.075	0.065	0.070	0.078
Fe(iii)	0.050	0.053	0.060	0.100	0.098	0.099	0.100	0.071	0.050	0.089	0.061	0.078	0.055	0.031
Cr	0.014	0.014	0.010	0.005	0.005	0.003	0.001	0.000	0.004	0.006	0.004	0.003	0.002	0.003
Ti	0.013	0.013	0.013	0.026	0.019	0.023	0.028	0.027	0.019	0.016	0.017	0.014	0.015	0.015
Fe(ii)	0.096	0.097	0.204	0.105	0.101	0.140	0.204	0.249	0.128	0.093	0.119	0.098	0.124	0.147
Mn	0.003	0.004	0.004	0.005	0.005	0.007	0.010	0.010	0.004	0.004	0.005	0.004	0.004	0.004
Mg	0.865	0.864	0.854	0.808	0.847	0.851	0.849	0.855	0.820	0.824	0.821	0.852	0.848	0.837
Ca	0.901	0.911	0.788	0.886	0.881	0.848	0.789	0.756	0.889	0.904	0.905	0.888	0.884	0.876
Na	0.016	0.011	0.019	0.017	0.018	0.021	0.029	0.028	0.021	0.022	0.012	0.020	0.016	0.019
K	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000
TOPLAM	4.015	4.016	4.018	4.030	4.030	4.030	4.030	4.021	4.015	4.027	4.018	4.024	4.017	4.009
Wo (Ca)	0.47	0.47	0.41	0.47	0.46	0.44	0.40	0.39	0.47	0.47	0.47	0.46	0.46	0.46
En (mg)	0.45	0.45	0.45	0.42	0.44	0.44	0.43	0.44	0.43	0.43	0.43	0.44	0.44	0.44
Fs (Fe)	0.08	0.08	0.14	0.11	0.11	0.13	0.16	0.17	0.10	0.10	0.10	0.09	0.10	0.10
Mg #	85	85	76	79	81	78	73	72	82	82	82	83	82	82

Çizelge C.2 (devamı) : Piroksen minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b
Örnek Numaraları	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551
Mineral Türü	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist
Ölçülen Mineral	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Ölçülen Zon	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek	Manto	Manto	Manto	Manto	Manto	Manto	Manto	Manto	Manto	Manto	Manto
Ölçüm Noktası	**551-7**	**551-8**	**551-9**	**551-10**	**551-11**	**551-12**	**551-13**	**551-14**	**551-15**	**551-16**	**551-17**	**551-18**	**551-19**	**551-20**	**551-21**	**551-22**	**551-23**	**551-24**	**551-25**
SiO_2	51.02	50.35	50.65	50.93	50.98	50.36	50.9	51.34	50.85	50.94	52.11	52.41	51.6	51.68	52.23	51.57	51.56	52.4	51.79
TiO_2	0.6192	0.6435	0.6437	0.6468	0.5645	0.5682	0.5734	0.6211	0.5751	0.6002	0.5566	0.4808	0.6794	0.6378	0.5621	0.6761	0.7148	0.6017	0.6311
Al_2O_3	4.79	4.96	4.74	4.78	4.54	4.41	4.55	4.57	4.72	4.13	2.97	2.58	3.45	3.28	2.6	3.24	3.23	2.41	2.46
Cr_2O_3	0.1018	0.0898	0.1341	0.1893	0.1259	0.1625	0.1501	0.1688	0.1489	0.0196	0.0579	0	0	0	0.0724	0.0547	0.0262	0.0513	0.0032
FeO	6.04	6.14	5.87	5.94	5.88	5.73	5.91	5.79	6.55	6.87	7.17	7.36	7.88	7.9	7.67	8.08	7.98	8.13	8.28
MnO	0.1525	0.1703	0.1594	0.1266	0.1714	0.1491	0.1111	0.1256	0.1425	0.1456	0.2108	0.2286	0.2387	0.2399	0.2721	0.2681	0.264	0.219	0.237
MgO	15.09	14.99	15.14	15.16	15.2	15.22	15.08	15.44	14.77	14.85	15.41	15.74	15.01	15.22	15.43	15.03	15.03	15.9	15.78
CaO	22.72	22.65	22.87	22.66	22.5	22.59	22.68	22.96	22.46	22.02	21.59	21.31	21.32	21.31	20.94	21.18	21.25	20.89	20.5
Na_2O	0.2377	0.3008	0.2465	0.3052	0.2599	0.3257	0.2625	0.3116	0.2626	0.3513	0.3429	0.3577	0.3257	0.4345	0.3754	0.5106	0.467	0.3255	0.3194
K_2O	0	0.0051	0	0.0246	0	0.0141	0.0004	0.0078	0	0	0	0.0042	0	0.0047	0	0.0163	0	0	0
TOPLAM	100.7711	100.2994	100.4537	100.7624	100.2216	99.5297	100.2174	101.3349	100.479	99.9268	100.4181	100.4712	100.5037	100.7068	100.152	100.6257	100.5219	100.9275	100.0006
Formül																			
Si	1.869	1.856	1.863	1.866	1.876	1.869	1.874	1.870	1.872	1.886	1.918	1.928	1.904	1.904	1.929	1.904	1.904	1.924	1.920
Al	0.131	0.144	0.137	0.134	0.124	0.131	0.126	0.130	0.128	0.114	0.082	0.072	0.096	0.096	0.071	0.096	0.096	0.076	0.080
Al	0.075	0.071	0.067	0.071	0.072	0.060	0.071	0.065	0.075	0.065	0.047	0.039	0.053	0.045	0.042	0.044	0.044	0.028	0.027
Fe(iii)	0.053	0.082	0.071	0.065	0.052	0.085	0.055	0.072	0.052	0.058	0.040	0.047	0.043	0.068	0.033	0.074	0.065	0.054	0.059
Cr	0.003	0.003	0.004	0.005	0.004	0.005	0.004	0.005	0.004	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.001	0.001	0.000
Ti	0.017	0.018	0.018	0.018	0.016	0.016	0.016	0.017	0.016	0.017	0.015	0.013	0.019	0.018	0.016	0.019	0.020	0.017	0.018
Fe(ii)	0.131	0.106	0.109	0.116	0.128	0.091	0.126	0.103	0.149	0.154	0.180	0.179	0.200	0.174	0.204	0.174	0.180	0.194	0.197
Mn	0.005	0.005	0.005	0.004	0.005	0.005	0.003	0.004	0.004	0.005	0.007	0.007	0.007	0.007	0.009	0.008	0.008	0.007	0.007
Mg	0.824	0.824	0.830	0.828	0.834	0.842	0.828	0.838	0.810	0.820	0.846	0.863	0.825	0.836	0.850	0.827	0.828	0.870	0.872
Ca	0.892	0.895	0.901	0.889	0.887	0.898	0.895	0.896	0.886	0.873	0.851	0.840	0.843	0.841	0.829	0.838	0.841	0.822	0.814
Na	0.017	0.022	0.018	0.022	0.019	0.023	0.019	0.022	0.019	0.025	0.024	0.026	0.023	0.031	0.027	0.037	0.033	0.023	0.023
K	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
TOPLAM	4.016	4.025	4.021	4.020	4.016	4.026	4.017	4.022	4.016	4.017	4.012	4.014	4.013	4.021	4.010	4.022	4.020	4.016	4.018
Wo (Ca)	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.46	0.44	0.43	0.44	0.44	0.43	0.44	0.44	0.42	0.42
En (mg)	0.43	0.43	0.43	0.44	0.44	0.44	0.43	0.44	0.43	0.43	0.44	0.45	0.43	0.43	0.44	0.43	0.43	0.45	0.45
Fs (Fe)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09	0.10	0.09	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
Mg #	81	81	82	82	82	82	82	82	80	79	79	79	77	77	78	76	77	77	77

Çizelge C.2 (devamı) : Piroksen minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Magmatik kayalar	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro	Olivin Gabro
Örnek Numaraları	764	764	764	764	764	764
Mineral Türü	Olivine	Olivine	Olivine	Olivine	Olivine	Olivine
Ölçülen Mineral	B	B	B	B	B	B
Ölçülen Zon						
Ölçüm Noktası	764-25	764-26	764-27	764-28	764-29	764-30
SiO_2	37.06	37.33	36.98	37.28	36.73	37.04
TiO_2	0	0	0	0.0021	0	0.0079
Al_2O_3	0	0.0077	0.0027	0.0001	0.1067	0
Cr_2O_3	0.0033	0.0249	0	0.0435	0.028	0.0195
FeO	29.65	29.55	29.31	29.7	29.71	29.54
MnO	0.542	0.5472	0.6258	0.5654	0.5408	0.482
MgO	34.32	34.63	34.33	34.57	34.56	34.53
CaO	0.0704	0.0606	0.078	0.0491	0.0833	0.0501
Na_2O	0.0075	0	0	0	0.0258	0.025
K_2O	0	0	0	0	0.0092	0
Toplam	101.8291	102.365	101.5939	102.3537	101.9115	101.882
Fornül						
Si	0.984223513	0.985169276	0.984382627	0.984168856	0.975559591	0.982781309
Ti	0	0	0	4.1697E-05	0	0.000157654
Al	0	0.000239482	8.47015E-05	3.11117E-06	0.003339853	0
Cr	6.92863E-05	0.000519514	0	0.000907879	0.000587944	0.00040904
Fe(ii)	0.658439945	0.652098958	0.652403081	0.655621693	0.659840059	0.655389611
Mn	0.012190636	0.012230317	0.014108191	0.012641199	0.012164893	0.010831078
MgO	1.358815455	1.362480323	1.362372018	1.360560854	1.368458042	1.36586371
Ca	0.002003009	0.001713355	0.002224403	0.001388664	0.002370281	0.001424117
Toplam	3.015741844	3.014451225	3.015575022	3.015333952	3.022320663	3.016856518
Fo	66.95499319	67.22290661	67.14886087	67.06156003	67.06605541	67.2149105
Fa	32.44431897	32.17366638	32.15577182	32.31535978	32.33776161	32.25208614
Tp	0.600687839	0.60342701	0.695367305	0.623080183	0.596182981	0.53300336
Mg #	67	68	68	67	67	68

Çizelge C.3 : Amfibol minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a
Örnek Numaraları	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556
Mineral Türü	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist
Ölçülen Mineral	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Ölçülen Zon	Çekirdek														
Ölçüm Noktası	556-1	556-2	556-3	556-4	556-5	556-6	556-7	556-8	556-9	556-10	556-11	556-12	556-13	556-14	556-15
SiO_2	42.54	42.58	42.68	43.52	39.55	42.21	41.32	41.62	40.11	41.76	42.83	44.23	42.66	43.41	41.63
TiO_2	2.29	2.49	2.42	1.9	2.19	2.08	2.04	1.91	2.1	2.09	2.74	2.54	2.62	2.53	2.15
Al_2O_3	12.27	11.9	10.99	13.34	11.87	13.61	13.88	13.56	13.8	13.36	11.7	11.45	11.94	11.73	13.99
Cr_2O_3	0.02	0.03	0.00	0.07	0.01	0.00	0.03	0.07	0.04	0.04	0.01	0.01	0.03	0	0.0514
FeO	13.26	13.19	12.81	11.92	13.29	13.35	13.43	13.21	13.48	13.26	12.65	12.93	12.55	12.43	12.54
MnO	0.27	0.26	0.20	0.21	0.15	0.16	0.18	0.16	0.18	0.17	0.20	0.21	0.25	0.2625	0.1138
MgO	13.72	13.83	13.94	15.2	12.17	12.18	13.2	13.25	12.22	13.21	13.8	15	14.15	14.25	13.71
CaO	11.27	11.04	10.73	11.00	10.92	11.04	11.46	11.54	11.53	11.56	11.11	11.00	11.04	11.21	11.31
Na_2O	2.54	2.6	2.01	2.59	2.28	2.78	2.67	2.59	2.65	2.62	2.53	2.34	2.67	2.63	2.67
K_2O	0.5249	0.5245	0.602	0.5144	0.6213	0.6781	0.6008	0.5833	0.5663	0.568	0.4944	0.5374	0.5051	0.4911	0.5922
BaO	0.34	0.07	0.11	0.18	0.27	0.24	0.20	0.26	0.29	0.44	0.25	0.24	0.21	0.2541	0.2836
Toplam	99.04	98.51	96.49	100.44	93.33	98.33	99.01	98.75	96.98	99.08	98.31	100.49	98.63	99.1977	99.0411
Formül															
Si	6.110	6.125	6.226	6.049	6.079	6.147	5.949	6.010	5.950	6.030	6.186	6.183	6.126	6.202	5.960
Al (iv)	1.890	1.875	1.774	1.951	1.921	1.853	2.051	1.990	2.050	1.970	1.814	1.817	1.874	1.798	2.040
T- odacığı	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Al (vi)	0.187	0.143	0.116	0.234	0.229	0.483	0.304	0.318	0.363	0.303	0.178	0.069	0.147	0.177	0.321
Ti	0.247	0.269	0.266	0.199	0.253	0.228	0.221	0.207	0.234	0.227	0.298	0.267	0.283	0.272	0.232
Cr	0.003	0.003	0.000	0.008	0.001	0.000	0.003	0.008	0.005	0.004	0.001	0.001	0.003	0.000	0.006
Fe(iii)	0.000	0.965	1.093	1.247	0.787	0.559	0.912	0.846	0.679	0.794	0.802	1.188	0.925	0.829	0.931
Fe(ii)	1.593	0.621	0.470	0.138	0.921	1.067	0.704	0.749	0.993	0.807	0.726	0.323	0.582	0.656	0.571
Mn	0.033	0.032	0.025	0.025	0.020	0.019	0.023	0.019	0.023	0.021	0.024	0.025	0.031	0.032	0.014
Mg	2.938	2.966	3.032	3.150	2.789	2.644	2.833	2.852	2.703	2.844	2.972	3.126	3.029	3.035	2.926
C-odacığı	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Ca	1.734	1.701	1.677	1.638	1.798	1.722	1.768	1.785	1.832	1.788	1.719	1.647	1.698	1.716	1.735
Na	0.26585116	0.298531973	0.323056897	0.362054661	0.201875252	0.277573397	0.23248156	0.214734647	0.167555212	0.211729966	0.280796824	0.352678428	0.301540551	0.284290044	0.265157462
B- odacığı	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Na	0.441	0.427	0.245	0.336	0.478	0.507	0.513	0.510	0.595	0.522	0.428	0.281	0.442	0.444	0.476
K	0.096	0.096	0.112	0.091	0.122	0.126	0.110	0.107	0.107	0.105	0.091	0.096	0.093	0.089	0.108
A - odacığı	0.538	0.523	0.357	0.427	0.599	0.633	0.623	0.618	0.702	0.626	0.519	0.377	0.534	0.534	0.584
Mg#	65	65	66	69	62	62	64	64	62	64	66	67	67	67	66

Çizelge C.3 (devamı) : Amfibol minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a
Örnek Numaraları	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556
Mineral Türü	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist
Ölçülen Mineral	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Ölçülen Zon															
Ölçüm Noktası	556-16	556-17	556-18	556-19	556-20	556-21	556-22	556-23	556-24	556-25	556-26	556-27	556-28	556-29	556-30
SiO_2	41.55	43.04	42.7	42.14	41.63	42.62	41.68	41.05	41.91	42.65	41.54	41.13	41.65	43.08	42.79
TiO_2	2.07	2.44	2.44	1.92	2.11	2.4	2.16	2.24	2.46	2.3	2.48	2.27	2.28	2.52	2.34
Al_2O_3	14.16	11.89	12.24	13.34	13.77	12.24	12.99	13.81	12.48	12.04	12.87	13.43	11.63	12.02	11.84
Cr_2O_3	0.0898	0	0.0156	0.0544	0.0704	0.0226	0	0.0217	0	0.0569	0.0162	0	0	0.0115	0.0096
FeO	12.54	12.22	12.32	11.2	12.16	12.47	13.26	13.26	12.9	12.18	12.67	13.02	11.81	11.98	11.92
MnO	0.1977	0.2285	0.208	0.1286	0.1481	0.2	0.2311	0.2143	0.2018	0.1967	0.2466	0.2128	0.2191	0.2473	0.2354
MgO	13.26	14.49	14.41	14.77	13.95	13.93	13.33	13.05	13.78	14.28	13.47	12.99	13.95	14.27	14.59
CaO	11.17	11.35	11.36	11.12	11.14	11.46	11.32	11.52	11.33	11.58	11.1	11.25	10.93	11.38	11.6
Na_2O	2.65	2.54	2.66	2.42	2.65	2.53	2.67	2.63	2.57	2.56	2.74	2.65	2.42	2.62	2.68
K_2O	0.5823	0.4923	0.544	0.5837	0.5978	0.4927	0.5942	0.5895	0.5697	0.5115	0.4979	0.5581	0.506	0.4374	0.5079
BaO	0.1949	0.2689	0.1577	0.2824	0.0875	0.2566	0.3107	0.3322	0.1191	0.1931	0.2812	0.2183	0.2532	0.2846	0.0362
Toplam	98.4648	98.9597	99.0554	97.9592	98.3139	98.6219	98.5461	98.7178	98.3206	98.5483	97.9119	97.7293	95.6483	98.8508	98.5491
Formül															
Si	5.983	6.155	6.104	6.030	5.974	6.140	6.036	5.946	6.056	6.143	6.036	6.001	6.158	6.178	6.151
Al (iv)	2.017	1.845	1.896	1.970	2.026	1.860	1.964	2.054	1.944	1.857	1.964	1.999	1.842	1.822	1.849
T- odacığı	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Al (vi)	0.385	0.159	0.167	0.280	0.303	0.219	0.253	0.303	0.181	0.187	0.240	0.310	0.184	0.209	0.157
Ti	0.224	0.262	0.262	0.207	0.228	0.260	0.235	0.244	0.267	0.249	0.271	0.249	0.254	0.272	0.253
Cr	0.010	0.000	0.002	0.006	0.008	0.003	0.000	0.002	0.000	0.006	0.002	0.000	0.000	0.001	0.001
Fe(iii)	0.881	0.889	0.000	1.082	0.988	0.783	0.869	0.838	0.896	0.782	0.861	0.820	0.899	0.762	0.771
Fe(ii)	0.629	0.573	1.473	0.258	0.471	0.719	0.737	0.768	0.663	0.685	0.678	0.769	0.561	0.674	0.662
Mn	0.024	0.028	0.025	0.016	0.018	0.024	0.028	0.026	0.025	0.024	0.030	0.026	0.027	0.030	0.029
Mg	2.846	3.089	3.071	3.151	2.984	2.992	2.878	2.818	2.968	3.066	2.918	2.826	3.075	3.051	3.127
C-odacığı	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Ca	1.723	1.739	1.740	1.705	1.713	1.769	1.756	1.788	1.754	1.787	1.728	1.759	1.731	1.748	1.787
Na	0.276967531	0.261033405	0.260109941	0.295159092	0.287362468	0.231148428	0.243763926	0.212377364	0.246112778	0.213075996	0.272132153	0.2414641	0.268769313	0.251623262	0.213444171
B- odacığı	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Na	0.463	0.443	0.477	0.376	0.450	0.476	0.506	0.526	0.474	0.502	0.500	0.508	0.425	0.477	0.533
K	0.107	0.090	0.099	0.107	0.109	0.091	0.110	0.109	0.105	0.094	0.092	0.104	0.095	0.080	0.093
A - odacığı	0.570	0.533	0.576	0.483	0.559	0.566	0.616	0.635	0.579	0.596	0.592	0.612	0.520	0.557	0.627
Mg#	65	68	68	70	67	67	64	64	66	68	65	64	68	68	69

Çizelge C.3 (devamı) : Amfibol minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a
Örnek Numaraları	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556
Mineral Türü	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist
Ölçülen Mineral	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Ölçülen Zon															
Ölçüm Noktası	556-31	556-32	556-33	556-34	556-35	556-36	556-37	556-38	556-39	556-40	556-41	556-42	556-43	556-44	556-45
SiO_2	43.79	43.29	43.07	43.3	42.47	43.31	43	42.9	43.54	43.37	43.33	40.82	43.6	43.12	43.59
TiO_2	1.72	1.74	1.655	1.73	1.69	1.68	1.71	1.6353	1.75	1.73	1.79	1.6457	1.6678	1.6264	1.71
Al_2O_3	12.39	12.65	12.35	12.47	11.97	12.33	12.45	12.57	12.4	12.23	12.53	10.7	12.31	12.05	12.05
Cr_2O_3	0.051	0.0875	0.063	0.0445	0.0031	0	0.0543	0.0122	0	0.0833	0.062	0.0586	0.0686	0.0177	0.089
FeO	10.24	10.25	10.35	10.18	10.65	10.71	11.08	11.38	11.12	10.42	10.14	10.03	10.06	9.94	9.86
MnO	0.1644	0.1797	0.1149	0.1435	0.1426	0.1296	0.1834	0.1385	0.1235	0.127	0.1097	0.1311	0.1112	0.1072	0.1381
MgO	15.84	15.81	15.77	15.69	15.13	15.75	15.24	15.17	15.8	15.74	15.93	14.86	15.83	15.69	16.07
CaO	11.43	11.44	11.55	11.3	11	11.1	11.21	11.08	11.25	11.2	11.45	10.92	11.57	11.27	11.24
Na_2O	2.53	2.62	2.55	2.55	2.59	2.58	2.56	2.63	2.61	2.56	2.68	2.15	2.65	2.55	2.58
K_2O	0.5993	0.6403	0.5746	0.6283	0.6279	0.5471	0.5885	0.5911	0.557	0.6104	0.5716	0.6124	0.5608	0.6263	0.6103
BaO	0.1919	0.3272	0.1943	0.2693	0.2319	0.1137	0.3031	0.209	0.1977	0.1594	0.2947	0.2009	0.1926	0.2626	0.2226
Toplam	98.9467	99.0348	98.2419	98.3057	96.5056	98.2505	98.3793	98.3162	99.3483	98.2301	98.8881	92.1288	98.6211	97.2603	98.16
Formül															
Si	6.185	6.126	6.141	6.162	6.173	6.143	6.133	6.115	6.124	6.166	6.135	6.216	6.193	6.204	6.195
Al (iv)	1.815	1.874	1.859	1.838	1.827	1.857	1.867	1.885	1.876	1.834	1.865	1.784	1.807	1.796	1.805
T - odacığı	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Al (vi)	0.247	0.235	0.216	0.253	0.224	0.204	0.226	0.227	0.179	0.215	0.226	0.137	0.254	0.247	0.214
Ti	0.183	0.185	0.177	0.185	0.185	0.179	0.183	0.175	0.185	0.185	0.191	0.188	0.178	0.176	0.183
Cr	0.006	0.010	0.007	0.005	0.000	0.000	0.006	0.001	0.000	0.009	0.007	0.007	0.008	0.002	0.010
Fe(iii)	0.937	0.956	0.944	0.948	0.960	1.112	1.027	1.088	1.125	1.011	0.938	0.946	0.837	0.894	0.971
Fe(ii)	0.272	0.257	0.290	0.264	0.334	0.158	0.295	0.268	0.183	0.228	0.263	0.331	0.358	0.302	0.201
Mn	0.020	0.022	0.014	0.017	0.018	0.016	0.022	0.017	0.015	0.015	0.013	0.017	0.013	0.013	0.017
Mg	3.335	3.335	3.352	3.329	3.279	3.331	3.241	3.224	3.313	3.336	3.363	3.374	3.352	3.366	3.405
C-odacığı	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Ca	1.730	1.734	1.764	1.723	1.713	1.687	1.713	1.692	1.695	1.706	1.737	1.782	1.761	1.737	1.711
Na	0.270479874	0.265705185	0.235822367	0.277333325	0.286978524	0.313234235	0.28701533	0.308002211	0.304818232	0.294054959	0.263124033	0.218421694	0.239346921	0.26278644	0.288532063
B- odacığı	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Na	0.422	0.453	0.469	0.426	0.443	0.396	0.421	0.419	0.407	0.412	0.473	0.416	0.490	0.449	0.422
K	0.108	0.116	0.104	0.114	0.116	0.099	0.107	0.107	0.100	0.111	0.103	0.119	0.102	0.115	0.111
A - odacığı	0.530	0.569	0.574	0.540	0.559	0.495	0.528	0.526	0.507	0.522	0.576	0.535	0.592	0.563	0.533
Mg#	73	73	73	73	72	72	71	70	72	73	74	73	74	74	74

Çizelge C.3 (devamı) : Amfibol minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a
Örnek Numaraları	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556
Mineral Türü	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist
Ölçülen Mineral	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Ölçülen Zon															
Ölçüm Noktası	556-46	556-47	556-48	556-49	556-50	556-51	556-52	556-53	556-54	556-55	556-56	556-57	556-58	556-59	556-60
SiO_2	42.54	43.54	43.29	43.34	42.08	42.66	41.76	43.17	42.83	43.05	42.82	42.83	42.12	41.48	43.27
TiO_2	1.5372	1.6618	1.73	1.74	2.1	2.65	1.97	2.61	2.47	2.6	2.48	2.47	2.14	2.12	2.38
Al_2O_3	11.86	12.14	12.51	12.17	13.65	12.34	13.79	12.05	12.07	11.84	11.6	11.88	13.59	13.8	11.91
Cr_2O_3	0.0625	0.0494	0.0351	0.0423	0.005	0.0349	0.0444	0.0436	0.0382	0	0	0.0463	0.0438	0.0402	0
FeO	9.97	9.58	10.74	10.73	12.13	12.88	13.26	12.8	13.25	12.75	12.56	12.63	12.29	12.77	12.49
MnO	0.1247	0.1622	0.1131	0.1153	0.178	0.2658	0.2432	0.2597	0.2832	0.2411	0.2592	0.2263	0.1847	0.2043	0.2205
MgO	13.98	16.31	15.44	15.4	14.09	13.5	13.32	14.03	13.85	14.18	14.24	14.18	14.09	13.62	14.43
CaO	9.99	11.28	11.23	11.3	11.31	10.8	11.11	10.94	10.88	11.06	11.09	11.12	11.44	11.4	11.35
Na_2O	2.33	2.56	2.57	2.57	2.77	2.6	2.69	2.57	2.55	2.76	2.61	2.61	2.53	2.57	2.58
K_2O	1.1282	0.6103	0.4876	0.5542	0.555	0.5342	0.5353	0.4941	0.499	0.4919	0.4747	0.4961	0.5232	0.5379	0.5299
BaO	0.1357	0.1792	0.1393	0.2513	0.2226	0.1041	0.369	0.2962	0.2025	0.1522	0.2303	0.2993	0.1766	0.2449	0.1944
Toplam	93.6583	98.073	98.2852	98.2132	99.0907	98.3691	99.092	99.2637	98.923	99.1252	98.3643	98.7881	99.1284	98.7874	99.3548
Formül															
Si	6.356	6.179	6.153	6.188	6.008	6.138	5.987	6.153	6.125	6.152	6.164	6.144	6.003	5.957	6.165
Al (iv)	1.644	1.821	1.847	1.812	1.992	1.862	2.013	1.847	1.875	1.848	1.836	1.856	1.997	2.043	1.835
T - odacığı	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Al (vi)	0.444	0.210	0.249	0.236	0.305	0.231	0.317	0.177	0.159	0.147	0.132	0.153	0.285	0.292	0.165
Ti	0.173	0.177	0.185	0.187	0.226	0.287	0.212	0.280	0.266	0.279	0.269	0.267	0.229	0.229	0.255
Cr	0.007	0.006	0.004	0.005	0.001	0.004	0.005	0.005	0.004	0.000	0.000	0.005	0.005	0.005	0.000
Fe(iii)	0.758	1.006	1.007	0.929	0.000	0.900	1.008	0.964	1.049	0.901	0.931	0.930	0.961	0.967	0.886
Fe(ii)	0.487	0.131	0.270	0.352	1.448	0.650	0.581	0.561	0.535	0.623	0.581	0.586	0.504	0.567	0.603
Mn	0.016	0.019	0.014	0.014	0.022	0.032	0.030	0.031	0.034	0.029	0.032	0.027	0.022	0.025	0.027
Mg	3.114	3.451	3.272	3.278	2.999	2.896	2.847	2.981	2.953	3.021	3.056	3.033	2.994	2.916	3.065
C-odacığı	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Ca	1.599	1.715	1.710	1.728	1.730	1.665	1.706	1.671	1.667	1.693	1.710	1.709	1.747	1.754	1.733
Na	0.400890025	0.28492742	0.289867687	0.271580203	0.269979367	0.335106631	0.293648114	0.329483817	0.333196921	0.306640828	0.289691112	0.2909366	0.253345956	0.246126463	0.267475264
B- odacığı	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Na	0.274	0.419	0.418	0.440	0.497	0.390	0.454	0.381	0.374	0.458	0.439	0.435	0.446	0.469	0.445
K	0.215	0.110	0.088	0.101	0.101	0.098	0.098	0.090	0.091	0.090	0.087	0.091	0.095	0.099	0.096
A - odacığı	0.489	0.530	0.507	0.541	0.598	0.488	0.552	0.471	0.465	0.548	0.526	0.526	0.541	0.568	0.542
Mg#	71	75	72	72	67	65	64	66	65	66	67	67	67	66	67

Çizelge C.3 (devamı) : Amfibol minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a
Örnek Numaraları	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556
Mineral Türü	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist
Ölçülen Mineral	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B
Ölçülen Zon									Kenar	Çekirdek					
Ölçüm Noktası	556-61	556-62	556-63	556-64	556-65	556-66	556-67	556-68	556-69	556-70	556-71	556-72	556-73	556-74	556-75
SiO_2	42.6	42.54	42.4	42.57	41.67	37.66	43.27	43.02	42.12	43.1	43.23	43.37	43.32	42.8	43.15
TiO_2	2.36	2.4	2.44	2.42	2.07	2.07	2.5	2.44	2.38	1.78	1.79	1.74	1.79	1.75	1.77
Al_2O_3	11.81	12	12.48	12.25	13.22	14.83	11.86	11.87	12.48	12.65	12.58	12.63	12.59	12.65	12.72
Cr_2O_3	0.0015	0.0404	0	0.0611	0.0472	0.0215	0.0197	0.0267	0.0567	0.0454	0.0535	0	0.0139	0.0344	0.0288
FeO	12.58	12.84	13.38	13.22	12.4	12.98	12.59	12.91	13.17	10.23	10.19	10.21	10.18	10.17	10.33
MnO	0.2611	0.2421	0.2824	0.2375	0.1914	0.1223	0.26	0.2316	0.2606	0.1387	0.1373	0.1372	0.1029	0.1688	0.0905
MgO	14.16	13.73	13.59	13.58	13.95	11.67	14.53	14.02	13.59	15.55	15.58	15.6	15.65	15.35	15.53
CaO	11.23	11.08	11.06	11.19	11.41	11.39	11.28	11.35	11.27	11.25	11.3	11.46	11.34	11.23	11.33
Na_2O	2.57	2.45	2.65	2.72	2.53	2.99	2.7	2.6	2.65	2.62	2.67	2.67	2.61	2.69	2.76
K_2O	0.4905	0.6278	0.525	0.5315	0.5883	0.6006	0.5264	0.4937	0.5755	0.6683	0.6717	0.6495	0.6099	0.5922	0.6213
BaO	0.2783	0.2548	0.1103	0.2863	0.1372	0.2629	0.0927	0.0902	0.1937	0.2959	0.2227	0.2522	0.183	0.2445	0.3232
Toplam	98.3414	98.2052	98.9177	99.0665	98.2141	94.5974	99.6289	99.0523	98.7466	98.3284	98.4253	98.7189	98.3898	97.6799	98.6539
Formül															
Si	6.143	6.149	6.082	6.123	6.008	5.755	6.144	6.162	6.073	6.141	6.155	6.164	6.158	6.142	6.140
Al (iv)	1.857	1.851	1.918	1.877	1.992	2.245	1.856	1.838	1.927	1.859	1.845	1.836	1.842	1.858	1.860
T- odacığı	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Al (vi)	0.151	0.194	0.192	0.200	0.254	0.426	0.129	0.166	0.194	0.265	0.266	0.279	0.268	0.282	0.273
Ti	0.256	0.261	0.263	0.262	0.224	0.238	0.267	0.263	0.258	0.191	0.192	0.186	0.191	0.189	0.189
Cr	0.000	0.005	0.000	0.007	0.005	0.003	0.002	0.003	0.006	0.005	0.006	0.000	0.002	0.004	0.003
Fe(iii)	0.915	0.896	0.968	0.841	0.945	0.608	0.920	0.848	0.881	0.927	0.884	0.842	0.905	0.884	0.877
Fe(ii)	0.602	0.656	0.637	0.749	0.550	1.051	0.575	0.699	0.707	0.292	0.329	0.371	0.305	0.337	0.352
Mn	0.032	0.030	0.034	0.029	0.023	0.016	0.031	0.028	0.032	0.017	0.017	0.017	0.012	0.021	0.011
Mg	3.044	2.959	2.906	2.912	2.998	2.659	3.076	2.994	2.921	3.303	3.307	3.305	3.317	3.284	3.294
C-odacığı	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Ca	1.735	1.716	1.700	1.724	1.762	1.865	1.716	1.742	1.741	1.717	1.724	1.745	1.727	1.727	1.727
Na	0.26497785	0.284060427	0.300402023	0.275582141	0.237697537	0.135201552	0.284048178	0.258282865	0.259018804	0.282690193	0.276408846	0.255166185	0.272905422	0.273364411	0.272841337
B- odacığı	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Na	0.454	0.403	0.437	0.483	0.469	0.751	0.459	0.464	0.482	0.441	0.461	0.480	0.446	0.475	0.489
K	0.090	0.116	0.096	0.098	0.108	0.117	0.095	0.090	0.106	0.121	0.122	0.118	0.111	0.108	0.113
A - odacığı	0.544	0.518	0.533	0.580	0.578	0.868	0.555	0.554	0.588	0.563	0.583	0.598	0.557	0.583	0.601
Mg#	67	66	64	65	67	62	67	66	65	73	73	73	73	73	73

Çizelge C.3 (devamı) : Amfibol minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a
Örnek Numaraları	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556
Mineral Türü	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist
Ölçülen Mineral	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Ölçülen Zon															
Ölçüm Noktası	556-76	556-77	556-78	556-79	556-80	556-81	556-82	556-83	556-84	556-85	556-86	556-87	556-88	556-89	556-90
SiO_2	42.91	42.29	43.36	42.34	42.99	42.41	41.51	41.64	42.06	42.34	42.2	43.14	42.45	42.74	42.06
TiO_2	2.75	2.41	2.45	2.73	1.77	1.75	1.92	2.2	2.36	2.44	2.27	2.58	2.75	1.7	1.91
Al_2O_3	11.6	12.55	12.38	12.39	12.13	12.9	13.91	13.42	12.55	12.23	12.68	11.47	11.95	12.67	13.52
Cr_2O_3	0.026	0.0419	0.0411	0	0.0267	0.0156	0.0162	0.0232	0	0.0562	0.0587	0	0.0426	0.0297	0.0227
FeO	11.67	12.83	12.08	13.05	11.63	11.09	12.22	13.12	13.03	12.9	12.76	12.22	12.71	11.14	12.2
MnO	0.2111	0.2492	0.2091	0.2766	0.2053	0.1602	0.1677	0.185	0.2306	0.2535	0.2604	0.2483	0.2342	0.1444	0.1875
MgO	14.72	13.76	13.54	13.46	15.02	15.18	13.74	13.07	13.47	13.72	13.63	14.36	13.75	15	13.87
CaO	11.06	10.94	10.73	10.83	10.85	10.89	11.02	11.21	11.04	10.76	10.94	10.95	10.91	11.13	11.13
Na_2O	2.76	2.65	2.88	2.66	2.57	2.72	2.65	2.62	2.65	2.67	2.62	2.65	2.71	2.62	2.56
K_2O	0.4407	0.5189	0.5095	0.545	0.5699	0.5374	0.5344	0.5356	0.5386	0.5333	0.521	0.4939	0.5236	0.5743	0.5393
BaO	0.2578	0.2821	0.1704	0.2345	0.2615	0.2445	0.2173	0.221	0.3274	0.2374	0.2158	0.1588	0.2486	0.1796	0.2476
Toplam	98.4056	98.5222	98.3502	98.5162	98.0235	97.8978	97.9056	98.2449	98.2567	98.1404	98.156	98.271	98.2791	97.9281	98.2472
Formül															
Si	6.160	6.083	6.243	6.102	6.146	6.060	5.982	6.032	6.089	6.110	6.088	6.201	6.134	6.121	6.043
Al (iv)	1.840	1.917	1.757	1.898	1.854	1.940	2.018	1.968	1.911	1.890	1.912	1.799	1.866	1.879	1.957
T - odacığı	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Al (vi)	0.123	0.210	0.344	0.206	0.190	0.232	0.345	0.323	0.230	0.190	0.244	0.145	0.170	0.259	0.332
Ti	0.297	0.261	0.265	0.296	0.190	0.188	0.208	0.240	0.257	0.265	0.246	0.279	0.299	0.183	0.206
Cr	0.003	0.005	0.005	0.000	0.003	0.002	0.002	0.003	0.000	0.006	0.007	0.000	0.005	0.003	0.003
Fe(iii)	0.869	0.975	0.670	0.913	1.140	1.145	1.013	0.849	0.899	0.992	0.958	0.894	0.860	1.002	0.972
Fe(ii)	0.532	0.569	0.784	0.659	0.250	0.180	0.459	0.741	0.678	0.564	0.582	0.574	0.676	0.332	0.494
Mn	0.026	0.030	0.025	0.034	0.025	0.019	0.020	0.023	0.028	0.031	0.032	0.030	0.029	0.018	0.023
Mg	3.151	2.951	2.906	2.892	3.201	3.234	2.952	2.823	2.907	2.952	2.932	3.077	2.962	3.203	2.971
C-odacığı	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Ca	1.701	1.686	1.655	1.672	1.662	1.667	1.701	1.740	1.712	1.663	1.691	1.686	1.689	1.708	1.713
Na	0.298919147	0.314163849	0.344876803	0.327949547	0.338136376	0.332970776	0.298541227	0.260276731	0.287735669	0.336550972	0.309081209	0.313660475	0.3109605	0.292338418	0.286910283
B- odacığı	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Na	0.469	0.425	0.459	0.415	0.374	0.421	0.442	0.476	0.456	0.410	0.424	0.425	0.448	0.435	0.426
K	0.081	0.095	0.094	0.100	0.104	0.098	0.098	0.099	0.099	0.098	0.096	0.091	0.097	0.105	0.099
A - odacığı	0.550	0.520	0.553	0.515	0.478	0.518	0.540	0.574	0.555	0.509	0.520	0.515	0.545	0.540	0.525
Mg#	69	66	67	65	70	71	67	64	65	65	66	68	66	71	67

Çizelge C.3 (devamı) : Amfibol minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V1a	V1a	V1a	V1a	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b
Örnek Numaraları	556	556	556	556	D27	D27	D27	D27	D27	D27	D27	D27	D27	D27	D27
Mineral Türü	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist
Ölçülen Mineral	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B
Ölçülen Zon				Kenar	Çekirdek								Kenar	Çekirdek	
Ölçüm Noktası	556-91	556-92	556-93	556-94	D27-1	D27-2	D27-3	D27-4	D27-5	D27-6	D27-7	D27-8	D27-9	D27-10	D27-11
SiO_2	42.7	42.82	42.19	42.37	44.36	42.89	44.28	44.65	44.95	44.22	45.82	45.83	44.27	45.28	45.26
TiO_2	2.55	2.52	2.45	2.28	2.2	2.55	2.39	2.25	2.26	2.76	2.08	2.05	1.8	2.72	2.55
Al_2O_3	12.01	11.71	12.26	12.02	10.04	11.09	10.25	9.81	9.45	9.62	8.33	8.4	8.68	8.83	8.93
Cr_2O_3	0.0261	0	0.0514	0.0388	0.095	0.0688	0.078	0.0204	0.0186	0.0527	0.0104	0.0318	0.0403	0.0604	0
FeO	12.37	12.49	13.68	14.42	13.33	13.52	12.47	12.78	12.47	13.15	13.34	13.25	12.76	13.56	13.56
MnO	0.2558	0.274	0.2977	0.3287	0.4005	0.4365	0.3433	0.3996	0.4302	0.4229	0.3617	0.4041	0.4579	0.3451	0.3945
MgO	13.99	14.01	13.16	12.75	13.49	13.02	14	14.03	14.19	13.51	14	14.11	13.51	13.63	13.75
CaO	11.06	10.92	10.78	10.6	11.37	11.5	11.51	11.45	11.46	11.53	11.44	11.17	11.37	11.27	11.22
Na_2O	2.64	2.63	2.71	2.82	2.34	2.47	2.29	2.34	2.26	2.21	2.06	2.07	2.19	2.12	2.25
K_2O	0.4955	0.4894	0.5595	0.5619	0.6508	0.6936	0.6493	0.7007	0.7315	0.7067	0.7171	0.7225	0.6932	0.7935	0.7887
BaO	0.2652	0.235	0.261	0.2325	0.2044	0.3323	0.1418	0.174	0.2515	0.2073	0.3443	0.2586	0.1466	0.2966	0.2753
Toplam	98.3626	98.0985	98.3997	98.4219	98.4808	98.5713	98.4025	98.6048	98.4719	98.3896	98.5036	98.2971	95.9181	98.9056	98.9786
Formül															
Si	6.153	6.180	6.106	6.146	6.442	6.264	6.410	6.459	6.511	6.447	6.652	6.638	6.609	6.560	6.547
Al (iv)	1.847	1.820	1.894	1.854	1.558	1.736	1.590	1.541	1.489	1.553	1.348	1.362	1.391	1.440	1.453
T- odacığı	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Al (vi)	0.193	0.171	0.196	0.200	0.160	0.172	0.158	0.132	0.124	0.100	0.078	0.072	0.136	0.068	0.069
Ti	0.276	0.274	0.267	0.249	0.240	0.280	0.260	0.245	0.246	0.303	0.227	0.223	0.202	0.296	0.277
Cr	0.003	0.000	0.006	0.004	0.011	0.008	0.009	0.002	0.002	0.006	0.001	0.004	0.005	0.007	0.000
Fe(iii)	0.854	0.000	0.000	0.000	0.589	0.569	0.570	0.582	0.544	0.484	0.543	0.658	0.444	0.532	0.575
Fe(ii)	0.637	1.507	1.655	1.749	1.030	1.082	0.939	0.964	0.967	1.119	1.076	0.946	1.149	1.111	1.065
Mn	0.031	0.033	0.036	0.040	0.049	0.054	0.042	0.049	0.053	0.052	0.044	0.050	0.058	0.042	0.048
Mg	3.006	3.014	2.839	2.757	2.921	2.835	3.021	3.026	3.064	2.936	3.030	3.047	3.007	2.944	2.965
C-odacığı	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Ca	1.708	1.688	1.671	1.647	1.769	1.799	1.785	1.775	1.778	1.801	1.779	1.733	1.818	1.749	1.739
Na	0.292464914	0.311624166	0.328707628	0.352821029	0.231063465	0.200761255	0.215058859	0.225395914	0.221611027	0.199151011	0.220638903	0.266728178	0.181599982	0.250761723	0.261292708
B- odacığı	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Na	0.445	0.424	0.432	0.440	0.428	0.499	0.428	0.431	0.413	0.425	0.359	0.315	0.452	0.345	0.370
K	0.091	0.090	0.103	0.104	0.121	0.129	0.120	0.129	0.135	0.131	0.133	0.133	0.132	0.147	0.146
A - odacığı	0.536	0.514	0.535	0.544	0.548	0.628	0.547	0.560	0.548	0.557	0.492	0.448	0.584	0.491	0.515
Mg#	67	67	63	61	64	63	67	66	67	65	65	66	65	64	64

Çizelge C.3 (devamı) : Amfibol minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b
Örnek Numaraları	D27	D27	D27	D27	D27	D27	D27	D27	D27	D27	D27	D27	D27	D27
Mineral Türü	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist
Ölçülen Mineral	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Ölçülen Zon														Kenar
Ölçüm Noktası	D27-12	D27-13	D27-14	D27-15	D27-16	D27-17	D27-18	D27-19	D27-20	D27-21	D27-22	D27-23	D27-24	D27-25
SiO_2	44.94	45.64	45.36	45.24	45.46	45.42	45.28	44.76	44.67	44.79	45.02	46.52	45.65	51.66
TiO_2	2.54	2.44	2.55	2.47	2.58	2.48	2.02	1.85	2.22	2.22	2.2	1.93	2.12	1.3277
Al_2O_3	8.8	8.42	8.85	8.71	8.67	8.51	9.19	9.58	9.51	9.54	9.08	8	8.9	8.36
Cr_2O_3	0.0146	0.021	0	0	0.0022	0.0161	0.0286	0.0449	0.0373	0.0156	0.0226	0.0264	0.0618	0.0643
FeO	13.62	13.5	13.73	13.65	13.49	13.3	13.21	13.62	13.2	12.85	13.88	13.01	13.65	11.3
MnO	0.4184	0.355	0.4105	0.3292	0.4047	0.3527	0.4026	0.4153	0.3908	0.3991	0.452	0.4697	0.5084	0.4045
MgO	13.94	13.92	13.52	13.67	14.01	14.08	14.17	13.89	13.63	14.14	13.77	14.52	14.04	12.46
CaO	11.35	11.06	11.2	11.29	11.22	11.16	11.31	11.35	11.27	11.39	11.38	11.61	11.25	8.77
Na_2O	2.2	2.16	2.27	2.16	2.18	2.07	2.27	2.31	2.38	2.19	2.16	1.96	2.1	2.01
K_2O	0.7771	0.7862	0.8242	0.7857	0.7834	0.7503	0.6785	0.6857	0.7642	0.8158	0.7697	0.7171	0.7319	2.44
BaO	0.1964	0.2673	0.2101	0.2533	0.3246	0.3304	0.3574	0.2151	0.1164	0.3117	0.0918	0.1526	0.2388	0.4202
Toplam	98.7966	98.5696	98.9249	98.5583	99.125	98.4696	98.9172	98.721	98.1888	98.6623	98.8261	98.9159	99.251	99.2168
Formül														
Si	6.509	6.610	6.574	6.576	6.557	6.580	6.529	6.471	6.505	6.478	6.509	6.694	6.553	7.360
Al (iv)	1.491	1.390	1.426	1.424	1.443	1.420	1.471	1.529	1.495	1.522	1.491	1.306	1.447	0.640
T - odacığı	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Al (vi)	0.011	0.048	0.086	0.068	0.031	0.033	0.090	0.103	0.138	0.105	0.057	0.051	0.059	0.764
Ti	0.277	0.266	0.278	0.270	0.280	0.270	0.219	0.201	0.243	0.242	0.239	0.209	0.229	0.142
Cr	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	0.003	0.005	0.004	0.002	0.003	0.003	0.007	0.007
Fe(iii)	0.642	0.624	0.515	0.545	0.631	0.661	0.687	0.729	0.536	0.638	0.680	0.577	0.744	0.000
Fe(ii)	1.008	1.011	1.149	1.114	0.996	0.950	0.906	0.917	1.072	0.917	0.998	0.989	0.894	1.346
Mn	0.051	0.044	0.050	0.041	0.049	0.043	0.049	0.051	0.048	0.049	0.055	0.057	0.062	0.049
Mg	3.010	3.006	2.921	2.962	3.013	3.041	3.046	2.994	2.959	3.049	2.968	3.115	3.005	2.646
C-odacığı	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	4.954
Ca	1.761	1.716	1.739	1.758	1.734	1.732	1.747	1.758	1.758	1.765	1.763	1.790	1.730	1.339
Na	0.238883664	0.283846233	0.260880502	0.241862119	0.266223778	0.267974836	0.252997234	0.242155231	0.241644336	0.235039766	0.23723365	0.21022134	0.269814472	0.661431248
B- odacığı	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Na	0.379	0.323	0.377	0.367	0.343	0.313	0.382	0.405	0.430	0.379	0.368	0.337	0.315	-0.106
K	0.144	0.145	0.152	0.146	0.144	0.139	0.125	0.126	0.142	0.151	0.142	0.132	0.134	0.443
A - odacığı	0.522	0.468	0.529	0.513	0.488	0.452	0.506	0.532	0.572	0.530	0.510	0.468	0.449	0.337
Mg#	65	65	64	64	65	65	66	65	65	66	64	67	65	66

Çizelge C.4 : Feldspat minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1a	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b
Örnek Numaraları	565	565	565	565	565	565	565	D27	D27	D27	D27	D27	D27	D27	D27
Mineral Türü	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler
Ölçülen Mineral	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Ölçülen Zon	Kenar		Çekirdek	Çekirdek	Çekirdek		Kenar	Çekirdek							
Ölçüm Noktası	565-1	565-2	565-3	565-4	565-5	565-6	565-7	D27-1	D27-2	D27-3	D27-4	D27-5	D27-6	D27-7	D27-8
SiO_2	61.14	54.12	58.11	45.67	51.92	53.34	55.45	60.03	55.76	54.76	56.6	60.03	55.42	58.76	58.23
TiO_2	0.0464	0.012	0.0004	0.0273	0.0291	0.0274	0.0406	0	0.0285	0.0077	0.0142	0	0.02	0.0419	0
Al_2O_3	24.07	28.17	23.69	28.11	30.02	28.97	27.62	24.54	27.32	28.18	26.72	24.85	25.59	25.57	25.98
Cr_2O_3	0.0095	0.0055	0.0182	0.0358	0.0192	0.0498	0.0109	0.0088	0.0002	0.0013	0	0.0039	0.0282	0	0.029
FeO	0.6594	0.7522	0.7427	0.9178	0.7159	0.7503	0.7461	0.2709	0.3161	0.3195	0.226	0.2843	0.2851	0.3006	0.3264
MnO	0.0122	0.0088	0.0198	0.0196	0.0145	0.0324	0.0096	0.0186	0	0.0097	0.0077	0	0	0.0095	0.0047
MgO	0.0409	0.0398	0.1082	0.2186	0.0619	0.0477	0.0243	0.028	0.005	0.0094	0	0.02	0.0162	0	0
CaO	6.54	11.39	10.94	10.27	13.14	12.17	10.95	6.85	10.12	10.83	9.59	6.88	6.91	7.93	8.12
Na_2O	6.99	4.87	3.86	6.1	4.08	4.7	5.37	7.7	5.81	5.49	6.22	7.52	8.18	7.18	6.86
K_2O	1.63	0.4172	0.2498	0.4022	0.1581	0.2063	0.2752	0.5875	0.2817	0.2299	0.3291	0.5665	0.5834	0.4388	0.4285
TOPLAM	101.1384	99.7855	97.7391	91.7713	100.1587	100.2939	100.4967	100.0338	99.6415	99.8375	99.707	100.1547	97.0329	100.2308	99.9786
Formül															
Si	10.85288702	9.847060027	10.6659943	9.190748412	9.457016642	9.6824518	9.995369972	10.74095664	10.09370287	9.917774621	10.22364683	10.71677964	10.30773396	10.51802607	10.45179709
Ti	0.006194834	0.001642184	5.52208E-05	0.004132134	0.003986615	0.003740888	0.005504466	0	0.003880293	0.001048898	0.001929166	0	0.002797812	0.005641029	0
Al	5.035307885	6.040400534	5.124430712	6.666698347	6.444070013	6.197419873	5.867472874	5.174629633	5.82825492	6.0148095	5.687952408	5.228203015	5.609150057	5.394028994	5.495578545
Fe(ii)	0.097875038	0.114441958	0.113990077	0.154444011	0.109037274	0.113886024	0.112459854	0.040530949	0.047847076	0.048386567	0.034135086	0.042440058	0.044340139	0.044992962	0.048988877
Ca	1.243711113	2.220211974	2.151244202	2.214176458	2.564110598	2.366708822	2.114624997	1.313067676	1.962592716	2.101363435	1.855794715	1.315849787	1.376881758	1.520714062	1.561428593
Na	2.405500055	1.71785343	1.373555222	2.379896383	1.440747851	1.65401155	1.876635627	2.6709988	2.038976551	1.927664669	2.178151782	2.602688215	2.949567445	2.491639732	2.387133147
K	0.369076564	0.096828257	0.058486	0.103245457	0.036733335	0.047768387	0.063278295	0.134088492	0.065046452	0.053112749	0.075827425	0.129004508	0.138411483	0.100190857	0.09810791
TOPLAM	20.01055251	20.03843836	19.48775573	20.7133412	20.05570233	20.06598734	20.03534609	20.07427219	20.04030088	20.06416044	20.05743741	20.03496522	20.42888266	20.0752337	20.04303416
An	31	55	60	47	63	58	52	32	48	51	45	33	31	37	39
Ab	60	43	38	51	36	41	46	65	50	47	53	64	66	61	59
Or	9	2	2	2	1	1	2	3	2	1	2	3	3	2	2

Çizelge C.4 (devamı) : Feldspat minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a
Örnek Numaraları	D27	D27	D27	D27	D27	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429
Mineral Türü	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler
Ölçülen Mineral	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Ölçülen Zon					Kenar	Çekirdek									
Ölçüm Noktası	**D27-9**	**D27-10**	**D27-11**	**D27-12**	**D27-13**	**429-1**	**429-2**	**429-3**	**429-4**	**429-5**	**429-6**	**429-7**	**429-8**	**429-9**	**429-10**
SiO_2	57.39	55.55	54.88	59.19	59.55	54.75	53.12	54.35	54.37	54.27	54.3	54.36	54.71	54.92	54.78
TiO_2	0	0.0027	0.0218	0	0	0.0208	0.0432	0.1215	0.0815	0.0279	0.0924	0.0205	0.0411	0.054	0.0134
Al_2O_3	26.22	27.93	28.02	24.87	25.18	27.08	25.51	27.59	27.51	27.5	27.64	27.16	27.12	26.98	27
Cr_2O_3	0	0.035	0.0403	0.0254	0	0.0178	0.0338	0.0355	0.0438	0.0125	0	0.0271	0.0608	0.0113	0.0068
FeO	0.2722	0.3036	0.2903	0.2819	0.3176	0.6772	2.14	0.6536	0.7337	0.6719	0.6273	0.6721	0.6366	0.6479	0.6538
MnO	0	0.0575	0	0.0192	0	0	0.0249	0.0249	0.004	0.0222	0.0429	0.003	0.0359	0.0076	0
MgO	0.0138	0.0211	0.008	0.0144	0.0144	0.0709	1.3743	0.0935	0.0765	0.0585	0.0544	0.2	0.0852	0.0816	0.0739
CaO	8.71	10.58	10.81	7.35	7.57	10.61	10.14	11.06	11.08	11.13	10.96	10.74	10.66	10.66	10.69
Na_2O	6.5	5.54	5.35	7.39	7.04	5.17	4.55	5.03	5.14	5.02	5.11	5.03	5.09	5.15	5.25
K_2O	0.3999	0.272	0.279	0.5313	0.5372	0.5572	0.5197	0.4986	0.4879	0.4427	0.4909	0.5906	0.574	0.6075	0.5813
TOPLAM	99.5059	100.2919	99.6994	99.6722	100.2092	98.954	97.4559	99.4576	99.5275	99.1558	99.3179	98.8033	99.0136	99.1199	99.0493
Formül															
Si	10.36124439	10.00847199	9.949186089	10.64351289	10.63663979	10.02850873	10.07043985	9.924433521	9.926577797	9.933345723	9.921637273	9.99244514	10.02267182	10.04498977	10.03018548
Ti	0	0.000365881	0.0029725	0	0	0.002865546	0.006159791	0.016686849	0.011191536	0.003840889	0.012698352	0.002834249	0.005663051	0.007428559	0.001845371
Al	5.578770208	5.930410326	5.986481918	5.27038727	5.300398288	5.845625467	5.699423448	5.937286033	5.919171195	5.931964129	5.951845478	5.883722521	5.85513042	5.81555287	5.82613835
Fe(ii)	0.041092916	0.045739207	0.04400719	0.042387215	0.047435811	0.103722347	0.33924019	0.099797893	0.112011313	0.102835608	0.095843343	0.10330691	0.097518403	0.099090062	0.100100214
Ca	1.684673587	2.042167223	2.099525067	1.415943449	1.44857333	2.082042241	2.059445234	2.163631146	2.167214497	2.182492766	2.145438101	2.115039706	2.092164935	2.08880594	2.096942687
Na	2.275083796	1.935092935	1.88033652	2.576258493	2.43783155	1.835908888	1.67228432	1.780666184	1.819330852	1.781343996	1.810142494	1.792539182	1.80776896	1.826142008	1.863608092
K	0.092095013	0.062511747	0.064518858	0.121866821	0.122396136	0.130188421	0.12567593	0.116136162	0.113626611	0.103360421	0.114415685	0.138482465	0.134133638	0.141734074	0.135767642
TOPLAM	20.03295991	20.02475931	20.02702814	20.07035613	19.99327491	20.02886164	19.97266876	20.03863779	20.0691238	20.03918353	20.05202073	20.02837017	20.01505122	20.02374328	20.05458784
An	42	51	52	34	36	51	53	53	53	54	53	52	52	51	51
Ab	56	48	46	63	61	45	43	44	44	44	44	44	45	45	45
Or	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Çizelge C.4 (devamı) : Feldspat minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a
Örnek Numaraları	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429
Mineral Türü	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler
Ölçülen Mineral	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Ölçülen Zon															
Ölçüm Noktası	**429-11**	**429-12**	**429-13**	**429-14**	**429-15**	**429-16**	**429-17**	**429-18**	**429-19**	**429-20**	**429-21**	**429-22**	**429-23**	**429-24**	**429-25**
SiO_2	54.92	57.54	54.36	54.65	54.11	54.62	54.97	54.53	55.21	55.02	55.4	55.26	55.18	55.05	55.66
TiO_2	0.0924	0.0568	0.0822	0.0855	0.0984	0.0398	0.0599	0.0335	0.0312	0.0746	0.1017	0.0756	0.1149	0.0584	0.057
Al_2O_3	27.33	25.98	27.2	27.02	26.69	27.16	27.28	26.23	26.79	26.47	26.45	26.26	26.79	26.99	26.52
Cr_2O_3	0.0466	0	0.0103	0.0113	0.0261	0.0421	0.048	0.0142	0	0.0823	0.018	0.009	0	0	0.0233
FeO	0.638	0.6189	0.6239	0.6125	0.6721	0.6605	0.6015	1.0534	0.6916	0.7385	0.6841	0.7006	0.7273	0.7364	0.7183
MnO	0.0116	0.0315	0.0243	0	0.03	0.0404	0.0196	0.0097	0.0034	0.0152	0.0279	0.015	0	0.0013	0.0065
MgO	0.0788	0.023	0.0889	0.1051	0.0903	0.0913	0.096	0.3077	0.0844	0.0718	0.0516	0.0763	0.0993	0.0848	0.0775
CaO	10.63	9.61	10.74	10.67	10.63	10.58	10.71	10.32	10.26	10.12	10.21	9.97	10.52	10.44	9.78
Na_2O	5.35	5.24	5.02	5.13	4.99	5.04	5.02	5.07	5.21	5.49	5.42	5.3	5.24	5.04	5.46
K_2O	0.5071	0.9878	0.5828	0.603	0.6088	0.5952	0.6244	0.6054	0.6623	0.7079	0.7195	0.658	0.6045	0.6236	0.7235
TOPLAM	99.6045	100.0879	98.7325	98.8875	97.9457	98.8693	99.4295	98.1739	98.943	98.7904	99.0828	98.3246	99.276	99.0246	99.0261
Formül															
Si	10.00120836	10.36675131	9.986218205	10.0221313	10.02473044	10.01833816	10.02327096	10.10305015	10.10317361	10.10832873	10.13416297	10.16982809	10.0765635	10.06725674	10.17092392
Ti	0.012655689	0.00769685	0.011357567	0.011793098	0.013711411	0.005490589	0.008214903	0.004668245	0.004294242	0.010308357	0.013992359	0.01046445	0.015781295	0.008032644	0.007834006
Al	5.865319457	5.516226145	5.888715871	5.839630379	5.827386671	5.87088873	5.862167083	5.727240157	5.777538858	5.731163591	5.702087645	5.69544347	5.765454595	5.816835721	5.711113831
Fe(ii)	0.097150665	0.093238753	0.095838441	0.093924559	0.104119534	0.101302454	0.09171123	0.163197491	0.105827419	0.113452069	0.104640754	0.107814213	0.111057397	0.112608391	0.109755482
Ca	2.073848993	1.85488987	2.113721689	2.09631364	2.109844039	2.078986061	2.092161103	2.048418207	2.011450495	1.991870972	2.000901825	1.965711636	2.058109175	2.045390521	1.914599661
Na	1.888791747	1.830258606	1.78786066	1.823877369	1.79227259	1.792185153	1.774580883	1.821098003	1.848358205	1.955417345	1.922143262	1.890980056	1.855113067	1.786868963	1.934274891
K	0.117794381	0.22701307	0.136568382	0.141057522	0.143872845	0.139256646	0.145229768	0.143076545	0.154597989	0.165897446	0.167887335	0.154467686	0.140810834	0.145468495	0.168641616
TOPLAM	20.05676929	19.8960746	20.02028081	20.02872786	20.01593753	20.00644779	19.99733593	20.0107488	20.00524082	20.07643851	20.04581615	19.9947096	20.02288986	19.98246148	20.01714341
An	51	47	52	52	52	52	52	51	50	48	49	49	51	51	48
Ab	46	47	44	45	44	45	44	45	46	48	47	47	46	45	48
	3	6	3	3	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4

Çizelge C.4 (devamı) : Feldspat minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a
Örnek Numaraları	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429
Mineral Türü	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler
Ölçülen Mineral	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Ölçülen Zon															
Ölçüm Noktası	**429-26**	**429-27**	**429-28**	**429-29**	**429-30**	**429-31**	**429-32**	**429-33**	**429-34**	**429-35**	**429-36**	**429-37**	**429-38**	**429-39**	**429-40**
SiO_2	56.54	56.48	56.51	56.24	54.97	54.97	54.47	54.77	54.72	54.42	54.74	55.6	55.88	55.63	55.39
TiO_2	0.1299	0.0809	0.0791	0.0997	0.0292	0.119	0.0545	0.0442	0.0525	0.0645	0.0979	0.0863	0.036	0.0923	0.0934
Al_2O_3	26.2	25.86	26.06	26.26	26.92	27.2	26.94	27.19	27.19	27.29	27.07	26.94	26.31	26.86	26.76
Cr_2O_3	0	0.0395	0	0.0125	0.0478	0	0.0143	0.0128	0.043	0	0.0433	0	0.0072	0.0225	0
FeO	0.6785	0.6616	0.6822	0.6716	0.6625	0.6619	0.7497	0.6732	0.6904	0.6595	0.6481	0.6554	0.6238	0.6983	0.6092
MnO	0.0095	0.0184	0.0158	0.0252	0	0.0201	0.0222	0.0439	0.0422	0.008	0.0171	0.0093	0.0006	0.03	0
MgO	0.0811	0.0953	0.0786	0.1093	0.0862	0.0486	0.1559	0.0657	0.1083	0.0814	0.0824	0.0639	0.0465	0.0758	0.0666
CaO	9.41	9.47	9.4	9.64	10.58	10.79	10.74	10.96	10.74	10.92	10.71	10.54	9.8	10.13	10.27
Na_2O	5.73	5.57	5.89	5.64	5.28	5.17	4.95	5.03	5	4.93	5.01	5.11	5.6	5.37	5.11
K_2O	0.7857	0.754	0.7997	0.7686	0.622	0.4911	0.5319	0.5451	0.5582	0.5545	0.5835	0.6109	0.5853	0.6176	0.6106
TOPLAM	99.5648	99.0297	99.5155	99.4669	99.1978	99.4708	98.6285	99.335	99.1447	98.928	99.0023	99.6159	98.8895	99.5266	98.9098
Formül															
Si	10.26282708	10.30571169	10.27063523	10.23140574	10.05307793	10.01504886	10.02232927	10.00366477	10.01336741	9.976062538	10.02536985	10.10129355	10.20954205	10.11935248	10.12381402
Ti	0.017734225	0.011102574	0.010812854	0.013641968	0.004016502	0.016306703	0.007542228	0.006071983	0.007225788	0.00889308	0.013485597	0.011792472	0.004947026	0.012628077	0.012839601
Al	5.604573788	5.560859391	5.581828672	5.630083168	5.802009837	5.840181343	5.841696311	5.852692265	5.863721879	5.895684762	5.842704998	5.768061533	5.665011626	5.758107453	5.764066667
Fe(ii)	0.102982685	0.100944334	0.103678061	0.102165399	0.10131234	0.100837685	0.115345845	0.102816697	0.105642336	0.101092416	0.099252347	0.099566167	0.095301204	0.106215735	0.093105608
Ca	1.829880586	1.851207915	1.830297854	1.878836327	2.072912159	2.106059804	2.117081085	2.144612644	2.105524325	2.144594476	2.101391641	2.051467922	1.918217546	1.974126727	2.010967982
Na	2.016388338	1.970365721	2.075370506	1.989195405	1.872041977	1.826107022	1.765732205	1.78111812	1.773831712	1.752087909	1.77885965	1.799829842	1.983564099	1.893765923	1.810681403
K	0.181918546	0.175494562	0.185399309	0.178360792	0.145101771	0.1141317	0.124839005	0.126999376	0.130296549	0.129661545	0.136315577	0.141573296	0.136407235	0.143304546	0.142356929
TOPLAM	20.01630525	19.97568618	20.05802249	20.0236888	20.05047252	20.01867312	19.99456595	20.01797586	19.99961	20.00807673	19.99737966	19.97358478	20.01299078	20.00750095	19.95783221
An	45	46	45	46	51	52	53	53	53	53	52	51	48	49	51
Ab	50	49	51	49	46	45	44	44	44	44	44	45	49	47	46
Or	5	4	5	4	4	3	3	3	3	3	3	4	3	4	4

Çizelge C.4 (devamı) : Feldspat minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a
Örnek Numaraları	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429
Mineral Türü	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler
Ölçülen Mineral	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Ölçülen Zon		Kenar	Çekirdek												
Ölçüm Noktası	**429-41**	**429-42**	**429-43**	**429-44**	**429-45**	**429-46**	**429-47**	**429-48**	**429-49**	**429-50**	**429-51**	**429-52**	**429-53**	**429-54**	**429-55**
SiO_2	55.82	56.77	57.12	56.39	56.45	55.83	54.23	56.5	55.84	56.05	56.03	55.81	55.89	55.64	55.56
TiO_2	0.049	0.0535	0.0789	0.0665	0.067	0.0346	0.0676	0.015	0.0902	0.0897	0.0828	0.0865	0.0554	0.0979	0.1146
Al_2O_3	26.28	25.75	25.85	25.93	26.48	26.3	24.67	26.14	26.47	26.46	26.19	26.46	26.41	26.78	26.55
Cr_2O_3	0.0143	0	0.0185	0.0231	0.0016	0.0507	0	0.0372	0	0	0.0345	0.0273	0.0272	0.0702	0.0632
FeO	0.648	0.6874	0.7237	0.6954	0.6697	0.6562	2.3	0.6405	0.6106	0.6108	0.6257	0.6416	0.6623	0.6388	0.6606
MnO	0.0427	0.0053	0.0182	0	0	0	0	0	0.0028	0.0093	0	0.0216	0	0	0
MgO	0.0712	0.106	0.0744	0.0679	0.0558	0.0942	1.271	0.075	0.086	0.0855	0.0773	0.0801	0.0758	0.0853	0.0957
CaO	10.03	9.4	9.01	9.58	9.89	10.11	9.28	9.92	10.32	9.95	9.94	9.93	10.04	10.38	10.12
Na_2O	5.3	5.81	5.95	5.8	5.69	5.32	4.84	5.68	5.25	5.64	5.54	5.64	5.49	5.4	5.41
K_2O	0.6863	0.7234	0.7669	0.6695	0.5294	0.5864	0.5551	0.5523	0.6396	0.6557	0.6397	0.6078	0.5573	0.6246	0.6087
TOPLAM	98.9415	99.3057	99.6107	99.2225	99.8336	98.9822	97.2138	99.5601	99.3092	99.551	99.1601	99.3049	99.2081	99.7169	99.1829
Formül															
Si	10.20517688	10.32894096	10.35195168	10.27538918	10.21606812	10.20222972	10.26336546	10.25798884	10.17169862	10.18712364	10.2202368	10.17303106	10.18863635	10.11320204	10.14488808
Ti	0.006737808	0.007321205	0.010754814	0.009114014	0.009119825	0.004755492	0.009622518	0.002048316	0.012357951	0.012261971	0.011359587	0.011858952	0.007595976	0.013383698	0.015738434
Al	5.662212422	5.521336637	5.521088105	5.568379098	5.647651728	5.663870459	5.50236545	5.593059643	5.682404015	5.667556953	5.629968009	5.684055117	5.673883916	5.736436992	5.713202815
Fe(ii)	0.099062404	0.104580227	0.109672	0.105958066	0.101345223	0.100269038	0.363983064	0.097238009	0.09300537	0.092827818	0.095435432	0.097792569	0.100957795	0.097088909	0.100861807
Ca	1.964506891	1.832258197	1.749366265	1.870180882	1.917511797	1.979249506	1.881568719	1.929511475	2.013954667	1.937407426	1.942444591	1.939141565	1.96081935	2.021253732	1.979645626
Na	1.878516101	2.049374749	2.090544184	2.0489555	1.996367301	1.884722653	1.775840264	1.999265437	1.854025596	1.987299906	1.959108317	1.993084903	1.940272124	1.902846123	1.915096383
K	0.160049278	0.167889843	0.177289001	0.15561655	0.122211701	0.136688019	0.13400791	0.127908037	0.148615993	0.152016301	0.148842071	0.141321442	0.129592543	0.14481467	0.141774245
TOPLAM	19.97626179	20.01170182	20.01066605	20.03359329	20.01027569	19.97178489	19.93075338	20.00701976	19.97606221	20.03649402	20.0073948	20.0402856	20.00175805	20.02902616	20.01120739
An	49	45	44	46	48	49	50	48	50	48	48	48	49	50	49
Ab	47	51	52	50	49	47	47	49	46	49	48	49	48	47	47
Or	4	4	4	4	3	3	4	3	4	4	4	3	3	4	4

Çizelge C.4 (devamı) : Feldspat minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a
Örnek Numaraları	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429
Mineral Türü	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler
Ölçülen Mineral	B	B	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Ölçülen Zon			Kenar	Çekirdek								Manto/Kenar	Manto/Kenar	Manto/Kenar	Kenar
Ölçüm Noktası	**429-56**	**429-57**	**429-58**	**429-59**	**429-60**	**429-61**	**429-62**	**429-63**	**429-64**	**429-65**	**429-66**	**429-67**	**429-68**	**429-69**	**429-70**
SiO_2	55.95	56.76	57.49	54.91	54.76	54.73	55.23	54.97	54.98	54.82	53.12	54.8	49.04	48.84	52.22
TiO_2	0.06	0.0719	0.0863	0.0772	0.0594	0.0889	0.1294	0.0835	0.0482	0.0885	0.2651	0.8788	0.0091	0.0361	0.1178
Al_2O_3	26.46	25.85	25.33	26.97	26.98	27.03	26.73	26.78	26.74	26.72	24.9	19.38	30.17	30.83	23.67
Cr_2O_3	0.0295	0	0.032	0.0241	0.008	0.0677	0.0478	0.031	0	0.0235	0.0173	0.0195	0.0076	0	0.0164
FeO	0.7211	0.69	0.7303	0.6894	0.7032	0.6682	0.6835	0.6872	0.6961	0.7256	3.14	6.71	0.8082	0.7718	2.86
MnO	0.0235	0	0.0167	0	0	0.0198	0.0266	0	0.012	0.0026	0.0555	0.2124	0	0	0.0878
MgO	0.0685	0.0719	0.0844	0.1123	0.1113	0.0862	0.1173	0.1009	0.0863	0.0992	1.1076	2.7	0.1821	0.0895	2.76
CaO	10.16	9.34	9.03	10.69	10.72	10.71	10.68	10.58	10.44	10.58	10.44	11.56	15.52	15.37	12.5
Na_2O	5.66	5.93	6.13	5.13	5.01	5.12	5.15	5.23	5.22	5.15	4.7	2.92	2.49	2.69	3.73
K_2O	0.5941	0.6395	0.7908	0.5769	0.5536	0.537	0.5599	0.5662	0.5955	0.5236	0.4325	0.7362	0.1872	0.1768	0.7971
TOPLAM	99.7268	99.3534	99.7206	99.18	98.9055	99.0579	99.3546	99.0289	98.8182	98.7331	98.178	99.9169	98.4143	98.8043	98.7592
Formül															
Si	10.16590961	10.31626094	10.4161421	10.04171671	10.0370345	10.0241391	10.08368887	10.06626409	10.08178957	10.06593553	10.04052934	10.53362817	9.163003157	9.083023169	10.04429904
Ti	0.008199536	0.009828804	0.011760269	0.010618562	0.0081888	0.012246592	0.017769309	0.011500611	0.006647706	0.012222224	0.037687744	0.127051367	0.001278853	0.005049563	0.017041975
Al	5.665863216	5.53694962	5.408537807	5.812561497	5.827925827	5.834421151	5.751398312	5.77940659	5.778623357	5.782047562	5.546614505	4.390169528	6.643436339	6.757069476	5.365511344
Fe(ii)	0.109558178	0.104865389	0.110641751	0.105421927	0.107776479	0.102336665	0.104348465	0.105227411	0.106735202	0.111407785	0.496285221	1.07850732	0.126272673	0.120022507	0.459993772
Ca	1.977706222	1.818648325	1.752767277	2.094383201	2.105031902	2.101517575	2.088995795	2.075631103	2.050951123	2.081242567	2.114077776	2.380549292	3.106712112	3.062319877	2.575815182
Na	1.993751063	2.089502874	2.153195232	1.818788646	1.780278927	1.818025394	1.822887936	1.856746525	1.855716989	1.833287975	1.722283928	1.088149645	0.901976182	0.969874173	1.390912936
K	0.137693907	0.148261878	0.182763836	0.134575523	0.129433614	0.125459901	0.130395883	0.132257852	0.139291199	0.122637635	0.104278235	0.180510411	0.044617192	0.041941701	0.195571061
TOPLAM	20.05868173	20.02431783	20.03580827	20.01806607	19.99567005	20.01814638	19.99948457	20.02703419	20.01975514	20.00878127	20.06175675	19.77856573	19.98729651	20.03930047	20.04914531
An	48	45	43	52	52	52	52	51	51	52	54	65	77	75	62
Ab	49	52	53	45	44	45	45	46	46	45	44	30	22	24	33
Or	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	5	1	1	5

Çizelge C.4 (devamı) : Feldspat minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a
Örnek Numaraları	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429
Mineral Türü	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler
Ölçülen Mineral	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Ölçülen Zon	Çekirdek														
Ölçüm Noktası	**429-71**	**429-72**	**429-73**	**429-74**	**429-75**	**429-76**	**429-77**	**429-78**	**429-79**	**429-80**	**429-81**	**429-82**	**429-83**	**429-84**	**429-85**
SiO_2	56.62	56.72	59.35	57.47	53.35	56.85	56.52	56.83	56.32	56.62	56.89	57	56.82	56.74	56.96
TiO_2	0.1355	0.0372	0.2582	0.0745	0.0225	0.055	0.1063	0.1094	0.0772	0.0522	0.0929	0.0767	0.1054	0.0843	0.0537
Al_2O_3	25.76	25.79	19.33	23.69	26.15	25.66	24.98	25.6	25.53	25.34	25.15	25.53	25.51	25.43	25.18
Cr_2O_3	0	0	0	0.0433	0.0265	0.0397	0	0.0153	0	0.038	0	0.0315	0	0.0223	0
FeO	0.7669	0.7898	2.77	0.8182	0.8115	0.8006	1.0683	0.7316	0.7959	0.8351	0.7978	0.7699	0.7078	0.7746	0.8138
MnO	0.0255	0.0152	0.0365	0	0.0124	0.0059	0.0141	0.0365	0	0.0203	0.0162	0	0.0456	0.0178	0
MgO	0.1033	0.1337	2.04	0.1189	0.0793	0.1005	0.3851	0.0725	0.08	0.0982	0.1071	0.096	0.0687	0.0977	0.1777
CaO	9.03	9.03	6.02	8.83	8.89	8.89	8.73	9.08	9.42	9.19	9.12	9.05	8.94	8.98	8.84
Na_2O	6.13	6.1	7.1	5.39	6.46	6.14	6.02	5.92	6	5.87	6.07	6.07	6.07	5.95	6.39
K_2O	0.605	0.585	1.1132	0.6299	0.6747	0.6574	0.7537	0.623	0.6608	0.6129	0.6464	0.6691	0.7076	0.6373	0.5871
TOPLAM	99.1763	99.201	98.0179	97.0648	96.4769	99.1992	98.5776	99.0184	98.884	98.6768	98.8905	99.2933	98.9752	98.7341	99.0023
Formül															
Si	10.31656077	10.32993034	11.1969903	10.64871744	10.05089572	10.35354939	10.39923478	10.35896104	10.30547611	10.36888871	10.39605901	10.36976139	10.36632881	10.37513438	10.40173211
Ti	0.01856933	0.005095608	0.036637741	0.010382555	0.003188194	0.007533787	0.014710396	0.014998497	0.010624649	0.007189931	0.012768515	0.010494969	0.014462928	0.011593748	0.007375676
Al	5.531475937	5.53531838	4.297763622	5.173104601	5.805934464	5.507386241	5.416537533	5.499315065	5.505367598	5.468888282	5.41627722	5.473622165	5.484844283	5.480003703	5.419029342
Fe(ii)	0.116844148	0.120276685	0.436981951	0.126770655	0.127838604	0.121920723	0.164359802	0.111510405	0.121777505	0.127880399	0.121907377	0.117120085	0.107978542	0.118436358	0.124267202
Ca	1.762685148	1.761857745	1.216743371	1.752825687	1.794295728	1.734532615	1.720819793	1.773153409	1.846622984	1.803016822	1.785457676	1.763861196	1.747363214	1.759149117	1.729457396
Na	2.165378888	2.153770149	2.596852455	1.936213391	2.359452339	2.16788135	2.147356094	2.092033324	2.128457648	2.084053182	2.150452436	2.140873205	2.146944361	2.109258036	2.262272362
K	0.140614293	0.135902064	0.267893881	0.148880127	0.162139963	0.15272056	0.176891418	0.144855706	0.154235543	0.143172954	0.150675682	0.155272289	0.164672315	0.148647406	0.136759272
TOPLAM	20.05212852	20.04215097	20.04986332	19.79689446	20.30374501	20.04552466	20.03990981	19.99482745	20.07256204	20.00309028	20.03359792	20.0310053	20.03259446	20.00222274	20.08089336
An	43	43	30	46	42	43	43	44	45	45	44	43	43	44	42
Ab	53	53	64	50	55	53	53	52	52	52	53	53	53	53	55
Or	3	3	7	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3

Çizelge C.4 (devamı) : Feldspat minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2a	V2b
Örnek Numaraları	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	551
Mineral Türü	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler
Ölçülen Mineral	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	A
Ölçülen Zon														Kenar	Çekirdek
Ölçüm Noktası	**429-86**	**429-87**	**429-88**	**429-89**	**429-90**	**429-91**	**429-92**	**429-93**	**429-94**	**429-95**	**429-96**	**429-97**	**429-98**	**429-99**	**551-1**
SiO_2	57.04	57.03	56.71	56.49	56.83	56.45	56.84	57.37	57.18	56.93	56.38	54.45	53.26	49.89	45.67
TiO_2	0.0823	0.1023	0.0926	0.0269	0.0461	0.0498	0.0795	0.0696	0.0782	0.0307	0.1496	0.3687	0.5295	0.246	0.0099
Al_2O_3	25.29	25.54	24.44	25.81	25.21	24.82	25.04	25.08	25.3	25.22	25.11	24.59	24.57	21.83	33.66
Cr_2O_3	0.0586	0.022	0.0212	0.0519	0.0028	0.0172	0.0058	0.014	0.0187	0.0313	0	0.0735	0.0416	0.0515	0.0773
FeO	0.7565	0.7581	1.38	0.7571	0.7604	1.2646	0.8533	0.816	0.8373	0.8143	1.1927	2.57	2.95	2.82	0.5933
MnO	0.0228	0.0063	0.0251	0.0122	0.0059	0	0	0.0173	0.0127	0.0118	0.0565	0.0731	0.0838	0.0476	0.0344
MgO	0.0745	0.0637	0.5537	0.0876	0.0594	0.4546	0.0776	0.057	0.1046	0.1285	0.3042	0.818	0.6995	4.58	0.0803
CaO	9.06	9.03	9.56	9.22	9.05	8.72	8.91	8.57	8.91	8.98	9.67	10.24	10.47	15.81	18.21
Na_2O	6.22	6.13	5.95	6.02	5.93	5.96	6.25	6.24	6.19	6.18	5.87	5.49	4.92	2.29	1.1321
K_2O	0.6664	0.6159	0.5349	0.6141	0.604	0.6242	0.7434	0.6232	0.601	0.6196	0.6541	0.5389	1.0038	0.1542	0.0329
TOPLAM	99.2712	99.2984	99.2676	99.0899	98.4987	98.3605	98.7996	98.8572	99.2326	98.9463	99.3872	99.2122	98.5283	97.7194	99.5003
Formül															
Si	10.38841624	10.36878653	10.41340228	10.30698479	10.40609258	10.41600994	10.40217859	10.46124074	10.40635742	10.39959601	10.31906333	10.14743383	10.03467288	9.955975971	8.497694077
Ti	0.011273572	0.013989174	0.012788978	0.003691511	0.006348963	0.006911283	0.010942819	0.009545517	0.010704175	0.00421799	0.020593903	0.0516801	0.075034309	0.036923028	0.00138547
Al	5.428111348	5.472371189	5.288887059	5.549810548	5.440176222	5.397209913	5.400508496	5.389593015	5.426317499	5.429382766	5.416166565	5.400661597	5.455534503	5.133979904	7.380984359
Fe(ii)	0.115207807	0.115253523	0.21189233	0.115509169	0.116427424	0.195116397	0.13057954	0.124420418	0.127420361	0.124383528	0.18253644	0.400492713	0.464758375	0.470568222	0.092309751
Ca	1.767746322	1.758871984	1.880670923	1.802241146	1.775335869	1.723756208	1.746907299	1.674175906	1.737217558	1.75741181	1.896110309	2.044467539	2.113346253	3.380057783	3.629960886
Na	2.196183165	2.160694588	2.118157804	2.129437509	2.105101644	2.132023792	2.217474332	2.205927749	2.184004777	2.18862879	2.082867557	1.9835312	1.797113505	0.885960105	0.408378828
K	0.154815283	0.142838007	0.125289482	0.142924991	0.141076925	0.146916381	0.173540886	0.144955537	0.139520517	0.144376235	0.152710315	0.128107792	0.241244969	0.039252175	0.007808633
TOPLAM	20.06175374	20.032805	20.05108886	20.05059967	19.99055963	20.01794391	20.08213196	20.00985888	20.0315423	20.04799713	20.07004842	20.15637477	20.1817048	19.90271719	20.018522
An	43	43	46	44	44	43	42	42	43	43	46	49	51	79	90
Ab	53	53	51	52	52	53	54	55	54	54	50	48	43	21	10
Or	4	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	3	6	1	0

Çizelge C.4 (devamı) : Feldspat minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b
Örnek Numaraları	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551
Mineral Türü	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler
Ölçülen Mineral	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Ölçülen Zon															
Ölçüm Noktası	551-2	551-3	551-4	551-5	551-6	551-7	551-8	551-9	551-10	551-11	551-12	551-13	551-14	551-15	551-16
SiO_2	47.44	45.89	45.46	45.47	45.6	45.19	45.38	45.81	47.09	45.72	45.7	45.57	45.54	45.26	45.31
TiO_2	0	0.0415	0	0	0.0023	0	0.0168	0	0.0096	0	0.0076	0	0.001	0.0066	0
Al_2O_3	32.45	33.64	33.66	33.5	33.54	33.7	33.88	34	32.91	31.31	32.88	33.83	33.87	34.13	33.95
Cr_2O_3	0.0439	0	0.0075	0.0452	0.0128	0.0301	0	0.0246	0.0161	0.005	0.0143	0	0.0309	0.0276	0.012
FeO	0.5928	0.5911	0.5562	0.6092	0.6092	0.5854	0.5668	0.587	0.7308	1.93	0.9014	0.5558	0.6178	0.5516	0.5825
MnO	0	0.0281	0	0	0.0002	0	0.0213	0.0178	0.011	0.0198	0.0198	0.0087	0.0228	0.0038	0.023
MgO	0.0584	0.0469	0.0249	0.0492	0.0427	0.0338	0.0422	0.0361	0.2198	1.1054	0.4187	0.0926	0.0661	0.0561	0.0507
CaO	16.71	18.16	18.41	18.46	18.43	18.46	18.57	18.34	18.05	16.51	17.33	18.43	18.43	18.28	18.57
Na_2O	2.17	1.1808	1.0437	0.979	1.1055	1.0169	0.9233	1.1063	1.145	1.52	1.251	1.0298	1.136	1.0696	0.9876
K_2O	0.0894	0.0225	0.0139	0.0292	0.0134	0.0245	0.0191	0.0274	0.037	0.1105	0.0409	0	0.0277	0.0315	0.0288
TOPLAM	99.5546	99.601	99.1763	99.1419	99.3562	99.0407	99.4196	99.9492	100.2192	98.2308	98.5638	99.517	99.7424	99.4169	99.5147
Formül															
Si	8.785103252	8.516970207	8.475842486	8.488484491	8.492214301	8.445703292	8.445129007	8.475857874	8.68753115	8.727603803	8.597614841	8.470723382	8.456075877	8.422164248	8.43013548
Ti	0	0.005793047	0	0	0.000322163	0	0.002351489	0	0.001332081	0	0.001075393	0	0.000139659	0.00092373	0
Al	7.081854241	7.357887619	7.396012736	7.37021412	7.361210781	7.422555823	7.430452995	7.413655203	7.155263958	7.04371802	7.289935524	7.410944516	7.411756357	7.484719656	7.444068546
Fe(ii)	0.09179384	0.09173418	0.086713673	0.095097314	0.09486787	0.091484885	0.08820126	0.090816472	0.112737753	0.308069896	0.141802044	0.086389939	0.095923916	0.085829497	0.090623238
Ca	3.315129963	3.610811638	3.677300776	3.69197559	3.677082354	3.69612878	3.702334205	3.635336562	3.567523229	3.376430335	3.492868755	3.670191503	3.666258638	3.644242491	3.70147069
Na	0.779058861	0.424865789	0.377257148	0.354320471	0.39913811	0.368451284	0.333114072	0.396830125	0.409526037	0.562523586	0.456275808	0.371110042	0.40894276	0.38586812	0.356229533
K	0.021117803	0.005326705	0.003305805	0.006953398	0.003183244	0.005840749	0.004534028	0.006466704	0.008707198	0.026906679	0.009815086	0	0.006560918	0.007477023	0.006835055
TOPLAM	20.07405796	20.01338918	20.01643262	20.00704538	20.02801882	20.03016481	20.00611706	20.01896294	19.94262141	20.04525232	19.98938745	20.00935938	20.04565813	20.03122477	20.02936254
An	81	89	91	91	90	91	92	90	90	85	88	91	90	90	91
Ab	19	11	9	9	10	9	8	10	10	14	12	9	10	10	9
Or	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Çizelge C.4 (devamı) : Feldspat minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b
Örnek Numaraları	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551
Mineral Türü	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler
Ölçülen Mineral	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Ölçülen Zon													
Ölçüm Noktası	**551-17**	**551-18**	**551-19**	**551-20**	**551-21**	**551-22**	**551-23**	**551-24**	**551-25**	**551-26**	**551-27**	**551-28**	**551-29**
SiO_2	45.2	45.46	45.48	45.4	45.57	45.59	45.45	47.34	45.53	45.59	45.38	45.91	45.27
TiO_2	0	0.013	0.0339	0	0	0	0	0.0302	0.0028	0	0.0091	0	0.0417
Al_2O_3	33.59	34.05	34.27	33.81	33.73	33.72	33.8	32.72	34	33.95	33.82	33.94	34.1
Cr_2O_3	0.0371	0.0161	0.0163	0.0233	0.0291	0.0444	0.0115	0.0747	0	0.0083	0.006	0.0161	0.0533
FeO	0.8742	0.5835	0.5689	0.5699	0.5444	0.5658	0.5957	0.5329	0.5648	0.5147	0.5406	0.5397	0.5353
MnO	0.0198	0	0.0456	0.0266	0.0116	0.0319	0.0225	0.0046	0.0137	0	0.0112	0.0224	0
MgO	0.2482	0.0261	0.0342	0.055	0.04	0.0539	0.0585	0.0694	0.0148	0.0637	0.0485	0.0631	0.0399
CaO	18.37	18.37	18.42	18.53	18.18	18.17	18.31	17.05	18.42	18.29	18.6	18.33	18.32
Na_2O	0.9572	1.0259	1.0991	1.1567	1.1329	1.0735	1.0914	1.79	1.0171	1.1297	0.9835	1.0585	1.1158
K_2O	0.0392	0.011	0.0165	0.0416	0.0176	0.0204	0.0256	0.0421	0.0264	0.0559	0.0118	0.0173	0.0296
TOPLAM	99.3358	99.5557	99.9846	99.6132	99.2557	99.27	99.3652	99.654	99.5897	99.6024	99.4108	99.8972	99.5056
Formül													
Si	8.451416155	8.442891234	8.418454776	8.444366338	8.487633253	8.49265788	8.46376606	8.754508739	8.452188565	8.464593969	8.447768069	8.494807348	8.419493215
Ti	0	0.001815921	0.004719582	0	0	0	0	0.004200513	0.00039095	0	0.001274121	0	0.005833153
Al	7.401694385	7.452619907	7.475773324	7.411164901	7.403788621	7.402726356	7.417824541	7.130942176	7.438417268	7.428590352	7.419611856	7.400961962	7.47411763
Fe(ii)	0.136680011	0.090616185	0.08805439	0.088636586	0.084786917	0.08813332	0.092759952	0.082404779	0.087673706	0.079908662	0.084150497	0.083502949	0.083248392
Ca	3.679782315	3.655045927	3.652779628	3.692398376	3.627633259	3.626192734	3.652918869	3.377923652	3.663389295	3.638079314	3.70947419	3.633545687	3.65025198
Na	0.34697812	0.3693815	0.394418687	0.417100102	0.409079298	0.387689852	0.394023442	0.641748564	0.366052628	0.406638051	0.354944297	0.379704244	0.402318647
K	0.009349452	0.002605934	0.003895874	0.009869918	0.004181473	0.004847449	0.006081052	0.009931038	0.006251503	0.013239066	0.002802002	0.004083207	0.007022248
TOPLAM	20.02590044	20.01497661	20.03809626	20.06353622	20.01710282	20.00224759	20.02737392	20.00165946	20.01436392	20.03104941	20.02002503	19.9966054	20.04228526
An	91	91	90	90	90	90	90	84	91	90	91	90	90
Ab	9	9	10	10	10	10	10	16	9	10	9	9	10
Or	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Çizelge C.4 (devamı) : Feldspat minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b
Örnek Numaraları	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551
Mineral Türü	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler
Ölçülen Mineral	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Ölçülen Zon												
Ölçüm Noktası	**551-44**	**551-45**	**551-46**	**551-47**	**551-48**	**551-49**	**551-50**	**551-51**	**551-52**	**551-53**	**551-54**	**551-55**
SiO_2	47.22	46.49	46.47	45.75	45.42	45.86	45.23	45.41	46.24	46.17	46.97	48.42
TiO_2	0.0282	0.0272	0.0158	0.0031	0.0076	0.0374	0	0	0.0089	0.0226	0.0213	0.0046
Al_2O_3	32.25	33.27	33.38	32.49	31.3	33.58	33.96	34.02	33.3	33.2	32.33	31.94
Cr_2O_3	0	0.0377	0.0349	0.0271	0.0401	0.0168	0.0317	0.0095	0.0494	0	0	0.0052
FeO	0.9742	0.5662	0.5577	1.1054	1.0184	0.5429	0.5292	0.5645	0.5328	0.5812	0.6072	0.6422
MnO	0	0.0046	0.0112	0.0135	0.0164	0.0308	0.0552	0.0249	0.0149	0.0281	0.0225	0
MgO	0.3382	0.0917	0.0553	0.7604	0.3655	0.0247	0.0456	0.0497	0.0444	0.0453	0.0443	0.0728
CaO	17	17.57	17.64	17.29	16.89	17.96	18.49	18.41	17.96	17.73	17.1	16.38
Na_2O	1.71	1.65	1.51	1.3422	1.2776	1.1823	0.9646	1.0031	1.36	1.42	1.71	2.25
K_2O	0.0531	0.01	0.0335	0.058	0.0142	0.054	0.0294	0.0345	0.0302	0.0205	0.0377	0.0724
TOPLAM	99.5738	99.7174	99.7085	98.8398	96.3499	99.289	99.3357	99.5263	99.5407	99.2177	98.8431	99.7873
Formül												
Si	8.774350511	8.612425004	8.604512274	8.625741801	8.735883586	8.531454979	8.429685597	8.441087719	8.583644719	8.593088636	8.75731537	8.924242812
Ti	0.003941214	0.003789891	0.002200405	0.000439601	0.001099424	0.005233022	0	0	0.001242613	0.003163659	0.002986908	0.00063767
Al	7.062343033	7.26354783	7.284001242	7.219134942	7.094701675	7.362068222	7.459033603	7.452660087	7.284977833	7.282116013	7.103726415	6.937637404
Fe(ii)	0.151370161	0.087707943	0.086349014	0.174272141	0.163787687	0.08445241	0.082472237	0.087743309	0.082703002	0.090452	0.094664107	0.098973755
Ca	3.384229734	3.487061344	3.499242865	3.492386236	3.480256688	3.579458275	3.691846363	3.666254585	3.571759098	3.535249517	3.415611437	3.234315704
Na	0.616018074	0.592595295	0.542049416	0.490603834	0.476390354	0.426407751	0.348530183	0.361492665	0.489441921	0.51237285	0.618094512	0.803965586
K	0.012586139	0.002363061	0.007912385	0.013948977	0.003483831	0.01281421	0.00698942	0.008180409	0.007151051	0.004866899	0.008966043	0.017021357
TOPLAM	20.00483887	20.04949037	20.0262676	20.01652753	19.95560324	20.00188887	20.0185574	20.01741877	20.02092024	20.02130957	20.00136479	20.01679429
An	84	85	86	87	88	89	91	91	88	87	84	80
Ab	15	15	13	12	12	11	9	9	12	13	15	20
Or	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Çizelge C.4 (devamı) : Feldspat minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b
Örnek Numaraları	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551
Mineral Türü	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler
Ölçülen Mineral	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Ölçülen Zon												
Ölçüm Noktası	**551-44**	**551-45**	**551-46**	**551-47**	**551-48**	**551-49**	**551-50**	**551-51**	**551-52**	**551-53**	**551-54**	**551-55**
SiO_2	47.22	46.49	46.47	45.75	45.42	45.86	45.23	45.41	46.24	46.17	46.97	48.42
TiO_2	0.0282	0.0272	0.0158	0.0031	0.0076	0.0374	0	0	0.0089	0.0226	0.0213	0.0046
Al_2O_3	32.25	33.27	33.38	32.49	31.3	33.58	33.96	34.02	33.3	33.2	32.33	31.94
Cr_2O_3	0	0.0377	0.0349	0.0271	0.0401	0.0168	0.0317	0.0095	0.0494	0	0	0.0052
FeO	0.9742	0.5662	0.5577	1.1054	1.0184	0.5429	0.5292	0.5645	0.5328	0.5812	0.6072	0.6422
MnO	0	0.0046	0.0112	0.0135	0.0164	0.0308	0.0552	0.0249	0.0149	0.0281	0.0225	0
MgO	0.3382	0.0917	0.0553	0.7604	0.3655	0.0247	0.0456	0.0497	0.0444	0.0453	0.0443	0.0728
CaO	17	17.57	17.64	17.29	16.89	17.96	18.49	18.41	17.96	17.73	17.1	16.38
Na_2O	1.71	1.65	1.51	1.3422	1.2776	1.1823	0.9646	1.0031	1.36	1.42	1.71	2.25
K_2O	0.0531	0.01	0.0335	0.058	0.0142	0.054	0.0294	0.0345	0.0302	0.0205	0.0377	0.0724
TOPLAM	99.5738	99.7174	99.7085	98.8398	96.3499	99.289	99.3357	99.5263	99.5407	99.2177	98.8431	99.7873
Formül												
Si	8.774350511	8.612425004	8.604512274	8.625741801	8.735883586	8.531454979	8.429685597	8.441087719	8.583644719	8.593088636	8.75731537	8.924242812
Ti	0.003941214	0.003789891	0.002200405	0.000439601	0.001099424	0.005233022	0	0	0.001242613	0.003163659	0.002986908	0.00063767
Al	7.062343033	7.26354783	7.284001242	7.219134942	7.094701675	7.362068222	7.459033603	7.452660087	7.284977833	7.282116013	7.103726415	6.937637404
Fe(ii)	0.151370161	0.087707943	0.086349014	0.174272141	0.163787687	0.08445241	0.082472237	0.087743309	0.082703002	0.090452	0.094664107	0.098973755
Ca	3.384229734	3.487061344	3.499242865	3.492386236	3.480256688	3.579458275	3.691846363	3.666254585	3.571759098	3.535249517	3.415611437	3.234315704
Na	0.616018074	0.592595295	0.542049416	0.490603834	0.476390354	0.426407751	0.348530183	0.361492665	0.489441921	0.51237285	0.618094512	0.803965586
K	0.012586139	0.002363061	0.007912385	0.013948977	0.003483831	0.01281421	0.00698942	0.008180409	0.007151051	0.004866899	0.008966043	0.017021357
TOPLAM	20.00483887	20.04949037	20.0262676	20.01652753	19.95560324	20.00188887	20.0185574	20.01741877	20.02092024	20.02130957	20.00136479	20.01679429
An	84	85	86	87	88	89	91	91	88	87	84	80
Ab	15	15	13	12	12	11	9	9	12	13	15	20
Or	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Çizelge C.4 (devamı) : Feldspat minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b
Örnek Numaraları	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551
Mineral Türü	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler
Ölçülen Mineral	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B
Ölçülen Zon									Kenar	Çekirdek					
Ölçüm Noktası	**551-56**	**551-57**	**551-58**	**551-59**	**551-60**	**551-61**	**551-62**	**551-63**	**551-64**	**551-65**	**551-66**	**551-67**	**551-68**	**551-69**	**551-70**
SiO_2	46.94	49.21	49.02	48.56	48.76	47.41	47.52	47.9	47.63	45.45	45.95	45.92	45.96	45.76	45.54
TiO_2	0.6021	0	0.0175	0.0259	0.0409	0.0115	0.0407	0.0285	0.0096	0	0	0.0008	0	0.0244	0
Al_2O_3	24.97	30.84	31.49	31.46	31.7	32.23	32.22	32.08	32.15	33.83	33.35	33.77	33.81	33.74	33.7
Cr_2O_3	0.0571	0.0148	0	0	0.0297	0.0028	0	0.0213	0.0223	0	0	0.0028	0.0442	0.011	0
FeO	6.17	0.6475	0.6131	0.6381	0.5711	0.5885	0.6564	0.6804	1.0219	0.4788	0.5034	0.5384	0.5647	0.509	0.5273
MnO	0.0808	0	0.0145	0	0.031	0.0511	0.0295	0.042	0.0308	0.0342	0.0285	0.0147	0.0483	0.0512	0.0232
MgO	2.6	0.0866	0.068	0.071	0.0486	0.0765	0.0618	0.0634	0.271	0.0456	0.0228	0.0478	0.0389	0.0292	0.0236
CaO	11.84	15.22	15.72	15.83	15.83	16.49	16.66	16.68	16.61	17.98	17.92	17.94	17.9	18.22	18.11
Na_2O	2.54	2.95	2.68	2.53	2.38	2.03	2	2.07	1.82	1.183	1.3123	1.2427	1.224	1.1559	1.2642
K_2O	1.38	0.0799	0.0707	0.0679	0.057	0.0317	0.0455	0.0759	0.0825	0.0172	0.033	0.0091	0.0411	0.0514	0.036
TOPLAM	97.1801	99.0489	99.6939	99.183	99.4484	98.9221	99.234	99.6416	99.6482	99.0189	99.12	99.4864	99.6313	99.5521	99.2244
Formül															
Si	9.381400813	9.118502481	9.029199093	8.99462988	8.998421205	8.822608768	8.819236998	8.857761384	8.831935181	8.479300778	8.560445571	8.522524144	8.523475546	8.498709628	8.48517253
Ti	0.090507611	0	0.002424409	0.003608247	0.005676986	0.001609596	0.00568121	0.003963923	0.00133887	0	0	0.000111673	0	0.003408385	0
Al	5.881298757	6.734643603	6.835632027	6.867417176	6.894328555	7.06834053	7.047096368	6.991219149	7.025647592	7.438035451	7.322119048	7.38630972	7.389447418	7.384857958	7.399930566
Fe(ii)	1.03112881	0.100325904	0.094430087	0.098831757	0.088128815	0.091574949	0.101865309	0.105209733	0.158448029	0.074693609	0.078420068	0.083555408	0.087570462	0.079047458	0.082153974
Ca	2.535118283	3.02138958	3.102061353	3.141285814	3.129719783	3.287529363	3.312466521	3.304505117	3.299642153	3.593666405	3.576603349	3.567062498	3.556408581	3.625244205	3.614997659
Na	0.984162177	1.059742909	0.957015704	0.9085179	0.851506419	0.732371527	0.719602933	0.742108074	0.654267017	0.427877299	0.473971612	0.44713741	0.440074764	0.416193781	0.456658751
K	0.351813669	0.01888539	0.016611328	0.01604292	0.01341796	0.007524807	0.01077147	0.017903554	0.019513639	0.004093206	0.007842126	0.002154353	0.009722715	0.012176966	0.008556165
TOPLAM	20.25543012	20.05348987	20.037374	20.03033369	19.98119972	20.01155954	20.01672081	20.02267093	19.99079248	20.01766675	20.01940177	20.0088552	20.00669948	20.01963838	20.04746965
An	65	74	76	77	78	82	82	81	83	89	88	89	89	89	89
Ab	25	26	23	22	21	18	18	18	16	11	12	11	11	10	11
Or	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Çizelge C.4 (devamı) : Feldspat minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b
Örnek Numaraları	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551
Mineral Türü	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler
Ölçülen Mineral	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C
Ölçülen Zon														Kenar	Çekirdek
Ölçüm Noktası	**551-71**	**551-72**	**551-73**	**551-74**	**551-75**	**551-76**	**551-77**	**551-78**	**551-79**	**551-80**	**551-81**	**551-82**	**551-83**	**551-84**	**551-85**
SiO_2	45.84	45.6	46.08	45.81	45.04	45.11	45.1	45.22	45.29	45.77	45.99	45.16	46.3	47.05	47.84
TiO_2	0	0	0	0	0.0264	0	0.002	0.0089	0	0.0526	0	0.0341	0.0237	0.0252	0.0358
Al_2O_3	33.48	33.55	33.46	33.97	33.91	33.71	34.17	33.94	33.75	33.8	33.31	33.06	33.35	32.76	31.72
Cr_2O_3	0.0454	0.0432	0	0	0.0572	0.011	0.0582	0.058	0.043	0.0307	0.0229	0.0156	0	0	0.0953
FeO	0.5196	0.5256	0.4981	0.5248	0.4603	0.5027	0.4387	0.4898	0.4966	0.4947	0.5189	0.5431	0.6142	0.6263	0.789
MnO	0.0487	0.0139	0.0312	0.0103	0.0274	0.0363	0.0649	0.0002	0.0274	0.032	0	0.0099	0.0478	0.0185	0.0255
MgO	0.0261	0.0098	0.0486	0.0462	0.0273	0.0319	0.0296	0.0308	0.0494	0.0087	0.0216	0.0447	0.0486	0.0536	0.0914
CaO	17.82	17.95	17.94	17.98	18.66	18.51	18.88	18.51	18.51	18.45	18.14	17.71	17.94	17.27	16.54
Na_2O	1.2492	1.2968	1.2879	1.2836	1.0091	1.0399	0.945	0.9697	1.0083	1.1211	1.3465	1.46	1.41	1.71	2.1
K_2O	0.0379	0.042	0.0402	0.0361	0.0596	0.0347	0.0235	0.0422	0.0659	0.0452	0.0505	0.2031	0.0588	0.0714	0.0395
TOPLAM	99.0669	99.0313	99.386	99.661	99.2774	98.9866	99.712	99.2696	99.2407	99.805	99.4005	98.2406	99.7932	99.5851	99.2766
Formül															
Si	8.5470095	8.510353942	8.562114148	8.491239953	8.406111121	8.437113809	8.384282814	8.429804334	8.450289015	8.482585199	8.552847207	8.511456065	8.577665628	8.714067438	9.165428854
Ti	0	0	0	0	0.00370589	0	0.000279648	0.001247868	0	0.007332042	0	0.004833883	0.00330239	0.003510376	0.005158655
Al	7.356735127	7.379134006	7.326972685	7.420556253	7.458553813	7.430361196	7.486252119	7.456394322	7.421182507	7.382341156	7.300490323	7.343157961	7.281385972	7.150481294	7.161844563
Fe(ii)	0.081010604	0.082024065	0.077390604	0.08134068	0.07183579	0.078620014	0.068196198	0.07634997	0.077478126	0.07666416	0.080692678	0.085591943	0.095148311	0.096994443	0.126398458
Ca	3.559583594	3.588964412	3.571189539	3.570445665	3.731043421	3.708936672	3.760220271	3.696709078	3.699964694	3.66324198	3.614152767	3.575941527	3.560676181	3.426695746	3.394837914
Na	0.451554216	0.469206618	0.463937026	0.461263275	0.365123091	0.377069154	0.34058815	0.350455338	0.364726532	0.402809791	0.485469566	0.533471389	0.506425519	0.61399629	0.779990408
K	0.009014005	0.009998644	0.009528041	0.008535462	0.014189008	0.008278651	0.005572708	0.010034793	0.015684247	0.010685498	0.011979748	0.048827992	0.013895509	0.016868191	0.009653121
TOPLAM	20.00490705	20.03968169	20.01113204	20.03338129	20.05056213	20.0403795	20.04539191	20.0209957	20.02932512	20.02565983	20.04563229	20.10328076	20.03849951	20.02261378	20.64331197
An	89	88	88	88	91	91	92	91	91	90	88	86	87	84	81
Ab	11	12	11	11	9	9	8	9	9	10	12	13	12	15	19
Or	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Çizelge C.4 (devamı) : Feldspat minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b	V2b
Örnek Numaraları	551	551	551	551	551	551	551
Mineral Türü	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler	Fenokristler
Ölçülen Mineral	C	C	C	C	C	C	C
Ölçülen Zon							Kenar
Ölçüm Noktası	**551-86**	**551-87**	**551-88**	**551-89**	**551-90**	**551-91**	**551-92**
SiO_2	48.19	48.32	48.4	52.28	55.22	53.16	56.58
TiO_2	0	0	0.0249	0.072	0.0286	0.002	0.193
Al_2O_3	32.28	31.73	31.77	29.3	26.76	26.82	22.46
Cr_2O_3	0	0.0517	0.0495	0.0354	0.0264	0.017	0.0593
FeO	0.7518	0.7988	0.7515	0.7717	0.9208	2.06	3.15
MnO	0.0213	0.031	0.0038	0.0179	0.023	0.0735	0.0258
MgO	0.0811	0.0726	0.0614	0.0995	0.1067	0.9395	1.83
CaO	16.76	16.27	15.98	13.01	10.52	11.55	7.34
Na_2O	2.13	2.24	2.29	4.11	5.48	4.54	5.9
K_2O	0.0488	0.0681	0.1019	0.145	0.293	0.1905	0.4684
TOPLAM	100.263	99.5823	99.4331	99.8416	99.3786	99.3526	98.0066
Formül							
Si	9.409787978	9.773238561	10.06981808	11.04571114	11.96824676	12.02904659	13.33887863
Ti	0	0	0.003896435	0.011441487	0.004662212	0.000340383	0.034222013
Al	7.428250324	7.563307176	7.789750914	7.295512669	6.83518596	7.152125083	6.240167145
Fe(ii)	0.122751946	0.135099201	0.130739976	0.136335751	0.166879348	0.389777357	0.620969233
Ca	3.506055972	3.525502656	3.561844514	2.944810265	2.442709331	2.799949111	1.853848999
Na	0.80632637	0.878350677	0.923676923	1.683481206	2.302624063	1.991638145	2.696601285
K	0.01215491	0.017569836	0.027043286	0.039078251	0.081004803	0.05498576	0.140858248
TOPLAM	21.2853275	21.89306811	22.50677013	23.15637077	23.80131248	24.41786243	24.92554555
An	81	80	79	63	51	58	40
Ab	19	20	20	36	48	41	57
Or	0	0	1	1	2	1	3

Çizelge C.5 : Biyotit minerallerin mineral kimyası sonuçları.

Volkanik seriler	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b	V1b
Örnek Numaraları	D27	D27	D27	D27	D27	D27	D27	D27	D27	D27	D27	D27	D27
Mineral Türü	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist	Fenokrist
Ölçülen Mineral	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Ölçülen Zon	Çekirdek												
Ölçüm Noktası	**D27-1**	**D27-2**	**D27-3**	**D27-4**	**D27-5**	**D27-6**	**D27-7**	**D27-8**	**D27-9**	**D27-10**	**D27-11**	**D27-12**	**D27-13**
SiO_2	37.69	37.74	37.94	37.51	37.88	37.64	37.64	37.72	37.66	37.63	37.57	37.62	37.86
TiO_2	4.79	4.71	4.59	4.75	4.21	4.5	4.69	4.59	4.5	4.57	4.61	4.55	4.53
Al_2O_3	13.93	14.12	13.97	13.85	13.41	14.08	13.94	14.05	13.95	13.82	13.93	13.99	14.1
FeO	15.23	15.15	15.33	15.21	15	15.32	15.17	15.33	15.35	15.2	15.3	15.14	15.18
MnO	0.2415	0.2099	0.2086	0.2563	0.2117	0.207	0.2016	0.2493	0.235	0.1657	0.1791	0.2633	0.2236
MgO	15.26	15.25	15.44	15.21	15.33	15.37	15.34	15.24	15.12	15.1	15.32	15.34	15.39
CaO	0	0	0	0.0033	0.0263	0	0	0	0.0191	0	0.0083	0	0
Na_2O	0.8159	0.8286	0.8122	0.7989	0.5925	0.7743	0.8328	0.8304	0.8859	0.7649	0.7981	0.7224	0.8015
K_2O	8.74	8.73	8.5	8.69	7.91	8.72	8.79	8.53	8.71	8.63	8.7	8.68	8.81
BaO	0.7671	0.774	0.85	0.68	0.86	0.78	0.89	0.89	0.92	0.73	0.81	0.81	0.78
Total	97.4881	97.54	97.64	97.03	95.49	97.44	97.50	97.45	97.36	96.68	97.22	97.14	97.68
Formül													
Si	5.555	5.555	5.576	5.554	5.668	5.552	5.553	5.563	5.570	5.587	5.554	5.562	5.565
Al (iv)	2.420	2.445	2.419	2.417	2.332	2.448	2.424	2.437	2.430	2.413	2.427	2.438	2.435
Todası	7.975	8.000	7.995	7.971	8.000	8.000	7.977	8.000	8.000	8.000	7.981	8.000	8.000
Al (vi)	0.000	0.004	0.000	0.000	0.033	0.000	0.000	0.005	0.001	0.005	0.000	0.000	0.007
Ti	0.531	0.521	0.507	0.529	0.474	0.499	0.520	0.509	0.501	0.510	0.513	0.506	0.501
Fe(ii)	1.877	1.864	1.884	1.883	1.877	1.890	1.871	1.890	1.898	1.887	1.891	1.872	1.866
Mn	0.030	0.026	0.026	0.032	0.027	0.026	0.025	0.031	0.029	0.021	0.022	0.033	0.028
Mg	3.353	3.346	3.383	3.358	3.420	3.380	3.374	3.351	3.334	3.342	3.376	3.381	3.372
	5.791	5.762	5.800	5.802	5.830	5.794	5.791	5.786	5.763	5.766	5.803	5.792	5.773
M													
Ca	0.000	0.000	0.000	0.001	0.004	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.001	0.000	0.000
Na	0.233	0.236	0.231	0.229	0.172	0.221	0.238	0.237	0.254	0.220	0.229	0.207	0.228
K	1.643	1.639	1.593	1.641	1.510	1.641	1.654	1.605	1.643	1.634	1.641	1.637	1.652
Ara seviye	1.876	1.875	1.825	1.871	1.682	1.862	1.892	1.842	1.897	1.855	1.869	1.844	1.880
Mg #	64	64	64	64	65	64	64	64	64	64	64	64	64

Ek D

Çizelge D.1 : Tüm kaya jeokimya analiz sonuçları.

Örnek No.	V1a 47a	V1a 190	V1a 562a	V1a 565	V1a 606	V1a 948	V1a D14	V1a D47	V1b 473a	V1b 481	V1b 695	V1b 708	V1b 729	V1b 818	V1b D27	V1b D43
SiO_2	50.1	51.23	49.63	53.19	47.5	48.67	49.3	52.61	58.98	67.51	55.55	63.85	54.31	56.53	59.21	60.34
TiO_2	0.97	1	0.8	0.93	1.04	0.89	0.7	0.79	0.64	0.3	0.6	0.53	0.79	0.55	0.61	0.58
Al_2O_3	16.88	17.33	16.66	18.2	16.33	17.69	19.15	19.87	17.05	15.07	18.37	15.07	17.51	17.51	17.07	16.07
Cr_2O_3	0.006	0.004	0.01	0.01	0.006	0.002	0.003	0.012	0.008	<0,002	<0,002	<0,002	0.004	<0.002	<0,002	<0,003
$Fe_2O_{3\,(tot)}$	9.22	8.89	5.41	8.58	10.16	10.07	8.19	6.95	4.85	2.14	7.16	5.84	7.75	6.53	4.43	5.05
MnO	0.16	0.17	0.2	0.16	0.17	0.2	0.14	0.13	0.09	0.05	0.15	0.1	0.13	0.15	0.11	0.13
MgO	5.94	4.71	6.23	3.68	6.63	3.78	4.83	3.01	2.56	0.35	2.42	1.23	3.49	2.68	2.19	1.21
CaO	7.81	7.2	9.5	6.94	7.43	7.63	7.05	6.05	4.46	3.41	7.98	6.29	7.75	6.43	5.71	7.76
Na_2O	3.79	4.12	2.93	4.48	4.69	4.66	4.57	5.4	3.23	3.36	3.77	3.67	3.43	4.14	3.93	3.68
K_2O	1.11	1.74	2.45	1.7	1.27	1.44	1.4	1.49	4.59	2.04	1.76	1.52	2	1.87	3.82	1.79
P_2O_5	0.15	0.2	0.17	0.23	0.18	0.25	0.29	0.19	0.21	0.08	0.3	0.15	0.17	0.25	0.19	0.14
LOI	3.6	3.2	5.7	1.7	4.3	4.4	4.1	3.3	3.1	5.6	1.6	1.6	2.4	3.1	2.5	3.1
Sum	99.72	99.77	99.7	99.78	99.71	99.75	99.72	99.81	99.79	99.9	99.69	99.86	99.78	99.79	99.78	99.84
Mg#	56	51	70	46	56	43	54	46	51	24	40	29	47	45	49	32
Sr (ppm)	666.8	449.1	489.5	523.3	557	1048.6	805	404.9	326.6	217.4	985.6	379.6	398.9	920.6	377.1	409.9
Ba	378	372	544	358	399	610	373	303	661	441	913	445	537	807	744	451
Rb	20	46.4	48.1	37.6	20.8	36	34.2	30.5	166.5	64.7	44.2	38	54.3	46.3	88.3	33.7
Ni	25	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Cr	41.1	28	69.4	63.2	41.1	13.7	20.5	85.5	56	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	27	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.
Sc	28	31	27	26	32	23	14	13	11	4	11	12	25	13	9	14
Ga	17.5	16.9	14	16.9	14.5	17.8	17.5	16.8	15	14.8	16.2	12.5	15.9	19.1	17	14.7
La	13.2	16.3	17.6	19.8	14.8	17.5	26.9	16.9	27.7	14.8	38	16	18.8	27.7	34.4	19.7
Ce	26.1	31.6	33.7	38	30.6	34.7	55.5	31.8	47.6	24.4	67.7	25.9	37.7	48.9	56.5	33.3
Pr	3.59	4.11	4.19	5.09	3.66	4.51	6.68	3.8	5.6	2.65	7.5	2.96	4.38	5.78	5.85	3.71
Nd	16.4	18.7	16.7	22.2	15.3	19.5	27.8	15.1	21.4	9.3	28	11.2	17.6	22.3	21.3	13.4
Sm	3.75	4.12	3.52	5.25	3.7	4.23	5.46	3.53	4.09	1.85	5.01	2.52	3.71	4.29	3.55	2.88
Eu	1.27	1.3	1.05	1.51	1.26	1.38	1.44	1.12	0.92	0.57	1.61	0.7	1.03	1.26	0.96	0.77
Gd	4.26	4.43	3.39	5.49	4.34	4.55	4.39	3.7	3.63	1.68	4.88	2.68	3.65	3.84	3.38	2.61
Dy	4.03	4.16	3.23	5.85	3.98	4.21	3.54	3.72	3.02	14.8	38	16	18.8	27.7	34.4	19.7
Er	2.57	2.41	1.76	3.55	2.44	2.35	2.12	2.28	1.85	0.79	2.45	1.66	1.92	1.94	2.01	1.37
Yb	2.4	2.36	1.42	3.34	2.36	2.29	1.96	2.4	1.76	0.68	2.46	1.87	2.12	1.99	1.92	1.52
Lu	0.37	0.35	0.23	0.49	0.34	0.39	0.31	0.39	0.28	0.1	0.36	0.32	0.32	0.33	0.31	0.25
Zr	96.3	99.2	95.6	106.6	84.8	91.7	90.7	98.5	198.5	115.1	125	84.6	109	120.6	166.7	104.8
Hf	2.5	2.7	2.6	3	2.4	2.7	2.2	2.6	5.2	3.1	3.1	2.3	3	3.3	4.3	2.5
Cs	1	1.4	1	1.9	5.6	3.2	0.9	1.2	2.6	0.9	0.9	1.9	1.1	2.5	0.5	0.4
Pb	2.9	4	3.2	5	5.9	13.3	2.7	1.7	12.3	5.1	3.1	4.1	6.6	3.5	4.3	1.3
Nb	4.4	3.6	4.9	3.7	3.6	4.1	5.3	4.4	10.3	3.6	7.1	6.3	5.3	6.7	10.6	6.3
Ta	0.2	0.3	0.4	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.7	0.2	0.4	0.4	0.6	0.3	0.7	0.4
Th	3.2	3.7	6.3	3.5	2.9	3.7	4.2	4.2	15.1	4.6	10.8	5	6.3	7.9	20.4	7.4
U	1.1	1.1	2.1	1.4	1.4	1.3	1.4	1.7	4.8	1.3	4	1.7	1.9	3	6.3	1

Çizelge D.1 (devamı) : Tüm kaya jeokimya analiz sonuçları.

Örnek No.	V1b D45	V1b D46	V1b D58	V1b D60	V1b D62	V2a 100	V2a 170	V2a 223	V2a 420	V2a 429	V2a 683	V2a 705	V2a 731	V2a D22	V2a D26	V2a D50
SiO_2	57.29	54.44	62.1	59.3	54.49	56.55	52.82	54.19	53.31	53.56	53.2	53.37	53.55	54.17	57.11	53.85
TiO_2	0.67	0.71	0.5	0.58	0.7	0.85	0.82	0.81	0.83	0.87	0.65	0.65	0.78	0.76	0.8	0.7
Al_2O_3	18.08	18.72	16.67	17.14	18.98	18.06	19.07	17.88	18.81	16.68	17.83	17.75	18.39	20.74	17.57	18.86
Cr_2O_3	0.004	<0,002	0.003	0.003	<0,002	<0,003	0.004	0.003	0	0.004	0.008	0.008	<0,002	<0,002	0.003	0.016
$Fe_2O_{3(tot)}$	4.9	7.35	4.51	5.11	7.23	7.67	9.21	8.31	7.71	7.52	8.19	8.44	7.88	5.89	6.28	7.32
MnO	0.11	0.13	0.05	0.06	0.15	0.11	0.05	0.14	0.13	0.12	0.19	0.17	0.29	0.1	0.13	0.14
MgO	3.41	3.94	1.9	3.05	3.4	1.93	2.41	2.02	3.35	4.5	4.02	3.96	3.81	1.71	3.05	3.94
CaO	7.09	8.08	4.97	5.19	8.26	6.88	5.94	9	8.39	9.18	8.69	8.63	8.44	8.35	6.55	8.48
Na_2O	3.94	3.61	4.05	4.22	3.81	4.53	3.81	3.82	4.04	3.45	3.42	3.45	3.27	4.31	4.34	3.66
K_2O	1.3	1.21	1.85	1.65	0.77	1.43	1.61	0.97	1.4	1.51	1.59	1.59	1.69	1.56	1.62	0.75
P_2O_5	0.19	0.18	0.15	0.15	0.24	0.18	0.16	0.14	0.29	0.22	0.23	0.23	0.18	0.31	0.21	0.15
LOI	2.8	1.4	3.1	3.3	1.8	1.6	3.9	2.6	1.5	2.1	1.7	1.5	1.5	1.9	2.1	1.9
Sum	99.76	99.79	99.81	99.78	99.78	7	99.76	99.84	99.77	99.75	99.72	99.73	99.77	99.78	99.74	99.77
Mg#	58	52	52	45	54	48	33	34	33	46	54	48	49	37	49	52
Sr (ppm)	580.2	414.5	457.6	490.6	530.9	431.3	529.3	376.6	568.3	561.8	708.3	688	426.4	599.3	357.3	458.7
Ba	529	381	629	561	395	344	453	284	465	356	616	602	552	524	694	355
Rb	78.7	26.3	44.1	40.2	29.9	30.9	35.7	14.5	34.5	44.6	37.4	37.6	43	41.6	101.2	48.6
Ni	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	36	22	24	<20	<20	<20	<20
Cr	27	b.d.l.	23	23	b.d.l.	b.d.l.	28	21.6	0	28.4	54.7	54.7	b.d.l.	b.d.l.	23.3	106.9
Sc	15	18	9	12	15	23	28	24	15	26	20	20	22	11	16	18
Ga	15.2	16.6	16.2	15	17.5	17.2	16.4	16.9	17.4	15.3	15.3	15.1	17.4	19.1	16.3	17.4
La	24.1	20.9	18	17.4	21	14.8	18.2	10.8	22.7	22.4	25.8	25.4	17.8	28	36.8	19.1
Ce	42.8	39.1	32.8	33.6	38	29.6	34	21.7	40.9	45.5	45.1	46	34.5	52.3	65.1	36.1
Pr	4.49	4.23	3.58	3.48	4.46	3.82	4.24	3.02	4.98	5.34	5.28	5.04	4.32	6.12	7.14	3.94
Nd	17.2	16.9	12.6	12.5	18	15.7	16.9	14	20.2	21.9	20.7	19.7	16.9	23.2	26.2	15.9
Sm	3.01	3.75	2.96	2.77	3.74	3.73	3.75	3.67	4.07	3.93	3.58	3.6	3.52	4.37	5.15	3.4
Eu	0.87	1.09	0.82	0.84	1.19	1.2	1.19	1.08	1.14	1.06	1.32	1.27	0.99	1.35	1.15	1.03
Gd	2.74	3.78	2.27	2.65	3.85	3.85	3.35	3.86	3.69	4.01	3.73	3.7	3.74	4.64	5.29	3.48
Dy	24.1	20.9	3.96	2.1	2.55	3.79	4.1	3.02	4.25	3.56	3.71	25.4	17.8	28	36.8	19.1
Er	1.42	2.34	1.34	1.52	2.38	2.41	1.98	2.53	1.92	2.22	2.08	2	2.14	2.72	3.31	2.29
Yb	1.52	2.23	1.5	1.46	2.25	2.23	1.88	2.59	1.92	2.01	1.9	1.99	2.06	2.7	3.34	2.19
Lu	0.23	0.33	0.22	0.25	0.36	0.32	0.27	0.4	0.32	0.31	0.3	0.3	0.3	0.43	0.5	0.33
Zr	127.2	100.6	114.7	114.5	99.4	97.7	85.7	88.1	106.7	146.9	98.3	93	109.7	136.9	212.3	95.8
Hf	3.2	2.6	3.2	3.2	2.5	3.1	2.3	2.4	2.9	4.1	2.5	2.6	2.8	3.6	5.3	2.3
Cs	3.2	0.2	0.6	0.4	1.5	1.2	1.1	0.6	1.8	0.5	0.9	0.7	0.6	1.2	3.8	2.8
Pb	1.6	7.5	3.3	1.8	2.1	6.7	9.8	3.3	5.7	2.7	4.7	5.7	3.4	2.7	2	1.9
Nb	6.1	5.2	6.8	6.3	4.2	3.4	3.4	1.9	8.3	8.2	5.2	5	6.1	8.5	12.5	5
Ta	0.4	0.3	0.5	0.5	0.3	0.2	0.2	0.1	0.5	0.6	0.2	0.3	0.5	0.5	0.8	0.3
Th	8.6	5.8	5.4	5.6	4.9	3.7	7.3	2.5	6	8.8	6.9	7.3	5.2	8.5	19	5.8
U	2.5	1.7	1.8	1.8	1.3	0.8	2.1	0.8	1.8	2.7	2.9	2.5	1.9	2.4	5.9	1.6

Çizelge D.1 (devamı) : Tüm kaya jeokimya analiz sonuçları.

Örnek No.	V2a D68	V2b 71	V2b 151	V2b 307	V2b 309	V2b 509	V2b 514	V2b 551	V2b 555	V2b D28	V2b D33	V2b d39	V2b D49	V2b D51	V2b D63
SiO_2	53.86	51.28	48.86	49.53	50.41	52.12	52.84	51.24	50.56	50.02	51.54	51.94	51.16	47.27	47.77
TiO_2	0.82	0.82	0.85	0.99	0.9	0.88	1.01	0.81	0.83	0.94	0.66	0.99	0.83	0.91	0.74
Al_2O_3	18.87	18.36	17.53	18.02	19.06	18.02	16.73	20.5	21.11	20.72	17.39	18.41	20.07	17.59	18.82
Cr_2O_3	0.022	0.005	0.003	0.002	0.01	0.016	0	0.003	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	<0,004	0.003
$Fe_2O_{3\,(tot)}$	7.38	8.56	9.09	8.03	7.29	7.31	7.73	7.85	6.89	7.76	6.43	8.16	7.99	8.11	7
MnO	0.13	0.16	0.16	0.18	0.23	0.12	0.13	0.12	0.13	0.08	0.1	0.16	0.12	0.15	0.11
MgO	3.42	3.9	6.87	3.69	2.87	4.48	4.77	3.8	3.5	2.61	5.36	3.99	3.83	3.92	3.85
CaO	8.22	8.75	9.36	10.64	10.95	9.3	8.72	9.65	7.04	10.48	7.01	9.51	9.96	10.69	12.34
Na_2O	3.93	3.49	3.09	3.94	3.75	3.53	3.52	3.31	4.9	3.58	5.53	3.51	3.26	2.73	2.74
K_2O	1.14	1.46	1.02	1.36	1.37	1.11	1.26	0.94	1.2	1.29	1.23	0.92	0.8	1.4	1.1
P_2O_5	0.2	0.28	0.12	0.29	0.25	0.27	0.27	0.16	0.18	0.25	0.21	0.19	0.16	0.13	0.21
LOI	1.8	2.6	2.8	3	2.6	2.6	2.7	1.4	3.5	2.1	4.2	2	1.6	6.9	5
Sum	99.78	99.66	99.73	99.71	99.69	99.75	99.76	99.81	99.81	99.79	99.71	99.76	99.8	99.75	99.73
Mg#	48	47	60	48	44	55	55	49	50	40	62	49	49	49	52
Sr (ppm)	433.9	833.6	458.7	707.4	841.7	526.8	389	419.6	405.1	518.4	909.1	497.4	439.3	627.3	840.9
Ba	397	844	268	616	718	466	356	257	303	378	323	385	256	325	317
Rb	40.8	28.5	17	23.5	23.4	27.8	43.9	19.1	23.5	35	27.4	38.7	16.4	32.5	12.6
Ni	<20	<20	32	<20	<20	<20	67	<20	<20	<20	33	<20	<20	<20	23
Cr	149.6	34.2	21.1	14.3	69.4	106.3	0	21.4	28.8	23.3	23.3	20.5	20.5	b.d.l	23.3
Sc	19	27	35	32	32	22	24	21	16	22	17	24	21	30	23
Ga	15.2	17.6	15.8	17.4	17.5	16.2	15.9	16.7	16.5	18.5	16.7	18	16.9	16.4	15.9
La	19.1	32.3	11.8	22.9	27.7	23.7	23.1	14.3	13.7	23.2	16.8	17.1	13.9	11.5	17.5
Ce	37.5	59.2	23.6	44.1	49.5	45.3	44.3	25.6	25.3	44.6	35.8	33.9	26.7	25.5	40.5
Pr	4.33	6.94	3.01	5.47	6.18	5.45	5.44	3.39	3.35	4.92	4.17	4.25	3.4	2.96	4.43
Nd	18.4	26.9	13.8	22	24.1	21.3	21.4	14.4	14.4	19.9	16.2	17.7	14	13.1	17.9
Sm	3.67	4.94	3.31	4.72	4.98	4.34	4.5	3.53	3.2	3.92	3.24	3.77	3.17	2.83	3.96
Eu	1.09	1.53	1	1.46	1.52	1.18	1.13	0.96	1.03	1.11	0.97	1.19	1.04	1.05	1.17
Gd	4.24	4.87	3.29	4.67	4.55	4.06	4.35	3.49	3.31	4.05	3.36	4.26	3.72	3.35	3.84
Dy	19.1	32.3	11.8	16.8	35.8	4.17	16.2	3.24	0.97	3.36	16.8	35.8	3.61	3.34	2.99
Er	2.73	2.25	1.93	2.34	2.27	2.07	2.56	1.97	2.02	2.33	1.6	2.34	2.08	1.78	1.85
Yb	2.68	2.18	1.86	2.05	2.2	1.98	2.26	2.03	2.04	2.45	1.48	2.32	2.12	1.79	1.63
Lu	0.4	0.32	0.31	0.29	0.33	0.32	0.38	0.31	0.31	0.35	0.22	0.34	0.3	0.27	0.25
Zr	132.2	110.3	65.6	95.7	94	139.7	177	73.8	76	97.3	76.5	113.8	73.8	77.2	80.3
Hf	3.5	2.9	2	2.6	2.6	3.8	4.8	2.2	2.2	2.5	2.4	3.1	2.3	2.2	2.5
Cs	2	1	2.1	0.9	1.1	3.3	3.4	0.5	1.7	0.2	1	1.4	0.3	0.6	0.1
Pb	2.2	2.8	3	4.3	5.5	3.1	4.9	4.3	1.5	1.1	2.1	1.6	3.5	1.7	3.1
Nb	6.1	6.1	2.4	4.7	4.9	7.8	9.4	3.6	3.2	5.3	4.7	5	3.4	3.7	4
Ta	0.5	0.5	0.1	0.3	0.2	0.5	0.8	0.3	0.2	0.4	0.3	0.4	0.2	0.1	0.1
Th	6.1	10.7	3	5.2	7.4	7.6	9.6	3.6	3	6.7	3.5	5.4	3.2	2.4	2.3
U	2.1	3.8	0.8	2.2	2.7	2.2	3.5	1.1	1.2	1.4	0.9	1.4	0.7	0.6	1

Çizelge D.1 (devamı) : Tüm kaya jeokimya analiz sonuçları.

	V2b	Ksenolit	V3	V3	V3	V3	V3	V3	V3	V3	V3	V3 (Almus)	V3 (Almus)	V3 (Almus)	V3 (Almus)	Monzonitik anklav	Monzonitik anklav
Örnek No.	**D66**	**47b**	**320**	**331**	**354**	**356**	**832**	**937**	**837**	**834**	**369**	**201**	**285**	**70**	**671**	**795**	**356**
SiO_2	49.88	42.69	60.19	60.54	61.67	61.2	58.48	55.89	55.33	58.97	57.04	60.24	60.52	59.41	59.69	56.84	53.96
TiO_2	0.83	1.57	0.48	0.56	0.52	0.53	0.49	0.57	0.64	0.49	0.77	0.73	0.75	0.72	0.72	0.78	0.9
Al_2O_3	21.38	13.37	17.06	19.77	18.28	18.4	17.71	17.84	17.14	17.29	16.33	17.03	17.43	16.69	16.52	17.8	17.95
Cr_2O_3	0.019	0.003	<0,002	0.009	0.040	0.053	<0,002	0.003	0.003	0.003	0.033	0.003	0.004	<0,002	<0,002	0.003	0.012
$Fe_2O_{3(tot)}$	6.62	11.61	4.07	3.91	4.18	4.2	4.16	4.8	5.03	4.18	3.25	4.15	4.28	3.68	4.39	6.46	7.14
MnO	0.12	0.16	0.06	0.02	0.06	0.06	0.08	0.08	0.11	0.09	0.08	0.1	0.08	0.08	0.12	0.07	0.08
MgO	3.01	14.4	1.21	0.6	1.29	1.44	1.05	2.73	2.32	1.02	2.6	0.9	0.56	0.65	0.86	2.42	3.69
CaO	7.1	11.28	3.46	0.8	1.72	2.21	5.71	4.05	5.61	5.88	7.95	2.81	2.62	3.66	2.86	4.39	4.77
Na_2O	5.52	2.43	5.95	6.13	6.52	6.36	4.01	5.37	4.34	3.92	5.26	4.3	4.5	3.67	4.07	5.56	4.66
K_2O	0.8	0.43	3.61	5.06	4.25	3.64	3.71	3.6	3.9	3.68	1.94	6.29	5.88	7.11	7.07	2.75	3.1
P_2O_5	0.18	0.02	0.22	0.23	0.23	0.22	0.22	0.22	0.19	0.21	0.21	0.25	0.26	0.26	0.25	0.34	0.34
LOI	4.4	1.6	3.5	2.1	1.1	1.5	4.2	4.6	5.2	4	4.3	3.1	3	3.9	3.3	2.4	3.2
Top	99.81	99.65	99.81	99.77	99.76	99.78	99.8	99.85	99.85	99.84	99.81	99.85	99.84	99.86	99.85	99.82	99.75
Mg#	47	71	37	23	38	40	33	53	48	33	61	43	51	30	21	26	28
Sr (ppm)	376.5	214.9	485.7	707.6	679.2	581.2	527.9	539.8	506.3	545.2	891.3	132.9	136.8	124.5	135.3	671.6	628.6
Ba	270	91	651	832	906	810	686	760	634	717	785	454	501	317	332	521	605
Rb	18.8	2.5	134.8	243.7	170.2	155.8	175.6	130	189.3	183.1	55.5	188.5	188.4	191.2	197.1	102.6	149.7
Ni	<20	103	<20	<20	<20	<20	<20	5.4	8.4	3.9	26.7	<20	<20	<20	<20	2.7	<20
Cr	128.2	20.1	<20	63.1	274.4	359.8	<20	20.5	20.5	20.5	225.8	21.2	29.4	<20	<20	20.5	82.0
Sc	15	79	2,9	6	8	8	7	10	12	7	20	8	7	8	8	14	18
Ga	16.1	13.1	12.5	16.9	14.9	15.2	16.8	18.9	18.1	16.9	11.5	15.2	16.8	15.2	13.9	14.8	16.3
La	13.7	4.5	37.1	28.4	36.5	35.9	35.6	33.2	30.4	35.5	24.1	37.1	43.1	39.3	40.3	38.6	33.6
Ce	27.6	9.1	57.1	59.2	61.8	59.7	62.2	58.1	51.3	62.1	43.4	68.4	79.6	76.4	75.7	63.3	55.1
Pr	3.18	1.96	5.72	4.82	6.7	6.25	5.98	5.86	5.52	6.33	4.7	8.2	9.36	8.63	8.49	6.72	5.92
Nd	14.1	11.2	19.5	15.5	23.8	21.7	20.6	21.2	18.8	22.2	17.5	31.3	33.6	32.2	32	22.9	22.9
Sm	2.95	3.87	3.09	2.5	3.79	3.38	3.35	3.42	3.37	3.6	3.47	5.86	6.21	6.15	5.84	3.63	3.8
Eu	1.03	1.25	0.89	0.68	0.98	0.98	0.96	1.07	0.98	0.89	0.97	1.11	1.2	1.19	1.04	1.09	1.1
Gd	3.34	4.56	2.67	2.21	3.08	2.98	2.93	3.12	3.09	3.13	3.38	5.23	5.69	5.13	5.37	3.47	3.25
Dy	3.24	4.41	2.33	1.84	2.61	2.47	2.15	2.63	2.5	2.6	2.95	4.74	5.05	4.44	4.71	2.73	2.59
Er	2.14	2.4	1.32	1.22	1.58	1.37	1.32	1.61	1.53	1.56	2	2.99	3.11	2.74	3.11	1.58	1.33
Yb	2.07	1.94	1.43	1.49	1.62	1.57	1.52	1.63	1.61	1.55	1.95	3.33	3.08	3.05	2.86	1.64	1.23
Lu	0.3	0.25	0.22	0.22	0.24	0.22	0.24	0.26	0.25	0.26	0.32	0.51	0.49	0.45	0.5	0.25	0.2
Zr	78.5	26.6	138.1	180.3	146.8	122.6	142	144.5	129.9	147.1	108.3	299.8	333.2	298.5	293.5	116.6	87.1
Hf	2	1.1	3.3	4.8	4.1	3.6	3.8	3.5	3.3	3.8	2.6	7.7	8.7	7.7	7.1	2.9	2.6
Cs	3.1	0.1	2.9	4.4	3.5	2.9	6.7	3.4	2.3	6.6	2.1	4.1	1.7	1.3	1.6	4.2	7.4
Pb	4.7	0.9	4.5	7.2	7.4	7.9	2.7	7	2.8	2.6	9.2	9.6	9.9	19.8	16.9	15.2	14.4
Nb	3.8	2	17.1	21.8	19.7	19.7	17.2	17.8	16.7	20.5	12.1	16.3	19	16.1	16.6	14.7	11.4
Ta	0.2	0.1	1.1	1.6	1.3	1.2	1.2	1.1	1	1.3	0.7	1	1.2	0.9	0.9	0.8	0.7
Th	3.1	0.2	15.7	20	16.5	16.5	16.4	15	12.6	16.5	11.1	18.5	20.6	18.3	18.3	9.3	8.9
U	0.9	<0,1	4.3	5.2	3.6	4.7	5.5	2.6	4.1	5.9	4.3	6.7	4.1	7.0	6.5	3.1	2.1

Çizelge D.1 (devamı) : Tüm kaya jeokimya analiz sonuçları.

	Olivinli Gabro(px zengin)	Olivinli Gabro(px zengin)	Olivinli Gabro(px zengin)	Olivinli Gabro(px zengin)	Olivinli Gabro(px zengin)	Olivinli Gabro(px zengin)
Örnek No.	762	764a	766	767B M	800	801
SiO_2	42.97	45.31	47.16	46.79	48.75	46.03
TiO_2	0.93	0.83	0.5	0.68	0.95	0.47
Al_2O_3	16.78	18.44	8.23	11.14	19.67	9.94
Cr_2O_3	0	0	0	0.045	0.002	0.059
$Fe_2O_{3\,(tot)}$	13.85	11.14	11.33	11.75	10.74	10.78
MnO	0.17	0.16	0.21	0.22	0.17	0.17
MgO	11.85	8.41	16.25	13.33	5.59	16.72
CaO	11.88	12.81	14.32	14.4	10.33	14.55
Na_2O	1.26	1.92	0.82	1.16	3.29	0.63
K_2O	0.07	0.19	0.13	0.2	0.41	0.03
P_2O_5	0.01	0.02	0.03	0.04	0.09	0.02
LOI	0.100	0.100	0.100	0.1	0.2	0.5
Sum	100	99	99	100	100	100
Mg#	63	60	74	69	51	75
Sr (ppm)	366.9	419.4	419.4	260.2	537.6	207.8
Ba	47	62	62	66	185	19
Rb	1	3	2.9	4	4.2	0.6
Ni	33.0	21	55	31.3	6.3	81.3
Cr	00	0	0	307.9125	13.685	403.7075
Sc	41.0	44	88	78	35	62
Ga	15	15	14.5	9.7	17.5	8
La	2.2	2	2.2	3.5	5.5	1.3
Ce	4.1	5	4.8	8.5	12.5	3.1
Pr	0.6	1	0.65	1.26	1.64	0.53
Nd	2.7	4	3.6	6.9	7	2.4
Sm	0.98	1	0.79	2.09	1.96	0.8
Eu	0.46	1	0.57	0.81	0.98	0.41
Gd	1.03	1	1.09	2.67	2.28	1.23
Dy	0.17	0	0.21	0.41	0.35	0.2
Er	0.65	1	0.76	1.6	1.44	0.72
Yb	0.5	1	0.64	1.27	1.31	0.6
Lu	0.08	0.1	0.1	0.18	0.2	0.09
Zr	10.5	12.3	12.3	26.5	26.8	10.9
Hf	0.4	0.5	0.5	0.9	0.7	0.4
Cs	<0,1	0.20	0.20	0.3	0.2	<0.1
Pb	1.3	1.40	1.40	1.4	0.7	0.6
Nb	0.2	0.30	0.30	1.4	1.6	0.3
Ta	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Th	<0.2	<0.2	<0.2	0.4	0.6	<0.2
U	<0,1	<0,1	<0,1	0.2	0.2	<0.1

Çizelge D.1 (devamı) : Tüm kaya jeokimya analiz sonuçları.

	Olivinli Gabro(px zengin)	Olivinli Gabro(px zengin)	Olivinli Gabro(px zengin)	Olivinli Gabro(px fakir)	Olivinli Gabro(px fakir)	Olivinli Gabro(px fakir)	Olivinli Gabro(px fakir)
Örnek No.	904	905	906	764b	767B F	899	901
SiO_2	47.86	48.02	48.26	45.49	44.46	43.19	49.28
TiO_2	0.89	1	0.92	1.29	1.2	2.11	1.01
Al_2O_3	20.24	19.65	19.65	12.61	18.96	17.46	17.88
Cr_2O_3	0.003	0.004	0.003		0.007	0.002	0.011
$Fe_2O_{3\,(tot)}$	10.69	10.91	11	10.61	12.5	14.15	10.41
MnO	0.16	0.16	0.17	0.16	0.16	0.19	0.17
MgO	6.06	5.9	5.8	13.17	7.2	6.46	6.42
CaO	10.9	11.01	10.73	13.3	13.11	12.67	10.27
Na_2O	3.06	3.09	3.18	1.66	2.16	2.36	3.13
K_2O	0.23	0.31	0.31	0.27	0.1	0.39	0.97
P_2O_5	0.03	0.04	0.08	0.02	0.02	0.11	0.14
LOI	0.3	0.3	0.3		0.1	0.7	0.1
Sum	100	100	100	99	100	100	100
Mg#	53	52	51	71	53	47	55
Sr (ppm)	563.4	512.6	538.5	244.7	542	438.3	500
Ba	122	136	154	65	71	105	238
Rb	1.3	2.3	2.3	2.4	0.6	5.7	19.5
Ni	7.5	7.9	6.3	69	9.7	2.2	10.6
Cr	20.5275	27.37	20.5275	0	47.8975	13.685	75.2675
Sc	35	37	36	75	56	68	39
Ga	17.9	17.4	17	12.2	16.8	18.8	16
La	3.1	4.2	4.6	2.9	2.4	6.6	11.1
Ce	6.6	8	9.2	8.3	5.2	16.1	22
Pr	0.87	1.11	1.22	1.41	0.83	2.4	2.98
Nd	4.1	5.5	6.2	7.8	4.7	12.4	12
Sm	1.11	1.28	1.53	2.6	1.18	3.56	3.04
Eu	0.84	0.89	0.99	0.88	0.73	1.24	1.17
Gd	1.43	1.6	1.91	3.24	1.62	4.49	3.29
Dy	0.24	0.25	0.29	0.55	0.26	0.68	0.51
Er	0.73	0.97	1.07	1.97	0.9	2.46	1.92
Yb	0.73	0.84	1.08	1.62	0.85	2.04	1.72
Lu	0.13	0.13	0.16	0.25	0.1	0.3	0.27
Zr	12.3	15.3	17.9	26	12.4	43.8	73
Hf	0.4	0.6	0.7	1	0.5	1.5	1.9
Cs	<0.1	0.1	0.1	<0,1	<0.1	0.2	1.3
Pb	0.4	0.5	0.4	1.2	0.7	1.4	2.6
Nb	0.7	1	1.1	1.9	0.5	4.6	4.2
Ta	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.3	0.2
Th	<0.2	0.3	0.2	0.3	<0.2	0.6	2.1
U	<0.1	<0.1	<0.1	<0,1	<0.1	0.2	0.9

Çizelge D.1 (devamı) : Tüm kaya jeokimya analiz sonuçları.

Örnek No.	Olivinli Gabro(px fakir) 917G	Olivinli Gabro(px fakir) 919	Olivinli Gabro(px fakir) 921 G	Olivinli Gabro(px fakir) 940 G	Olivinli Gabro(px fakir) 943	Olivinli Gabro(px fakir) 946	Kenar Zonu 750	Kenar Zonu 776	Kenar Zonu 779
SiO_2	45.88	44.65	48.7	43.18	40.94	44.4	44.64	52.94	50.28
TiO_2	1.13	1.15	1.02	1.86	1.58	1.44	2.08	1.1	1.04
Al_2O_3	18.59	16.6	17.64	17.29	6.99	14.94	18.1	19.33	17
Cr_2O_3	0.008	0.017	0.008	<0.002	0.309	0.026	<0.002	<0,002	0.012
$Fe_2O_{3(tot)}$	11.33	11.62	10.54	14.3	20.64	10.96	12.31	7.76	10.3
MnO	0.17	0.18	0.18	0.17	0.27	0.15	0.19	0.13	0.17
MgO	6.85	9.87	6.09	6.3	14.95	11.09	5.86	3.4	6.44
CaO	12.28	12.82	10.17	13.63	13.62	12.94	11.16	7.96	10.25
Na_2O	2.37	1.98	3.03	1.99	0.53	2.37	3.12	4.12	3.06
K_2O	0.48	0.2	0.82	0.27	0.02	0.36	0.6	1.33	0.96
P_2O_5	0.13	0.15	0.18	0.07	0.02	0.1	0.17	0.21	0.19
LOI	0.6	0.6	1.4	0.7	0.1	1.0	1.5	1.50	0.1
Sum	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Mg#	54	63	53	47	59	67	49	46	55
Sr (ppm)	652.4	407.4	616	446.3	153.3	326	464	419.1	458.6
Ba	159	74	294	102	23	70	190	335	268
Rb	7.6	1	19.4	4	0.6	2.3	8.5	39.6	19.6
Ni	5.3	23.7	4.6	2.6	77.9	10.6	2.4	<20	8.9
Cr	54.74	116.3225	54.74		2114.3325	177.905			82.11
Sc	37	50	33	68	89	68	66	30	41
Ga	17	14.5	16.7	18.9	11.9	14.1	18.5	16.9	16.4
La	11.2	5.5	14.9	5.3	1.8	4.5	10.5	12.7	12.5
Ce	23.5	14.6	29.1	11.8	5.8	12	23.1	26.2	28
Pr	3.21	2.36	3.98	1.83	1	1.94	3.43	3.44	3.49
Nd	14.4	12.8	17.7	9.3	5.6	10.6	16.6	15.2	15.6
Sm	3.47	3.52	3.72	2.71	1.85	3.2	4.61	3.56	3.85
Eu	1.2	1.22	1.34	1.07	0.63	1.14	1.52	1.23	1.28
Gd	3.66	4.2	4.23	3.25	2.42	4.26	5.65	4.17	4.32
Dy	0.56	0.64	0.61	0.52	0.41	0.68	0.86	0.71	0.64
Er	1.96	2.35	2.22	1.96	1.43	2.5	2.97	2.52	2.41
Yb	1.91	2.06	2.05	1.61	1.21	2.08	2.58	2.33	2.21
Lu	0.27	0.34	0.3	0.24	0.16	0.3	0.4	0.4	0.34
Zr	58	34.9	84	37.2	18.1	31.8	51.1	96.2	85.8
Hf	1.7	1.4	2.3	1.3	0.8	1.1	1.5	2.8	2.3
Cs	0.3	0.2	1.3	0.2	<0.1	<0.1	0.5	1.1	1.4
Pb	2.4	1.7	1.5	1.6	1.1	0.8	2.9	0.6	2.7
Nb	4.2	3.8	5.9	2.7	0.4	2.8	6.2	5.3	4.8
Ta	0.2	0.2	0.4	0.1	<0.1	0.2	0.4	0.3	0.3
Th	1.2	<0.2	3.6	0.7	<0.2	0.2	1.5	2.8	3
U	0.4	<0.1	0.9	0.2	<0.1	<0.1	0.6	1.1	1

Çizelge D.1 (devamı) : Tüm kaya jeokimya analiz sonuçları.

Örnek No.	Kenar Zonu 900	Kenar Zonu 921 D	Kenar Zonu 920	Kenar Zonu 917 D	Kenar Zonu 918	Kenar Zonu 922	Dayk Kümesi 734	Dayk Kümesi 736	Dayk Kümesi 759	Dayk Kümesi 761	Dayk Kümesi 774	Dayk Kümesi 908	Dayk Kümesi 910	Dayk Kümesi 911
SiO_2	45.49	48.74	42.66	47.31	47.09	49.5	48.99	50.4	47.89	49.82	55.57	56.34	48.77	48.47
TiO_2	1.24	0.79	1.58	1.06	1.02	0.87	0.88	0.94	0.88	0.82	0.63	0.65	1	0.91
Al_2O_3	18.91	18.31	19.66	17.24	9.04	18.41	17.86	15.42	16.84	17.61	17.2	18.5	17.83	19.03
Cr_2O_3	0.003	0.005	<0.002	0.011	0.021	<0,002	<0,002	0.029	0.011	0.01	0.003	<0.002	0.004	0.004
$Fe_2O_{3\ (t\alpha)}$	12.4	8.62	13.54	11.26	12.04	8.86	8.91	8.71	9.05	9.14	4.93	6.45	9.24	10.08
MnO	0.18	0.11	0.15	0.18	0.21	0.17	0.17	0.15	0.16	0.16	0.11	0.14	0.16	0.14
MgO	5.85	4.92	6.14	7.09	12.96	4.65	4.8	8.37	6.4	5.59	2.31	2.35	5.86	5.15
CaO	11.05	9.89	12.29	11.9	14.61	7.16	7.65	10.29	8.36	8.45	5.16	7.55	8.54	9.76
Na_2O	2.92	3.11	2.5	2.43	1.39	5.1	4.7	2.79	4.58	4.15	4.67	3.67	4.69	3.42
K_2O	0.61	1.5	0.38	0.64	0.37	1.3	1.39	0.58	1.27	1.28	4.02	1.93	1.24	0.78
P_2O_5	0.23	0.25	0.38	0.09	0.11	0.21	0.2	0.15	0.21	0.24	0.2	0.29	0.18	0.25
LOI	0.9	3.5	0.5	0.6	1.0	3.40	4.10	1.90	4.00	2.5	4.9	1.9	2.2	1.8
Sum	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Mg#	48	53	47	56	68	51	52	66	58	55	48	42	56	50
Sr (ppm)	581.5	679.5	683.1	629.6	274.5	1480.5	1484.6	341.5	1003.2	885	576.2	646.9	1098.2	650.8
Ba	204	453	140	178	112	357	345	201	343	490	795	423	333	316
Rb	9.7	18.8	1.3	13.1	6.6	29.3	31.0	12.0	20.0	27.2	186.9	36.2	29	18.5
Ni	4.4	2.9	4.7	4.1	12.2	<20	<20	51	20	7.5	8.4	0.8	1.9	3.7
Cr	20.5275	34.2125		75.2675	143.6925			198.4325	75.2675	68.425	20.5275		27.37	27.37
Sc	38	22	39	38	96	20	21	39	27	26	12	10	32	26
Ga	18.7	17.6	18.6	18.1	10.7	17.5	17.0	15.2	16.5	16.6	15.6	18.4	16.1	17.9
La	15.2	29.9	14.3	11.2	8.5	17.1	15.9	10.9	15.9	20.9	32.6	21.6	15.3	25.1
Ce	30.5	58.3	31.2	22.8	18.9	33.2	30.8	21.2	31.1	39.6	53.4	40.3	30.6	51
Pr	4.35	7.19	4.21	3.08	2.94	4.10	3.84	2.81	3.90	4.81	5.79	5.09	3.9	6.76
Nd	19.8	29.8	17.9	13.9	13.9	16.5	16.0	12.7	16.1	19.9	21.3	20.3	15.7	28.5
Sm	4.72	5.59	3.99	3.14	3.88	3.60	3.72	3.04	3.36	4.11	3.45	4.15	3.7	5.45
Eu	1.43	1.54	1.42	1.08	1.23	1.10	1.09	1.09	1.12	1.27	1.07	1.29	1.23	1.6
Gd	5.15	4.89	4.43	3.19	4.34	3.56	3.64	3.38	3.64	4.25	3.24	4.1	4.06	4.95
Dy	0.73	0.62	0.71	0.51	0.66	0.63	0.58	0.57	0.58	0.61	0.45	0.6	0.63	0.68
Er	2.8	1.88	2.44	1.84	2.26	2.10	2.03	2.18	2.08	2.26	1.49	2.38	2.26	2.13
Yb	2.52	2.02	2.11	1.8	2.09	2.12	1.97	1.97	1.99	2.12	1.62	2.38	2.28	2.17
Lu	0.37	0.3	0.32	0.27	0.31	0.32	0.32	0.28	0.30	0.32	0.25	0.38	0.35	0.34
Zr	64.4	105.1	58.5	72	48	93.2	86.2	75.1	86.3	97.2	140.9	163.3	97.7	101.2
Hf	2	2.5	2	2.2	1.7	2.6	2.6	2.1	2.4	2.4	3.6	4	2.8	2.8
Cs	0.9	1	<0.1	0.5	0.6	1.2	1.4	0.8	0.2	1	2.4	0.3	0.8	1.5
Pb	1.4	1.2	2	2.2	2.8	3.2	2.5	2.0	3.7	9.6	2.9	4	2.6	1.1
Nb	4.7	6.4	5.1	4.3	3.1	6.9	5.8	4.5	6.6	6.5	16.4	8.8	5.7	6.8
Ta	0.2	0.5	0.3	0.3	0.2	0.4	0.4	0.3	0.5	0.3	0.9	0.5	0.4	0.4
Th	1.7	6.3	0.5	1.7	1.9	3.7	3.5	2.0	3.2	5.4	13.1	8.2	3.4	6
U	0.6	1.6	0.2	0.5	0.8	1.1	0.9	0.7	1.0	1.8	4.9	3.1	1	1.9

Çizelge D.1 (devamı) : Tüm kaya jeokimya analiz sonuçları.

	Dayk Kümesi	Troktolit Otoliti	Troktolit Otoliti
Örnek No.	941	881	882
SiO_2	51.71	44.17	45.03
TiO_2	0.73	0.13	0.13
Al_2O_3	17.33	14.8	15.23
Cr_2O_3	0.006	0.055	0.043
$Fe_2O_{3\,(tot)}$	8.54	12.34	11.34
MnO	0.18	0.2	0.18
MgO	4.55	17.55	16.5
CaO	6.37	9.7	10.38
Na_2O	4.1	1.15	1.16
K_2O	2.49	0.03	0.02
P_2O_5	0.27	0.01	0.01
LOI	3.4	0.3	0.2
Sum	100	100	100
Mg#	51	74	74
Sr (ppm)	808.1	342.1	348.7
Ba	1012	31	31
Rb	62.4	0.3	0.2
Ni	8.5	362.5	317.9
Cr	41.055	376.3375	294.2275
Sc	22	20	20
Ga	16.7	7.8	8.6
La	25.5	0.8	1
Ce	48.1	1.7	1.9
Pr	5.72	0.24	0.24
Nd	22.4	1.2	1.4
Sm	4.67	0.27	0.38
Eu	1.39	0.24	0.24
Gd	4.58	0.49	0.53
Dy	0.68	0.08	0.08
Er	2.37	0.31	0.36
Yb	2.3	0.25	0.33
Lu	0.33	0.04	0.04
Zr	123.1	3.3	5.9
Hf	2.9	0.2	0.2
Cs	4.8	<0.1	<0.1
Pb	5	0.5	0.6
Nb	4.8	0.1	0.1
Ta	0.4	<0.1	<0.1
Th	6.3	<0.2	<0.2
U	2.7	<0.1	<0.1

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Gönenç Göçmengil

Doğum Tarihi ve Yeri : 15/04/1985

E-posta : gocmengil@itu.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2009, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü.
- **Yüksek Lisans** : 2011, İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, Yer Sistem Bilimi Programı.

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2011-2017 Arasında Araştırma Görevlisi olarak İTÜ, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde çalıştı.
- 2214-A TÜBİTAK Bursu ile 5 ay boyunca İsviçre, Lozan Üniversitesi'nde çalışmalarda bulundu.
- 1001-TÜBİTAK Projesi kapsamında 1 Ay boyunca Almanya Mainz Üniversitesi'nde çalışmalarda bulundu.

DOKTORA TEZİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

Uluslararası

- **Gönenç Göçmengil**, Zekiye Karacık, Ş. Can Genç, Zeki Billor, (2018). "^{40}Ar-^{39}Ar geochronology and petrogenesis of post-collisional trachytic volcanism along the İzmir-Ankara-Erzincan Suture Zone (NE, Turkey)", Turkish Journal of Earth Sciences, 27 (1), 1-31.

- **Gönenç Göçmengil**, Zekiye Karacık, Ş. Can Genç, Dejan Preleviç, Zeki Billor, "Petrogenesis of middle Eocene post-collisional magmatism around Izmir-Ankara-Erzincan suture zone (Pontides, NE Turkey)", 08/2017, Goldschmidt 2017, Paris, 13.08.2017 - 19.08.2017 (Sözlü Sunum).

- **Gönenç Göçmengil**, Zekiye Karacık, Ş Can Genç "Lithospheric convective removal related post-collisional middle Eocene magmatism along the Izmir-Ankara-Erzincan suture zone (NE Turkey)**.**", 05/2017, EGU General Assembly 2017, Vienna, 23.4.2016 – 28.04.2017 (Poster Sunumu).

- **Gönenç Göçmengil**, Zekiye Karacık, Ş Can Genç "Deducing the magma chamber processes of middle Eocene volcanics, Sivas and Tokat regions; NE Turkey: Insights from clinopyroxene chemistry", 04/2016, EGU General Assembly 2016, Vienna, 12.4.2016 – 17.04.2016 (Poster Sunumu).

- **Gönenç Göçmengil**, Zekiye Karacık, Ş Can Genç, Cansu Doğa Topbay, "Volcano-stratigraphy and petrological features of the post-collisional volcanics on the Izmir-Ankara-Erzincan Suture Zone (Sivas-Yıldızeli and Tokat- Almus areas, NE Turkey)". The Anatolian Plateau: Endogene And Exogene Geological Processes and Impact On Climate Change – An Itınerant Workshop Across Anatolia; (Invited Participant) Kastamonu-Malatya, Turkey 8.9.2015 – 16.9.2015 (Sözlü Sunum).

- Cansu Doğa Topbay, Zekiye Karacık, Ş. Can Genç, Gönenç **Göçmengil**, "Petrology and petrogenesis of the Eocene Volcanic rocks in Yildizeli area (Sivas), Central Anatolia, Turkey", 04/2015, s. Vol. 17, EGU2015-719-3, EGU 2015, Vienna, 12.04.2015 - 17.04.2015 (Poster Sunumu).

- **Gönenç Göçmengil**, Zekiye Karacık, Ş. Can Genç, " Petrological Features of The Post-Collisional Volcanics on the Izmir-Ankara Erzincan Suture Zone at Around Almus and Yıldızeli Regions, NE Turkey. AGU Fall Meeting 2014: Session: Stow or Blow? Magma Embryos, Plutons, and Eruptions III Posters, at San Franciso, CA, USA, 17.12.2014 (Poster Sunumu).

- **Gönenç Göçmengil**, Zekiye Karacık, Ş. Can Genç, "Geological and Geochemical Features of Volcanic Rocks from Yıldızeli Region (Sivas, NE Turkey)", 10/2014, s. 138, 8th International Symposium of Eastern Mediterranean Geology, Muğla/Turkey, 13.10.2014 - 17.10.2014 (Poster Sunumu).

Ulusal

- **Gönenç Göçmengil**, Zekiye Karacık, Ş. Can Genç, "Volcano-stratigraphic investigation of the post-collisional middle Eocene magmatism around İzmir-Ankara-Erzincan suture zone (NE, Turkey)", Türkiye Jeoloji Bülteni (yayına kabul edildi, 2018).

- **Gönenç Göçmengil**, Zekiye Karacık, Ş. Can Genç."Tokat ve Sivas Yöreleri (Kd Türkiye) Orta Eosen Volkaniklerin Petrojenezi Ve Tektonomagmatik Evrimi" (Petrogenesis and Tectonomagmatic evolution of middle Eocene volcanics from Tokat and Sivas Regions (NE, Turkey),70th Geological Congress of Turkey, Abstract Book Ankara MTA, Turkey, 10-14 Nisan 2017 (Poster Sunumu).

- **Gönenç Göçmengil**, Zekiye Karacık, Ş. Can Genç, Dejan Preleviç. "Çarpışma Sonrası Orta-Eosen Volkaniklerinde Gözlenen Magma Odası Süreçleri (Tokat Ve Sivas Bölgeleri, Kd Türkiye). (Magma Chamber Processes Recorded in Post-Collisional middle Eocene volcanics (Tokat and Sivas regions, NE Turkey). 70th Geological Congress of Turkey, Abstract Book Ankara MTA, Turkey, 10-14 Nisan 2017 (Poster Sunumu).

- **Gönenç Göçmengil**, Zekiye Karacık, Ş. Can Genç, "Çarpışma sonrası ortamda kalk-alkali/alkali volkanizmadan-şoşonitik volkanizmaya geçişe bir örnek: Almus(Tokat) ve Yıldızeli (Sivas) Orta Eosen volkanikleri" (An example of transition from calc-alkaline/alkaline to shoshonitic volcanism: Middle Eocene volcanics of Almus (Tokat) and Yıldızeli (Sivas) regions). I. Volkanoloji Çalıştayı; (I. Volcanological Congress of Turkey); Ankara, Turkey.1.10.2016-3.10.2016 (Sözlü Sunum).

- Cansu Doğa Topbay, Zekiye Karacık, Ş. Can Genç, **Gönenç Göçmengil,** "Yıldızeli (Sivas) yöresi Eosen yaşlı volkanik serilerinin petrografik ve jeokimyasal özellikleri; (Petrographical and geochemical feautures of Eocene volcanic series in Yıldızeli(Sivas) Region". 69th Geological Congress of Turkey Abstract Book Ankara MTA, Turkey, 11.04.2015 - 15.04.2015 (Poster Sunumu).

- **Gönenç Göçmengil**, Zekiye Karacık, Ş. Can Genç, Geological and Petrographical Features of The Yıldızdağ Sub-Volcanic Gabbro Pluton (Sivas, Turkey)", 68th. Geological Congress of Turkey Abstract Book, pp 330-331.Ankara-MTA, 04/2015 (Poster Sunumu).

- **Gönenç Göçmengil,** Zekiye Karacık, Ş. Can Genç"Geological and Petrographical Features of the Almus Volcanics (NE Turkey). 67th. Geological Congress of Turkey Abstract Book, pp 476-477 Ankara-MTA, 14.04.2014 - 18.04.2014 (Poster Sunumu).